

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE ANIMAL

Érica Fonseca Evangelista

**DIVERSIDADE DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS EXÓTICOS NO BRASIL:  
INTRODUÇÃO, INFLUÊNCIA HUMANA E DESAFIOS POLÍTICOS**

Santa Maria, RS

2020

**Érica Fonseca Evangelista**

**DIVERSIDADE DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS EXÓTICOS NO BRASIL:  
INTRODUÇÃO, INFLUÊNCIA HUMANA E DESAFIOS POLÍTICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutor em Biodiversidade Animal**.

Orientador: Sonia Zanini Cechin  
Coorientador: Camila Both  
Colaborador: Gisele Winck

Santa Maria, RS

2020

Evangelista, Érica Fonseca

DIVERSIDADE DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS EXÓTICOS NO BRASIL:  
INTRODUÇÃO, INFLUÊNCIA HUMANA E DESAFIOS POLÍTICOS /  
Érica Fonseca Evangelista.- 2020.

173 p.; 30 cm

Orientadora: Sonia Cechin

Coorientadora: Camila Both

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, RS, 2020

1. Invasão biológica 2. Animais de estimação 3.  
Atividade humana 4. Modelos de distribuição 5. Espécies  
exóticas I. Cechin, Sonia II. Both, Camila III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

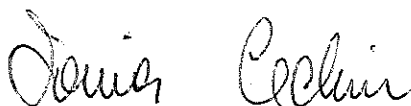
Declaro, ÉRICA FONSECA EVANGELISTA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Érica Fonseca Evangelista

**DIVERSIDADE DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS EXÓTICOS NO BRASIL:  
INTRODUÇÃO, INFLUÊNCIA HUMANA E DESAFIOS POLÍTICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Biodiversidade Animal**.

Aprovada em 11 de março de 2020:



---

**Sonia Terezinha Zanini Cechin, Dra. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



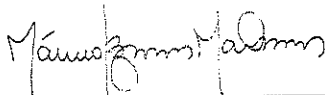
---

**Mariana Bender Gomes, Dra. (UFSM)**



---

**Cinthia Aguirre Brasileiro, Dra. (UNIFESP) - Parecer**



---

**Marcio Borges Martins, Dr. (UFRGS) - Parecer**



---

**Tiago Gomes dos Santos, Dr. (UNIPAMPA)**

Santa Maria, RS  
2020

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste estudo e, em especial, agradeço:

- As minhas orientadoras Sonia Zanini Cechin e Camila Both. Obrigada por terem me acolhido e por confiarem em mim e no meu trabalho. Principalmente, obrigada pela oportunidade de trabalharmos juntas, bem como por todas as importantes contribuições para minha formação.
- As coautoras Gisele Winck e Caroline Zank. Agradeço por todo aprendizado e troca de conhecimento essenciais para o desenvolvimento desse trabalho.
- A CAPES por disponibilizar a bolsa de doutorado.
- Aos componentes da banca examinadora Cinthia Brasileiro, Márcio Borges Martins, Mariana Bender e Tiago Gomes pela avaliação e contribuições no trabalho.
- Às contribuições de Clarissa Alves da Rosa, Cristian de Sales Dambros e Elaine Lucas Gonsales realizadas na qualificação.
- Ao corpo docente do PPG em Biodiversidade Animal da Universidade Federal de Santa Maria por todo conhecimento adquirido durante esses quatro anos.
- Aos meus colegas do laboratório de Herpetologia da UFSM. Obrigada por todas as discussões e críticas construtivas, bem como pelo aprendizado e trabalho em equipe.
- Aos meus pais e minha irmã por todo apoio e respeito às minhas escolhas.
- As amigas que fiz em Santa Maria, pela convivência, passeios, discussões e risadas. E também aos demais amigos que mesmo distante fisicamente, se fizeram presentes. Seria muito mais difícil chegar ao final dessa etapa sem o apoio de vocês. Obrigada!

## RESUMO

### **DIVERSIDADE DE RÉPTEIS E ANFÍBIOS EXÓTICOS NO BRASIL: INTRODUÇÃO, INFLUÊNCIA HUMANA E DESAFIOS POLÍTICOS**

**Autor:** Érica Fonseca

**Orientador:** Sonia Zanini Cechin

**Coorientador:** Camila Both

No cenário global de grande perda de biodiversidade e aumento do número de espécies exóticas, a compreensão dos processos e fatores associados à invasão, em diferentes escalas de tempo e espaço, permite a compreensão de padrões que regulam a riqueza de espécies invasoras. Além disso, a identificação desses fatores é fundamental para prevenir novas introduções e elaborar medidas de controle e manejo das espécies invasoras. A presente tese buscou compreender os fatores que afetam a riqueza de répteis e anfíbios exóticos e invasores no Brasil, analisando sua origem, distribuição, vias de introdução e como a atividade humana influencia nesses processos. As principais lacunas e limitações associadas ao comércio legal e ilegal de répteis nativos e exóticos no país também foram analisadas e discutidas. A incidência de registros e a riqueza de anfíbios e répteis exóticos no Brasil suportaram a hipótese de que a pressão de colonização e a atividade humana são fatores-chave para explicar o aumento da diversidade das espécies exóticas. Ou seja, as áreas com elevada atividade humana e economicamente desenvolvidas, onde as rotas de transportes são mais intensas e a densidade populacional é maior são os locais onde a introdução e a riqueza de espécies exóticas são mais frequentes. A atividade humana também mostrou-se importante para o estabelecimento de populações exóticas fora do nicho climático fundamental das espécies. A relação dos fatores espaciais e climáticos com a riqueza e incidência de espécies não foi suportada nesse trabalho. No Brasil, espécies anteriormente introduzidas para consumo humano e de forma acidental tornaram-se amplamente difundidas e invasivas. A introdução para o comércio de animais de estimação, por sua vez, responde pela maior parte da riqueza de répteis e anfíbios introduzidos atualmente e é predominante nas áreas mais desenvolvidas do país. Como a importação de répteis e anfíbios exóticos é proibida e o comércio legal é extremamente restrito, esses resultados evidenciam que a regulamentação do comércio de animais de estimação e gestão da fauna silvestre no Brasil são falhos. Os problemas que afetam o controle do comércio legal e ilegal de animais de estimação são diversos e envolvem, principalmente, aspectos legislativos, econômicos, sociais e educacionais. Foram sugeridas medidas críticas para auxiliar o manejo sustentável, reduzir o comércio ilegal e promover maior conscientização e participação da sociedade no manejo da fauna. Esses resultados são importantes no aprimoramento de estratégias de conservação, regulamentação e ações educativas que visem reduzir a chegada de propágulos, a sobre-exploração e o surgimento de invasões.

**Palavras-chave:** Bioinvasão, gestão de fauna, herpetofauna, políticas públicas, sobre-exploração, variáveis antropogênicas

## ABSTRACT

### DIVERSITY OF EXOTIC REPTILES AND AMPHIBIANS IN BRAZIL: INTRODUCTION, HUMAN INFLUENCE AND POLITICAL CHALLENGES

**Autor: Érica Fonseca**

**Advisor: Sonia Zanini Cechin**

**Co-Advisor: Camila Both**

In the global scenario of great loss of biodiversity and increase in the number of exotic species, understanding the processes and factors associated with invasion, at different time and space scales, allows the understanding of patterns that regulate the richness of invasive species. In addition, the identification of these factors is essential to prevent new introductions and to develop control and management measures for invasive species. The present thesis sought to understand the factors that affect the richness of exotic and invasive reptiles and amphibians in Brazil, analysing their origin, distribution, routes of introduction and how human activity influences these processes. The main gaps and limitations associated with the legal and illegal trade in native and exotic reptiles in the country were also analysed and discussed. The incidence of records and the richness of exotic amphibians and reptiles in Brazil supported the hypothesis that colonization pressure and human activity are key factors in explaining the increased diversity of exotic species. That is, the areas with high human activity and economically developed, where the transport routes are more intense and the population density is greater are the places where the introduction and the richness of exotic species are more frequent. Human activity has also proved to be important for the establishment of exotic populations outside the species' fundamental niche. The relationship between spatial and climatic factors with species richness and incidence was not supported in this work. In Brazil, species previously introduced for human consumption and accidentally became widespread and invasive. The introduction to the pet trade, in turn, accounts for most of the richness of reptiles and amphibians introduced today and is prevalent in the most developed areas of the country. As the import of exotic reptiles and amphibians is prohibited and legal trade is extremely restricted, these results show that the regulation of the trade in pets and management of wild fauna in Brazil is flawed. The problems that affect the control of the legal and illegal pet trade are diverse and mainly involve legislative, economic, social and educational aspects. Critical measures have been suggested to assist sustainable management, reduce illegal trade and promote greater awareness and participation by society in the management of fauna. These results are important in the improvement of conservation strategies, regulations and educational actions aimed at reducing the arrival of propagules, overexploitation and the appearance of invasions.

**Keywords:** Bioinvasion, fauna management, herpetofauna, public policies, overexploitation, anthropogenic variables

## Sumário

Introdução geral .....	11
Breve contextualização sobre as invasões .....	11
Definição dos conceitos e terminologia da biologia da invasão .....	11
Fatores que afetam o processo de invasão .....	13
Herpetofauna exótica e invasora .....	15
Herpetofauna exótica e invasora no Brasil.....	17
Objetivos .....	20
Objetivo geral .....	20
Objetivos específicos .....	20
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUCTION PATHWAYS AND SOCIOECONOMIC VARIABLES DRIVE THE DISTRIBUTION OF ALIEN AMPHIBIANS AND REPTILES IN A MEGADIVERSE COUNTRY .....</b>	<b>23</b>
Abstract .....	25
1. INTRODUCTION .....	26
2. METHODS .....	27
2.1 Species data .....	27
2.2 Explanatory variables .....	29
2.3 Data analyses .....	30
3. RESULTS .....	31
What exotic amphibian and reptile species occur in Brazil? .....	31
Where are they native to and where are they occurring in Brazil? .....	31
Why were they introduced? .....	28
Which factors best explain the record incidence and richness of these alien species in Brazil? .....	32
4. DISCUSSION .....	33
Understanding alien amphibian and reptile diversity in Brazil .....	33
Insights into alien pet trade and future invasions .....	36
5. Conclusions .....	37
REFERENCES .....	37
APPENDICES .....	44
<b>CAPÍTULO II - PET DISTRIBUTION MODELLING: UNTANGLING THE INVASIVE POTENTIAL OF TRACHEMYS DORBIGNI (DUMÉRIL &amp; BIBRON, 1835) IN AMERICAS .....</b>	<b>99</b>
Abstract .....	100



Introduction .....	101
Methods .....	103
Species occurrence data .....	103
Climatic variables and measures of human activity .....	103
Species distribution models .....	104
Results .....	105
Discussion .....	106
References .....	115
Appendices .....	125
<b>CAPITULO III - DESAFIOS PARA REGULAMENTAÇÃO DO COMÉRCIO DE RÉPTEIS NO BRASIL .....</b>	<b>133</b>
Resumo .....	134
1. Introdução .....	135
2. Principais desafios relacionados ao comércio legal e ilegal de animais de estimação no Brasil .....	137
2.1 Legislação e sanções penais do comércio de animais silvestres .....	137
2.2 Fiscalização e recursos técnicos e financeiros .....	139
2.3 Aspectos socioeconômicos .....	141
2.4 Educação e consciência socioambiental .....	142
3. Recomendações políticas .....	135
3.1 Melhorias nas sanções e na legislação federal e estadual .....	143
3.2 Intensificação das ações de fiscalização e controle .....	144
3.3 Implementação de programas comunitários .....	145
3.4 Desenvolvimento de campanhas educativas .....	146
4. Conclusões .....	148
Referências .....	153
Apêndices .....	158
Discussão geral .....	161
Conclusões gerais .....	163
Referências .....	165

## **Introdução**

### *Breve contextualização sobre as invasões*

O processo da colonização humana quebrou as barreiras biogeográficas naturais, introduzindo espécies da fauna e flora em regiões fora da área de sua distribuição nativa (CAPINHA et al. 2015). Com o aumento da globalização, a atividade humana se intensificou, provocando um aumento progressivo no número de espécies exóticas (ou não-nativas) introduzidas deliberadamente ou por acidente (MEYERSON; MOONEY 2007; HULME 2009). Algumas dessas espécies podem estabelecer populações na região não-nativa e se tornar invasoras. As espécies invasoras generalistas têm frequentemente substituído a biota nativa especialista, através da competição e maior eficiência na utilização dos recursos, levando a uma homogeneização genética, taxonômica e funcional da biota (JOHANSSON 2007; LOCKWOOD; MCKINNEY 2001; OLDEN et al. 2004). As invasões têm sido tema de grande preocupação mundial pois suas consequências podem ser irreversíveis e levar a extinção de espécies, introdução de patógenos letais ao homem e prejuízos a indústria (CLOUT 2002; CROOKS 2002). Considerando que esses impactos são difíceis de prever e que muitas espécies exóticas são potencialmente invasoras, a compreensão dos processos e fatores que moldam as invasões é fundamental para elaboração de medidas de prevenção, controle e manejo, bem como análises de risco de invasão (CDB 2014).

### *Definição dos conceitos e terminologia da biologia da invasão*

A biologia da invasão é uma ciência vasta que engloba outras ciências (como ecologia e biogeografia) e é alvo de pesquisa de muitos especialistas de táxons e ambientes distintos. Toda essa abrangência resultou em uma ampla variedade de conceitos, termos e abordagens, muitas vezes, conflitantes e ambíguas (BLACKBURN et al. 2011). A definição de espécie invasora, por exemplo, possui variações de acordo com a área do conhecimento em que é utilizada. Em geral, definições no âmbito político costumam associar espécies invasoras a presença de alguma ameaça aos ecossistemas ou outras espécies, diferindo da definição usada pela maioria dos pesquisadores que independe da existência de ameaças (CBD 2014; RICHARDSON 2011). Há ainda definições que consideram invasoras as espécies que se dispersaram para áreas onde não ocorriam naturalmente, com ou sem auxílio do homem

(VERMEIJ 1996). No entanto, a revolução industrial e a globalização aumentaram exponencialmente a frequência de transporte de espécies exóticas, resultando em taxas de colonização maiores do que as naturais (HOFFMANN; COURCHAMP 2016). Portanto, para reduzir interpretações divergentes e proporcionar uma melhor compreensão dos assuntos discutidos, são apresentadas abaixo os conceitos e definições adotados neste trabalho.

Por *espécie nativa* entende-se que são as que evoluíram em uma determinada área ou alcançou de maneira natural (RICHARDSON 2011). Quando uma espécie é retirada do seu habitat natural e levada para um lugar onde não ocorre naturalmente, mediante ação do homem, ela passa a ser chamada de *espécie exótica, introduzida* ou *não-nativa* (BLACKBURN et al. 2011; RICHARDSON 2011). Aqui, os termos são utilizados não só para organismos recém chegados, como também para espécies que estão na fase inicial do processo de colonização, mas ainda são incapazes de estabelecer uma população autossuficiente (BLACKBURN et al. 2011). Cabe ressaltar que uma espécie exótica não é somente aquela que vem de fora, de outro país: uma espécie nativa de um bioma será considerada exótica se for introduzida em outro bioma dentro do mesmo país, por exemplo.

Dependendo do resultado dessas introduções, uma espécie exótica pode ser tornar uma *espécie estabelecida* quando sobrevive e se reproduz ao longo de vários ciclos (BLACKBURN et al. 2011). Caso após o estabelecimento a população se torne autossustentável e possua indivíduos se dispersando, sobrevivendo e reproduzindo por novas áreas, sem a interferência humana, a espécie passa então a ser considerada uma *espécie invasora* (RICHARDSON 2011, BLACKBURN et al. 2011). A *invasão* é então um processo de colonização de uma espécie invasora, acelerado através da dispersão (inicial) mediada pelo homem (HOFFMANN; COURCHAMP 2016). Esse processo é dividido em três estágios principais - introdução, estabelecimento e dispersão – e inclui a capacidade da espécie exótica de sobreviver, reproduzir, dispersar e interagir com a biota dos ecossistemas invadidos (BLACKBURN et al. 2011; HOFFMANN; COURCHAMP 2016). As etapas do processo de colonização de uma espécie invasora e as terminologias referente a cada etapa podem ser observadas na figura 1.

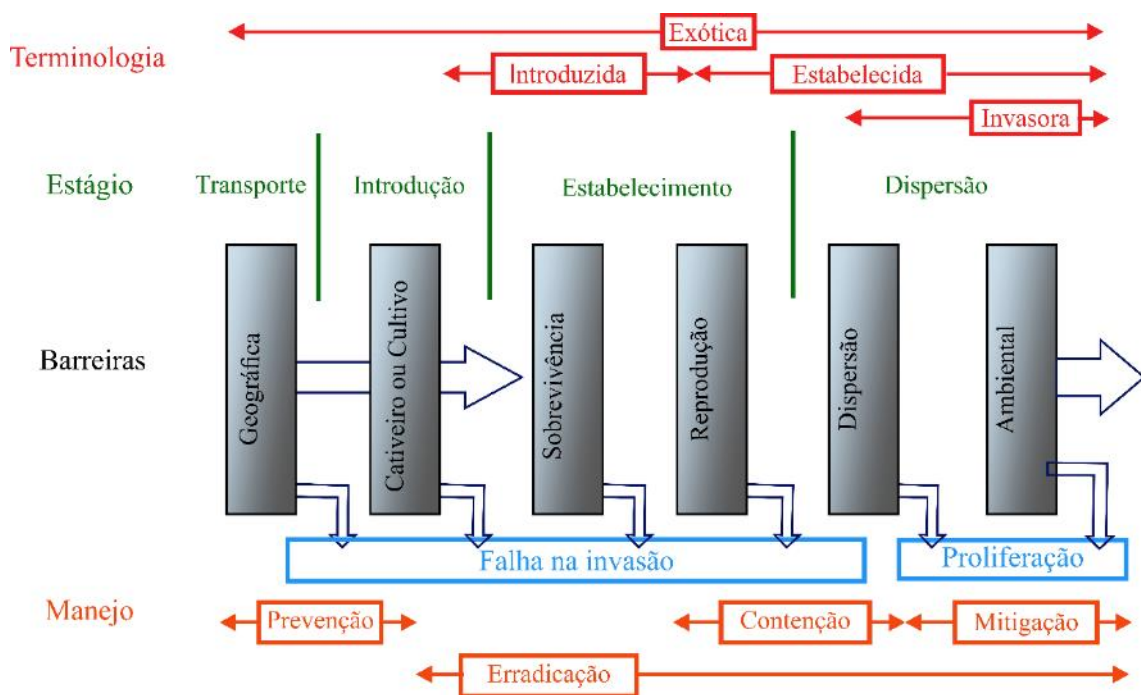


Figura 1- Estrutura conceitual para invasões biológicas. A terminologia utilizada nessa proposta depende do estágio e das barreiras específicas que precisam ser superadas pela espécie para que ela passe para a próxima etapa. Imagem adaptada de BLACKBURN et al. (2011).

### *Fatores que afetam o processo de invasão*

Em escalas amplas, a distribuição natural de uma espécie é determinada principalmente por três grupos de fatores: abióticos, bióticos e acessibilidade a novos ambientes dentro do espaço geográfico (SOBERÓN; PERTESON 2005). Conforme ilustrado diagrama na figura 2A, a área de ocupação das espécies, conhecida como nicho realizado, é resultado da região de interação desses três fatores, onde as condições são favoráveis ao desenvolvimento. Quando observado sobre o ponto de vista de espécies exóticas, uma mudança na acessibilidade aos novos ambientes pode ser observada (Figura 2B). Como essas espécies estão alcançando áreas antes inatingíveis de maneira natural, a acessibilidade deixa de ser um fator limitante e o que resulta na ampliação do seu nicho realizado. Ou seja, a partir do momento em que ocorre a introdução no ambiente, o sucesso de invasão é limitado por interações com as espécies nativas, como competição e facilitação, juntamente com características ambientais como, por exemplo, temperatura, umidade e precipitação. Em geral, as espécies invasoras possuem hábitos generalistas e ampla tolerância ambiental, o que permite sobreviver nos estágios iniciais da invasão (LOCKWOOD et al. 2007)

A partir desses conceitos é possível aplicar modelos estatísticos espaciais, como a modelagem de nicho ecológico, para identificar as áreas que são adequadas ao nicho fundamental da espécie (HUTCHINSON 1957). Esse método tem sido frequentemente utilizado para avaliar o risco de estabelecimento de novos invasores, auxiliando no controle de importação de invasores potenciais (MOHAMED et al. 2006; HERBORG et al. 2007), identificar o alcance de dispersão de uma espécie invasora, fornecendo orientação para ações de controle e manejo (ARRIAGA et al. 2004; GIOVANELLI et al. 2008), identificar locais adequados para o cultivo e a criação de espécies exóticas economicamente importantes (ZAMBRANO et al. 2006), e mais recentemente, avaliar a distribuição potencial de invasores frente as mudanças climáticas (FICETOLA 2009; NORI et al. 2011; LOYOLA et al. 2012; CIVANTOS et al. 2012; LATHAM et al. 2015).

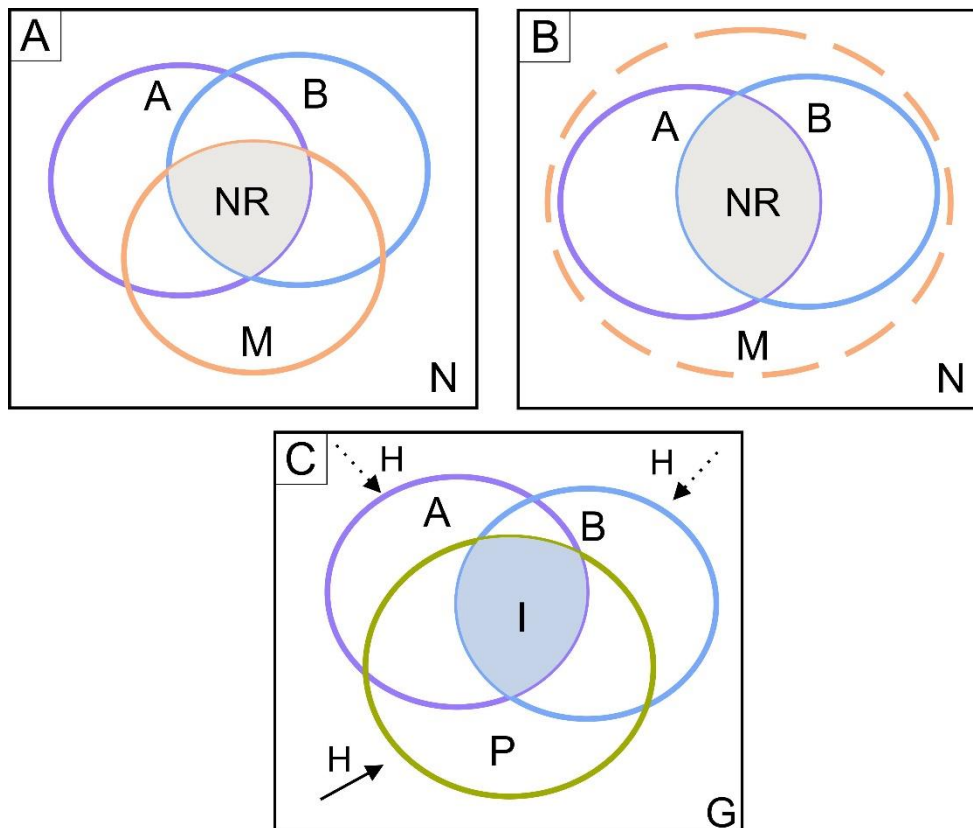


Figura 2 – Diagrama esquemático dos fatores que afetam a distribuição das espécies. (A) A relação entre as interações abióticas “A”, bióticas “B” e acessibilidade “M”. NR representa nicho realizado da espécie. (B) A relação entre os três fatores após o acesso ilimitado (M tracejado) a novas áreas. As linhas representam a distribuição geográfica da espécie, na área de estudo “N”. (C) Fatores que impulsionam a invasão em nível populacional “I” e como a atividade humana “H” pode modificar esses fatores na área não-nativa “G”. As setas indicam a interferência humana, que pode ou não ocorrer, mas é necessária para a pressão de propágulo “P”. Adaptado de SOBERÓN; PETERSON (2005) e CATFORD et al. (2009).

Já em nível de comunidade, o estabelecimento de espécies exóticas depende não só de uma série de interações complexas entre os componentes bióticos e abióticos da região não-nativa,

como também das pressões de propágulos e colonização em diferentes escalas temporais (CATFORD et al. 2009; STOHLGREN; SCHNASE 2006; THULLER et al. 2006). A influência e intensidade de cada fator pode variar quando associado com a interferência humana, que possui a capacidade de reduzir ou intensificar tais influências (Figura 2C; CATFORD et al. 2009). Por exemplo, é esperado uma correlação positiva entre o número de espécies introduzidas e estabelecidas, devido à alta pressão de colonização. A introdução de um elevado número de espécies (pressão de colonização) permite que pelo menos uma espécie encontre condições adequadas para se estabelecer (LOCKWOOD et al. 2009). No entanto, em nível de população a pressão de colonização depende de uma alta pressão de propágulos (BLACKBURN et al. 2015). Isto é, depende de um elevado número de indivíduos introduzidos em eventos sucessivos de introdução. Uma elevada pressão de propágulos permite a manutenção genética das populações pequenas durante os estágios iniciais da invasão (BLACKBURN et al. 2011; 2015). Logo, quanto maior o volume e a frequência de introdução, maior o número de espécies exóticas que conseguem encontrar condições adequadas para se estabelecer (LOCKWOOD et al. 2009). Conhecer as pressões de propágulos e colonização é portanto fundamental para compreender o atual padrão de riqueza de espécies invasoras e prevenir novas introduções. No entanto, tais pressões são difíceis de mensurar devido a imprevisibilidade das introduções que, na maioria das vezes, ocorrem de forma acidental (ver HULME et al. 2008). Em contrapartida, como os caminhos para introdução de espécies exóticas estão associados as atividades humanas, as pressões de propágulos e colonização são mediadas diretamente por essas atividades (MEYERSON; MOONEY 2007). Dessa forma, variáveis associadas à intensidade da atividade humana, como produto interno bruto, densidade populacional, uso do solo e redes de transporte, representam bons indicadores para as pressões de propágulos e colonização e, podem auxiliar no planejamento de ações de prevenção, controle e manejo (HULME, 2009; MCKINNEY, 2006).

#### *Herpetofauna exótica e invasora*

No que diz respeito a herpetofauna, as principais fontes de propágulos estão ligadas a introduções clandestinas em meio a plantas e produtos comerciais, produção comercial - principalmente para consumo humano - e o comércio de animais de estimação (SCHLAEPFER et al. 2005; CAPINHA et al. 2017). Para todas as vias existem invasões mundialmente conhecidas e com impactos bem documentados. Por exemplo, *Boiga irregularis* (Bechstein, 1802) foi introduzida na Ilha de Guam junto às instalações militares após a II Guerra Mundial.

Na ausência de competidores nativos, a espécie se espalhou pela região e levou várias espécies de aves, mamíferos e lagartos à extinção, incluindo espécies endêmicas (RODDA et al. 1997, AMAND 2000; FRITTS; RODDA 1998). Além dos impactos ambientais, como *B.irregularis* é arborícola, a escalada de postes de eletricidade gerou um série de cortes nas correntes e distribuição de energia na ilha. Estima-se que o prejuízo com as falhas elétricas cheguem a mais de 3 milhões de dólares em produtividade (FRITTS 2002).

Outra espécie invasora de sucesso bastante difundido dentre a herpetofauna é a *Lithobates catesbeianus* Shaw 1802, a rã-touro. A rã-touro é nativa do leste da América do Norte e foi introduzida em pelo menos 41 países para criação comercial de carne (FROST 2013;LIMA; AGOSTINHO 1988). Os impactos da introdução da rã-touro estão relacionados a uma forte habilidade de competição e predação das espécies de anfíbios nativos (KRAUS 2009; PEARL et al. 2004). O impacto mais preocupante, no entanto, é a transmissão do fungo *Batrachochytridium dendrobatides*, letal para uma grande variedade de anfíbios, e que tem sido apontado como um dos principais causadores do declínio e extinção global deste grupo (CARVALHO et al. 2017; MIAUD et al. 2016). Assim como a rã-touro, outra integrante da lista dos 100 piores invasores do mundo, é a tartaruga-de-orelha-vermelha, *Trachemys scripta* (THUNBERG in SCHOEPFF, 1792), a espécie mais popular no comércio de animais de estimação em todo mundo (LOWE ET AL. 2000). Nativa da América do Norte, *T.scripta* estabeleceu populações invasoras na América Central, América do Sul, Europa e Ásia, causando impactos nas comunidades dos ecossistemas de água doce, incluindo competição - levando ao aumento da mortalidade de tartarugas nativas - e alteração nas comunidades de anfíbios (CADI E JOLY, 2004; POLO-CAVIA et al. 2010; RODDER et al. 2009). Como animal de estimação, *T.scripta* é vendida ainda filhote, quando possui tamanho reduzido (entre 3 e 4 cm de carapaça) e coloração atraente. No entanto, quando adultas, as tartarugas aumentam de tamanho (até 30cm de carapaça) e perdem a coloração inicial, o que acaba levando os donos a desistirem da criação e, conseqüentemente, ao abandono do indivíduo em áreas urbanas e naturais (CADI et al. 2004).

O abandono e a fuga de animais de estimação estão fortemente ligadas às pressões de propágulos e colonização para herpetofauna (AULIYA et al. 2016). O comércio de animais de estimação, em particular, é o principal responsável pela invasão de répteis e anfíbios ao redor do mundo (KRAUS 2009). Além disso, é também uma das principais ameaças para as populações naturais da herpetofauna devido ao excesso de coleta de animais na natureza (sobre-exploração; AULIYA et al. 2016). O número de répteis e anfíbios exóticos introduzidos pelo comércio legal e ilegal de animais de estimação aumentou nas últimas décadas (LOCKWOOD

et al. 2019; MOHANTY; MEASEY 2019). Na Flórida, por exemplo, o número de invasões relacionadas ao comércio de animais de estimação aumentou consideravelmente desde os anos 2000 e, em 2010, o comércio foi responsável por mais de 80% dos répteis e anfíbios introduzidos no estado (KRYSKO et al. 2011). Como o número de espécies exóticas ainda não está saturado para ambos os grupos, ou seja, o número de novos registros de espécies exóticas tende a crescer; o aumento das introduções acende um alerta para o surgimento de novas invasões no futuro (SEEBENS et al. 2017). Isso porque os impactos das introduções atuais, muito provavelmente, só serão percebidos anos mais tarde em virtude do intervalo de tempo em que as espécies exóticas permanecem em pequenas quantidades até se tornarem invasoras, o que é denominado “dívida de invasão” (ESSL et al. 2011; RICHARDSON 2011). Com a expansão do comércio e o uso da herpetofauna como animais de estimação se tornando cada vez mais popular, espera-se que o número de primeiros registros aumente com o passar dos anos e que as invasões futuras envolvam uma diversidade taxonômica maior do que a atual (MOHANTY; MEASEY 2019; SCHEFFERS et al. 2019; SEEBENS et al. 2017). Portanto, o comércio de animais de estimação representa um desafio político para conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável em todo o mundo.

### *Herpetofauna exótica e invasora no Brasil*

No Brasil, a base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, I3N Brasil (I3N 2019), reconhece como espécies invasoras os anfíbios: *Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914, *Rhinella jimi* (Stevaux, 2002), *L. catesbeianus*, *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824), *Phyllodytes luteolus* (Wied-Neuwied, 1824), *Scinax x-signatus* (Spix, 1824) e *Xenopus laevis* (Daudin, 1802); e seis répteis: as tartarugas *Trachemys scripta* e *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835), e os lagartos *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnés, 1818), *Anolis porcatius* Gray, 1840, *Salvator merianae* (Duméril & Bibron, 1839) e *Liolaemus lutzae* Mertens, 1938. Na tabela 1 são listadas as espécies invasoras no Brasil e suas respectivas vias de introdução. Apesar da base de dados nacional incluir *Xenopus laevis* como uma espécie invasora no Brasil, a inclusão desta espécie na lista refere-se a dois espécimes encontrados em uma loja de animais de estimação. Por não existirem evidências de populações de *X. laevis* estabelecidas pelo país, a espécie não foi incluída na tabela.

Dentre as espécies invasoras no Brasil, o comércio de animais de estimação é responsável pela invasão de apenas duas espécies de tartarugas: *Trachemys scripta* que possui populações estabelecidas nos estados de Tocantins, Amazonas, Mato Grosso do sul, Goiás, São



Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; e *Trachemys dorbigni*, uma espécie nativa do sul do Brasil, com registros para Sergipe, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (I3N BRASIL\_2019; MARTINS et al. 2014; SALLES; SOARES 2010; SANTO et al. 2009; SILVA-SOARES 2011; TORTATO et al. 2014). Embora o número de espécies invasoras introduzidas via comércio de animal de estimação seja baixo, o registro de propágulos de espécies populares no comércio em áreas urbanas é frequente. Em uma rápida busca na internet é possível encontrar diversas notícias relatando o aparecimento de espécimes de pítons, cobra-do-milho e até mesmo najas em áreas urbanas pelo país (por exemplo, CASTRO 2017; RPC MARINGÁ 2019). Infelizmente, devido ao caráter ilegal dessa atividade, números exatos do volume e da diversidade de espécies utilizadas pelo comércio são desconhecidos.

Tabela 1 – Lista dos répteis e anfíbios invasores no Brasil.

Espécies invasoras	Origem	Finalidade da introdução
<b>Anfíbios</b>		
<i>Eleutherodactylus johnstonei</i>	Antilhas	Paisagismo
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	América do Sul	Produção comercial
<i>Lithobates catesbeianus</i>	América do Norte	Produção comercial
<i>Phyllodytes luteolus</i>	Brasil	Acidental
<i>Rhinella jimi</i>	Brasil	Controle de praga
<i>Scinax x-signatus</i>	América do Sul	Acidental
<b>Répteis</b>		
<i>Anolis porcatus</i>	Cuba	Acidental
<i>Hemidactylus mabouia</i>	África	Acidental
<i>Liolaemus lutzae</i>	Brasil	Criação <i>ex-situ</i>
<i>Salvator merianae</i>	América do Sul	Controle de pragas
<i>Trachemys scripta</i>	América do Norte	Comércio de animais de estimação
<i>Trachemys dorbigni</i>	América do Sul	Comércio de animais de estimação

Os demais anfíbios e répteis invasores no Brasil foram introduzidos por caminhos diversos. Introduções acidentais são relatadas para os lagartos *Hemidactylus mabouia* e *Anolis porcatus*, que entraram no Brasil clandestinamente através de embarcações marítimas. E

também para o anuro *Phyllodytes luteolus* introduzido nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, provavelmente em meio a plantas ornamentais (FORTI et al. 2017; PRATES et al. 2016; ROCHA et al. 2011). As introduções intencionais incluem a produção comercial, o controle de pragas, criação *ex-situ* e paisagismo (I3N BRASIL 2019). Dentre elas, destaca-se o sapo *Eleutherodactylus johnstonei*, nativo das ilhas caribenhas, cujo conhecimento da invasão no Brasil possui um histórico interessante. Os primeiros indivíduos encontrados no país foram coletados em 2012 por MELO et al. (2014). Com base nisso, FORTI et al. (2017) sugeriram que a espécie não havia sido registrada antes de 2010 e que sua introdução ocorreu de forma acidental, em meio a plantas ornamentais. No entanto, através da análise de registros sonoros depositados em coleção, TOLEDO; MEASEY (2018) identificaram o canto deste espécie em um registro realizado em 1995, 19 anos antes do seu primeiro registro. Através desta descoberta foi possível identificar também a verdadeira causa da introdução: a espécie foi introduzida intencionalmente por um morador que, por gostar de seu canto, soltou alguns exemplares no quintal (TOLEDO; MEASEY 2018). Outra invasão que se destaca, dessa vez devido a extensão das áreas invadidas, é a invasão da rã-touro. A espécie foi introduzida no estado do Rio de Janeiro para prática da ranicultura na década de 1930 (LIMA; AGOSTINHO 1988). Mais tarde, com a expansão da ranicultura, a implantação de novos ranários aumentou e com isso, a criação da rã-touro se espalhou pelo país (LIMA; AGOSTINHO 1988). No último levantamento realizado em 2011, a ocorrência da espécie foi registrada para 130 municípios brasileiros (BOTH et al. 2011).

### *Objetivos da tese*

O conhecimento da herpetofauna invasora no Brasil, apesar de recente, vem aumentando consideravelmente nos últimos anos (FRESHSE et al. 2016, ZENNI et al. 2016). No entanto, para muitas espécies as informações ainda são limitadas ou desconhecidas. A maior parte do conhecimento produzido está concentrado em revisão do *status* de invasão, distribuição e alguns aspectos ecológicos, e concentram-se, principalmente, nas espécies *L. catesbeianus*, *H. mabouia* e *S. merianae* (BATISTA et al. 2015; BOTH et al. 2011; FERRONATO et al. 2009; FORTI et al. 2017; MARTINS et al. 2014; ROCHA et al. 2011). Os estudos que abordam as espécies exóticas, por sua vez, são levantamentos realizados em coleções para a região sudeste do país (ETEROVIC; DUARTE 2002; PISTONI; TOLEDO 2010; MAGALHÃES; SÃO-PEDRO 2012). Ou seja, em âmbito nacional, as pesquisas têm abordado a questão de forma pontual, com foco nas espécies invasoras. Um ponto inicial e de extrema importância é a

determinação das vias de introdução predominantes para o grupo (HULME et al. 2008). Decisões tomadas com base em invasões passadas, por exemplo, podem não contemplar as mudanças no volume, intensidade e espaço geográfico pelas quais vias de introdução passaram e, conseqüentemente, serem insuficiente para impedir invasões futuras. Além disso, a identificação dos principais fatores que influenciam no processo de invasão das espécies também é uma peça fundamental para o direcionamento dos esforços e planejamento de medidas de prevenção e políticas mais adequadas.

## OBJETIVOS

### *Objetivo geral*

A presente tese visa reunir e analisar informações sobre a introdução de espécies exóticas e invasoras de dois grandes grupos de vertebrados terrestres no Brasil, anfíbios e répteis. A partir disso, pretende-se compreender a origem das introduções, distribuição e dos fatores que afetam a riqueza da herpetofauna exótica no Brasil (objetivo I); analisar a atividade humana como um dos potenciais impulsionadores para invasão de uma espécie *pet* nas Américas, utilizando modelos de distribuição potencial (objetivo II); e analisar os principais desafios associados ao comércio legal e ilegal de répteis nativos e exóticos no Brasil (objetivo III).

### *Objetivos específicos*

Objetivo I: descrever e compreender os padrões de diversidade e distribuição de anfíbios e répteis exóticos no Brasil, respondendo às seguintes perguntas: (a) Quais anfíbios e répteis exóticos presentes no Brasil? (b) De onde vêm? (c) Onde eles ocorrem? (d) Por que foram introduzidos? e (e) Quais fatores (espaciais, climáticos, antropogênicos) influenciam a incidência e a riqueza de registros dessas espécies no Brasil?

Objetivo II: modelar a adequabilidade de habitat para *Trachemys dorbigni* nas Américas utilizando variáveis climáticas (abióticas) e um índice de atividade humana para (a) identificar quais áreas são mais propensas à invasão de *T. dorbigni*; (b) estimar quais variáveis ambientais

explicam melhor seu potencial invasivo e (c) analisar a atividade humana como um dos principais fatores para maior adequabilidade ambiental para esta espécie.

Objetivo III: analisar os principais fatores envolvidos na dinâmica do comércio de estimação de répteis nativos e exóticos no Brasil visando (a) identificar os principais obstáculos para o controle do comércio legal e ilegal de répteis; (b) propor medidas para auxiliar na tomada de decisão e no planejamento de políticas públicas em consonância com o manejo sustentável da fauna silvestre.

Cada um dos objetivos é representa um capítulo nesta tese. Os capítulos são:

Capítulo I. “Introduction pathways and socio-economic variables drive the distribution of alien amphibians and reptiles in a megadiverse country.”

Artigo publicado na Diversity and Distributions, 2019; 00:1–12.

[https:// doi.org/10.1111/ddi.12920](https://doi.org/10.1111/ddi.12920)

Capítulo II. “Pet distribution modelling: untangling the invasive potential of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) in Americas”

Artigo submetido para o Biotropica.

Capítulo III. “Desafios para regulamentação do comércio de répteis no Brasil”

Artigo com submissão provável para a Journal of Applied Ecology



## CAPITULO I

### INTRODUCTION PATHWAYS AND SOCIOECONOMIC VARIABLES DRIVE THE DISTRIBUTION OF ALIEN AMPHIBIANS AND REPTILES IN A MEGADIVERSE COUNTRY

Érica Fonseca<sup>1</sup>, Camila Both<sup>1</sup>, Sonia Zanini Cechin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

Correspondence: Érica Fonseca, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil. Email: erica.fonsecae@gmail.com

#### Acknowledgements

We appreciate the collaboration of Yeda Bataus and Vera Lúcia Ferreira Luz from the Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios (RAN/ICMBIO) and Sylvia Ziller from Hórus Institut for providing the necessary conditions and support to consult specialists. We are grateful to Francisco Luís Franco, Arthur Abegg, Leandro Malta Borges and Omar M. Entiauspe-Neto for assisting with taxonomic identifications.

This manuscript was improved by valuable contributions from Tiago Gomes, Cristian Dambros, Elaine Lucas Gonsales and Clarissa Alves da Rosa. We thank researchers who collaborated with data: Caroline Zank; Fabrício Locatelli Trein; Gilberto Alves de Souza Filho; Henrique Caldeira Costa; Humberto Lange; Isabel Salgueiro Lermen; Ivan Prates; João Gabriel Ribeiro Giovanelli; Jocássio Batista Soares; Leandro Alves da Silva; Lívia Roese Miron, Marcelo Menin; Marcelo Ribeiro Duarte; Marcos Eugênio Maes; Marinus Hoogmoed; Myriam Elizabeth Velloso Calleffo; Otavio Augusto Vuolo Marques; Pâmella Albinati Oliveira; Rafael de Fraga; Reuber Brandão; Ricardo Marques; Roger Oliveira; Sergio Potsch de Carvalho e Silva; Tatiana Motta-Tavares; Teresa Ávila Pires; Thiago Simon Marques e Thiago Telatin Tognolo. To the managers: Cezar Neubert Gonçalves; Edenice Brandao De Avila; Fabiana Bertoncini; Gaspar da Silva Alencar; Getúlio Freitas; Ingrid Tiburcio; Jair Jacques; Juarez Andreiv; Kelen Luciana Leite; Michel Omena; Monia Laura Faria Fernandes; Paulo Santi Cardoso da Silva; Ricardo Nogueira; Selvino Neckel de Oliveira; Soraya Fernandes Martins,

and Thayná Mello. We also thank the curators and technicians of the zoological collections: Adrian Garda; Carlos Esequiel de Lima Toffolo; Eliza Maria Xavier Freire; Fernanda Werneck; Fernando Jerep; Flora Acuña Juncá; Giuseppe Puerto; Gustavo Graciolli; Helio Ricardo da Silva; Ilka Biondi; Jaqueiuto S. Jorge; Luciana Barreto Nascimento; Luis Felipe Toledo; Luiza Loebens; Marcelo Felgueiras Napoli; Marcio Borges Martins; Moacir Tinôco; Nelson Rufino de Albuquerque; Paulo Passos; Paulo Sérgio Bernarde; Rogério Bastos; Ronaldo Fernandes; and Selma Torquato. EF received scholarship provided by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). CB and SC were supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; protocols 150621/2018-3 and 309095/2016-6, respectively). This study was authorized by ICMBio-Ran (permit 59450-1).

## **Abstract**

**Aims:** We identify alien reptiles and amphibians, invaders or not, in Brazil and evaluate the following: (1) which alien species are found in the country; (2) where they originate from; (3) how they are distributed; (4) why and how they were introduced and (5) which factors affect the record incidences and local richness of these species.

**Location:** Brazil.

**Methods:** We conduct a comprehensive survey of different data sources to collect records of alien amphibians and reptiles. We then use a causal model approach to evaluate the influence of space, climate, anthropogenic predictors, and introduction pathways on alien richness and number of records.

**Results:** We find a total of 2,292 records of 136 species of alien reptiles and amphibians. Although species from many regions of the world can be found, most are snakes, lizards, and anurans originating in the Americas. Although records of alien amphibians and reptiles are found throughout Brazil, they are concentrated in more economically developed areas. Socioeconomic measures have both a direct and indirect causal relationship over the distribution of alien species and affect all introduction pathways, which are key factors explaining the alien species' distribution. Pet trade was directly related to alien diversity, while all the three introduction pathways contributed to explain the number of records.

**Main conclusions:** We reveal a high diversity of alien amphibians and reptiles widespread in an already megadiverse country. The finding that alien richness occurs in highly populated and wealthy areas and that it is linked to the pet trade helps to direct efforts toward the surveillance and prevention of the spread of alien species in Brazil. A higher record incidence is associated with species introduced accidentally or for human consumption, mainly represented by a few already invasive widespread species, impairing management measures.

**KEYWORDS:** alien, Brazil, human activity, invasive, pet trade.



## 1. INTRODUCTION

Invasive species can cause ecological, economic, and human health impacts (Pimentel et al., 2001; Pimentel, Zuniga & Morrison, 2005; Pedrosa et al., 2015). Therefore, signatory countries of the Convention on Biological Diversity have concentrated efforts to identify the main introduction pathways of alien species to prevent new introductions and establishments (CBD, 2014). To date, six pathways have been identified: an alien species can be introduced due to intentional release; from escapes; as a contaminant; as a stowaway within a transport vector; through anthropogenic corridors linking unconnected regions; or unaided, via other invaded regions (Hulme et al., 2008). All these pathways are directly or indirectly associated with human activities. The expansion of international commerce and commodities transportation, the intensification of tourism, and a number of technological advances have increased the frequency and volume of alien species introduced worldwide and, consequently, the number of successfully established species (Meyerson & Mooney, 2007; Hulme, 2009).

The increasing number of successfully established species can be explained by the increase of propagules (number of individuals and introduction events) and colonization pressures (number of introduced species) over time (Lockwood, Cassey & Blackburn, 2005; 2009). At the community level, a positive correlation between the number of introduced and established species can be expected. This occurs due to high colonization pressure, which allows at least one (or few) species to find suitable conditions for its establishment (Lockwood et al., 2009). Furthermore, the impact of colonization pressure is itself dependent on a high propagule pressure acting on the population level (Blackburn, Lockwood & Cassey, 2015). Numerous individuals and successive introduction events are crucial to the maintenance of small and fragmented populations (Blackburn et al., 2015). Therefore, it is essential to take into account propagule and colonization pressures when analysing the alien species richness at different temporal and spatial scales.

In the first stages of the invasion continuum (Blackburn et al., 2011), human activities facilitate the establishment of alien species through the alteration of natural environments and the increase propagule sources (Leprieur, Beauchard, Blanchet, Oberdorff & Brosse, 2008). Thus, socioeconomic variables such as the gross domestic product (GDP), the human development index, and population density represent useful indicators of colonization and propagule pressures (Mckinney, 2006; Leprieur, et al., 2008). These variables are good proxies of the intensity of human activities related to the extent of the transport network, environmental disturbances, and land use (Mckinney, 2002; Hulme, 2009; Auffret, Berg & Cousins, 2014).

Economically developed and densely populated countries often have a rich invasive fauna (Westphal, Browne, MacKinnon & Noble, 2008; Jeschke & Genovesi, 2011). Consequently, countries with emerging economies tend to be more susceptible to new invasions (Hulme, 2015; Seebens et al., 2018).

In Brazil, an emerging economy, the introduction of wild species (native or exotic) in another region or biome is prohibited (Decree n° 6.514/2008). Nevertheless, the number of invasive amphibian species has continued to rapidly increase (Forti et al., 2017), and the presence of many alien reptiles and amphibians, including established populations, has been reported in recent years (e.g., Sales & Silva-Soares, 2010; Carvalho, Fraga, Silva & Vogt, 2013; Fonseca, Marques & Tinôco, 2014; Prates, Hernandez, Samelo & Carnaval, 2016). Recent phylogenetic analyses and audio recordings have contributed to clarifying some issues, such as the geographic origin, time, and cause of the introduction of certain invasive species (Prates et al., 2016; Toledo & Measey, 2018). However, an in-depth explanation of the origin, volume, and cause of introductions is generally not available. Such knowledge gaps make it difficult to evaluate the extent and the sources of the problems posed by alien amphibians and reptiles.

In the course of this research, we conducted a comprehensive search to identify the alien amphibians and reptiles, invaders or not, in Brazil. We aimed to answer the following questions: (1) which alien amphibians and reptiles are present in Brazil; (2) where do they come from; (3) where do they occur; (4) why were they introduced; and (5) which factors (spatial, climatic, anthropogenic) influence record incidences and richness of these species in Brazil? Understanding the answers to these questions is a key step to future decision-making focusing in developing strategies for preserving the native biodiversity. Considering Brazilian high diversity (partly explained by suitable climatic conditions) and the human population growth (coupled with anthropogenic expansion) we expect to reveal a previously unknown exotic diversity and be able to identify the key causes of its distribution.

## 2. METHODS

### 2.1 Species data

We collected data about alien amphibians and reptiles in Brazil, including all alien species found, invaders or not. That is, all the species introduced in different regions of Brazil, belonging to all stages of invasion, from the transport to the spreading (see Blackburn et al., 2011). In this way, we draw attention to invasive species, and many other alien species that are in all types of stages, which may eventually spread and become invasive. We conducted a

research in several sources: scientific literature, unpublished dissertations and theses, congress summaries, technical and legal governmental documents, zoological collections, online databases, and expert information. We performed a systematic review using the online library databases (ISI Web of Science, Google Scholar, Scopus, and Periódicos CAPES) to assess scientific papers containing terms related to amphibians and reptiles (“Amphib\*”; “Reptile”; “Testudines”; “Crocodylia”; “Snake”; “Lizard”; “Anura”) and variations of terms connected to invasion biology (“exotic”; “inva\*”; “alien”; “non-native”; “introduc\*” and “non-indigenous”) in all the available fields including the title, abstract, topic, and full text. All search combinations were performed in Portuguese and English. The search began in June 2016 and was completed in July 2017. Over this time, 165 studies were discovered in total (see all studies used in the review in AppendixS3).

We also surveyed data from newspaper articles and websites. Although unusual, these are strategic sources to track alien species that have been illegally traded or raised as pets, and we strongly defend their inclusion in this study. First, because they are needed to describe the scenario we are trying to assess, and second, because this data is important for scientific knowledge and, especially, for environmental agencies. We carefully checked these records before including them in our dataset: they were peer-reviewed by four taxonomists from different institutions, and only specimens that they confirmed were included. A search was performed on Google using the keywords “sedex” (Brazilian postal package service); “post offices”; “confiscation”; “rescue”; “captivity”; “trafficking”; “illegal breeding”; “exotic animals”; and the common names of certain animal groups: “lizards,” “anurans,” “snakes,” “turtles,” “salamanders,” and “crocodilians.” This search occurred during the same period in which we revised scientific journals and collections. We only took into consideration the information found on the websites of experts NGOs, corporations and state governments, federal autarky, and traditional/high-circulation regional newspapers. We ultimately included a total of 75 sources with photographs of the species in question. More details on the methodology applied to each source type and the taxonomists consulted can be found in Appendix S1.

Our final list is comprised of records of alien amphibians and reptiles collected from these different sources. Only species found in lists of the Brazilian Society of Herpetology were considered native to Brazil (Costa & Bérnils, 2018; Segalla et al., 2016). The nomenclature was based on the databases compiled by Frost (2017) and Uetz, Freed and Hoek (2017). Our analyses only included records that could be associated with a valid taxonomic unit. We removed all records that merely identified a taxa as a “snake” or a “lizard” and those in which the name used represents more than one species.

The following details were noted from each record: species origin (continent/region), introduction cause, municipality of occurrence, environment type (either undetermined; natural, when inside conservation units or large native fragments; or anthropic, when the record came from urban, peri-urban, and rural areas), number of individuals, and whether or not it was a confiscation record. We used municipalities as geographical units instead of grids or pixels due to two main reasons: the great variety of scales describing the locality of records across studies and the fact that socioeconomic data are reported at this scale. The centroid of the municipality was standardized as a geographic unit for each record and geo-referenced with Google Earth (Version 7.1.8.3036, Google Inc.). If the total number of individuals was not available or was inaccurate (e.g., "abundant," "several"), we standardized the total value to the minimum of one individual (see Appendix S2). Natural distributions were extracted from The Reptile Database (Uetz et al., 2017) and AmphibiaWeb (2017). The introduction cause was classified as one of the following: (1) accidental, when the specimen was a stowaway within a transport vector or a commodity; (2) human consumption (food); (3) biocontrol; (4) landscaping; (5) pet trade; and (6) undetermined. The classification was based on the information obtained from the original source, and therefore the same species may have been attributed multiple routes of introduction. When the information was not available, the introduction cause was classified as "indeterminate." Species were determined to have been introduced through the pet trade when the specimens were confiscated in illegal captivity, intercepted during transportation, rescued after denunciation, voluntarily delivered, or sold through e-commerce. Because some reptiles and amphibians produce toxic substances harmful to humans, we also recorded the occurrence of species of medical importance.

## 2.2 Explanatory variables

To explain the distribution of records and the richness of alien amphibians and reptiles in Brazil, we used a number of descriptor variables including spatial, climatic, and anthropogenic factors, while also focusing on the introduction pathways. Spatial descriptors were obtained using the principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM), transforming the pairs of geographic coordinates into a truncated distance matrix (Borcard & Legendre, 2002). This method decomposes the spatial relation between sites into orthogonal eigenvectors (spatial filtering) that maximize Moran's index of autocorrelation (Dray, Legendre & Peres-Neto, 2006). We used the spatial filtering as spatial variables, extracted through the truncation distance of 2,887 km (Rangel, Diniz-Filho & Bini, 2006). The potential influence of the municipality area on the number of records and the richness of alien species had no statistical

significance, so it was not used in further analyses (alien richness:  $R^2 < 0.001$ ,  $F = 0.521$ ;  $p = 0.471$ ; number of records:  $R^2 = 0.002$ ;  $F = 0.718$ ;  $p = 0.397$ ).

The set of climatic predictors included the minimum and maximum temperatures and annual precipitation of each geographic unit. Annual means of climatic data were obtained from WorldClim, version 2.0 (Fick & Hijmans, 2017) at a 30 arc-second resolution (approximately 1 km<sup>2</sup>). The human population density and the per capita GDP of municipalities were used as anthropogenic variables; the data in this section was based on the demographic census of 2010 (IBGE, 2017). Finally, we used three main introduction pathways (accidental, human consumption, and pets) for reptiles and amphibians in Brazil as categorical predictors. For each geographical unit, we tallied the records related to the introduction pathways. For example, at locality “A,” we found two records of pets, 10 records attributed to human consumption, and zero connected to accidental pathways. Records with introduction pathways classified as “undetermined” made up only 5.8%, and they were not included because they do not provide information on introduction causes. Other introduction pathways accounted for less than 2% of records and were also disregarded (biological control = 1.5%; landscaping = 0.01%). The details of the classification of introduction pathways are presented in Section 2.1.

### 2.3 Data analyses

We built a theoretical model illustrating potential causal relationships explaining the distribution of alien species richness and the number of records (Fig. 1a). This model assumes a hierarchical causal order between predictors in which spatial descriptors are exogenous, and all other variables are endogenous (Shipley, 2000). Specifically, we assume that spatial predictors influence the other predictors. The same is the case for climatic predictors, which influence all but the spatial predictors. Anthropogenic predictors can be influenced by the space and climate, and could, therefore, affect introduction pathways, record numbers, and alien species richness. Record numbers and alien richness may only influence each other, but they can be explained by the different sets of predictors. In the graphical model, all causation hypotheses are represented by arrows that point from the “cause” to the “effect.”

We tested the causal model using the analytical steps proposed by Brum, Kindel, Hartz and Duarte (2012) (see also Brum et al., 2013). First, we performed a separate model selection procedure for each set of descriptors (spatial, climatic, anthropogenic, and introduction pathways) to determine their value as predictors of i) alien richness and ii) the number of records. We then selected the best variables to be used in subsequent path analysis. It is

important to note that spatial and climatic variables were not directly linked to our response variables so that our causation model could be simplified. Figure 1b illustrates the causal model resulting from the first step of our analysis.

The second analytical step was performing a new model selection using all the pre-selected variables to discover which are directly linked to the alien richness and number of records when they appear all combined. Obeying the causal hierarchy, we then performed successive model selections using, as response variables, the predictors directly related to alien species richness and number of records and, as explanatory variables their respective potential predictors. This step was repeated, until we reached the anthropogenic factors, the most exogenous descriptors in our case (Fig. 1b). All model selections were based on the corrected Akaike information criterion (AICc) (Burnham & Anderson, 2002; Anderson, 2008).

The final model is the one that best connects the causally structured variables according to our initial hypothetical model. The standardized regression coefficients ( $\beta$ ) were taken as path coefficients. The species richness was expressed as a square root and the number of records was log-transformed ( $\log_{10}(x+1)$ ). Transformations were necessary to improve residual distribution. All analytical steps were performed using the software Spatial Analysis in Macroecology, v. 4.0 (Rangel, Diniz-Filho & Bini, 2010).

### 3. RESULTS

#### *What exotic amphibian and reptile species occur in Brazil?*

We found 2,292 records of alien and invasive amphibians and reptiles in Brazil from 1955 to the present day. Of these, only 1,981 records of 136 species had complete information regarding taxonomic identification and occurrence locality and were consequently used in our analyses. Of the 136 species in these records, 101 were exotic to Brazil, while 35 were native Brazilian species occurring outside their original distribution range. The most frequently occurring alien species were different types of squamates with snakes and lizards, representing 44.1% ( $n = 60$ ) and 23.5% ( $n = 32$ ), respectively. Anurans had 27 species (19.8%), turtles with 12 (8.8%), salamanders and crocodilians with 3 (2.2%) and 2 (1.4%) species, respectively (Fig. 2). Fourteen species are considered of medical importance. Lizards and Anurans are the groups with highest number of records (Fig. 3a).

#### *Where are they native to and where are they occurring in Brazil?*

The majority of the alien species referenced in the records were native to South America ( $n = 60$ ), followed by North America ( $n = 28$ ) and Asia ( $n = 20$ ) (Fig. 4). The highest concentration of records (82 alien species) occurred in the southeastern (55.9%) and southern (18.8%) regions of Brazil, within the Atlantic Forest Biome (Fig. 5). Nearly 45.2% of the records were made in anthropic areas, with 10% in natural environments; 13 species were found inside conservation units. Type of environment could not be determined in 44.6% of the records.

#### *Why were they introduced?*

The pet trade was responsible for the introduction of more than half the species (55.6%). Only 6.4% of the total records were related to confiscations; this value corresponds to 47 alien species introduced to Brazil and 19 native species that were exotic to the regions where they were found, having been trafficked or raised as pets. Accidental introductions (5.3%), introductions related to human consumption, biocontrol, and landscaping (1.3% each) represented a lower percentage of the diversity of the introduced species (Fig. 3b). We could not identify the introduction pathway for 39 of the observed species. Even though the species that were accidentally introduced or related to human consumption showed low diversity, they totaled most of the records (77.1%): these records mainly refer to House geckos (*Hemidactylus mabouia*) (45.7%) and American bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) (30%), respectively.

#### *Which factors best explain the record incidence and richness of these alien species in Brazil?*

Anthropogenic variables and introduction pathways were selected as predictors to explain both the richness of alien amphibians and reptiles and the number of records. The model selection (presented in Table 1) did not support the importance of spatial and climatic variables (Table 1). The GDP and the pet trade presented the highest path coefficients directly explaining alien richness (Fig. 6). The former also affects richness indirectly by increasing the importance of the pet introduction pathway. These pathways showed positive coefficients, indicating that most developed areas, where more pet species can be found, are characterized by higher alien richness. The number of records and the human population density also have a direct and positive influence on richness. The other introduction pathways only indirectly impact species richness through their influence on the number of records. This model explains 74% of the variation of alien richness.

The number of records was directly related to multiple factors. Higher alien richness and all three introduction pathways increased the number of records. The accidental and human consumption introduction pathways were the most important causal predictors of the number of records. The GDP had a positive indirect influence on this variable once it increases accidental introductions, the introductions of pets, and alien species richness, which in their turn increase the number of records. However, the GDP also presented a negative direct path (Fig. 6). This indicates that, overall, more developed areas tend to have more records of aliens, as there are more species, but some localities do not follow this trend. The human population density also positively affects the record numbers indirectly, by increasing accidental introductions and alien richness. This model configuration highlights the complexity of the inter-relationship between factors contributing to the distribution of records of alien amphibians and reptiles in Brazil. While pet introduction promotes higher alien richness, introduction pathways related to human consumption and accidental introductions directly increase the number of records.

#### 4. DISCUSSION

##### *Understanding alien amphibian and reptile diversity in Brazil*

The identification of the alien species in a given area and the factors regulating their introduction is an important step in understanding the establishment process and defining indicators that can be used in decision-making processes. In this study we found a surprising diversity of alien species in Brazil, native to all different parts of the world and belonging to all kinds of invasion stages. We believe that the diversity of sources used in this study enabled us to build a consistent database. This effort was essential for a broad description and analysis of the distribution and causes of alien amphibians and reptiles in the country, including historical and contemporary information. Using a causal model approach, we revealed that the pet trade and the GDP are the most influential predictors of the richness of alien amphibians and reptiles. Human population density also directly affects alien richness, with a lower path coefficient. Such results offer additional support for the hypothesis that colonization pressure and human activity are key factors in increasing alien species diversity (Leprieur et al., 2008; Lockwood et al., 2009). Our findings also revealed that explaining the distribution of records requires a larger number of causal links. Besides economic activities, all introduction pathways play important roles in determining the number of records.



The alien and invasive species found in this survey mainly consisted of snakes, lizards, and anurans, echoing the richness of amphibians and reptiles established worldwide (Capinha et al., 2017). Exotic species from all continents have been introduced to Brazil, with a higher proportion of species from South and North America, followed by Asia and Africa. The predominance of species originating from South America may be related to the high diversity and socioeconomic pressures inherent in developing countries, where poverty and poor infrastructure lead to inefficient inspections and biosafety, making corruption and the trafficking of animals attractive alternatives (Balmford et al., 2002; Auliya et al., 2016; Brenton-Rule, Barbieri & Lester, 2016).

The Atlantic Forest region is characterized by the highest concentration of alien amphibians and reptiles in Brazil, and this can be explained by socioeconomic factors (i.e., human population density, per capita GDP). The Atlantic Forest domain is a very large and diverse region, in which nearly 72% of the Brazilian population lives, and it is responsible for 80% of the Brazilian GDP, concentrating the most important ports and industrial, chemical, and oil centres (SOS Mata Atlântica Foundation, 2016). This biodiversity hotspot also harbours the greatest diversity of alien and invasive species of plants and other animals found in the country (Sampaio & Schmidt, 2013; Zenni, Dechoum & Ziller, 2016). Economic activities increase the flow of alien species through multiple pathways (Hulme et al., 2008), directly or indirectly determining the diversity and propagule releases and the number of introduction events (Blackburn, Cassey & Lockwood, 2008; Cassey, Blackburn, Duncan & Lockwood, 2005; Meyerson & Mooney, 2007; Hulme, 2009). Such a relationship was evident in our model due to the strong association between the GDP and alien richness, as well as between pet and accidental introduction pathways.

Most species and records were observed in anthropic environments, but we found 11 alien species (7 reptiles and 4 amphibians) in Brazilian conservation units (CUs), where the presence of other alien taxa has also been recorded (Sampaio & Schmidt, 2013; Ziller & Dechoum, 2013). Currently, studies suggest that protected areas may not be sufficient to support the long-term maintenance of biodiversity, and that these regions will probably be subject to further biological invasions in the future (Araújo, Alagador, Cabreza, Nogués-Bravo & Thuiller, 2011; Loyola et al., 2012; Barbosa, Both & Bastos, 2017). In Brazil, CUs are often located in or near large urban centres, surrounded by a high-density population, who sometimes illegally occupies the CU area. These situations, associated with other anthropogenic disturbances, act as propagule sources, facilitating the introduction of alien species in protected areas (Smallwood

1994; Wittemyer, Elsen, Bean, Burton, & Brashares, 2008; Spear, Foxcroft, Bezuidenhout & McGeoch, 2013).

In our study, we found that neither spatial nor climatic factors impact alien species richness or the distribution of records. Similarly to what other studies have found regarding fish, birds, mammals, and plants (Taylor & Irwin, 2004; Leprieur et al., 2008; Chiron, Shirley & Kark, 2009; Jeschke & Genovesi, 2011), our results indicate that anthropogenic factors are more important than natural ones in regulating the introduction of alien species, reinforcing that this may be a general pattern for macroscale analyses. The GDP was identified as an important predictor of the species richness of alien reptiles and amphibians in Brazil. This is probably due to a positive relationship between human activities and the releases of specimen/species propagules (Lockwood et al., 2005; Mckinney, 2006). Areas where economic development and human density are elevated are expected to contain more species than those that are less developed with a lower population density.

The analysis of the introduction pathways revealed that accidental introductions and human consumption increase the number of records, while the pet trade increases alien richness. The causal model revealed that accidental introductions are the main direct factor explaining the number of records. These introductions are more likely to occur on high-intensity transportation routes, which are common in wealthy areas (i.e., those with a higher GDP) (Hulme, 2009). Here, this relationship is strongly influenced by the species *Hemidactylus mabouia*, or gecko. The gecko was probably brought to Brazil accidentally about 500 years ago on ships coming from Africa, and it is currently abundant and widely distributed throughout the country, mainly in urban areas throughout the country (Rocha, Anjos & Bergallo, 2011). The number of records was also influenced by factors related to human consumption introduction pathway; the most evident example of this is the American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). This species was introduced for aquaculture purposes and is currently invasive and widely distributed throughout the country (Both, Madalozzo, Lingnau & Grant, 2014). Bullfrogs were introduced in the 1930s, and in the following decades, individuals escaped from farms; simultaneously, they were freely distributed to rural owners by governmental agencies (Lima & Agostinho, 1988; Both et al., 2011). Due to this fact they also occur in small municipalities and properties, typically from localities with a low GDP. In addition, our analyses revealed that the introduction of these species with high number of records and widely distributed is not related to high-populated areas or exclusive to well-developed regions.

Historical and cultural factors linked to human activities also influence alien species richness. As the causal model reveals, high-populated areas have more alien species diversity,

and this is mostly due to the presence of species introduced as pets. Our results also indicate that the introduction of species through the pet trade is higher in the wealthier and more developed areas of the country. The path model indicates that the GDP is strongly associated with the introduction of pet species, which in turn increases species richness and the number of records.

### *Insights into alien pet trade and future invasions*

As previously stated, a high proportion of the species diversity is caused by the introduction of exotic pets. In Brazil, the importation of reptile and amphibian species (except for bullfrogs) for breeding for commercial purposes and for pet market is prohibited by Federal Order n° 93/1998. Therefore, the trade of pet species from other countries is illegal (specimens imported before 1998 cannot be sold, only donated). The commercialization of native wild species depends on the approval and supervision of each state, but all the records examined in this study were from irregular pet ownership, with no licenses or identification chips. Keeping reptiles and amphibians as pets endangers the native diversity in two ways: it removes the species from their natural habitat, and it introduces alien species to different regions. The pet trade is responsible for threats, invasions, and extinctions of many animal species worldwide (Schlaepfer, Hoover & Dodd, 2005; Kraus, 2009; García-Díaz & Cassey 2014).

The species introduced by the pet trade most often referenced in the records are the *Pantherophis guttatus* and *Trachemys scripta*, both with more than 300 introduced individuals. Currently, only *Trachemys scripta* has been confirmed to have invaded some regions of Brazil (Bujes, 2011; Silva- Soares, Ferreira, Salles & Rocha, 2011). Although there is no evidence that there is an invasion of *Pantherophis guttatus* in progress, we believe that it is only a matter of time. Besides being the most common illegally traded species in the country (Magalhães & São Pedro, 2012), *Pantherophis guttatus* has a high probability of establishment in Brazil (Fonseca, Marques & Tinôco, 2014; Fonseca, Solé, Rodder & Marco, 2017). Of particular concern is the commercialization of venomous alien species as pets, which represents a risk to public health (Minton, 1996; Schaper et al., 2009). As in most countries, only specific antivenoms for the genera of native species are available in Brazil (Brazil, 2001). Therefore, injuries caused by alien pets can result in human death. This could occur if, for example, a person is bitten by species such as the *Naja kaouthi* (monocled cobra) that was found in an urban area of Brazil (see Appendix S2).

According the “invasion debt” concept, even if the introductions stop, new invasions will continue to emerge due to a “lag” phase, in which species that have already been introduced

remain in small quantities for a long time until they become invasive, and their impacts are detected (Essl et al., 2011; Richardson 2011). Therefore, if species introduced for human consumption and through accidental introductions are already widespread and invasive in Brazil, pets pose an imminent threat. The impact of these introductions and current socioeconomic activities on patterns of alien species richness will become clearer in the future.

### *Conclusions*

Our study constitutes a comprehensive and important analysis of the diversity and distribution patterns of alien amphibians and reptiles in Brazil. We were particularly surprised by the number of species from all around the world that were present in this already megadiverse country and those that had been moved across biomes. The total number of records was also high, but it was mostly composed of species that we expected to find, since they are already invasive, introduced for human consumption or accidentally. We recognize that the number of alien species is probably actually higher. Depicting the main introduction pathways was a key step in understanding how human activity affects the distribution of alien species richness and the number of records. Because the effects of many such introductions can sometimes only be observed decades later, knowing the introduction finality and routes is an important element in proposing conservation strategies that will serve to prevent the invasion of many species and the arrival of new propagules.

### REFERENCES

- AmphibiaWeb. Information on amphibian biology and conservation (web application). Berkeley, California. Available at: <http://amphibiaweb.org> (Accessed 17 June 2017).
- Anderson D. R. (2008) Model based inference in the life sciences. Springer, New York.
- Araújo, M.B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D. & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14: 484–492. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01610.x>
- Auffret, A. G., Berg, J., Cousins, S. A. O. (2014). The geography of human-mediated dispersal. *Diversity and Distributions*, 20, 1450–1456. <https://doi.org/10.1111/ddi.12251>
- Auliya, M., Altherr, S., Ariano-Sanchez, D., Baard, E.H., Brown, C., Brown, R.M., ... Ziegler, T. (2016). Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the

European market. *Biological Conservation*, 204, 103-119.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.017>

Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., ... Turner, R. K. (2002). Economic Reasons for Conserving Wild Nature. *Science*, 297 (5583), 950–953. doi:10.1126/science.1073947

Barbosa, F. G., Both, C. & Bastos, M. (2017). Invasive American bullfrogs and African clawed frogs in South America: high suitability of occurrence in biodiversity hotspots. *Zoological Studies*, 56, [28]. doi: 10.6620/ZS.2017.56-28

Blackburn, T. M., Lockwood, J. L. & Cassey, P. (2008). The island biogeography of exotic bird species. *Global Ecology and Biogeography*, 17, 246-251. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00361.x>

Blackburn, T. M., Lockwood, J. L. & Cassey, P. (2015). The Influence of numbers on invasion success. *Molecular Ecology*, 24, 1942–1953. <https://doi.org/10.1111/mec.13075>

Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson, J. R. U., & Richardson, D.M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>

Borcard, D. & Legendre, P. (2002). All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, 153, 51-68. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00501-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00501-4)

Both, C., Madalozzo, B., Lingnau, R. & Grant, T. (2014). Amphibian richness patterns in Atlantic Forest areas invaded by American bullfrogs. *Austral Ecology*, 39, 7, 1-11. <https://doi.org/10.1111/aec.12155>

Both, C., Lingnau, R., Santos-Jr., A., Madalozzo, B., Lima, L.P., Grant, T. (2011). Widespread occurrence of the american bullfrog, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae), in Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 6, 127–134. doi:10.2994/057.006.0203.

Brazil (2001). Ministério da Saúde. Manual de diagnóstico e tratamento de acidentes por animais peçonhentos. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 3ed. 120 p.

Brenton-Rule, E. C., Barbieri, R. F., Lester & P. J. (2016). Corruption, development and governance indicators predict invasive species risk from trade. *Proceedings of the Royal Society B*, 283: 20160901. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0901>

Brum, F. T., Kindel, A., Hartz, S. M. & Duarte, L. D. S. (2012). Spatial and phylogenetic structure drive frugivory in Tyrannidae birds across the range of Brazilian Araucaria forests. *Oikos*, 121, 899–906. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19978.x>

Brum, F. T.; Gonçalves, L. O., Cappelatti, L., Carlucci, M. B., Debastiani, V. J., Salengue, E. V., ... Duarte, L. S. (2013). Land use explains the distribution of threatened New World Amphibians better than climate. *PLoS ONE*, 8, e60742. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060742>

Bujes, C. S. (2011). Chelonia Project—Study Group for Freshwater Turtle Conservation and Biology in Southern Brazil: Introduction of *Trachemys scripta elegans* in the Jacuí Delta. *Turtle and Tortoise Newsletter*, 15, 14–18.

Burnham, K. P. & Anderson, D. R., (2002). *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach*. 2 ed. Springer Verlag, New York.

Capinha, C., Seebens, H., Cassey, P., García-Díaz, P., Lenzner, B., Mang, T., ... Essl, F. (2107). Diversity, biogeography and the global flows of alien amphibians and reptiles. *Diversity and Distributions*. 23, 1313–1322. <https://doi.org/10.1111/ddi.12617>

Carvalho, V. T., Fraga, F., Silva, A. L. F., & Vogt, R.C. (2013) Introduction of *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824) (Anura: Leptodactylidae) in central Amazonia, Brazil. *Check List*, 9, 849–850. <http://dx.doi.org/10.15560/9.4.849>.

Cassey, P., Blackburn, T. M., Duncan, R. P. & Lockwood, J. L. (2005). Lessons from the establishment of exotic species: a meta-analytical case study using birds. *Journal of Animal Ecology*, 74, 250–258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00918.x>

CBD (2014) *Global Biodiversity Outlook 4*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

Chiron, F., Shirley, S. & Kark, S. (2009). Human-related processes drive the richness of exotic birds in Europe. *Proceedings of the Royal Society B*, 276, 47–53. [doi:10.1098/rspb.2008.0994](https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0994).

Costa H. C. & Bérnils, R. S. (2018). Répteis do Brasil e suas unidades federativas: Lista de espécies. *Herpetologia Brasileira*, 7, 1, 11-57.

Dray, S., Legendre, P. & Peres-Neto, P. R. (2006) Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological Modelling*, 196, 483-493. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.02.015>

Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch W., Hulme, P. E., Hülber, K., Jarošík, V., ... Pyšek, P. (2011). Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 203-207. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011728108>

Fick, S.E. & R.J. Hijmans (2017). *Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*. *International Journal of Climatology*. Available at: <http://worldclim.org/version2> (Accessed 15 October 2017)

Frost, D. R. (2017). Amphibian species of the World: An online reference. Version 6.0. Available at: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> (Accessed April 21, 2017)

Fonseca, E., Marques, R. & Tinôco, M. S. (2014). New records of *Pantherophis guttatus* in the state of Bahia, an alien species to Brazil. *Salamandra*, 50, 241–244.

Fonseca, E., Solé, M., Rodder & D., de Marco, P. J. (2017). Pet snakes illegally marketed in Brazil: Climatic viability and establishment risk. *PLoS ONE*, 12, e0183143. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183143>

Forti, L. R., Becker, C. G., Tacioli, L., Pereira, V. R., Santos, A. C. F. A., Oliveira, I., ... Toledo, L. F. (2017). Perspectives on invasive amphibians in Brazil. *Plos One*, 12, 1-22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184703>.

Fundação SOS Mata Atlântica. (2016). Relatório anual 2016. 101 p.

García-Díaz, P & Cassey, P. (2014). Patterns of transport and introduction of exotic amphibians in Australia. *Diversity and Distributions*, 20, 455–466. <https://doi.org/10.1111/ddi.12176>

Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46, 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>

Hulme, P. E. (2015). Invasion pathways at a crossroad: policy and research challenges for managing alien species introductions. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1418-1424. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12470>

Hulme, P. E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kuhn, I., Minchin, D., ... Pergl, J. (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*, 45, 403–414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>

IBGE (2017). Censo demográfico 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Available at: <http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=798> (Accessed 7 November. 2017).

Jeschke, M. & Genovesi, P. (2011). Do biodiversity and human impact influence the introduction or establishment of alien mammals? *Oikos*, v.120, p. 57–64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18621.x>

Kraus F. (2009). Alien reptiles and amphibians: A scientific compendium and analysis. Dordrecht: Springer Science & Business Media.

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, 0404-0410. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060028>

Lima S. L. & Agostinho C. A. (1988) *A Criação de Rãs*. 2 ed. Editora Globo, São Paulo.

Lockwood, J. L., Cassey, P. & Blackburn, T. M. (2005). The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.02.004>

Lockwood, J. L., Cassey, P. & Blackburn, T. M. (2009). The more you introduce the more you get: The role of colonization pressure and propagule pressure in invasion ecology. *Diversity and Distributions*, 15, 904–910. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00594.x>

Loyola R. D., Nabout J. C., Trindade-Filho J. Lemes, P., Urbina-Cardona, J. N., Dobrovolski, R., ... Diniz-Filho, J. A. F. (2012). Climate change might drive species into reserves: a case study of the American bullfrog in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Alytes*, 29, 61–74.

Magalhães, A. L. B. & São-Pedro, V. A. (2012). Illegal trade on non-native amphibians and reptiles in southeast Brazil: the status of e-commerce. *Phyllomedusa*, 11, 155- 160. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v11i2p155-160>

Mckinney, M. L. (2002). Influence of settlement time, human population, park shape and age, visitation and roads on the number of alien plant species in protected areas in the USA. *Diversity and Distributions*, 8, 311–318. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2002.00153.x>

Mckinney, M. L. (2006). Correlated non-native species richness of birds, mammals, herptiles and plants: scale effects of area, human population and native plants. *Biological Invasions*, 8, 415–425. doi: 10.1007/s10530-005-6418-9.

Meyerson, L. A. & Mooney, H. A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2).

Minton, S. A. (1996). Bites by non-native venomous snakes in the United States. *Wilderness and Environmental Medicine*, 4, 297–303.

Pedrosa, F., Salerno, R., Padilha, F. V. B. & Galetti, M. (2015). Current distribution of invasive feral pigs in Brazil: economic impacts and ecological uncertainty. *Natureza & Conservação*, 13, 84-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2015.04.005>

Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, ... Aquino, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions.



Agriculture, Ecosystems & Environment, 84, 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00178-X)

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. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>

Prates, I., Hernandez, L., Samelo, R. R. & Carnaval, A. C. (2016). Molecular Identification and geographic origin of an exotic anole lizard introduced to Brazil, with remarks on its natural history. *South American Journal of Herpetology*, 11, 220–227. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-16-00042.1>.

Rangel, T. F. L. V. B., Diniz-Filho, J. A. F. & Bini, L. M. (2006). Towards an integrated computational tool for spatial analysis in macroecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, 15, 321–327. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00237.x>

Rangel, T. F. L. V. B., Diniz-Filho, J. A. F. & Bini, L. M. (2010). SAM: A comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, 33, 1–5. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06299.x>

Richardson, D. M. (2011). *Fifty Years of Invasion Ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford. 432 p.

Rocha, C. F. D., Anjos, L. A. & Bergallo, H. G. (2011) Conquering Brazil: the invasion by the exotic gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* (Squamata) in Brazilian natural environments. *Zoologia*, 28, 747–754. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702011000600007>

Salles, R. O. L. & Silva-Soares, T. (2010). *Phyllodytes luteolus* (Anura, Hylidae) as an alien species in the Rio de Janeiro municipality State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 3, 257-258.

Sampaio, A. B. & Schmidt, I. B. (2013). Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3, 32-49.

Schaper, A., Desel, H., Ebbecke, M., Haro, L., Deters, M. M. D., Hentschel, H., Hermanns-Clausen, M. & Langer, C. (2009). Bites and stings by exotic pets in Europe: an 11 year analysis of 404 cases from Northeastern Germany and Southeastern France. *Clinical Toxicology*, 47, 39–43. doi: 10.1080/15563650801954875

Schlaepfer, M. A., Hoover, C. & Dodd, K. (2005). Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. *Bioscience*, 55, 256–264. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0256:CIETIO\]2.0.CO](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0256:CIETIO]2.0.CO).

Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., ... Essl, F. (2018). Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new

source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1-10. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719429115>

Segalla, M. V., Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Grant, T., Haddad, C. F. B. Langone, J. A. & Garcia, P. C. A. (2016). Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira*, 4, 34-46.

Shipley, B. (2000) *Cause and correlation in biology: A User's Guide To path Analysis, Structural Equations and Causal Inference*. Cambridge University Press, Cambridge.

Silva-Soares, T., Ferreira, R. B., Salles, R. O. L., & Rocha, C. F. D. (2011). Continental, insular and coastal marine reptiles from the municipality of Vitória, state of Espírito Santo, southeastern Brazil. *Check List*, 7, 290–298

Smallwood, K. S. (1994). Site invisibility by exotic birds and mammals. *Biological Conservation*, 69, 251–259.

Spear, D., Foxcroft, L. C., Bezuidenhout, H. & McGeoch, M. A. (2013). Human population density explains alien species richness in protected areas. *Biological Conservation*, 159, 137-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2012.11.022> .

Taylor, B. W. & Irwin, R. E. (2004). Linking economic activities to the distribution of exotic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 17725-30. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0405176101](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0405176101)

Toledo, L. F. & Measey, J. (2018). Invasive frogs in São Paulo display a substantial invasion lag. *BioInvasions Records*, 7, 1-4.

Uetz, P., Freed, P. & Hoek, J. (eds.) (2017). *The Reptile Database*. Available at: <http://www.reptile-database.org> (Accessed 20 July 2017)

Westphal, M. I., Browne, M., MacKinnon, K. & Noble, I. (2008). The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10, 391–398. doi: 10.1007/s10530-007-9138-5

Wittemyer, G., Elsen, P., Bean, W. T., Burton, A. C. O. & Brashares, J. S. (2008). Accelerated human population growth at protected area edges. *Science*, 321, 123-126. doi:10.1126/science.1158900

Zenni, R. D., Dechoum, M. S., Ziller & S. R. (2016). Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. *Biotemas*, 29, 133-153. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2016v29n1p133>.

Ziller, S. R. & Dechoum, M. S. (2013). Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3, 4-31.

## APPENDICES

**Tables**

Table 1 – The best models explaining the variations of alien species richness and the number of records for the four groups of tested predictors. Selection was based on the Akaike information criterion (AICc) and Akaike weight ( $w$ ). The selected models revealed the highest AICc, which describes the relative likelihood of the model, normalized across the set of all possible models to sum 1.

<b>Model selection</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>AICc</b>	<b><math>w</math></b>
<b>(1) Spatial</b>			
Richness	0.006	542.526	-
Number of records	0.032	234.823	-
<b>(2) Climatic</b>			
Richness	0.018	538.894	-
Number of records	0.029	229.21	-
<b>(3) Anthropogenic</b>			
Richness: Population density; GDP	0.668	65.353	0.999
Number of records: Population density; GDP	0.151	165.586	0.969
<b>(4) Introduction pathways</b>			
Richness: Pet; Accidental	0.632	109.951	0.624
Number of records: Pet; Accidental; Human consumption	0.675	-248.955	1

## Figures

Figure 1 - Theoretical causal model explaining the relationships between the richness of alien herpetofauna and the number of records and (a) the potential causal predictors set: spatial, climatic, and anthropogenic factors, and introduction pathways; and (b) the final path model representing the potential causal links supported by model selection.

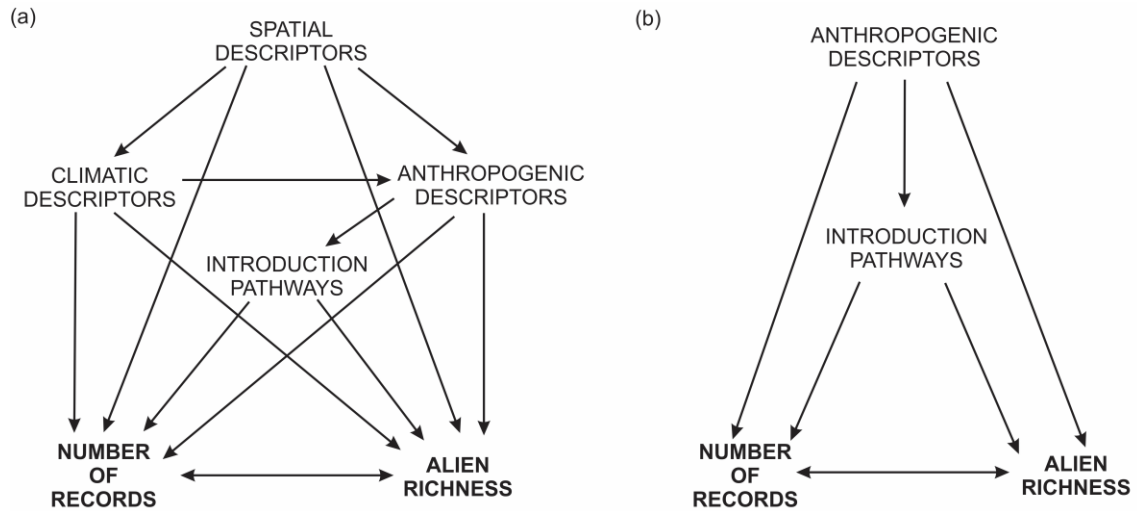


Figure 2 - Richness and proportion of species recorded among different taxonomic groups. Bars are scaled by height to represent the number of species. Families with only one species are grouped into a single bar.

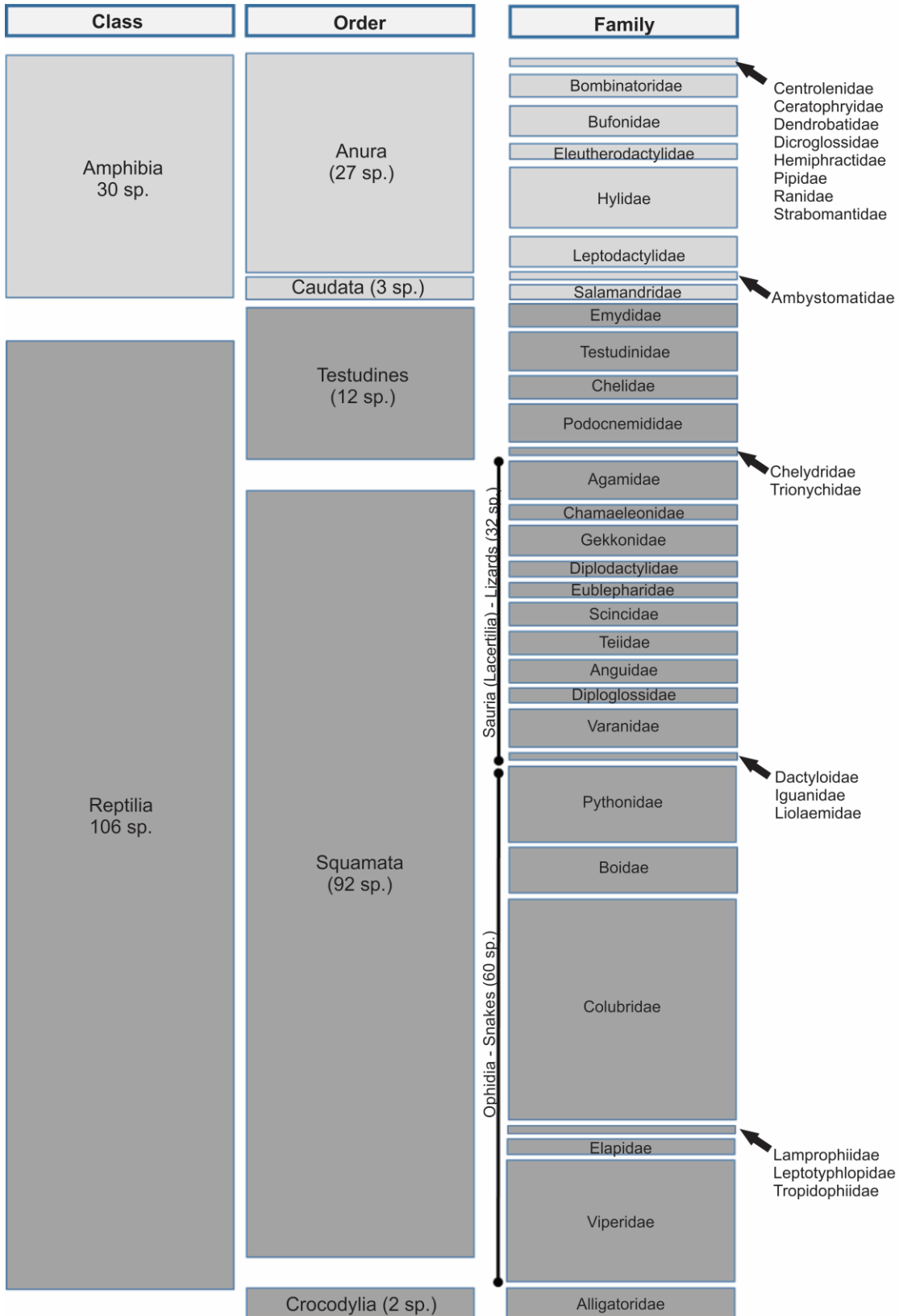


Figure 3 – Distribution of the number of records per taxonomic group (a), and proportion of the number of species by introduction pathways (b).

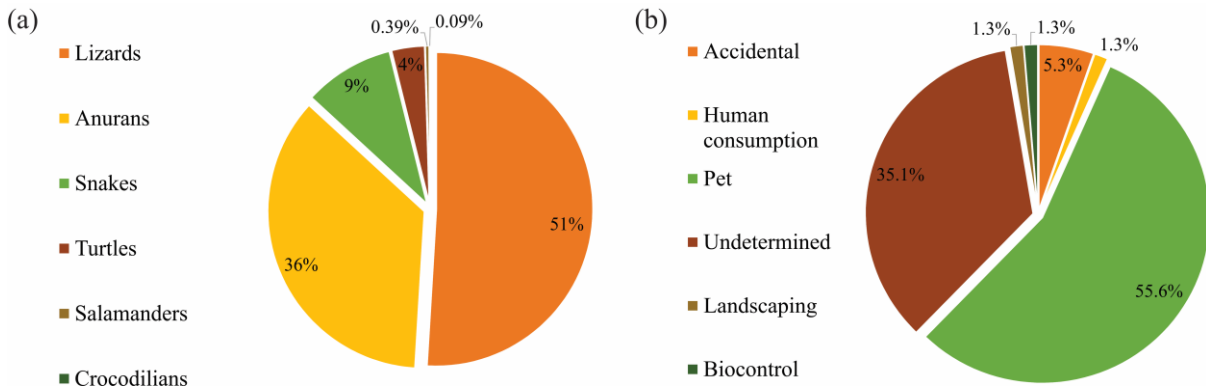


Figure 4 – Origins and number of alien reptile and amphibian species found in Brazil by continent/region.

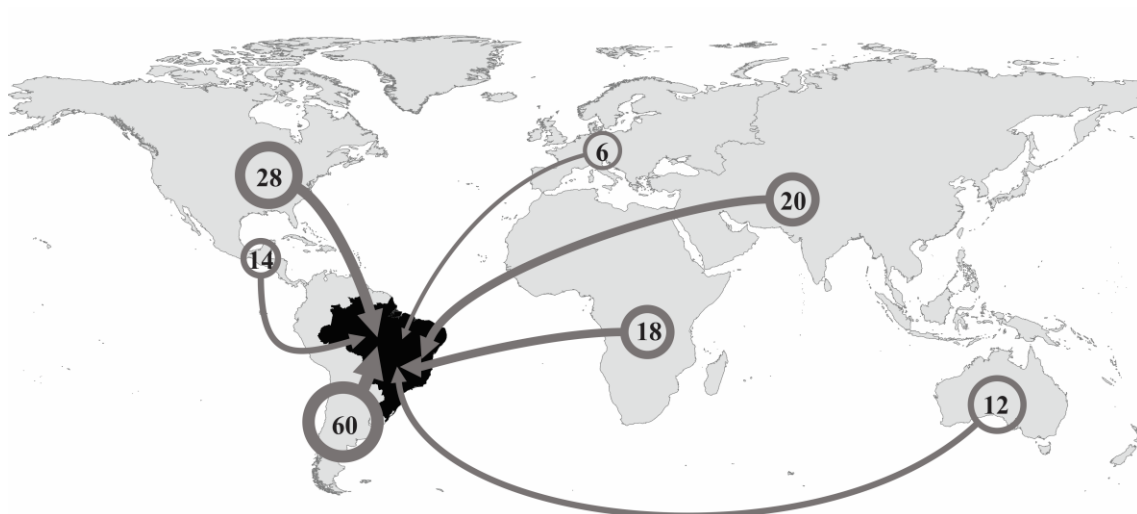


Figure 5 – Geographic distribution of alien herpetofauna records found in Brazil across natural biomes. The circle sizes and colours reflect the number of records.

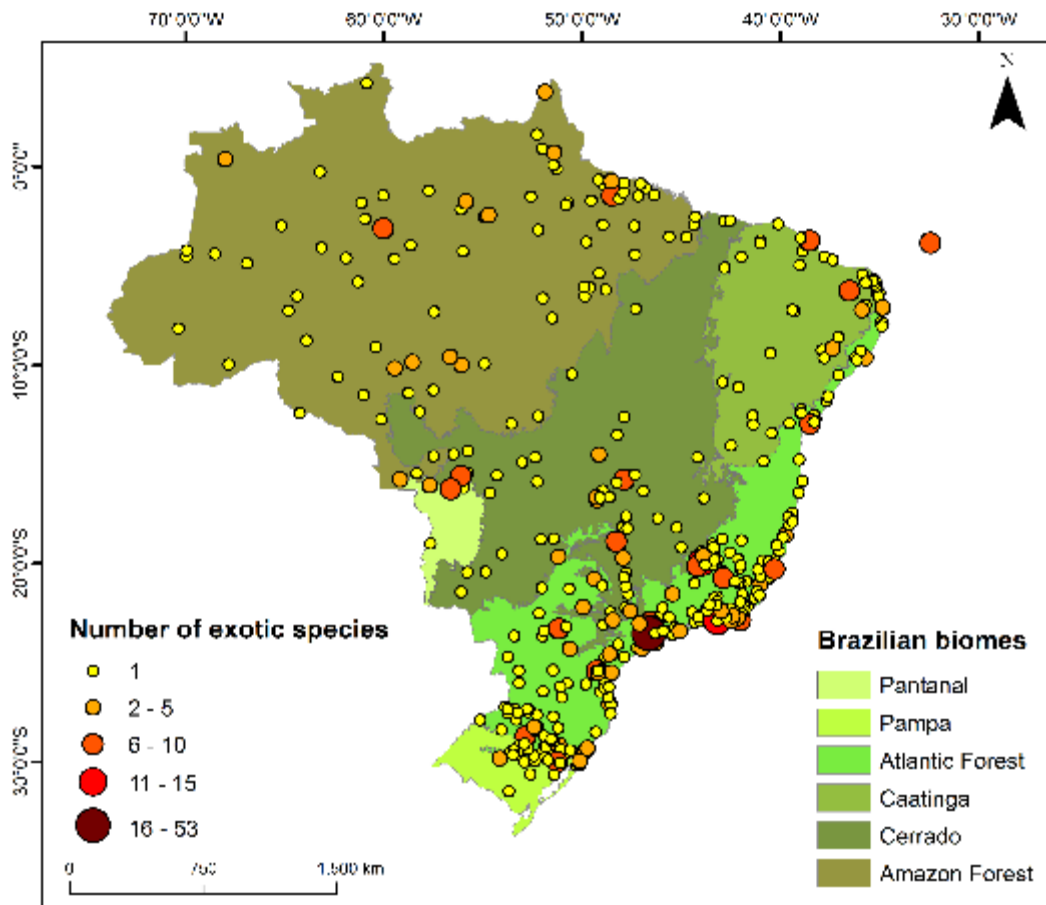
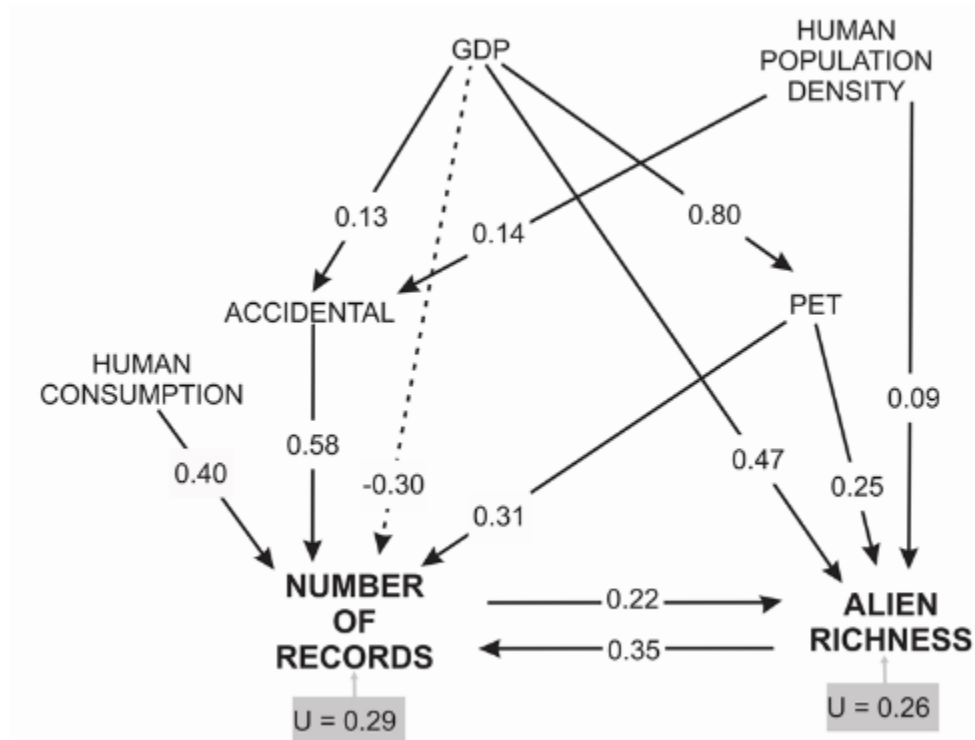


Figure 6 – The final path model showing causal relationships between anthropogenic and introduction pathways predictors and alien amphibians and reptiles richness and number of records in Brazil.



Solid arrows represent positive effects and dashed arrows represent negative effects of the variables. Path coefficient values on the arrows are the standardized regression coefficients. Only paths with  $P \leq 0.05$  are included. U = non-determination coefficient presented for the endogenous variables ( $U = 1 - R^2$ ); alien richness = number of alien species of amphibians and reptiles; number of records = amount of records; Human Population Density = density of citizens in a given locality; GDP = Gross Domestic Product (from municipalities); accidental, human consumption and pet = introduction pathways.



## **Appendix S1: Methodology applied for each source of data collection.**

### a) Bibliographic review

We conducted a systematic review of published articles, thesis, and dissertations mentioning alien amphibians and reptiles in Brazil using online library databases such as ISI Web of Science, Google Scholar, Scopus, and Periódicos CAPES. We used different combinations of the following terms in the search field: Brazil AND variation (1) AND variation (2), in which Variation (1) included the terms: “Amphib\*”; “Reptile”; “Testudines”; “Crocodylia”; “Snake”; “Lizard”; “Anura”; and Variation (2) included the terms: “exotic”; “inva\*”; “alien”; “non-native”; “introduc\*”, and “non-indigenous”. All search combinations were repeated in Portuguese and English. We searched in all available fields including title, abstract, topic, and full text; all search results were analyzed. The search began in June 2016 and was completed in July 2017. All studies used in the review are listed in AppendixS3.

### b) Online databases and scientific collections

In August and October 2016, we compiled the occurrence records of reptiles and amphibians from 25 Brazilian collections of reference for herptiles (see Appendix S3) in the online databases Species Link ([http:// www.splink.org.br/](http://www.splink.org.br/)) and GBIF (<http://www.gbif.org>). We also requested via e-mail data on alien species that are not available online to curators of scientific collections.

### c) Experts information

To obtain records of alien species found in different regions of the country, which were not recorded in any of the abovementioned sources, a questionnaire was sent to herpetologists by e-mail. This step, held on October 2016 and April 2017, was done in partnership with the Horus Institute and National Center for Research and Conservation of Reptiles and Amphibians (RAN), a division of the governmental agency ICMBio. Additionally, in June 2017, we consulted managers of Federal Conservation Units about the occurrence of alien herpetofauna within the UCs (Permit: SISBIO 59450-1). Twenty-nine specialists from 15 Brazilian institutions answered our questionnaire.

### d) Newspaper articles and websites

These records were related to species found in illegal captivity, intercepted during displacement, rescued after denunciation, or voluntarily delivery. For the newspaper and

websites, search was performed on Google using the terms: “sedex”, “post offices”, “confiscation”, “rescue”, “captive”, “trafficking”, “illegal breeding”, and “exotic animals” combined with names: “reptile”, “turtle”, “lizard”, “snake”, “frog”, “crocodilians”, and “salamanders”. We only consider information from websites of expert NGOs (RENCTAS), corporations and state governments (e.g. Police website and official website of the state government), federal autarky (Brazilian Environment Institute website - IBAMA) and traditional/high-circulation regional newspapers. All sources are listed in AppendixS3. We only include records that have photographs of the species to confirmation. They were peer-reviewed by four taxonomists from different institutions: Francisco Luís Franco (Instituto Butantan); Arthur Diesel Abegg (Instituto Butantan / Universidade de São Paulo); Omar M. Entiausp-Neto (Universidade Federal do Rio Grande); Leandro Malta Borges (Universidade Federal de Santa Maria). Only specimens that were confirmed by them were included.

**Appendix S2:** Species list of alien amphibians and reptiles found in Brazil. The list also includes local species being moved outside their native distribution. Records with unknown distribution are not complete and were not included in our analyses. The invasion status is in accordance with the classification of the national database - I3N Brazil (<http://i3n.institutohorus.org.br/www/>). Species with <sup>1</sup> are registered within conservation units. Sources: 1- zoological collections and online databases; 2- scientific and gray literature; 3- experts; 4- newspaper articles\*.

Species/Family	Native distribution	Distribution in Brazil	N	Status in Brazil	Pathway	Sources
		State	Municipality			
<b>Order Anura</b>						
Family Bombinatoridae						
<i>Bombina bombina</i>	Europe	Unknown	Unknown	4	Exotic	Illegal trade 2
<i>Bombina orientalis</i>	Europe and Asia	São Paulo; Unknown	São Paulo	6	Exotic	Illegal trade 2
<i>Bombina variegata</i>	Europe	Unknown	Unknown	5	Exotic	Illegal trade 2
Family Bufonidae						
<i>Atelopus pulcher</i>	South America	Amazonas; Pará	Unknown	17	Exotic	Undetermined 1
<i>Bufotes viridis</i>	Europe	Unknown	Unknown	2	Exotic	Illegal trade 2
<i>Rhaebo glaberrimus</i>	South America	Pará	Santarém	1	Exotic	Undetermined 1
<i>Rhinella jimi</i> <sup>1</sup>	South America	Pernambuco	Fernando de Noronha	160	Invasive	Pest control 2; 3
Family Centrolenidae						
<i>Hyalinobatrachium cf. bergeri</i>	South America	Mato Grosso	Aripuanã	1	Exotic	Undetermined 1
Family Ceratophryidae						
<i>Ceratophrys cranwelli</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade 2
Family Dendrobatidae						
<i>Ameerega bassleri</i>	South America	Amazonas	Unknown	20	Exotic	Undetermined 1
Family Dicroglossidae						
<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	Asia	Rondônia	Espigao D'Oeste	1	Exotic	Illegal trade 1

Family Eleutherodactylidae						
<i>Eleutherodactylus johnstonei</i>	North America	São Paulo	São Paulo	67	Invasive	Intentional
<i>Eleutherodactylus luteolus</i>	Africa	Unknown	Unknown	1	Exotic	Undetermined
Family Hemiphraclidae						
<i>Stefania evansi</i>	South America	Amazonas	Unknown	1	Exotic	Undetermined
Family Hylidae						
<i>Hyla meridionalis</i>	Europe	Rio Grande do Sul; Pará; Rondônia	São Francisco de Paula; Unknown	3	Exotic	Undetermined
<i>Litoria caerulea</i>	Oceania	São Paulo	Campinas	2	Exotic	Illegal trade
<i>Litoria</i> sp	Oceania	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade
<i>Phyllodytes luteolus</i>	South America	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	66	Invasive	Accidental
		Minas Gerais	Brumadinho			
		São Paulo	Guarujá; Rio Claro			
<i>Scinax cuspidatus</i>	South America	Minas Gerais	Brumadinho	16	Native	Accidental
<i>Scinax</i> gr. <i>perpusillus</i>	South America	Minas Gerais	Brumadinho	78	Native	Accidental
<i>Scinax x-signatus</i> <sup>1</sup>	South America	Pernambuco	Fernando de Noronha	2	Invasive	Undetermined
Family Leptodactylidae						
<i>Engystomops pustulatus</i>	South America	Amazonas	Unknown	4	Exotic	Undetermined
<i>Leptodactylus</i> gr. <i>melanonotus</i>	North, Central and South America	Mato Grosso	Vale de São Domingos	4	Exotic	Undetermined
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	South America	Amazonas	Canutama; Manaus	14	Invasive	Feeding
		Pará	Belém; Santarém			

	Rondônia	Presidente Médici	
<i>Physalaemus fischeri</i>	South America	Lagoa Santa	1
Family Pipidae			Undetermined
<i>Xenopus laevis</i>	Africa	Belo Horizonte; Unknown	38
	Minas Gerais	Rio de Janeiro	Invasive
	Minas Gerais	São Paulo	Illegal trade
	Paraná	Unknown	2; 4
	Unknown	Unknown	
Family Ranidae			
<i>Lithobates catesbeianus</i> <sup>1</sup>	North America	Maceió	1675
	Alagoas	Salvador; Unknown	Invasive
	Bahia		Feeding
	Ceará	Fortaleza	1; 2; 3
	Distrito Federa	Brasília	
	Espírito Santo	Alegre; Itarana; Vitória; Unknown	

Goiás Anápolis, Aparecida  
de Goiânia;  
Goiânia;  
Hidrolândia; Santo  
Antônio do  
Descoberto;  
Senador Canedo;  
Silvânia

Maranhão Unknown  
Mato Grosso Paranaíta

**Minas Gerais**

Araguari; Belo Horizonte; Betim; Camanducaia; Caratinga; Coimbra; Cristina; Itatiaia; João Monlevade; Manhuaçu; Ouro Branco; Ponte Nova; Uberlândia; Varginha; Viçosa; Vieiras;

**Pará**

Belém

**Paraná**

Bocaiúva do Sul;  
Campina Grande do  
Sul; Curitiba;  
Fazenda Rio  
Grande; Francisco  
Beltrão; Foz do  
Iguaçu;  
Guarapuava;  
Itambé; Jataizinho;  
Londrina; Maringá;  
Morretes; Palmas;  
Quatro Barras; São  
José dos Pinhais;  
Telêmaco Borba;  
Toledo; Três Barras  
do Paraná;

**Pernambuco**

Igarassu; Paulista

**Piauí**

Cocal de Telha;  
Parnaíba



**Rio de Janeiro**

**Barra do Pirai;  
Cachoeira de  
Macacu; Duque de  
Caxias; Saquarema;  
Silva Jardim;  
Teresópolis**

**Rio Grande do Norte**

**Macaíba;  
Parnamirim**

## Rio Grande do Sul

Agudo; Arroio do Tigre; Barão;  
Barracão; Braga; Campo Novo;  
Candiota; Canela; Caxias do Sul;  
Coronel Barros; Cotiporã;  
Derrubadas; Dois Lajeados;  
Dom Feliciano; Dona Francisca;  
Encantado; Entre Rios do Sul;  
Erechim; Estrela; Estrela Velha;  
Faxinal do Soturno;  
Faxinalzinho; Frederico  
Westphalen; Getúlio Vargas;  
Gravataí; Guaíba; Ibarama;  
Igrejinha; Imbé; Ipiranga do Sul;  
Ivorá; Lajeado; Marau; Mato  
Castelhana; Muçum; Muiños  
Capões; Nonoai; Nova Palma;  
Nova Petrópolis; Nova Roma do  
Sul; Palmeira das Missões;  
Passo Fundo; Pelotas; Porto  
Alegre; Rio Pardo; Roca Sales;  
Santa Cruz do Sul; Santa Maria;  
Santa Tereza; São João do  
Polésine; Serafina Corrêa;  
Sinimbu; Tapes; Taquari;  
Tenente Portela; Torres;  
Triunfo; Tunas; Veranópolis;  
Viamão; Vila Flores

**Santa Catarina**

Água Mornas;  
Blumenau;  
Caçador; Campos  
Novos; Chapecó;  
Concórdia; Corupá;  
Florianópolis.  
Fraiburgo;  
Guatambu; Indaial;  
Iguaçu; Jaraguá do  
Sul; Joaçaba; Lages;  
Lebon Régis; Nova  
Erechim;  
Pinhalzinho;  
Pomerode; Ponte  
Serrada; Rio do Sul;  
Vargem Bonita;  
Xaxim

São Paulo

Botucatu;  
Campinas; Campos  
Jordão; Cotia;  
Embú; Ferraz de  
Vasconcelos;  
Iporanga;  
Mairinque; Marília;  
Pariquera-Açu;  
Pedro de Toledo;  
Peruibe; Piracicaba;  
Rio Claro; São José  
do Rio Preto; São  
Luis do Paraitinga;  
São Paulo; Suzano;  
Ubatuba

	Tocantins	Unknown			
Family Strabomantidae					
<i>Pristimantis aff. waorani</i> <sup>1</sup>	South America	Colniza	1	Exotic	Undetermined
Order Caudata					
Family Ambystomatidae					
<i>Ambystoma mexicanum</i>	North America	Rio de Janeiro	20	Exotic	Illegal trade
					1; 2

Family Salamandridae							
Species/family	Native distribution	Distribution in Brazil	N	Status in Brazil	Pathway	Sources	
<i>Cynops orientalis</i>	Asia	São Paulo	Campinas	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Pleurodeles walt</i>	Europe	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2

### Reptiles

Species/family	Native distribution	Distribution in Brazil	N	Status in Brazil	Pathway	Sources	
Order Testudines							
Family Chelydridae							
<i>Chelydra serpentina</i>	North America	São Paulo	São Paulo	2	Exotic	Illegal trade	2; 4
Family Emydidae							
<i>Trachemys dorbigni</i> <sup>1</sup>	South America	Bahia Goiás Minas Gerais Paraná Rio de Janeiro	Salvador Goiânia Viçosa Londrina Duque de Caxias; Rio de Janeiro	89	Invasive	Landscaping; Illegal trade; Undetermined	2; 3; 4
<i>Trachemys scripta</i> <sup>1</sup>	North America	São Paulo Bahia Distrito Federal Espírito Santo	São Paulo; Teodoro Sampaio Salvador; Unknown Brasília Conceição da Barra; Vitória	320	Invasive	Illegal trade	2; 3; 4

	Goiás	Unknown			
	Minas Gerais	Belo Horizonte*; Lagoa Santa; Viçosa; Unknown			
	Paraná	Londrina; Paranaguá; Umuarama			
	Rio de Janeiro	Alto da Boa vista; Cabo Frio; Duque de Caxias; Rio de Janeiro;			
	Rio Grande do Norte	Currais Novos*			
	Rio Grande do Sul	Arroio do Sal; Cachoeira do Sul; Porto Alegre			
<i>Trachemys sp. *</i>	Minas Gerais	Belo Horizonte	14	-	Illegal trade
	Rio de Janeiro	Duque de Caxias			
	Rio Grande do Sul	Caxias do Sul			
	São Paulo	Marília			
Family Testudinidae					
<i>Chelonoidis carbonaria</i> <sup>1</sup>	Espírito Santo	Vitória	3	Native	Illegal trade
	Minas Gerais	Viçosa			
<i>Chelonoidis chilensis</i>	Unknown		4	Exotic	Undetermined
<i>Chelonoidis denticulata</i>	Espírito Santo	Vitória	2	Native	Illegal trade
	Rio de Janeiro	Cabo Frio;			
<i>Chelonoidis sp. *</i>	Minas Gerais	Belo Horizonte;	1056	Native	Illegal trade
	Paraíba	João Pessoa			
	Rio de Janeiro	Caxias do Sul			

	São Paulo	Guara; São Paulo					
Family Trionychidae	Sergipe	Canindé do São Francisco					
<i>Pelodiscus sinensis</i>	Pará	Ananindeua	5	Established	Undetermined	2; 3	
Family Chelidae							
<i>Acanthochelys spixii</i>	Rio Grande do Sul	Porto Alegre	1	Exotic	Undetermined	2	
<i>Chelus fimbriatus*</i>	Amazonas	Manaus	1	Native	Illegal trade	4	
<i>Phrynops sp.*</i>	Minas Gerais	Belo Horizonte	1	Native	Illegal trade	4	
<i>Phrynops tuberosus</i> <sup>1</sup>	Pernambuco	Fernando de Noronha	1	Native	Undetermined	3	
Family Podocnemididae							
<i>Podocnemis expansa</i>	Ceará*	Fortaleza	7	Native	Illegal trade	2; 4	
	Pernambuco	Recife					
<i>Podocnemis sp.*</i>	Amazonas	Manaus	5	Native	Undetermined	4	
<i>Podocnemis unifilis*</i>	Ceará	Fortaleza	1	Native	Undetermined	4	
Order Squamata							
Sauria (Lacertilia) - Lizards							
Family Agamidae							
<i>Agama sp.</i>	Paraná	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1	
<i>Hydrosaurus amboinensis</i>	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2	
<i>Pogona vitticeps</i>	Mato Grosso	Cuiabá*	42	Exotic	Illegal trade	2; 4	
	Minas Gerais	Belo Horizonte; Uberlândia*					
	Rio Grande do Sul	Espumoso*					
	São Paulo	São Paulo					
	Unknown						
<i>Uromastix sp.</i>	São Paulo	São Paulo	5	Exotic	Illegal trade	2; 4	
Family Chamaeleonidae							

<i>Chamaeleo calyptratus</i>	Asia	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	5	Exotic	Illegal trade	2
<i>Trioceros jacksonii</i>	Africa	Unknown	Unknown	2	Exotic	Illegal trade	2
Family Dactyloidae							
<i>Anolis porcatius</i>	Central America	Bahia	Salvador	65	Invasive	Accidental	2
		São Paulo	Guaruja; Santos; São Paulo; São Vicente				
Family Iguanidae							
<i>Iguana iguana</i>	North, Central and South America	Espírito Santo	Vila Velha	12	Native	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
		São Paulo	São José do Rio Preto*; São Paulo; Valinhos*				
Family Leiosauridae							
<i>Enyalius bibronii</i> *	South America	São Paulo	São Paulo	1	Native	Illegal trade	4
Family Liolaemidae							
<i>Liolaemus lutzae</i>	South America	Espírito Santo	Presidente Kennedy	1	Native	Undetermined	2
		São Paulo	Bertioga; Santos				
Family Gekkonidae							
<i>Gekko gekko</i>	Asia	Santa Catarina	Itajaí	1	Exotic	Accidental	2
<i>Hemidactylus mabouia</i> <sup>1</sup>	Africa	Acre	Feijó; Rio Branco	2932	Invasive	Accidental	1; 2; 3
		Alagoas	Boca da Mata; Maceió; Murici				



<b>Amapá</b>	<b>Amapá; Mazagão; Oiapoque; Porto Grande; Santana; Serra do Navio</b>
Amazonas	Barcelos; Benjamin Constant; Beruri; Borba; Carauari; Coari; Jutaí; Lábrea; Manaus; Nova Olinda do Norte; Novo Airão; Presidente Figueiredo; São Gabriel da Cachoeira; Tabatinga; Uarini; Unknown
Bahia	Alcobaça; Belmonte; Caetité; Camaçari; Caravelas; Central; Conde; Elísio Medrado; Feira de Santana; Ibiraba; Ilhéus; Jandaíra; Lençóis; Maracás; Mata do São João; Mucugê; Mucuri; Nova Viçosa; Porto Seguro; Salvador; São Gonçalo dos Campos; Queimadas; Vitória da Conquista

**Ceará**

Acaráú; Aracati;  
Barbalha; Baturité;  
Chapada do Araripe;  
Crato; Fortaleza;  
Icapuí; São Gonçalo;  
São Pedro da União;  
Taíba; Tianguá;  
Quixada; Ubajara

**Distrito Federal**

Brasília

**Espírito Santo**

Anchieta; Aracruz;  
Cariacica; Conceição  
da Barra; Domingos  
Martins; Guarapari;  
Itapemirim; Linhares;  
Presidente Kennedy;  
Santa Teresa; São  
Mateus; Serra;  
Sooretama; Vargem  
Alta; Venda Nova do  
Imigrante; Vitória

**Goiás**

Aporé; Campo Alegre  
de Goiás; Catalão;  
Formosa; Ouvidor;  
Uruaçu

**Maranhão**

**Arari; Bacabeira;  
Barreirinhas; Bom  
Jardim; Bom Jesus das  
Selvas; Carolina;  
Paulinho Neves;  
Primeira Cruz; Santo  
Amaro; São Luís**

**Mato Grosso**

**Alta Floresta;  
Aripuanã; Barra do  
Garças; Cáceres;  
Chapada dos  
Guimaraães;  
Cotriguaçu; Cuiabá;  
Guarantã do Norte;  
Jauru; Juína; Nobres;  
Nova Xavantina; Novo  
São Joaquim;  
Parainata; Poconé;  
Primavera do Leste;  
Rondonópolis;  
Tangará da Serra;  
Querência**

**Mato Grosso do Sul**

**Aquidauana;  
Brasilândia; Camapuã;  
Corumbá; Guia Lopes  
da Laguna; Itaúba;  
Paranaita; Terenos;**

**Minas Gerais**

**Belo Horizonte; Catas Altas; Chácara; Conceição do Mato Dentro; Guanhães; Itambé do Mato Dentro; Jaboticatubas; João Pinheiro; Juiz de Fora; Manga; Morro do Pilar; Ouro Branco; Pompéu; Rio Acima; Ritópolis; Santana do Deserto; São Gonçalo do Rio Abaixo; Simonésia; Uberlândia; Unaí; Viçosa;**

## Pará

Almeirim; Altamira;  
 Barcarena; Belém;  
 Bragança; Bujaru;  
 Cachoeira do Arari;  
 Canaã dos Carajás;  
 Castanhal;  
 Curionópolis; Curuçá;  
 Faro; Itaituba;  
 Jacareacanga;  
 Marabá; Marituba;  
 Melgaço; Oriximiná;  
 Ourém; Ourilândia do  
 Norte; Paragominas;  
 Parauapebas; Portel;  
 Quatipuru; Salvaterra;  
 Santarém; Santa Cruz  
 do Arari; São Félix do  
 Xingu; São Geraldo de  
 Araguaia; São  
 Sebastião da Boa  
 Vista; Soure;  
 Tailândia; Tucuruí;  
 Viseu;

## Paraíba

Areia; Mataraca  
 Paraíba  
 Adrianópolis; Curitiba;  
 Ibiaporã; Londrina;  
 Paranaguá; São José  
 dos Pinhais; Telêmaco  
 Borba

Rio de Janeiro

Angra dos Reis;  
Araruama; Armação  
dos Búzios; Arraial do  
Cabo; Cabo Frio;  
Cachoeiras de  
Macacu; Cambuci;  
Campos dos  
Goytacazes;  
Carapebus; Casimiro  
de Abreu;  
Comendador Levy  
Gasparian; Duque de  
Caxias; Engenheiro  
Paulo de Frontin;  
Guapimirim; Iguaba  
Grande; Macaé;  
Magé; Mangaratiba;  
Maricá; Mendes;  
Natividade; Niterói;  
Nova Friburgo; Nova  
Iguaçu; Petrópolis;  
Porciúncula; Resende;  
Rio das Flores; Rio das  
Ostras; Rio de  
Janeiro; Santa Maria  
Madalena; São  
Francisco de  
Itabapoana; São João  
da Barra; São Pedro  
da Aldeia;  
Saquarema; Silva

**Rio Grande do Norte**

Baía Formosa;  
Cajueiro;  
Canguaretama;  
Extremoz; João  
Câmara; Lagoa Nova;  
Macaíba; Natal; Nísia  
Floresta; Parnamirim;  
Rio do Fogo; Santa  
Maria; São Gonçalo  
do Amarante

**Rio Grande do Sul**

Arroio do Sal;  
Baldenário Pinhal;  
Cidreira; Dom Pedro  
de Alcântara; Imbé;  
Porto Alegre; Porto  
Xavier; Pinhal; Santa  
Maria; Torres; Viamão

**Rondônia**

Alto Alegre dos  
Parecis; Costa  
Marques; Espigão  
D'Oeste; Ouro Preto  
do Oeste; Porto Velho;  
Vilhena

**Roraima**

Caracarai; Pacaraima

	Santa Catarina	Balneário Camboriú; Caçador; Garuva; Jaraguá do Sul; Piçarras; Porto Belo; Porto União; Tubarão; Urussanga								
	São Paulo	Barra Bonita; Botucatu; Campinas; Caraguatatuba; Guararapes; Iporanga; Itirapina; Luiz Antônio; Peruíbe; Ribeirão Preto; Rio Claro; São Miguel Arcanjo; Ubatuba; Unknown; Valinhos								
	Sergipe	Capela; Unknown								
	Unknown	Unknown								
	Pará	Belém								
<i>Lepidodactylus lugubris</i>	Unknown	Unknown	Asia and Oceania	12	Invasive	Accidental		2; 3		
<i>Phelsuma madagascariensis</i>	Unknown	Unknown	Africa	1	Exotic	Undetermined		1		
Family Diplodactylidae										
<i>Rhacodactylus auriculatus</i>	Unknown	Unknown	Oceania	1	Exotic	Illegal trade		2		
<i>Rhacodactylus ciliatus</i>	Unknown	Unknown	Oceania	1	Exotic	Illegal trade		2		
Family Eublepharidae										
<i>Eublepharis macularius</i>	Distrito Federal	Brasília*	Asia	22	Exotic	Illegal trade		2; 4		
	Minas Gerais	Pouso Alegre*								
	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro								



	São Paulo	Orlândia* ; São Paulo			
<i>Hemitheconyx caudicinctus</i>	Unknown	Unknown	Africa	1	Exotic
Family Scincidae	São Paulo	São Paulo		1	Exotic
<i>Mabuya mabuya</i>	Amazonas	Unknown	North America	2	Exotic
<i>Tiliqua scincoides</i>	Minas Gerais	Unknown	Asia	2	Exotic
Family Teiidae	Unknown	Unknown		2	Exotic
<i>Cnemidophorus cryptus</i>	Espírito Santo	Viana	South America	11	Native
<i>Cnemidophorus lemniscatus</i>	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	South America	1	Native
<i>Salvator merianae</i> <sup>1</sup>	Minas Gerais	Brumadinho	South America	1	Native
	Bahia	Juazeiro	South America	8	Invasive
	Minas Gerais	Belo Horizonte*			Pest control; Illegal trade
	Pernambuco	Fernando de Noronha			and
	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro*			Undetermined
	São Paulo	Praia Grande* ; São Paulo*			
Family Anguidae					
<i>Abronia graminea</i>	Unknown	Unknown	North America	2	Exotic
<i>Abronia taeniata</i>	Unknown	Unknown	North America	1	Exotic
Family Diploglossidae					
<i>Diploglossus sp.*</i>	Paraná	Londrina	North, Central and South America	8	-
<i>Ophiodon intermedius</i>	São Paulo	Itapecerica da Serra	South America	1	Exotic
Family Varanidae					
<i>Varanus exanthematicus</i>	São Paulo	São Paulo	Africa	2	Exotic
<i>Varanus niloticus</i>	São Paulo	São Paulo	Africa	1	Exotic
				1	Illegal trade
				2	Illegal trade
				4	Illegal trade

<i>Varanus prasinus</i> *	Oceania	Rio Grande do Sul	Espumoso	1	Exotic	Illegal trade	4
<i>Varanus salvator</i>	Asia	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Varanus timorensis</i>	Oceania	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<b>Ophidia (Serpentes) - Snakes</b>							
<b>Family Pythonidae</b>							
<i>Bothrochilus albertisii</i>	Oceania	São Paulo Unknown	São Paulo Unknown	2	Exotic	Illegal trade	1; 2
<i>Malayopython reticulatus</i>	Asia and Oceania	Bahia	Lauro de Freitas*	6	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
		Paraíba	Campina Grande*				
		São Paulo Unknown	São Paulo Unknown				
<i>Morelia spilota</i>	Oceania	Unknown	Unknown	2	Exotic	Illegal trade	2
<i>Morelia viridis</i>	Oceania	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Python bivittatus</i>	Asia	Distrito Federal	Brasília*	24	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
		Paraná	Curitiba*				
		Rio de Janeiro São Paulo	São Pedro da Aldeia* Guarulhos; São Paulo; Valinhos				
<i>Python brongersmai</i>	Africa	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Python curtus</i>	Africa	Unknown	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Python molurus</i> *	Asia	Santa Catarina	São Francisco do Sul	1	Exotic	Illegal trade	4
		Minas Gerais	Belo Horizonte	51	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro						
<i>Python regius</i>	Africa	Santa Catarina	Mafra*	51	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
		São Paulo	São Paulo				
		Unknown	Unknown				
<i>Python sebae</i>	Africa	São Paulo	São Paulo	2	Exotic	Illegal trade	2

<i>Python</i> sp.	Africa and Asia	São Paulo	São Paulo; Valinhos*	9	Exotic	Illegal trade	1; 2; 4
		Rio Grande do Sul	Unknown				
		Unknown	Unknown				
<b>Family Boidae</b>							
<i>Acrantophis dumerili</i>	Africa	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Boa constrictor</i> <sup>1</sup>	North, Central and South America	Distrito Federal*	Brasília	19	Native	Illegal trade	2; 4
		Minas Gerais*	Governador Valadares				
		Paraíba*	Campina Grande				
		Paraná*	Londrina; Pinhais				
		Rio de Janeiro*	Rio de Janeiro				
		Rio Grande do Norte*	Currais Novos				
		Santa Catarina*	Joinville				
		São Paulo	Praia Grande*; São Paulo				
<i>Corallus caninus</i>	South America	Rio Grande do Sul	Passo Fundo*	6	Native	Illegal trade	2; 4
		São Paulo	São Paulo				
<i>Corallus hortulanus</i> *	South America	Rio Grande do Sul	Espumoso	12	Native	Illegal trade	4
<i>Corallus batesii</i> *	South America	São Paulo	São Paulo	1	Native	Illegal trade	4
<i>Corallus</i> sp. *	South America	Rio Grande do Sul	Espumoso	1	-	Illegal trade	4
<i>Epicrates cenchria</i> *	South America	Rio de Janeiro	São Pedro da Aldeia	3	Native	Illegal trade	4
		Rio Grande do Sul	Espumoso				
		São Paulo	Praia Grande				
<i>Eunectes murinus</i> *	South America	Goiás	Itarumã	2	Native	Illegal trade	4
<b>Family Colubridae</b>							
<i>Atractus cf.boettgeri</i>	South America	Mato Grosso	Brasnorte; Cotiguaçu; Jauru	8	Exotic	Undetermined	1

<i>Atractus nasutus</i>	South America	Mato Grosso do Sul	Alta Floresta	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Elaphe sp.</i>	Africa, Oceania, Asia and North, Central and South America	São Paulo	São Paulo	2	Exotic	Illegal trade	2
<i>Helicops cf. pastazae</i>	South America	Amazonas	Unknown	2	Exotic	Undetermined	1
<i>Heterodon nasicus</i>	North America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Lampropeltis sp.</i>	North, Central and South America	Amapá	Oiapoque	9	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 4
		Rio de Janeiro	Cabo Frio*				
		São Paulo	São Paulo				
<i>Lampropeltis californae</i>	North America	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	17	Exotic	Illegal trade	2
		São Paulo	São Paulo				
		Unknown	Unknown				
<i>Lampropeltis getula</i>	North America	Minas Gerais	Belo Horizonte	9	Exotic	Illegal trade and Undetermined	1; 2; 3
		São Paulo	São Paulo				
<i>Lampropeltis mexicana</i>	North America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Lampropeltis triangulum</i>	North, Central and South America	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	40	Exotic	Illegal trade	2
		São Paulo	São Paulo				
		Unknown	Unknown				
<i>Leptodeira rhombifera</i>	Central America	São Paulo	Avaré	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Leptophis cupreus</i>	South America	Amazonas	São Gabriel da Cachoeira	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Nerodia rhombifera</i>	South America	São Paulo	Campinas	2	Exotic		1

<i>Oxyrhopus doliatus</i>	South America	Goiás	Porto das Flores	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Oxyrhopus guibei</i> <sup>1</sup>	South America	Unknown	Unknown	1	Native	Undetermined	2
<i>Pantherophis guttatus</i>	North America	Bahia	Camaçari; Salvador	342	Exotic	Illegal trade	1; 2; 4
		Distrito Federal	Brasília*				
		Mato Grosso	Cuiabá*				
		Minas Gerais*	Belo Horizonte; Montes Claros; Uberlândia				
		Paraíba*	João Pessoa				
		Paraná*	Londrina; Uraí				
		Rio de Janeiro	Rio de Janeiro				
		Rio Grande do Sul	Unknown				
		Santa Catarina*	Florianópolis				
		São Paulo	Santa Branca*; São José do Rio Preto*; São Paulo; Unknown				
		Unknown	Unknown				
<i>Pantherophis obsoletus</i>	North America	São Paulo	São Paulo; Catanduva*	2	Exotic	Illegal trade	2; 4
<i>Philodryas baroni</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Philodryas nattereri</i> *	South America	Rio Grande do Norte	Currais Novos	1	Native	Illegal trade	4
<i>Philodryas psammophidea</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Undetermined	2
<i>Philodryas sp.</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	-	Undetermined	2
<i>Pituophis catenifer</i>	North America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Pseudoboa nigra</i> *	South America	Rio Grande do Norte	Currais Novos	1	Native	Illegal trade	4

<i>Thamnophis marciatus</i>	North and Central America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Thamnophis sirtalis</i>	North America	São Paulo	São Paulo	14	Exotic	Illegal trade	1; 2
		Unknown	Unknown			and	
<i>Xenodon dorbignyi</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	Native	Undetermined	2
<i>Xenodon semicinctus</i>	South America	São Paulo	São Paulo	1	Exotic	Undetermined	2
<b>Family Lamprophiidae</b>							
<i>Boaedon fuliginosus</i>	Africa	São Paulo	São Paulo	3	Exotic	Illegal trade	2
<b>Family Elapidae</b>							
<i>Naja kaouthia</i>	Asia	Santa Catarina	Balneário Camboriú	1	Exotic	Illegal trade	3; 4
<b>Family Viperidae</b>							
<i>Agkistrodon contortrix</i>	North America	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Atropoides olmec</i>	North America	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Bothriechis schlegelii</i>	Central and South America	Unknown	Unknown	2	Exotic	Illegal trade	1; 2
						and	
						Undetermined	
<i>Bothriechis sp.</i>	North, Central and South America	Unknown	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Bothrops jararacuçu</i> *	South America	Minas Gerais	Uberaba	1	Native	Illegal trade	4
<i>Bothrops lanceolatus</i>	Caribbean Islands	Paraná	Paulo Frontin	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Bothrops sp.*</i>	North, Central and South America	Minas Gerais	Varginha	2	-	Illegal trade	4
<i>Bothrops venezuelae</i>	South America	Goiás	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Crotalus triseriatus</i>	North America	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Daboia mauritanica</i>	Africa	Unknown	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1
<i>Deinagkistrodon acutus</i>	Asia	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2

	Asia	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Trimeresurus</i> <i>trigonocephalus</i>							
<i>Trimeresurus venustus</i>	Asia	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
<i>Trimeresurus vogeli</i>	Asia	Unknown	Unknown	1	Exotic	Illegal trade	2
Family Leptotyphlopidae							
<i>Epictia rufidorsa</i> <sup>1</sup>	South America	Acre	Unknown	1	Exotic	Undetermined	1
Family Tropidophiidae							
<i>Tropidophis taczanowskyi</i>	South America	São Paulo	Iporanga	1	Exotic	Undetermined	1
Order Crocodylia							
Family Alligatoridae							
<i>Caiman yacare</i>	South America	Paraná	Londrina	1	Native	Undetermined	3
<i>Paleosuchus trigonatus</i> *	South America	Distrito Federal	Brasília	1	Native	Undetermined	4

### Appendix S3

#### List of papers used in the review.

- Affonso, I. P., & Delariva, R. L. (2012). Lista comentada da anurofauna de três municípios da região noroeste do estado do Paraná, Brasil. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, 7(2), 102–109.
- Affonso, I. P., Cafoto, E. G., Delariva, R.L., Oda, F. H., Karling, L. C., & Lourenço-De-Moraes, R. (2014). List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List*, 1(4), 878–882.
- Almeida, W. O., Santana, G. G., Vieira, W. L. S., Wanderley, I. C., & Ribeiro, S.C. (2009). Rates of pulmonary infection by pentastomids in lizards species from a restinga habitat in northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 631–637.
- Almeida, A. P., Gasparini, J. L., & Peloso, P. L. V. (2011). Frogs of the state of Espírito Santo, southeastern Brazil - The need for looking at the ‘coldspots’. *Check List*, 7(4), 542–560.
- Almeida-Gomes, M., Siqueira, C. C., Borges-Júnior, V. N. T., Vrcibradic, D., Fusinato, L. A., & Rocha, C. F. D. (2014). Herpetofauna of the Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) and its surrounding areas, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica*, 14(3), 2–15.
- Almeida-Gomes, M., Vrcibradic, D., Siqueira, C. C., Kiefer, M. C., Klaion, T., Almeida-Santos, P., ... Rocha, C.F.D. (2008). Herpetofauna of an Atlantic rainforest area (Morro São João) in Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80(2), 291–300.
- Alves, F. C., Branco, A., Lucas, E. M., & Fortes, V. B. (2008). Ocorrência da espécie exótica *Lithobates Catesbeianus* (Rã-Touro) em ambientes naturais nos municípios de Chapecó e Guatambu, Santa Catarina, Brasil. *Acta Ambiental Catarinense*, 5(1/2).
- Alves, M. M., Lopes, S. F., & Alves, R. R. N. (2016). Wild vertebrates kept as pets in the semiarid region of Brazil. *Tropical Conservation Science*, 9(1), 354–368.
- Anacleto, T. C. S. (2004). Riqueza de lagartos (Reptilia, Squamata) em ambientes naturais e antropizados, em uma área de cerrado do Mato Grosso, Brasil. *Atualidades Biológicas*, 26(81), 58–64.
- Andrade, R. A., Siqueira, Y. F., & Passos, D. C. (2015). Predation of *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae) by *Guira guira* (Cuculiformes: Cuculidae) in northeastern Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 37(2), 201–206.
- Anjos, L. A. (2004). Ecologia de um lagarto exótico (*Hemidactylus mabouia*, Gekkonidae) vivendo na natureza (campo ruderal) em Valinhos, São Paulo. M.Sc thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Anjos, L. A., & Rocha, C. F. D. (2008). Reproductive ecology of the invader species gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* in an area of southeastern Brazil. *Iheringia, Série Zoológica*, Porto Alegre, 98(2), 205–209.
- Anjos, L. A., Rocha, C. F. D., Vrcibradic, D., & Vicente, J. J. (2005). Helminths of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* from a rock outcrop area in southeastern Brazil. *Journal of Helminthology*, 79, 307–313.
- Anjos, L. A., Almeida, W. O., Vasconcellos, A., Freire, E. M. X., & Rocha, C. F. D. (2007). The alien and native pentastomids fauna of an exotic lizard population from Brazilian Northeast. *Parasitology Research*, 101(3), 627–628.
- Armstrong, C. G., & Conte, C. E. (2010). Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. *Biota Neotropica*, 10(1).
- Araujo, C. O., Condez, T. H., Bovo, R. P., Centeno, F. C., & Luiz, A. M. (2010). Amphibians and reptiles of the Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: an Atlantic Forest remnant of Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 10(4).



Assmann, B. R., Dariva, G., & Marinho, J. R. (2013). Amphibian anurans of an Araucarian Rainforest Fragment in southern Brazil. *Perspectiva*, 37(137), 133–140.

Avila-Pires, T. C. S. (1995). Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandelingen*, 299, 1–706.

Azevedo, P. S. (2015). Conteúdo gastrointestinal de Rã-Touro (*Lithobates catesbeianus*) e Rã-Manteiga (*Leptodactylus latrans*) no município de Viçosa, Minas Gerais e circunvizinhos. M.Sc thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Barbo, F. E. (2008b). Os répteis no município de São Paulo: aspectos históricos, diversidade e conservação. In L. R. Malagoli, F. B. Bajestero & M. Whately (Eds.), *Além do Concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana* (pp. 234–267). São Paulo: Instituto Socioambiental.

Barbosa, T. R. (2011). Co-ocorrência de duas espécies de lagartixas, uma endêmica da Mata Atlântica (*Gymnodactylus darwinii* (Gray, 1845)) e outra exótica (*Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnes 1818) em diferentes localidades do estado do Rio de Janeiro e em Praia das Neves - ES. M.Sc thesis, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

Barros, A. B. (2011). Herpetofauna do Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, Brasil. M.Sc thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Bastiani, V. I. M., & Lucas, E. M. (2013). Anuran diversity (Amphibia, Anura) in a Seasonal Forest fragment in southern Brazil. *Biota Neotropica*, 13(1), 256–264.

Bastos, L. F. (2008). Apreensão de espécimes da fauna silvestre em Goiás – Situação e destinação. *Revista Biologia Neotropical*, 5(2), 51–63.

Bernarde, P. S., & Machado, R. A. (2002). Fauna reptiliana da bacia do Rio Tibagi. In M. E. Medre et al. (Eds.), *A Bacia do Rio Tibagi* (pp. 291–296). Paraná: Londrina.

Bezerra, C. H. (2014). Parasitas do lagarto exótico *Hemidactylus mabouia* (MOREAU DE JONNÈS, 1818) (Squamata: Gekkonidae): Padrões de infecção e efeito da distância geográfica na similaridade das comunidades. M.Sc thesis, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

Bezerra, C. H. (2016). Assessing the influence of geographic distance in parasite communities of an exotic lizard. *Acta Parasitologica*, 61(1), 136–143.

Borges-Leite, M. J., Rodrigues, J. F. M., & Borges-Nojosa, D. M. (2014). Herpetofauna of a coastal region of northeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 405–413.

Both, C., Lingnau, R., Santos-Jr., A., Madalozzo, B., Lima, L. P., & Grant, T. (2011). Widespread occurrence of the american bullfrog, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae), in Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 6(2), 127–134.

Bujes, C. S. (2011). Chelonia Project—Study Group for Freshwater Turtle Conservation and Biology in Southern Brazil: Introduction of *Trachemys scripta elegans* in the Jacuí Delta. *Turtle and Tortoise Newsletter*, 15, 14–18.

Camargo Filho, C. B., Costa, H. C., Silva, E. T., Ribeiro Filho, O.P., & Feio, R. N. (2008). Prey - *Lithobates catesbeianus* (American Bullfrog). *Herpetological Review*, 39, 338.

Carvalho, A. L. G., Araújo, A. F. B., & Silva, H. R. (2007). Lizards of Marambaia, an insular remnant of Restinga and Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica*, 7(2), 221–226.

Carvalho, V. T., Fraga, R., Silva, A. L. F., & Vogt, R. C. (2013). Introduction of *Leptodactylus labyrinthicus* (Spix, 1824) (Anura: Leptodactylidae) in central Amazonia, Brazil. *Check List*, 9(4), 849–850.

Cicchi, P. J. P. (2011). Herpetofauna do Parque Estadual da Ilha Anchieta, litoral norte de São Paulo, Brasil: relações históricas e impacto dos mamíferos introduzidos. PhD thesis, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

Cicchi, P. J. P., Serafim, H., Sena, M. A., Centeno, F. C., & Jim, J. (2009). Atlantic Rainforest herpetofauna of Ilha Anchieta, an island on municipality of Ubatuba, southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 9(2), 201–212.

Colli, G. R., Bastos, R. P., & Araujo, A. F. B. (2002). The Character and Dynamics of the Cerrado Herpetofauna. In P. S. Oliveira & R. J. Marquis (Eds.), *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna* (pp. 223–241). New York: Columbia University Press.

Conte, C. E., & Rossa-Feres, D. C. (2006). Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1), 162–175.

Conte, C. E., & Rossa-Feres, D. C. (2007). Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4), 1025–1037.

Costa, H. C., Rodrigues, A. C., Coelho, C. A., & Feio, R. N. (2014). Répteis da Mata do Paraíso. In G. S. Lima, G. A. Ribeiro, W. Gonçalves, S.V. Martins, & M. P. Almeida (Org.), *Ecologia de Mata Atlântica: Estudos Ecológicos na Mata do Paraíso* (pp. 113–131). Viçosa: Suprema.

Costa, H. C., Fernandes, V. D., Rodrigues, A. C., & Feio, R. N. (2009). Lizards and Amphisbaenians, municipality of Viçosa, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List*, 5(3), 732–745.

Couto-Ferreira, D., Tinôco, M. S., Oliveira, M. L. T., Browne-Ribeiro, H. C., Fazolato, C. P., Marques, R. S., ... Dias, M.A. (2011). Restinga lizards (Reptilia: Squamata) at the Imbassaí Preserve on the northern coast of Bahia, Brazil. *Journal of Threatened Taxa*, 3(8), 1990–2000.

Crivellari, L. B., Leivas, P. T., Leite, J. C. M., Gonçalves, D. S., Mello, C. M., Rossa-Feres, D. C., & Conte, C. E. (2014). Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (Campos Sulinos). *Herpetology Notes*, 7, 639–654.

Cruz, A. J. R., Drummond, L.O., Lucena, V. D., Magalhães, A. P., Braga, C. A. C., Rolin, J. M., & Pires, M. R. S. (2014). Lizard fauna (Squamata, Sauria) from Serra do Ouro Branco, southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. *Check List*, 10(6), 1290–1299.

Dallacorte, F. (2010). Impacto da rã-touro-gigante (*Lithobates catesbeianus*) sobre a fauna nativa na zona de amortecimento e interior do Parque Nacional da Serra do Itajaí (PNSI), Blumenau, SC. M.Sc thesis, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, Santa Catarina.

Dalmolin, D. A. (2014). Anurans from the Taquari River Valley, Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 693–701.

Eterovic A., & Duarte, M. R. (2002). Exotic snakes in São Paulo City, southeaster Brazil: why xenophobia? *Biodiversity and Conservation*, 11, 327–339.

Fabres, L. F., Pordany, L. B., Vieira, M. A., Bressan, R. F., & Bujes, C. S. (2017). Aspectos ecológicos de uma espécie introduzida: *Trachemys scripta elegans* (Testudines, Emydidae). In: *Salão de Iniciação Científica*, 22., 2010, Porto Alegre, RS. UFRGS, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/44681>>. Acesso em: 4 abr. 2017.

Félix-Silva, D., Hernandez-Ruz, E. J., Figueiredo, M. W., & Pezzuti, J. C. B. (2012). Geographic distribution - *Pelodiscus sinensis*. *Herpetological Review*, 43(4).

Ferreira, R. B., & Lima, C.S. (2012). Anuran hotspot at Brazilian Atlantic rainforest invaded by the non-native *Lithobates catesbeianus* Shaw, 1802 (Anura: Ranidae). *North-Western Journal Of Zoology*, 8(2), 386–389.

Ferreira, R. B., & Mendes, S. L. (2010). Herpetofauna no Campus da Universidade Federal do Espírito Santo, Área urbana de Vitória, Brasil. *Sitentibus Série Ciências Biológicas*, 10(2–4), 279–285.

Ferreira, R. B., Silva-Soares, T., & Rodder, D. (2010). Amphibians of Vitória, an urban area in south-eastern Brazil: first approximation. *Salamandra*, 46(4), 187–196.

Ferri, V. Y. K. (2015). Inventário dos répteis do Parque Natural Municipal Tupancy, Arroio do Sal, norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Monografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, Rio Grande do Sul.

Ferronato, B. O., Marques T. S., Guardia I., Longo A. L. B., Piña, C. I., Bertoluci J., & Verdade, L. M. (2009). The turtle *Trachemys scripta elegans* (Testudines, Emydidae) as an invasive species in a polluted stream of southeastern Brazil. *Herpetological Bulletin*, 109, 29–34.

Figueiredo, P. I. C. C. (2014). Verificação da ocorrência de hibridização entre *Trachemys dorbigni* e *Trachemys scripta*. Monografia, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Imbé, Rio Grande do Sul.

Filho, S. S. (2012). Diversidade e distribuição dos lagartos de uma área de ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica, no sudeste do Brasil. M.Sc thesis, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, São Paulo.

Filho, G. A. S., & Verrastro, L. (2012). Reptiles of the Parque Estadual de Itapuã, state of Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Check List*, 8(5), p.847–851, 2012.

Fonseca, E., Marques, R., & Tinôco, M. S. (2014a). New records of *Pantherophis guttatus* in the state of Bahia, an alien species to Brazil. *Salamandra*, 50(4), 241–244.

Fonseca, E., Marques, R., & Tinôco, M. S. (2014b). Geographic distribution - *Anolis carolinensis* (Green Anole). *Herpetological Review*, 45(4), 658.

Forlani, M. C., Bernardo, P. H., Haddad, C. F. B., & Zaher, H. (2010). Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 10(3), 265–309.

Forti, L. R., Becker, C. G., Taciolo, L., Pereira, V.R., Santos, A.C.F.A., Oliveira, I., ... Toledo, L. F. (2017). Perspectives on invasive amphibians in Brazil. *Plos One*, 12(9), 1–22.

Freire, E. M. X. (1996). Estudo ecológico e zoogeográfico sobre a fauna de lagartos (Sauria) das Dunas de Natal, Rio Grande do Norte e da restinga de Ponta de Campina, Cabedelo, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(4), 903–921.

Freitas, M. A., Veríssimo, D., & Uhlig, V. (2012). Squamate Reptiles of the central Chapada Diamantina, with a focus on the municipality of Mucugê, state of Bahia, Brazil. *Check List*, 8(1), 016–022.

Garey, M. V., & Provete, D. B. (2016). Species composition, conservation status, and sources of threat of anurans in mosaics of highland grasslands of Southern and Southeastern Brazil. *Oecologia Australis*, 20(2), 94–108.

Giovanelli, J. G. R., Haddad, C. F. B., & Alexandrino, J. (2008). Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, 10, 585–590.

Guimarães, T. C. S. (2015). Espécies Exóticas Invasoras da Fauna em Unidades de Conservação Federais no Brasil: Sistematização do Conhecimento e Implicações para o Manejo. M.Sc thesis, Universidade Federal de Brasília, Brasília, Distrito Federal.

Hatano, F. H., Vrcibradic, D., Galdino, C. A. B., Cunha-Barros, M., Rocha, C. F. D., & Van Sluys, M. (2001). Thermal ecology and activity patterns of the lizard community of the Restinga of Jurubatiba, Macaé, RJ. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2), 287–294.

Hoogmoed, M. S., & Avila-Pires, T. C. S. (2015). *Lepidodactylus lugubris* (Duméril & Bibron 1836) (Reptilia: Gekkonidae), an introduced lizard new for Brazil, with remarks on and correction of its distribution in the New World. *Zootaxa*, 4000(1), 090–110.

I3n Brasil. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras I3n Brasil. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – Santa Catarina. Disponível em: <http://i3n.institutohorus.org.br/>. Acesso em (7 mai. 2017).

Iop S., Caldart V. M., Santos, T. G., & Cechin, S. Z. (2011). Anurans of Turvo State Park: testing the validity of Seasonal Forest as a new biome in Brazil. *Journal of Natural History*, 45(39-40), 2443–2461.

Junior, J. C. R. et al. (2015). Piva, A., Batista, J., Machado, D.C. Occurrence of the Tokay Gecko *Gekko gecko* (Linnaeus 1758) (Squamata, Gekkonidae), an exotic species in southern Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 8–10.

Leivas, P. T., Leivas, F. W. T., & Moura, M. O. (2012). Diet and trophic niche of *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Anura). *Zoologia*, 29(5), 405–412.

Leivas, P. T., Savaris, M., Lampert, S., & Lucas, E. M. (2013). Predation of *Odontophrynus americanus* (Anura: Odontophrynidae) by the invasive species *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in an Araucaria Forest remnant in Southern Brazil. *Herpetology Notes*, 6, 603–606.

Leivas, P. T., Beltramin, A. S., Machado, R. A., & Moura, M. O. (2015). Anuran richness (Amphibia: Anura) in remnant forest fragments of Araucaria Forest and Atlantic Rainforest in Paraná, Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 661–667.

Linares, A. M., & Eterovick, P. C. (2013). Herpetofaunal surveys support successful reconciliation ecology in secondary and human-modified habitats at the Inhotim Institute, Southeastern Brazil. *Herpetologica*, 69(2), 237–256.

Lingnau, R. (2009). Distribuição temporal, atividade reprodutiva e vocalizações em uma assembléia de anfíbios anuros de uma Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, sul do Brasil. PhD thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Lira-Da-Silva, Rm (org.). Répteis da Bahia, Brasil. Núcleo Regional de Ofiologia de Animais Peçonhentos, Departamento de Zoologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. 2011. Disponível em: <http://www.noap.ufba.br/biotabahia>. Acesso em 24 oct. 2016.

Loebmann, D. (2010). Herpetofauna do Planalto da Ibiapaba, Ceará: composição, aspectos reprodutivos, distribuição espaço-temporal e conservação. PhD thesis, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo.

Lucas, E. M., & Fortes, V. B. (2008). Frog diversity in the Floresta Nacional de Chapecó, Atlantic Forest of southern Brazil. *Biota Neotropica*, 8, 0–0.

Lucas, E. M., & Marocco, J. C. (2011). Anurans (Amphibia, Anura) in a remnant of mixed ombrophilous forest in Santa Catarina State, Southern Brazil. *Biota Neotropica*, 11(1), 377–384.

Machado, R. A. (2004). Ecologia de assembléias de anfíbios anuros no município de Telêmaco Borba, Paraná, sul do Brasil. PhD thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

Madalozzo, B., Both, C., & Cechin, S. (2016). Can Protected Areas with Agricultural Edges Avoid Invasions? The Case of Bullfrogs in the Southern Atlantic Rainforest in Brazil. *Zoological Studies*, 55(51), 1–13.

Magalhães, A. L. B., & São-Pedro, V. A. (2011). Illegal trade on non-native amphibians and reptiles in southeast Brazil: the status of e-commerce. *Phyllomedusa*, 11(2), 155–160.

Malagole, L. R. (2013). Diversidade e distribuição dos anfíbios anuros do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar, SP. M.Sc thesis, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, São Paulo.

Marques, O. A.V., Eterovic, A., & Sazima, I. (2001). *Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado para Serra do Mar*. Ribeirão Preto, SP: Holos.

Martins, A. R., Bruno, S. F., & Navegantes, A. Q. (2012). Herpetofauna of Núcleo Experimental de Iguaba Grande, Rio de Janeiro state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(3), 553–562.

Martins, R. A., Assalim, A. M., & Molina, F. B. (2014). The presence of the Red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (Testudines, Emydidae), an invasive species, in the Paraibuna river basin, Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 437–441.

Medeiros, C. I., Both, C., Kaefer, I. L., & Cechin, S. Z. (2016). Reproductive phenology of the American Bullfrog in subtropical Brazil: photoperiod as a main determinant of seasonal activity. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), 1909–1921.

Melo, M. A., Lyra, M. L., Brischi, A. N., Geraldi, V. C., & Haddad, C. F. B. (2014). First record of the invasive frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) in São Paulo, Brazil. *Salamandra*, 50(3), 177–180.

Miranda, J. P., Costa, J. C. L., & Rocha, C. F. D. (2012). Reptiles from Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão, northeastern Brazil. *ZooKeys*, 246, 51–68.

Morato, S. A. A., Lima, A. M. X., Staut, D. C. P., Faria, R. G., Souza-Alves, J. P., Gouveia, S. F., ... Silva, M. J. (2011). Amphibians and Reptiles of the Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, municipality of Capela, state of Sergipe, northeastern Brazil. *Check List*, 7(6), 756–762.

Muniz, S. L. S. (2013). Diversidade e uso do microhabitat de lagartos em uma região do domínio das caatingas, nordeste do Brasil. M.Sc thesis, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco.

Muniz, S. L. S., Chaves, L. S., Moura, C. C. M., Vega, E. S. F., Santos, E. M., & Moura, G. J. B. (2016). Diversity of lizards and microhabitat use in a priority conservation area of Caatinga in the Northeast of Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 12(1), 78–90.

Neckel-Oliveira S., Magnusson W. E., Lima A. P., & Albernaz A. L. K. (2000). Diversity and distribution of frogs in an Amazonian savanna in Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 21, 317–326.

Nogueira K. O., Rodrigues S. S., Araújo V. A., & Neves C. A. (2011). Oviductal Structure and Ultrastructure of the Oviparous Gecko, *Hemidactylus Mabouia* (Moreau De Jonnés, 1818). *Anatomical Record (Hoboken)*, 294(5), 883–92.

Nogueira, C. H. O., Figueiredo-De-Andrade, C. A., & Freitas, N. N. (2013). Death of a juvenile snake *Oxyrhopus petolaris* (Linnaeus, 1758) after eating an adult house gecko *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnés, 1818). *Herpetology Notes*, 6, 39–43.

Oliveira, J. C. F. (2015a). As comunidades de anfíbios e lagartos dos remanescentes de restingas do estado do Espírito Santo: uma análise da ocorrência e distribuição das espécies. PhD thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Oliveira, J. C. F., & Castro, T. M. (2017). Range extension of *Iguana iguana* Linnaeus, 1758 (Squamata: Iguanidae): the first record of an established population in southeastern Brazil. *Check List*, 13(2), 1–4.

Oliveira, A. K. C., & Oliveira, I. S. (2014). Reptiles (Squamata) in Atlantic forest in Southern Brazil. *Biharean Biologist*, 8(1), 32–37.

Oliveira, J. C. F., Winck, G. R., Pereira-Ribeiro, J., & Rocha, C. F. D. (2016). Antropogenic effect or niche preference? Contributions to the knowledge of *Hemidactylus mabouia* invasion in South America. *North-Western Journal of Zoology*, 12(2), 389 – 392.

Oliveira, J. C. F., Ribeiro, J. P., Winck, G. R., Rocha, C. F. D., Pralon, E. Silva, M. B., & Ávila-Pires, T. C. S. (2015). Geographic Distribution - *Cnemidophorus cryptus*. *Herpetological Review*, 46(1), 58–59.

Oren, D. C. (1984). Resultados de uma nova expedição zoológica a Fernando de Noronha. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Zoologia*, 1, 19–44.

Padrone, J. M. B. (2004). O comércio ilegal de animais silvestres: avaliação da questão ambiental no estado do Rio de Janeiro. M.Sc thesis, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.

Paraná. (2016). Portaria Instituto Ambiental do Paraná - IAP N° 059, de 15 de abril de 2015. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o Estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, PR*, 7 de mai. 2015. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Lista\\_invasoras\\_PR\\_corrigida\\_set\\_2015.pdf](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Lista_invasoras_PR_corrigida_set_2015.pdf)>. Acesso em: 8 set. 2016.

- Pinto, J. S. (2015). Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros ocorrentes em floresta ombrófila mista. M.Sc thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Pistoni, J., & Toledo, L. F. (2010). Amphibian Illegal Trade in Brazil: What Do We Know? *South American Journal of Herpetology*, 5(1), 51–56.
- Prates, I., Hernandez, L., Samelo, R. R., & Carnaval, A. C. (2016). Molecular Identification and geographic origin of an exotic anole lizard introduced to Brazil, with remarks on its natural history. *South American Journal of Herpetology*, 11(3), 220–227.
- Quintela, F. M., Medvedovsky, I. G., Ibarra, C., Neves, L. F. M., & Figueiredo, M. R. C. (2011). Reptiles recorded in Marinheiros Island, Patos Lagoon estuary, southern Brazil. *Herpetology Notes*, 4, 057–062.
- Ribeiro, S. C., Ferreira, F. S., Brito, S. V., Santana, G. G., Vieira, W. L. S., Alves, R. R. N., & Almeida, W. O. (2008). The squamata fauna of the Chapada do Araripe, Northeastern Brazil. *Caderno de Cultura e Ciência*, 1(1), 67–76.
- Rio Grande Do Sul. (2016). Portaria Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA Nº 79 DE 31/10/2013. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS, 31 de out. de 2013. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=261368>>. Acesso em: 8 set. 2016.
- Rocha, D. F. N. B. (2005). Biologia termal das tartarugas *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) e *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839) dos lagos de Porto Alegre, RS, Brasil (Testudines, Emydidae). M.Sc thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- Rocha, C. F. D., Bergallo, H. G., & Mazzoni, R. (2011). Invasive vertebrates in Brazil. In D. Pimentel (Ed.), *Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species* (Vol. 2, pp. 53–103). USA: New York.
- Rocha, C. F. D., & Anjos, L. A. (2007). Feeding ecology of a nocturnal invasive alien lizard species, *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818 (Gekkonidae), living in an outcrop rocky area in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 67(3), 485–491.
- Rocha, C. F. D., & Bergallo, H. G. (2011). Occurrence and distribution of the exotic lizard *Hemidactylus mabouia* Moreau de Jonnès, 1818 in Ilha Grande, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 71(2), 1–5.
- Rocha, C. F. D., Dutra, G. F., Vrcibradic, D., & Menezes, V. A. (2002). The terrestrial reptile fauna of the Abrolhos archipelago: species list and ecological aspects. *Brazilian Journal of Biology*, 62(2), 285–291.
- Rocha, V. J., Machado, R. A., Filipaki, S. A., Fier, I. S. N., & Pacni, J. A. L. (2003). A biodiversidade da Fazenda Monte Alegre da Klabin S.A. no Estado do Paraná. In VIII Congresso Florestal Brasileiro, São Paulo.
- Rocha, C. F. D., Vrcibradic, D., Menezes, V. A., & Ariani, C. V. (2009). Ecology and Natural History of the Easternmost Native Lizard Species in South America, *Trachylepis atlantica* (Scincidae), from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Journal of Herpetology*, 43(3), 450–459.
- Rocha, C. F. D., Anjos, L. A., & Bergallo, H. G. (2011). Conquering Brazil: the invasion by the exotic gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* (Squamata) in Brazilian natural environments. *Zoologia*, 28(6), 747–754.
- Rocha, C. F. D., Vrcibradic, D., Kiefer, M. C., Menezes, V. A., Fontes, A. F., Hatano, F. H., ... Van Sluys, M. (2014). Species composition, richness and nestedness of lizard assemblages from Restinga habitats along the Brazilian coast. *Brazilian Journal of Biology*, 74(2), 349–354.
- Rocha-Miranda, F., Martins-Silva, M., & Mendonça, A. (2006). First occurrence of bullfrogs (*Rana catesbeiana*) in Federal District, Central Brazil. *Froglog*, 74, 2–3.

Rodrigues, M. T. (1996). Lizards, Snakes, and Amphisbaenians from the Quaternary Sand Dunes of the Middle Rio São Francisco, Bahia, Brazil. Source: *Journal of Herpetology*, 30(4), 513–523.

Sabagh, L. T., Júnior, V. N. T. B., Winck, G. R., Viana, L. A., & Rocha, C. F. D. (2015). Low prevalence of hemoparasites in a lizard assemblage from a coastal environment of southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 8, 413–416.

Sales, R. F. D., Lisboa, C. M. C. A., & Freire, E. M. X. (2009). Répteis squamata de remanescentes florestais do campus da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil. *Cuadernos de Herpetología*, 23(2), 77–88.

Salles, R. O. L., & Silva-Soares, T. (2010). *Phyllodytes luteolus* (Anura, Hylidae) as an Alien Species in the Rio de Janeiro municipality State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 3, 257–258.

Salles, R. O. L., & Silva-Soares, T. (2010). Répteis do município de Duque de Caxias, Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. *Biotemas*, 23(2), 135–144.

Salles, R. O. L., Weber, L. N., & Silva-Soares, T. (2009). Amphibia, Anura, Parque Natural Municipal da Taquara, municipality of Duque de Caxias, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List*, 5(4), 840–854.

Samelo, R. R., Barrella, W. (2016). Geographic Distribution - *Anolis porcatius*. *Herpetological Review*, 47(2), 256.

Santana, G. G., Vieira, W. L. S., Pereira-Filho, G. A., Delfi, F. R., Lima, Y. C. C., & Vieira, K. S. (2008). Herpetofauna em um fragmento de Floresta Atlântica no Estado da Paraíba, Região Nordeste do Brasil. *Biotemas*, 21(1), 75–84.

Santana, D. O., Carvalho, C. B., Rocha, S. M. Freitas, E. B., & Faria, R. G. (2014). *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines: Emydidae) recorded in an artificial pond in northeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 211–213.

Santos, M. M., Ávila, R. W., & Kawashita-Ribeiro, R. A. (2011). Checklist of the amphibians and reptiles in Nobres municipality, Mato Grosso state, central Brazil. *Herpetology Notes*, 4, 455–461.

Santos, E., Rameh-De-Albuquerque, L. C., Zanotti, A. P., Pereira, E. N., & Santos, E. M. (2016). *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Reptilia, Testudines, Podocnemidae): espécie exótica no estado de Pernambuco, Nordeste, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, 10(2), 261–265.

Santos, T. G., Vasconcelos, T. S., Molina, F. B., & Zaher, H. (2009). First record of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydidae) in a remnant of Mesophytic Semideciduous Forest of São Paulo State, southeastern Brazil. *Herpetological Bulletin*, 108, 27–30.

Santos, T., Kopp, K., Spies, M. R., Trevisan, R., & Cechin, S. Z. (2008). Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia, Série Zoologia*, 98, 244–253.

Santos-Pereira, M., & Rocha, C. F. D. (2015). Invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in the Paraná state, Southern Brazil: a summary of the species spread. *Revista Brasileira de Zoociências*, 16, 141–147.

São Paulo. (2010). Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente.

Sartori, S. S. R. (2009). Morfologia do tubo digestivo da lagartixa *Hemidactylus mabouia* (Moreau De Jonnés, 1818) (Squamata: Gekkonidae). PhD thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Sartori, S. S. R., Nogueira, K. O. P. C., Rocha, A. S., & Neves, C. A. (2011). Morphology of the stomach of the tropical house gecko *Hemidactylus mabouia* (Squamata: Gekkonidae). *Acta Zoologica (Stockholm)*, 92, 179–186.

- Sazima, I. (2015). Tropical House Gecko (*Hemidactylus mabouia*) shelter raided by a single tyrannid bird (*Pitangus sulphuratus*) in an urban park. *Herpetology Notes*, 8, 433–435.
- Siciliano, S., Moura, J. F., Tavares, D. C., Amorim, C. E. F., & Matias, C. A. R. (2014). On the intriguing occurrence of *Rhinoclemmys punctularia* (Daudin, 1801) in coastal plains of eastern Rio de Janeiro, Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 667–671.
- Silva, L. N. (2002). Valoração dos parques urbanos de Brasília: o caso do Parque Olhos D'água. Monografia, Faculdade de Ciências da Saúde do Centro Universitário de Brasília, Brasília, Distrito Federal.
- Silva, U. G. (2008). Diversidade de espécies e ecologia da comunidade de lagartos de um fragmento de Mata Atlântica no nordeste do Brasil. M.Sc thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande Norte.
- Silva, N. S. (2015). Espécimes recebidos no centro de triagem de animais silvestres de Salvador/BA durante os anos de 2012 a 2014. Monografia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.
- Silva, E. T., & Filho, O. P. R. (2009). Predation on juveniles of the invasive American Bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura, Ranidae) by native frog and snake species in Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 2, 215–218.
- Silva, A. F., & Silva-Forsberg, M. C. (2015). Espécies exóticas invasoras e seus riscos para a Amazônia Legal. *Scientia Amazonia*, 4(2), 114–124.
- Silva-Soares, T., Ferreira, R. B., Salles, R. O. L., & Rocha, C. F. D. (2011). Continental, insular and coastal marine reptiles from the municipality of Vitória, state of Espírito Santo, southeastern Brazil. *Check List*, 7(3), 290–298.
- Silva, E. T., Filho, O. P. R., & Feio, R. N. (2011). Predation of Native Anurans by Invasive Bullfrogs in Southeastern Brazil: Spatial Variation and Effect of Microhabitat use by Prey. *South American Journal of Herpetology*, 6(1), 1–10.
- Silva, E. T., Both, C., & Filho, O. P. R. (2016). Food Habits of Invasive Bullfrogs and Native Thin-Toed Frogs Occurring in Sympatry in Southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 11(1), 25–33.
- Silva, E., Costa, C., & Feio, R. N. (2007). *Rana catesbeiana* (American Bullfrog). *Prey. Herpetological Review*, 38, 443.
- Silva, E. T., Reis, E. P., Feio, R. N., Ribeiro-Filho, O. P. (2009). Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae) in Viçosa, Minas Gerais state, Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 4(3), 286–294.
- Soares, A. H. B., & Araujo, A. F. B. (2008). Experimental introduction of *Liolaemus lutzae* (Squamata: Iguanidae) in Praia das Neves, State of Espírito Santo, Brazil: a descriptive study 18 years later. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(4), 640–646.
- Sousa, P. A. G., & Freire, E. M. X. (2010). Communal nests of *Hemidactylus mabouia* (Moreau de Jonnès, 1818) (Squamata: Gekkonidae) in a remnant of Atlantic Forest in northeastern Brazil. *Biotemas*, 23(3), 231–234.
- Sousa, B. M., Nascimento, A. E. R., Gomides, S. C., Rios, C. H. V., Hudson, A. A., & Novelli, I. A. (2010). Répteis em fragmentos de Cerrado e Mata Atlântica no Campo das Vertentes, Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 10(2), 129–138.
- Sousa, B. M., Gomides, S. C., Hudson, A. A., Ribeiro, L. B., & Novelli, I. A. (2012). Reptiles of the municipality of Juiz de Fora, Minas Gerais state, Brazil. *Biota Neotropica*, 12(3), 35–49.
- Teixeira, R. L. (2001). Comunidade de lagartos da restinga de Guriri, São Mateus – ES, sudeste do Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 23, 77–84.
- Teixeira, R. L. (2002). Aspectos ecológicos de *Gymnodactylus darwini* (Sauria: Gekkonidae) em Pontal do Ipiranga, Linhares, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 14, 21–31.



Telles, F. B. S., Militão, C. M., Bergallo, H. G., & Rocha, C. F. D. (2015). Invasion of the alien gecko *Hemidactylus mabouia* (Moureau de Jonnès, 1818) in a natural habitat at Praia do Sul Biological Reserve, Ilha Grande, RJ, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75(3), 768–770.

Toledo, G. M. (2013). Supracomunidade de helmintos associados a anfíbios: uso do hábitat, modo reprodutivo dos hospedeiros e distribuição espacial dos parasitas. M.Sc thesis, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo.

Tortato, M. A., Bressan, R. F., & Kunz, T. S. (2014). Reproduction of two exotic species of *Trachemys* Agassiz, 1857 (Testudines, Emydidae) at Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, state of Santa Catarina, southern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 11–15.

Uetanabaro, M., Souza, F. L., Filho, P. L., Beda, A. F., & Brandão, R. A. (2007). Anfíbios e répteis do Parque Nacional da Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Biota Neotropica*, 7(3), 279–289.

Vechio, F. D., Recoder, R., Rodrigues, M. T., & Zaher, H. (2013). The herpetofauna of the Estação Ecológica de Uruçuí-Una, state of Piauí, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 53(16), 225–243.

Vieira, C. S., & Costa, E. M. M. (2006). Análise da estrutura populacional de *Trachemys scripta elegans* (Chelonia) no Parque Ecológico Olhos D'água – Brasília – DF. *Universitas: Ciências da Saúde*, 4(1/2), 1–8.

Vrcibradic, D., & Eisfeld, A. (2016). Predation on a tropical house gecko, *Hemidactylus mabouia* by a juvenile colubrid snake, *Chironius bicarinatus*, in a Brazilian Atlantic Rainforest area. *Cuadernos de Herpetología*, 30(2), 75–77.

Vrcibradic, D., & Rocha, C. F. D. (2002). Ecology of *Mabuya agilis* (Raddi) (Lacertilia, Scincidae) at the restinga of Grumari, Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(2), 19–29.

Vrcibradic, D., Rocha, C. F. D., Kiefer, M.C., Hatano, F.H., Fontes, A.F., Almeida-Gomes, M., ... Sluys, M.V. (2011). Herpetofauna, Estação Ecológica Estadual do Paraíso, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List*, 7(6), 745–749.

Winck, G. R., Hatano, F., Vrcibradic, D., Sluys, M. V., & Rocha, C. F. D. (2016). Lizard assemblage from a sand dune habitat from southeastern Brazil: a niche overlap analysis. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(1), 677–687.

Winck, G. R. (2012). Comunidades de lagartos dos remanescentes de restinga do Estado do Rio de Janeiro: Riqueza, diversidade e onde estão as espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. PhD thesis, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

**List of natural history collections consulted:**

- Instituto Butantan (IBSP)  
 Coleção de Herpetologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)  
 Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG)  
 Coleção Zoológica de Referência da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (ZUFMS)  
 Coleção de Anfíbios da Universidade de Passo Fundo (CAUPF)  
 Coleção Célio F. B. Haddad, Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro (CFBH)  
 Coleção Herpetológica do Centro de Ecologia e Conservação Ambiental (CHECOA)  
 Coleção científica de Répteis da Universidade Federal de Juiz de Fora (CHUFJF)  
 Coleção científica do Laboratório de Animais Peçonhentos e Herpetologia da Universidade Estadual de Feira de Santana (LAPH-UEFS)  
 Coleção de Anfíbios, Universidade Estadual Paulista, Campus São José do Rio Preto (DZSJRP)  
 Coleção de serpentes da Fundação Ezequiel Dias (FUNED-SERP)  
 Coleção Herpetológica "Alphonse Richard Hoge" (IBSP-HERPETO)  
 Coleção de Anfíbios e Répteis do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA-HERPETO)  
 Coleção de Répteis Museu de Biologia Professor Mello Leitão (MBML-Répteis)  
 Coleção de Herpetologia do Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, (MCNAM/MCNR)  
 Coleção de Anfíbios do Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCP-ANFIBIOS)  
 Coleção de Répteis do Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCP-REPTEIS)  
 Coleção Herpetológica do Museu de História Natural Capão da Imbuia (MHNCI-HERPETO)  
 Coleção de Anfíbios e Répteis do Museu Nacional (MNRJ)  
 Coleção de Herpetofauna do Museu de Zoologia, Universidade Estadual de Londrina (MZUEL-HERPETO)  
 Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Minas Gerais (UFMG-ANF/ UFMG-REP)  
 Coleção Zoológica da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT-R/UFMT-A)  
 Coleção do Laboratório de Anfíbios e Répteis da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
 Coleção Científica de Répteis do Museu de Zoologia "Prof. Adão José Cardoso" da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC-REP)  
 Coleção Científica de Anfíbios do Museu de Zoologia "Prof. Adão José Cardoso" da Universidade Estadual de Campinas (ZUEC-AMP)

### List of reports consulted in the data collection:

Alfândega apreende animais silvestres a caminho de SP, em Manaus. (2016, March 29). G1 AM, Amazonas. Retrieved from <http://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2016/03/alfandegaapreendeanimaissilvestrescaminhodespemmanaus.html>

Animais exóticos são apreendidos por agentes do Ibama em Orlandia, SP. (2017, January 11). G1 Ribeirão e Franca. Retrieved from <http://g1.globo.com/sp/ribeiraopretofranca/noticia/2017/01/animaisexoticossaoapreendidosporagentesdoibamaemorlandiasp.html>

Animais silvestres são apreendidos no Terminal Rodoviário. (2016, October 3). ORMNews. Retrieved from <http://www.ormnews.com.br/noticia/animaisilvestressaoapreendidosnoterminalrodoviario>

Apreensão de animais silvestres em Caxias. (2016, December 16). PMERJ, Rio de Janeiro. Retrieved from <https://www.pmerj.rj.gov.br/%EF%BB%BFapreensaodeanimaisilvestresemcaxias/>

Arruda, C. (2009, February 13). Patrulha Ambiental apreende tartarugas em Caxias do Sul. Zero Hora. Retrieved from <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticia/2009/02/patrulha-ambiental-apreende-tartarugas-em-caxias-do-sul-2404053.html>

Augusto, F. (2016, December 16). Semace e Ibama levam 122 animais silvestres para serem reinseridos à natureza em Tocantins. Governo do Estado do Ceará, Ceará. Retrieved from <http://www.ceara.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/18927-semace-e-ibama-levam-122-animais-silvestres-para-serem-reinseridos-a-natureza-em-tocantins>

Baratas e cobras exóticas são vendidas na internet. (2013, July 18). R7, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://noticias.r7.com/riodejaneiro/fotos/baratasecobrasexoticassaovendidasnainternetveja19072013#!foto/1>

Barbosa, D. (2011, July 7). No RN, jovem comercializava animais ilegalmente pela internet. Globo Natureza, São Paulo. Retrieved from <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2011/07/no-rn-jovem-anunciava-animais-na-internet-e-os-vendia-pelo-correio.html>

Barbosa, R. (2011, July 7). Ibama prende suspeito de traficar animais silvestres em Currais Novos. Tribuna do Norte. Retrieved from <http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/ibama-prende-suspeito-de-trafficar-animais-silvestres-em-currais-novos/188072>

Bastos, A. (2016, March 13). Jovem que alimentou cobra com gato e postou vídeo é investigado no DF. G1 DF, Brasília. Retrieved from <http://g1.globo.com/distritofederal/noticia/2016/03/jovemquealimentoucobracomgatoepostouvideoinvestigadonodf.html>

Carteiros encontram iguana em caixa de encomenda em Curitiba. (2012, January 11). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2012/01/carteirosencontramiguanaemcaixadeencomendaemcuritiba.html>

Carvalho, H. (2012, January 4). Engenheiro é detido após receber iguanas em caixa de papelão, em GO. G1 GO, Goiânia. Retrieved from <http://g1.globo.com/goias/noticia/2012/01/engenheiroedetidoaposreceberiguanasemcaixadepapelaoemgo.html>

Castro, F. (2017, March 10). Serpente que não existe na fauna brasileira é encontrada em SC. Estadão, São Paulo. Retrieved from <http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,serpente-que-nao-existe-na-fauna-brasileira-e-encontrada-em-sc,70001695367>

Cobra de 4 metros é capturada dentro de casa em São Francisco do Sul. (2016, February 9). G1 SC. Retrieved from <http://g1.globo.com/sc/santacatarina/noticia/2016/02/cobra-de-4-metros-capturada-dentro-de-casa-em-sao-francisco-do-sul.html>

Cobra de seis metros é encontrada dentro de casa em Lauro de Freitas. (2015, March 2). Bahia Notícias, Bahia. Retrieved from <http://www.bahianoticias.com.br/municipios/noticia/984-cobra-de-seis-metros-e-encontrada-dentro-de-casa-em-lauro-de-freitas.html>

Cobra é achada dentro de embalagem dos Correios em Valinhos, SP. (2015, August 28). G1 Campinas e Região. Retrieved from <http://g1.globo.com/sp/campinasregiao/noticia/2015/08/cobra-achada-dentro-de-embalagem-dos-correios-em-valinhos-sp.html>

Cobra encontrada em 15º andar de prédio perto de Brasília é capturada. (2012, June 19). Jornal Nacional. Retrieved from <http://g1.globo.com/jornalnacional/noticia/2012/06/cobra-encontrada-em-15-andar-de-predio-perto-de-brasilia-capturada.html>

Cobra enviada pelos Correios é apreendida em Passo Fundo, RS. (2015, January 16). G1 RS, Rio Grande do Sul. Retrieved from <http://g1.globo.com/rs/riograndedosul/noticia/2015/01/cobra-enviada-pelos-correios-e-apreendida-em-passo-fundo-rs.html>

Cobra exótica de 3,5 m é apreendida pela polícia após denúncia anônima. (2012, September 3). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2012/09/cobra-exotica-de-35-m-e-apreendida-pela-policia-apos-denuncia-anonima.html>

Cobra exótica é encontrada dentro de caixa do Sedex em Rio Preto. (2016, March 23). G1 Rio Preto e Araçatuba. Retrieved from <http://g1.globo.com/saopaulo/saojosedoriopretoaracatuba/noticia/2016/03/cobra-exotica-encontrada-dentro-de-caixa-do-sedex-em-rio-preto.html>

Cobra exótica é encontrada em encomenda com CDs e DVDs em MT. (2016, January 16). G1 MT, Mato Grosso. Retrieved from <http://g1.globo.com/matogrosso/noticia/2016/01/cobra-exotica-encontrada-em-encomenda-com-cds-e-dvds-em-mt.html>

Cobras asiáticas comercializadas de forma ilegal são interceptadas por Correios e Ibama. (2014, March 24). IBAMA, Brasília. Retrieved from <http://www.ibama.gov.br/noticias/65-2014/496-cobras-asiaticas-comercializadas-de-forma-ilegal-sao-interceptadas-por-correios-e-ibama>

Cobras enviadas do Canadá por correio são apreendidas no Paraná. (2016, June 21). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2016/06/cobras-enviadas-do-canada-por-correio-sao-apreendidas-no-parana.html>

Cobras no SEDEX levam IBAMA e PF a criadouro clandestino no norte do PR. (2011, March 18). IBAMA, Londrina. Retrieved from <http://ibama.gov.br/publicadas/cobras-no-sedex-levam-ibama-e-pf-a-criadouro-clandestino-no-norte-do-pr.html>

Cobras são encontradas dentro de caixa em agência de Correios no PR. (2011, March 18). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2011/03/cobras-sao-encontradas-dentro-de-caixa-em-agencia-de-correios-no-pr.html>

Cobras vivas são encontradas em Cumbica em pacotes enviados da Europa. (2016, December 1). G1 São Paulo, São Paulo. Retrieved from <http://g1.globo.com/saopaulo/noticia/cobras-vivas-sao-encontradas-em-cumbica-em-pacotes-enviados-da-europa.html>

Cordeiro, L. (2015, December 3). Cobras exóticas são encontradas dentro de embalagem dos Correios. G1 PR. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/nortenoeste/noticia/2015/12/cobrasexoticassaoencontradasdentrodeembalagemdoscorreios.html>

Correios de MG encontram cobras em encomenda enviada para SC. (2011, October 26). G1 MG. Retrieved from <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2011/10/correios-de-mg-encontram-cobras-em-encomenda-enviada-para-sc.html>

Correios e PM impedem entrega de cobra a garoto. (2014, October 30). Np Diário. Retrieved from <http://www.npd diario.com/noticias/15046/correios-e-pm-impedem-entrega-de-cobra-a-um-garoto.html>

Criadouro ilegal de animais silvestres é encontrado em Espumoso, RS. (2014, March 25). RENTAS. Retrieved from <http://www.rentas.org.br/radiolider953fmespumososcriadouroilegaldeanimaissilvestreseencontradoemespumosos/>

Delibera, G. (2010, July 23). PF apreende animais silvestres e exóticos. Diário da Região, São José do Rio Preto. Retrieved from <http://www.diariodaregiao.com.br/cidades/pfapreendeanimaissilvestreseex%C3%B3ticos1.302271>

Empresário é preso vendendo cobras em loja do Santa Mônica. (2015, July 28). UIPI Notícias. Retrieved from <http://uipi.com.br/destaques/destaquesvideos/2015/07/28/empresarioepresovendendocobrase mlojadosantamonica/>

Fabiano, N. (2014, April 14). Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro – RJ CPAm apreendeu animais silvestres em Caxias, RJ. RENTAS. Retrieved from <http://www.rentas.org.br/policiamilitardoestadodoriodejaneiorjcpamapreendeuanimaissilvestresemcaxiasrj/>

Filhotes de iguana são encontrados dentro de tubo de PVC nos Correios (2015, October 28). G1 Campinas e Região. Retrieved from <http://g1.globo.com/sp/campinasregiao/noticia/2015/10/filhotesdeiguanaoencontradosdentrodetubodepvcnoscorreios.html>

Gabriel, L. (2016, March 30). Jiboia enviada do RJ pelos Correios é apreendida em Brasília. G1 DF, Brasília. Retrieved from <http://g1.globo.com/distritofederal/noticia/2016/03/jiboiaenviadadorjpeloscorreioseapreendidaembrasil.html>

Homem é preso ao receber iguana pelos Correios em Minas Gerais. (2015, May 23). Correio Braziliense, Minas Gerais. Retrieved from

[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/03/27/interna\\_gerais,631992/homem-e-preso-ao-receber-iguana-pelos-correios-em-ipatinga.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/03/27/interna_gerais,631992/homem-e-preso-ao-receber-iguana-pelos-correios-em-ipatinga.shtml)

Homem é preso com cobra e coruja em casa em São Pedro da Aldeia, RJ. (2015, July 17). G1 Região dos Lagos, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://g1.globo.com/rj/regiaodoslago/noticia/2015/07/homemepresocomcobrapitonecorujaemcasaensaopedronorj.html>

Homem é preso nos EUA quando traria ao Brasil 27 cobras em avião. (2017, March 18). Notícias Terra. Retrieved from <https://noticias.terra.com.br/homemepresonos EUA quando traria ao Brasil 27 cobras em aviao,2069a418851ca310VgnCLD200000bbcceb0aRCRD.html>

Homem é preso por criar cobras em casa. (2013, October 14). Band, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://noticias.band.uol.com.br/cidades/rio/noticia/100000637791/homemepresoporcriarcobrasemcasa.html>

Homem é preso por manter cobra e jabutis em Governador Valadares. (2016, December 1). G1 Vales de Minas. Retrieved from <http://g1.globo.com/mg/valesmg/noticia/2016/12/homemepresopormantercobraejabutisemgovernadorvaladares.html>

Ibama apreende filhote de iguana encontrado em pacote nos Correios. (2016, June 8). TV Goiânia, Goiânia. Retrieved from <http://www.tvgoiania.com.br/nav.php?id=10924>

Iguana despachada por correio alerta para comércio ilegal de animais. (2011, December 9). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2011/12/iguanadespachadaporcorreioalertaparacomercioilegaldeanimais.html>

Iguana viva é encontrada dentro de pacote dos Correios no Paraná. (2011, December 7). G1 PR, Paraná. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2011/12/iguanavivaencontradadentrodepacotedoscorreiosnoparana.html>

Jacaré cai de moto em movimento e é resgatado pela PM no DF. (2016, January 12). G1 DF, Brasília. Retrieved from <http://g1.globo.com/distritofederal/noticia/2016/01/jacarecaidemotoemmovimentoeeresgatadopelapmndf.html>

Jovem é detido suspeito de manter cobras em cativeiro em Uberlândia. (2016, July 30). G1 Triângulo Mineiro. Retrieved from <http://g1.globo.com/minasgerais/triangulomineiro/noticia/2016/07/jovemedetidosuspeitodemantencobrasemcativeiroemuberlandia.html>

Luiz, G. (2016, March 30). Jiboia enviada do RJ pelos Correios é apreendida em Brasília. G1 DF, Distrito Federal. Retrieved from <http://g1.globo.com/distritofederal/noticia/2016/03/jiboia-enviada-do-rj-pelos-correios-e-apreendida-em-brasilia.html>

Mais de 100 cágados foram resgatados pela FPI em Zona Rural sergipana. (2016, December 2). RENTAS. Retrieved from <http://www.rentas.org.br/maisde100cagadosforamresgatadospelafpiemzonaruralsergipana/>

Mais de 400 animais silvestres são resgatados em cidades da PB, diz PM. (2016, April 3). G1 PB. Retrieved from <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2016/04/maisde400animaisilvestressaioresgatadosemcidadesdapbdizpm.html>

Melo, G. (2009, April 2). Fiscais do Ibama fazem apreensão e flagram o envio de animais silvestres pelos Correios. IBAMA/JP, Paraíba. Retrieved from <http://www.ibama.gov.br/noticias-2009/fiscais-do-ibama-fazem-apreensão-e-flagram-o-envio-de-animais-silvestres-pelos-correios.html>

Menezes, E. (2014, June 10). Susto nos Correios: funcionários encontram quatro cobras e um jabuti em encomenda. R7, Minas Gerais. Retrieved from <http://noticias.r7.com/minas-gerais/susto-nos-correios-funcionarios-encontram-quatro-cobras-e-um-jabuti-em-encomenda-10062014>

Mulher entrega cobra à polícia após quatro anos com ela na Paraíba. (2015, September 26). G1 PB. Retrieved from <http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2013/09/mulherentregacobrapoliciaaposquatroanoscomelanaparaiba.html>

Nazário, F. (2016, June 11). Cobra resgatada nos Correios seria enviada a bairro de Cuiabá. Governo de Mato Grosso, Mato Grosso. Retrieved from <http://www.mt.gov.br/-/4298259-cobra-resgatada-nos-correios-seria-enviada-a-bairro-de-cuiaba>

PF reprime tráfico de animais silvestres na capital paulista. (2016, June 13). Fotos Públicas, São Paulo. Retrieved from <http://fotospublicas.com/pfreprimetraficodeanimaisilvestresnacapitalpaulista/>

PM encontra cobra e ratos congelados em encomenda dos Correios no PR. (2012, August 29). G1 PR. Retrieved from <http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2012/08/pmcontracobraeratoscongeladosemencomendadoscorreiosnopr.html>

Polícia Ambiental apreende 58 cobras em cativeiro em Santa Branca, SP. (2014, October 21). G1 Vale do Paraíba e Região. Retrieved from <http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2014/10/policia-ambiental-apreende-58-cobras-em-cativeiro-em-santa-branca-sp.html>

Polícia Ambiental resgata jabutis e Tigre D'Água mantidos em cativeiro em Marília. (2015, September 18). Em Assis. Retrieved from <http://emassis.com.br/policiaambientalresgatajabutisetigredaguamantidosemcativoiroemmarilia/>

Polícia Ambiental resgata lagarto e jiboia em Jacarepaguá. (2014, December 16). O Dia, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://odia.ig.com.br/noticia/riodejaneiro/20141216/policiaambientalresgatalagartoejiboiaemjacarepagua.html>

Polícia apreende animais silvestres na Região Leste de Belo Horizonte. (2015, January 5). G1 MG, Minas Gerais. Retrieved from <http://g1.globo.com/minasgerais/noticia/2015/01/policiaapreendeanimaissilvestresnaregiaolestedebelohorizonte.html>

Polícia encontra iguana que seria entregue pelo correio em SP. (2011, April 17). G1 SP, São Paulo. Retrieved from <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/04/policia-encontra-iguana-que-seria-entregue-pelo-correio-em-sp.html>

Polícia prende 7 pessoas e apreende 80 animais silvestres em feira no RJ. (2013, April 14). G1 Rio, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://g1.globo.com/riodejaneiro/noticia/2013/04/policiaprende7pessoaseapreende80animaisilvestresemfeiranorj.html>

Prado, W. (2016, June 3). Cobras são encontradas em encomenda dos Correios em Joinville. Notícias do Dia, Joinville. Retrieved from <https://ndonline.com.br/joinville/noticias/cobras-sao-encontradas-em-encomenda-dos-correios-em-joinville>

PRF encontra em carro sete cobras escondidas em meias dentro de mala. (2016, October 8). G1 SC. Retrieved from <http://g1.globo.com/sc/santacatarina/noticia/2016/10/prf encontra em carro sete cobras escondidas em meias dentro de mala.html>

Quintella, S. (2016, August 25). Polícia prende homem com 60 cobras dentro de casa. VEJA São Paulo, São Paulo. Retrieved from <http://vejasp.abril.com.br/materia/policiaprendehomemcom60cobrasdentrodecasa>

Rocha, A. & Oliveira, K. (2014, July 7). Filhote de iguana enviado por Sedex é resgatado nos Correios em MG. G1 Triângulo Mineiro, Minas Gerais. Retrieved from <http://g1.globo.com/minasgerais/triangulomineiro/noticia/2014/07/filhotedeiguanaenviadopor sedexeresgatadonoscorreiosemmg.html>

Sá, L. (2011, November 2). Caixa "recheada" de cobras e lagartos. Jornal O Tempo. Retrieved from <http://www.otempo.com.br/supernoticia/caixaretheadadecobraselagartos1.96574>

Sem água e sem comida, iguana é transportada via Correios de SP a MT. (2014, October 29). G1 MT. Retrieved from <http://www.primeirahora.com.br/noticia/119200/SemaguaesemcomidaiguanaetransportadaviaCorreiosdeSPaMT>

Silva, S. (2016, June 13). Operação resgata animais silvestres contrabandeados em São Paulo. Globo Rural, São Paulo. Retrieved from

<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/noticia/2016/06/operacaorecolheanimaisilvestrescontrabandeadosemsaopaulo.html>

Sucuri de 5 m é resgatada viva com suspeitos de matar animais em Goiás. (2014, January 30). G1 GO, Anhanguera. Retrieved from <http://g1.globo.com/goias/noticia/2014/01/sucuride5meresgatadavivacomsuspeitosdemataranimaisemgoias.html>

Suspeito de traficar animais silvestres é detido com jabutis em Guará, SP. (2017, March 16). G1 Vale do Paraíba e Região. Retrieved from <http://g1.globo.com/sp/valedoparaibaregiao/noticia/2017/03/suspeitodetraficaranimaissilvestresdetidocomjabutisemguarasp.html>

Tomazela, J. M. (2017, March 6). Operação prende 4 traficantes e resgata 70 animais em Praia Grande. Estadão, Sorocaba. Retrieved from <http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,operacao-prende-4-trafficantes-e-resgata-70-animais-em-praia-grande,70001688803>

Valentini, G. (2012, September 6). Homem é preso em SC suspeito de comercializar cobras pelo Facebook. G1 SC, Santa Catarina. Retrieved from <http://g1.globo.com/sc/santacatarina/noticia/2012/09/homemepresoporsuspeitadecomercializarcobraspelofacebook.html>

Veloso, V. (2012, March 19). Espécies exóticas e invasoras são apreendidas durante a Operação Nemo em Minas Gerais. IBAMA, Muriaé. Retrieved from

<http://www.ibama.gov.br/publicadas/especies-exoticas-e-invasoras-sao-apreendidas-durante-a-operacao-nemo-em-minas-gerias.html>

Veloso, V. (2017, March 13). Ibama apreende cinco serpentes em casa de dançarina em Montes Claros. G1 Grande Minas. Retrieved from <http://g1.globo.com/mg/grandeminas/noticia/2017/03/ibamaapreendecincoserpentesemcasadedancarinaemmontesclaros.html>

Vieira, L. (2012, February 7). Jararaca é encontrada dentro de correspondência nos Correios em MG. G1 Triângulo Mineiro. Retrieved from <http://g1.globo.com/minasgerais/triangulomineiro/noticia/2012/02/jararacaencontradadentrodecorrespondencianoscorreiosemmg.html>





## CAPITULO II

LRH: Fonseca, Both, Cechin and Winck

RRH: Pet distribution modelling

### **Pet distribution modelling: untangling the invasive potential of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) in the Americas**

Érica Fonseca<sup>1</sup>, Camila Both<sup>2</sup>, Sonia Zanini Cechin<sup>1</sup>, Gisele Winck<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>2</sup> Departamento Interdisciplinar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Tramandaí, Brazil.

<sup>3</sup> Laboratoire d'Écologie Alpine (LECA), Université Grenoble Alpes, CNRS, Université Savoie Mont Blanc, Grenoble, France.

**Correspondence:** Érica Fonseca, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil. Email: [erica.fonsecae@gmail.com](mailto:erica.fonsecae@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5432-8453>

**Abstract**

Human activities have been changing the global biogeographic patterns by the introductions of invasive species. For reptiles, the invasion rate increase of non-native species is remarkably related to the pet trade, especially for freshwater turtles. Here we estimated the invasive potential of the South American turtle *Trachemys dorbigni* in the Americas using a combination of climatic and human activity variables. We built species distribution models based on data from the native (calibration) and invasive (validation) ranges, using the random forest algorithm. We compared the two models' performance and predictions, one calibrated with only climatic variables (climate-only), and the second also included a descriptive variable of human activity (combined). Suitable areas for *T. dorbigni* covered occurrence areas of its congeners and highly diversified ecoregions, such as the eastern USA, the islands of Central America, and the south eastern and eastern Brazilian coast. Results showed that including human activity variables (combined model) improved model accuracy and prediction values in the invaded areas. Our results indicate that human activities allow *T. dorbigni* to establish populations outside of its fundamental climatic niche. Including human activity variables proved fundamental to refining the results to identify areas prone to invasion and to allow the efficient targeting of prevention measures. Finally, we suggested a set of actions to prevent *T. dorbigni* becoming a highly impacting species in the areas identified as more prone to its invasion.

**Keywords:** black-bellied slider, habitat suitability, human activities, random forest, species distribution modelling

## 1. INTRODUCTION

Human activities continuously change the global biogeographic patterns through the establishment of introduction pathways of non-native species, increasing biotic exchange rate (Capinha, Essl, Seebens, Moser, & Pereira, 2015; Meyerson & Mooney, 2007). Native biota has been frequently replaced by non-native generalist species worldwide, leading to a biotic homogenisation in many sites (McKinney & Lockwood, 1999; Hulme, 2009). As a consequence, biological invasions are among the main threats to biodiversity (Baillie, Griffiths, Turvey, Loh, & Collen, 2010) and in some cases, may be even more important than global warming (Thuiller, 2007). Increased numbers of invasive species are associated with the increasing number of individuals introduced and introduction events (the propagule pressure; Blackburn, Lockwood, & Cassey, 2015; Cassey, Delean, Lockwood, Sadowski, & Blackburn, 2018). Biological invasion theory deals with the invasion process as a multistage continuum, where a high propagule pressure is essential for the successful establishment and maintenance of small populations during the early stages of invasion (*sensu* Blackburn et al., 2011). This high propagule pressure allows a continuous gene flow even in nonsuitable areas and, therefore, increases the probability of adaptation (Lockwood, Cassey, & Blackburn, 2005). Specifically, in the pet trade, the continuous release of individuals into nature reduces the reliance on reproductive success for long-term population maintenance, which increases the chances of establishment. The number of invasive species introduced by the legal and illegal pet trade has increased over the last decades worldwide, influenced by commercial expansion through online commerce, and especially in social networks (Kraus, 2009; Bush, Baker, & Macdonald, 2014; Auliya et al., 2016). For example, in Florida, the number of invasions related to the pet trade pathway has increased considerably since the 2000s, and in 2010 this pathway accounted for over 80% of the introduction of reptiles and amphibians (Krysko et al., 2011). New invasions are expected to continually emerge in the next years due to a lag phase, when species remain with few individuals in the introduction area for a long time before becoming invasive (Essl et al., 2011; Richardson, 2011). Therefore, initiatives to identify the most prone areas to invasion before these nonindigenous species become invasive are critical for conserving native populations and planning for the prevention and management of invasive species.

Both biotic and abiotic filters also influence the successful establishment of an invader species (Catford, Jansson, & Nilsson, 2009), i.e., the permanence of a newly arrived species in a community at a given location is constrained by interactions with native species (e.g.,

competition, facilitation), as well the environmental characteristics of the site (e.g., temperature, humidity, vegetation cover). These environmental constraints are often associated with physiological limitations and demands for suitable sites for reproduction. Despite the general lack of detailed ecological data for most invasive populations, a general macroecological approach using spatial statistical models can provide important information from the available biotic and abiotic data (e.g., Pollock et al. 2014; Tingley, García-Díaz, Arantes, & Cassey, 2018; Lake, Briscoe, & Moeller, 2019, Mothes, Stroud, Clements, & Searcy, 2019). Species distribution models (SDM) is a commonly used tool to estimate suitable areas for nonindigenous species. SDMs assist in risk assessment by identifying areas prone to invasions and provides valuable information for mitigation measures (Jiménez-Valverde et al. 2011; Barbet-Massin, Rome, Villemant, & Courchamp, 2018). Originally, SDM used the climatic correspondence to identify additional areas holding the necessary attributes of a species' fundamental niche (Grinnellian niche) (Phillips, Dudík, & Schapire, 2004; Phillips, Anderson, Schapire, 2006). However, these models can be used in a more comprehensive approach by including other environmental variables, such as vegetation cover, invasive species introduction events, or transport pressure (see Tingley, García-Díaz, Arantes, & Cassey, 2018). For invasive species models, the inclusion of variables that quantify human activity in SDM improves model estimation power (Zhu, Li, Zhao, 2016; Mungi, Coops, Ramesh, Rawat, 2018). For example, exotic pet introduction depends on their release into the environment; thus, propagule pressure for these animals should be higher in large urban centres and their surroundings, and closer to residences (Molina, 2006; Anastácio et al. 2019). As a result, the inclusion of human activity measures in the SDM allows combining the probability of introduction or release (and accessibility) with climatic suitability of habitat (Gallardo & Vila 2019; Hill et al. 2018) to provide more realistic scenarios.

In this study, we used SDMs to understand the invasive risk of a South American freshwater turtle, *Trachemys dorbigni* (Duméril and Bibron, 1835), within the Americas. This species is native to southern Brazil, Uruguay and northern Argentina (Bager, Freitas, & Krause, 2007; Alcalde, Derocco, Rosset, & Williams, 2012), inhabiting different aquatic environments with abundant vegetation (lakes, slow-flowing rivers, ponds, and wetlands), and urban areas (Bujes & Verrastro 2008; Bager, 2012). Due to pet release, *T. dorbigni* was introduced in areas outside of its native distribution, becoming invasive at some locations in north-eastern and south-eastern Brazil. However, its population impacts are still poorly known (Santos, Vasconcelos, Molina, & Zaher, 2009; Santana, De-Carvalho, Rocha, Freitas, & Faria, 2014).

This study is the first approach on its potential for invasion, providing information to prevent future impacts on potential invaded communities and freshwater ecosystems, since one of its congener (*Trachemys scripta*; Thunberg in Schoepff, 1792) figures as a top-100 worst invasive species of the world. Banning *T. scripta* trade in Europe and in some South American countries (Brasil, 1998; ANLA, 2013; Kopecký, Kalous, & Patoka, 2013) increased pressure upon other species of freshwater turtles (Kopecký, Kalous, & Patoka, 2013), including our targeted species. Indeed, egg and new-born removal for the pet trade is the main threat within its native area, together with water pollution and road kills (Vogt et al. 2015). Here we combine two sets of variables to model habitat suitability for *Trachemys dorbigni* in the Americas, one including only climatic (abiotic) variables and the second including a human activity index; this allowed us to: (1) identify which areas are more prone to *T. dorbigni* invasion, (2) to estimate which environmental variables better explain the invasive potential, and (3) to analyse human activity as a major driver of increased environmental suitability for this species.

## 2. METHODS

### 2.1 Species occurrence data

We compiled occurrence records of *Trachemys dorbigni* in its native range from the global biodiversity information facility (GBIF; GBIF.org 2016), the VertNet data portal ([www.vertnet.org](http://www.vertnet.org)), Hórus Institute (2016), and peer-reviewed published articles (Appendix S1). Our final data set comprised the largest number of occurrence records with a minimal pairwise distance of 10 Km to prevent sampling bias (Anderson & Gonzalez 2011), using the randomisation function from ‘spThin’ R package (Aiello-Lammens, Boria, Radosavljevic, Vilela, & Anderson, 2015). The final dataset contained 56 occurrence records of *T. dorbigni* within its native range, plus 15 invasive population records that we used to validate models of invasion prone areas. We considered as valid invasive occurrences only those populations with recorded reproductive events; because the species is freshwater-dependent, presence records are geographically biased towards rivers and lakes.

### 2.2 Climatic variables and measures of human activity

We included the 19 bioclimatic variables from CHELSA (Karger et al. 2017) and two topographic variables (elevation and slope) derived from the Hydro-1K global digital elevation model (USGS, 2001). Since we were explicitly interested in how human activity

influences the invasion potential of *T. dorbigni*, we included the global human influence index (HII; WCS & CIESIN 2005) as a second data set, containing bioclimatic, topographic, and human influence variables. HII is built up from nine global data layers including three main anthropogenic pressure sources (WCS & CIESIN 2005), human population (density), land use and infrastructure (e.g., land cover), and human accessibility (e.g., roads). All layers had a spatial resolution of 5 arc-minutes (approximately 10 Km x 10 Km).

To prevent multicollinearity, we selected the two sets of variables with the lowest correlation values based on the variance inflation factor (VIF) using the ‘fmsb’ R package (Nakazawa, 2018). VIF is an effective approach for multicollinearity assessment for more than two independent variables at a time; the higher the VIF value, the higher the collinearity between the related variables (O’Brien, 2007). We only selected the bioclimatic variables below the critical threshold of five: isothermality (bio 3), temperature annual range (bio 7), mean temperature of the wettest quarter (bio 8), mean temperature of the warmest quarter (bio 10), and precipitation seasonality (bio 15). Therefore, one predictor dataset comprised only the climatic variables selected by VIF, and other combined the climatic variables and the human influence index.

### 2.3 Species distribution models

We calibrated two SDM sets for *T. dorbigni* within its native range, one set using only climate variables (climate-driven; CD) and the other including human-related variables (climate plus human-driven; CHD). We projected the two mean resulting models (CD and CHD models) into wider-ranged layers (the Americas) to identify the most suitable areas for population establishment. We assumed that higher-valued suitability areas were more prone to successful invasions. We identified the areas with higher invasive potential for the turtle using random forests algorithm (RF; Breiman, 2001) through the ‘biomod2’ R package (Thuiller, Georges, Engler, & Breiner, 2019). RF performs classification and regression tree analyses, where each tree gives a classification, depending on the values of a random vector sampled independently (Breiman, 2001). The final model is based on the average of the top-voted ranks by the set of trees. Because RF requires presence and absence records, and absence records are usually either unavailable or unreliable, we replaced them by pseudo-absence occurrence sets (Elith, Kearney, & Phillips 2010). Firstly, we delimited the model calibration area using 250 km buffers around presence records within the native range (study area; Syfert, Smith, & Coomes, 2013). Secondly, we generated a random sample set of pseudo-absences proportional to the number of presences (Barbet-Massin, Jiguet, Albert, & Thuiller, 2012)

with three replicates within the study area. We set equal prevalence weight for both presence and pseudo-absence groups (0.5; McPherson Jetz, & Rogers, 2004) to prevent model overfitting and to produce a more accurate prediction for potential invasions (Anderson & Raza, 2010; Barbet-Massin, Jiguet, Albert, & Thuiller, 2012; Syfert, Smith, & Coomes, 2013; Liang et al. 2018).

For model evaluation, we randomly divided the data set into 80% for calibration and 20% for validation. We also used the invasive records as subsets for independent validation in projections (Jeschke & Strayer, 2008). We repeated this procedure 10 times using three random data set splits, totalling 30 models for each type of model (CD and CHD). To evaluate model-fitting, we estimated the area under the receiver operating characteristic curve (AUC) and the true skill statistic (TSS). Both metrics are complementary; AUC is an independent measure of the model performance threshold (Fielding & Bell, 1997), whereas TSS is a precision-dependent measure, insensitive to prevalence (Allouche, Tsoar, & Kadmon, 2006). To build a consensus prediction, we only included higher-performance models in the ensemble forecasting (TSS >0.6; Diniz-Filho et al. 2009). We compared the TSS and AUC values of the CD and CHD models using Wilcoxon's statistics to verify if the different sets of variables affected the performance of the models. Final outputs were two continuous suitability layers comprising the mean ensemble of the best predictions for each model type (CD and CHD), both projected in the Americas. Continuous predictions of the models were converted into binary maps by using a threshold value which maximised both sensitivity and specificity. Unlike most studies with invasive species, here we prioritised maximising specificity (the proportion of absences correctly predicted) in defining model parameters; that is, we chose predictions with higher specificities to reduce the number of false positives (true absences predicted as presence; Barbet-Massin, Jiguet, Albert, & Thuiller, 2012). Thus, the results represent only the areas with the greatest potential to be suitable for *T.dorbigni*.

### 3. RESULTS

We considered as satisfactory, the model performance for *Trachemys dorbigni* for both the climate-only (CD) and the combined model (CHD) (Fig. 1). However, the CHD model differed significantly from CD, with higher TSS and AUC values (Wilcoxon rank-sum test on TSS ( $W = 290.5$ ,  $p = 0.016$ ) and Wilcoxon rank-sum test on AUC ( $W = 199$ ,  $p = 0.0002$ ). Therefore, our results from both models comprised good predictions on habitat



suitability for the species, but the CHD model performed better according to model evaluation metrics.

In the CD model, suitable areas for *T.dorbigni* were identified mainly in north-central Argentina along the Rio Negro drainage basin, eastern USA, and a portion of the states of Nevada and Utah (Fig. 2a). Other smaller areas in the south-eastern and eastern Brazilian coast, northern Andean region, Caribbean islands, Central America, and southern Argentina were identified by the CHD model (Fig. 2b). The most important variables for the CD model were isothermality (bio3;  $0.28 \pm 0.08$  SD), precipitation seasonality (bio15;  $0.24 \pm 0.07$  SD), and mean temperature of warmest quarter (bio10;  $0.11 \pm 0.03$  SD), as shown in Table 1. For the CHD model, human activity was the most important variable (HII;  $0.31 \pm 0.08$  SD), followed by precipitation seasonality (bio15;  $0.21 \pm 0.07$ ), and isothermality ( $0.09 \pm 0.05$  SD) as shown in Table 1. Overall, both models recognised a similar geographic distribution as the most suitable areas (Fig. 2c). Although the CHD model presented a smaller suitability area comparing to the CD model, while the CHD model correctly identified the currently invaded areas.

#### 4. DISCUSSION

The CD model identified suitability areas for *T. dorbigni* in Low Monte in Argentina and the Great Basin in the USA (sensu Olson et al., 2001), in addition to their natural range. Both ecoregions are typically arid and temperate, presenting independent river systems and drainage basins (Ringuelet, 1961; Holland, Orians, & Adams, 2019). Low Monte, in particular, has ecotone areas with the Chaco and Espinal ecoregions, where *T.dorbigni* is native (Ringuelet, 1961; Abraham et al. 2009); that is, in addition to climate correspondence, these areas of environmental transition retain characteristics (biotic and abiotic) of the native range, which may increase the chances of *T.dorbigni* establishment due to preadaptation to local conditions. Conversely, the CHD model identified different areas of dry and moist forests in Central America and the Caribbean islands, northern Andes, Patagonian Argentina, and the south-eastern and coastal region of Brazil. We also observed highly suitable areas at high diverse ecoregions. The coastal forests of Serra do Mar and Bahia (sensu Olson et al., 2001) harbour many endemic, rare, and endangered species (Myers, 1988; Aguiar, Chiarello, Mendes, & Matos, 2005; Tinôco, Hampel, & Rossi, 2019). In the Brazilian Atlantic Forest biome, invasion risks are higher since it is influenced by the 72% (ca. 145 million) of the Brazilian population living within its domain, where the propagule pressure is higher

(Fonseca, Both, & Cechin, 2019). Almost all of the sites invaded by *T. dorbigni* are located in the Atlantic Forest region and were all correctly predicted by the CHD model; therefore, we based our discussion on areas prone for invasion on the latter.

Suitable areas for *T. dorbigni* agreed with the distribution of *T. scripta* in North America, as well as the distribution of other slider turtles (*Trachemys* sp.) in Central and South America, especially *T. venusta*, *T. decussata*, *T. stejnegeri* and *T. terrapin* (Fig. S1). These results suggest that *Trachemys* species occupy similar habitats and share characteristics of life history (Mahoney et al., 2015); this is especially worrying for the maintenance of native congener populations, mainly because non-native reptiles are overall more likely to successfully establish where congeners are present (Mahoney et al., 2015). According to Darwin's preadaptation hypothesis, the presence of congeners indicates that resource availability and physiological tolerances are compatible with local conditions (Darwin, 1859). However, the relationship between congener presence and the successful invasion of turtles on a global scale has not yet been demonstrated (Ferreira, Beard, Peterson, Poessel, & Callahan, 2012). Further analyses on a smaller scale (regional and local) may clarify the importance of congeners in the success of invasive slider turtles.

In contrast, the impacts of introducing non-native slider turtles are known and include changes in behaviour and distribution of native turtle populations by biotic interactions, disease spread, and hybridisation (Cadi & Joly, 2004; Hidalgo-Vila et al., 2009; Parham et al., 2013). Hybridisation cases involving *Trachemys* species are already observed (Figueiredo, 2014, Parham et al., 2013), suggesting the lack of physiological barriers between species. In a successful invasion scenario of *T. dorbigni* in congener areas, the phylogenetic proximity between *Trachemys* species suggests that their hybridisation could occur (Fritz et al., 2012, Vargas-Ramírez, del Valle, Ceballos, & Fritz, 2017), possibly leading to the introduction of less adapted alleles and loss of native genotypes (Parham et al., 2013). In addition, sliders are considered highly competitive and aggressive turtles in their interactions (Polo-Cavia, López, & Martín, 2010; 2014). Competition for food, and nesting and basking sites displaces native turtle species from the most suitable places for thermoregulation and where resources are most profitable (Polo-Cavia, López, & Martín 2009; 2010). Competitive displacement, together with hybridisation, can alter population structure and endanger the survival of native populations, decreasing suitability, and increasing mortality rates (Cadi & Joly, 2004; Pearson, Avery, & Spotila, 2015); therefore, it is important to restrict *Trachemys* non-native species as pets or even ban their commerce, to preserve natural populations on a large temporal scale.

The identification of isothermality as the most important variable in our CD model agreed with other SDM results for freshwater and sea turtles (Ficetola, Thuiller, & Padoa-Schioppa, 2009; Pike, 2013a,b). Isothermality is related to the uniformity of temperature, indicating how the diurnal temperature oscillates over a year. High isothermal values suggest that the diurnal temperature range is equivalent to temperature range throughout the year. Species of subtropical regions, such as *Trachemys dorbigni*, are exposed to greater thermal variability due to the well-defined seasonal climate and high daily thermal amplitude (Overbeck et al., 2007; Madalozzo, 2018); however, the water provides a temperature buffer, i.e., presents a lower variation compared with terrestrial environments. On the other hand, the period of nesting of this species is related to the daily and seasonal increase in the substrate temperature and occurs in the warmest seasons of the year, spring and summer (Krause, Gomes, & Leyser, 1982; Bager, Freitas, & Krause, 2007; Fagundes, Bager, & Cechin, 2010); this suggests that, as observed to *T. scripta* and other freshwater turtles, that warmer temperatures are more important to determine the distribution of this species on a regional scale (Ficetola, Thuiller, & Padoa-Schioppa, 2009; Kikillus, Hare, & Hartley, 2010; Rodrigues & Lima-Ribeiro, 2017; Spear, Elgin, & Grey, 2018).

The occurrence of *T.dorbigni* is also limited by other factors besides thermal tolerance (Rodrigues, Coelho, & Ribeiro, 2018). As freshwater invaders, these organisms are more prone to occupy large areas by using water body networks for dispersal, in concomitance with the known pet introduction pathways. The accessibility to other lakes, ponds, and rivers may be key for the spread of this species, and difficulties include habitats split by dams and roads, for example. Interspecific interactions, in turn, may not be a limiting factor for *T. dorbigni*, due to the lack of competition with other native turtles co-occurring within its native range (e.g., *Hydromedusa tectifera*, *Phrynops hylarii*) by nesting sites (Bager & Rosado 2010). Spatial filters, such as natural geographic barriers, should not be a limiting factor either since the arrival of the *T. dorbigni* ancestor in South America occurred prior to the land connection to Central America (Fritz et al. 2012).

The CHD model outperformed the CD model at predicting known invaded areas, and in model precision (evaluation metrics, AUC and TSS). This suggests that human-driven environmental modifications allow *T. dorbigni* to establish populations outside its fundamental climatic niche. Population establishment of invasive species in unfavourable climatic regions is not an uncommon event, however; for example, introduced populations of *T. scripta* in Italy usually survive in habitats where bioclimatic conditions are unfavourable to reproduction (Ficetola, Thuiller, & Padoa-Schioppa, 2009). Even when experiencing

suboptimal conditions, human activity increases the likelihood of populations establishment, by increasing genetic diversity and the chances of adaptation through pet release (see Lockwood, Cassey, & Blackburn, 2005). At the same time, environmental modification creates favourable environments (e.g., increased local temperature, lack of vegetation cover) and facilitates the occupation of empty niches by non-native species (Didham et al. 2007; Newbold et al. 2015). Therefore, areas outside the appropriate climatic range can be invaded if human-driven environmental modification is high enough; this may be the case for populations of *T. dorbigni* inhabiting areas outside of their suitable range, mainly because most of their invasion sites are deforested areas within the Atlantic Forest domain. Given the stochastic nature of each invasion and the uncertainties related to the introduction of new propagules, to precisely predict which areas are most at risk becomes a challenge. Although climatic variables are important, especially for ectothermic species, they alone are not enough to describe invasive species distribution (Beans, Kilkenny, & Galloway, 2012). Species distribution models are often applied to address the invasive potential of non-native species, mainly focused on conservation purposes. Here we used this methodology not only to identify areas more prone to *T. dorbigni* invasion, and which variables would explain better the suitability, but also to understand the role of human activities on the invasion process. Our results comply with previous studies highlighting the importance on including human activities as variables in SDMs to improve model predictions of invasive species, especially freshwater turtles (Ficetola, Thuiller, & Padoa-Schioppa, 2009; Roura-Pascual et al. 2011; Beans, Kilkenny, & Galloway, 2012; Banha, Gama, & Anastácio, 2017). Because human activity is highly influential in the invasion process, we believe that even when calibrating models that account for the interaction between species (e.g., JSJM, Joint Species Distribution Model), the human variable should enhance the prediction power of invasion-prone areas.

In a nutshell, *T. dorbigni* invasiveness is driven by both climatic features and human activities. Climate constraints are related to the evolutionary niche and act on the species physiological limitations. Still, human activities can provide a frequent individual release through the pet trade, and the local environmental modifications required for its establishment—a release from the constraints of the evolutionary niche. Our study generated important information to employ in direct conservation efforts at specific geographic areas, since the habitat suitability for *T. dorbigni* includes the occurrence areas of its congeners and highly diverse ecoregions with great importance for conservation. Therefore, we believe the most imperative actions to prevent *T. dorbigni* from becoming a highly impacting non-native

species within prone-invasive areas are: 1) limit or even ban commercial trade. Alternatively, all breeders and shops must implant a subcutaneous microchip for identification of the turtle, and the commercial establishment should register the owner in a country and/or worldwide database of non-native species. 2) Authorities and governments to set high fines for those who release individuals, and establish inspection activity on pet breeders and shops. 3) To promote citizen science programs to increase invasive species monitoring areas, including a user-friendly database to report findings and data. The threat of invasive species can only be mitigated by the close cooperation of the triad of scientists, civil society, and policymakers.

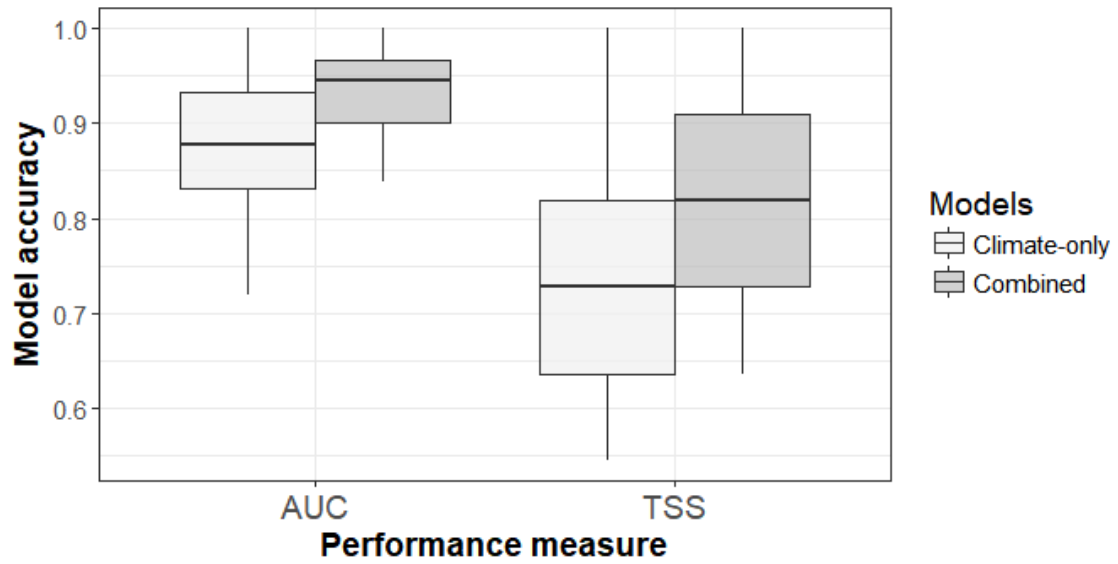
## Tables

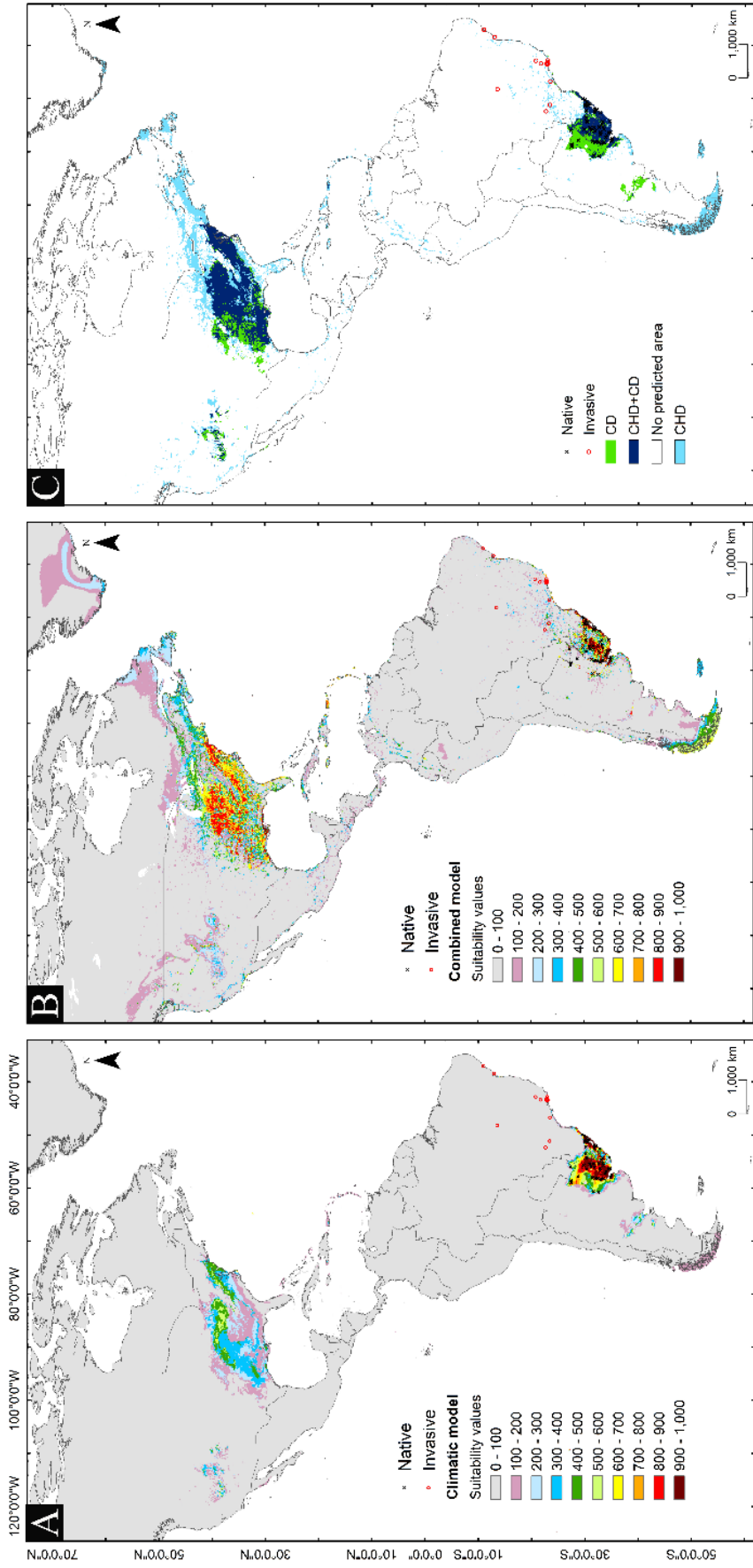
Table 1. Variables importance (mean values  $\pm$  SD) from the climate-only (CD) and combined (climate + human activity; CHD) models for *Trachemys dorbigni*. Variables: bio3 = isothermality; bio7 = temperature annual range; bio8 = mean temperature of wettest quarter; bio10 = mean temperature of warmest quarter; bio15 = precipitation seasonality; HII = human influence index. Numbers in bold highlight the variables that most contribute to each model.

Variables	Models	
	Climate only	Climate + Human activity (HII)
Bio3	<b>0.28 <math>\pm</math> 0.08</b>	0.09 $\pm$ 0.05
Bio7	0.07 $\pm$ 0.04	0.02 $\pm$ 0.01
Bio8	0.06 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01
Bio10	0.11 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.03
Bio15	<b>0.24 <math>\pm</math> 0.07</b>	<b>0.21 <math>\pm</math> 0.07</b>
HII	–	<b>0.31 <math>\pm</math> 0.08</b>

**Figures**

**Figure 1.** Overall performance measures (AUC and TSS) for the climate-only model and combined model (climate and human activity index).





**Figure 2.** Resulting suitability areas for successful establishment of *T. dorbigni* in Americas. A: climate-only model (CD). B: climate + human activity model (CHD). C: comparison of predicted distributions in the CD and CHD models; green areas show where CD model predicts species presence, while light blue areas show where the CHD model predicts species presence. Areas in dark blue indicate coincidence in model predictions.



**Acknowledgements**

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) provided post-doctoral fellowship grant to GW and supported SC and CB (processes n. 206876/2017-3; 309095/2016-6 and 150621/2018-3, respectively). EF received scholarship provided by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). EF is also grateful to João Carlos Nabout and Micael Rosa Parreira for assisting with to use the human footprint variable.

**Author contributions**

All authors conceived the idea and contributed to study design. EF and GW have been involved in data curation and formal analysis. The first draft of the manuscript was written by EF, and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

**Conflicts of interest**

We declare that we have no conflicts of interest.

**Availability of data and material**

Additional information and data may be found in the Supporting Information section.

## REFERENCES

- Abraham, E., Del Valle, H. F., Roig, F., Torres, L., Ares, J. O., Coronato, F., & Godagnone, R. (2009). Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments* 73: 144–153.
- Aguiar, A. P., Chiarello, A. G., Mendes, S. L., & Matos, E. N (2005). Os corredores Central e da Serra do Mar na Mata Atlântica Brasileira. In: Galindo-Leal & Camara, I. G. (Eds.). *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*, (pp 117- 132). Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional.
- Aiello-Lammens, M. E., Boria, R. A., Radosavljevic, A., Vilela, B., & Anderson, R. P. (2015). spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38, 541–545.
- Alcalde, L., Derocco, N. N., Rosset, S. D., & Williams, J. D. (2012). Southern- most localities of *Trachemys dorbigni* and first record of *Trachemys scripta elegans* for Argentina (Cryptodira, Emydidae). *Chelonian Conservation and Biology*, 11, 128–133.
- Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43, 1223–1232.
- Anastácio, P. M., Ribeiro, F., Capinha, C., Banha, F., Gama, M., Filipe, A. F., Rebelo, R., & Sousa, R. (2019). Non-native freshwater fauna in Portugal: A review. *Science of the Total Environment*, 650, 1923–1934.
- Anderson, R. P., & Gonzalez, I. Jr. (2011). Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: an implementation with Maxent. *Ecological Modelling*, 222, 2796–2811.
- Anderson, R. P., & Raza, A. (2010). The effect of the extent of the study region on GIS models of species geographic distributions and estimates of niche evolution: preliminary tests with montane rodents (genus *Nephelomys*) in Venezuela. *Journal of Biogeography*, 37, 1378–1393.
- ANLA. *Autoridad Nacional de Licencias Ambientales*, Resolución 447 de 15 de mayo de 2013. Colombia: Minist. Ambient y Desarro. Sost; 2013
- Auliya, M., Altherr, S., Ariano-Sanchez, D., Baard, E. H., Brown, C., Brown, R. M. et al (2016). Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation*, 204, 103-119. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.017>

Baillie, J. E. M., Griffiths, J., Turvey, S. T., Loh, J., & Collen, B. (2010). *Evolution Lost: Status & Trends of the World's Vertebrates*. Zoological Society of London, London.

Bager, A., Freitas, T. R. O., & Krause, L. (2007). Nesting ecology of a population of *Trachemys dorbigni* (Emydidae) in southern Brazil. *Herpetologica*, 63, 56-65.

Bager, A., Krause, L., & Freitas, T. R. O. (2012). Fidelity to nesting sites and orientation of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines: Emydidae) female in southern Brazil. *Tropical Zoology*, 25, 31–38.

Banha, F., Gama, M., & Anastácio, P. M. (2017). The effect of reproductive occurrences and human descriptors on invasive pet distribution modelling: *Trachemys scripta elegans* in the Iberian Peninsula. *Ecological Modelling*, 360, 45–52.  
doi:10.1016/j.ecolmodel.2017.06.026

Barbet-Massin, M., Rome, Q., Villemant, C., & Courchamp, F. (2018). Can species distribution models really predict the expansion of invasive species? *PLoS ONE* 13: e0193085. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193085>

Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 327–338.

Barger, A., & Rosado, J. L. O. (2010). Estimation of core terrestrial habitats for freshwater Turtles in southern Brazil based on nesting areas. *Journal of Herpetology*, 44, 658-662.

Beans, C. M., Kilkenny, F. F., & Galloway, L. F. (2012). Climate suitability and human influences combined explain the range expansion of an invasive horticultural plant. *Biological Invasions*, 14, 2067–2078. doi:10.1007/s10530-012-0214-0

Blackburn, T. M., Lockwood, J. L., & Cassey, P. (2015). The Influence of numbers on invasion success. *Molecular Ecology*, 24, 1942–1953. <https://doi.org/10.1111/mec.13075>

Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson, J. R. U., & Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26, 333-339.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>

Brasil (1998) Ministério do Meio Ambiente. Portaria No. 93, de 7 de julho de 1998. DOU 128:1–7

Breiman, L. (2001). Random forest. *Machine Learning*, 45, 5–32. doi:10.1023/A.

Bujes, C. S., & Verrastro, L. (2008). Quelônios do Delta do Jacuí, RS, Brasil: uso de habitats e conservação. *Natureza e Conservação*, 6, 47-60.

Bush, E. R., Baker, S. E., & Macdonald, D. W. (2014). Global trade in exotic pets 2006-2012. *Conservation Biology*, 28, 663–676.

Cadi, A., & Joly, P. (2004). Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation*, 13, 2511–2518.

Capinha, C., Essl, F., Seebens, H., Moser, D., & Pereira, H. M. (2015). The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. *Science*, 348, 1248–1251. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8913>

Cassey, P., Delean, S., Lockwood, J. L., Sadowski, J. S., & Blackburn, T. M. (2018). Dissecting the null model for biological invasions: A meta-analysis of the propagule pressure effect. *PLoS Biol*, 16: e2005987. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2005987>

Catford, J. A., Jansson, R., & Nilsson, C. (2009). Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. *Diversity and Distributions*, 15, 22–40. 2009. doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00521.x

Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)/Columbia University, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2005). *Gridded population of the world, version 3 (GPWv3): population density grid*. NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Palisades, NY. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v3-population-density>.

Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species London*. John Murray, London.

Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Gemmill, N. J., Rand, T. A., & Ewers, R. M. (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in Ecology & Evolution*, 22, 489-96.

Diniz-Filho, J. A. F., Bini, L. M., Rangel, T. F., Loyola, R. D., Hof, C., Nogués-Bravo, D., & Araújo, M. B. (2009). Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. *Ecography*, 32, 897-906.

Elith, J., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1, 330–342.

Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch, W., Hulme, P. E., Hülber, K., Jarošík, V., et al. (2011). Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 203-207. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011728108>

Fagundes, C. K., Bager, A., & Cechin, S. T. Z. (2010). *Trachemys dorbigni* in an anthropic environment in southern Brazil: II) Reproductive ecology. *Herpetological Journal*, 20, 195–199.

Ferreira, R. B., Beard, K. H., Peterson, S. L., Poessel, S. A., & Callahan, C. M. (2012). Establishment of introduced reptiles increases with the presence and richness of native congeners. *Amphibia-Reptilia*, 33, 387–392

Ficetola, G. F., Thuiller, W., & Padoa-Schioppa, E. (2009). From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle. *Diversity and Distributions*, 15, 108–116.

Fielding, A., & Bell, J. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24, 38–49.

Figueredo, P. I. (2014). *Verificação da ocorrência de HíbridaçãO Entre Tartaruga-Tigre-D'água, Trachemys dorbigni (Duméril & Bibron, 1835) e Tartaruga-Americana, Trachemys scripta (Thunberg & Schoepff, 1792) (Testudines, Emydidae)* (master's thesis). Retrieved from Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Fonseca, É., Both, C., & Cechin, S. Z. (2019). Introduction pathways and socio-economic variables drive the distribution of alien amphibians and reptiles in a megadiverse country. *Diversity and Distribution*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/ddi.12920>

Fritz, U., Stuckas, H., Vargas-Ramirez, M., Hundsdorfer, A. K., Maran, J., & Packert, M. (2012). Molecular phylogeny of Central and South American slider turtles: Implications for biogeography and systematics (Testudines: Emydidae: Trachemys). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 50, 125–136.

Gallardo, B., & Vila, L. (2018). Human influence, key to understand the biogeography of invasive species in the Anthropocene. *Cuadernos de Investigacion Geografica*, doi: 10.18172/cig.3627

Global Biodiversity Information Facility - GBIF.org (23rd October 2016) GBIF Occurrence Download: <http://doi.org/10.15468/dl.chlgwj>

Global Invasive Species Database - GISD (2019). Downloaded from [http://www.iucngisd.org/gisd/100\\_worst.php](http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php) on 08-05-2019

Hidalgo-Vila, J., Díaz-Paniagua, C., Ribas, A., Florencio, M., Pérez-Santigosa, N., & Casanova, J. C. (2009). Helminth communities of the exotic introduced turtle, *Trachemys scripta elegans* in southwestern Spain: Transmission from native turtles. *Research in Veterinary Science*, 86, 463–465

Hill, M. P., Binns, M., Umina, P. A., Hoffmann, A. A., & Macfadyen, S. (2018). Climate, human influence and the distribution limits of the invasive European earwig, *Forficula auricularia*, in Australia. *Pest Manag Sci*, 75, 134–143.

Holland, B., Orians, G., & Adams, J. (2019). *Great Basin shrub steppe*. World Wildlife Fund, available in: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/na1305>. Accessed 10 August 2019.

Hórus Institute (2016). *Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil*, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. <http://bd.institutohorus.org.br/www> Accessed 25rd October 2016.

Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46, 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>

Jeschke, J. M., & Strayer, D. L. (2008). Usefulness of bioclimatic models for studying climate change and invasive species. *Ann NY Acad Sci*, 1134, 1–24

Jiménez-Valverde, A., Peterson, A. T., Soberón, J., Overton, J. M., Aragón, P., & Lobo, J. M. (2011). Use of niche models in invasive species risk assessments. *Biological Invasions*, 13, 2785–2797. doi: 10.1007/s10530-011-9963-4

Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P. & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4, 170122.

Kikillus, H., Hare, K. M., & Hartley, S. (2010). Minimizing false-negatives when predicting the potential distribution of an invasive species: A bioclimatic envelope for the red-eared slider at global and regional scales. *Animal Conservation*, 13, 5–15.

Kopecky, O., Kalous, L., & Patoka, J. (2013). Establishment risk from pet-trade freshwater turtles in the European Union. *Knowl Managt Aquatic Ecosyst*, 410, 02.

Kraus, F. (2009). *Alien Reptiles and Amphibians: A Scientific Compendium and Analysis*. New York: Springer.

Krause, L., Gomes, N., & Leyser, K. L. (1982). Observações sobre a nidificação e desenvolvimento de *Chrysemys dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydidae) na Estação Ecológica do Taim, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1, 79–90.

Krysko, K. L., Burgess, J. P., Rochford, M. R., Gillette, C. R., Cueva, D., Enge, K. M., Somma, L. A., Stabile, J. L., Smith, D. C., Wasilewski, J. A., et al (2011) Verified non-indigenous amphibians and reptiles in Florida from 1863 through 2010: outlining the invasion process and identifying invasion pathways and stages. *Zootaxa*, 3028, 1–64.

Lake, T. A., Briscoe, R. D., & Moeller, D. A. (2019). *Species Distribution Models and Joint Species Distribution Models of Nine Invasive Species in North America*. Retrieved from the Data Repository for the University of Minnesota, <https://doi.org/10.13020/z71w-jx69>.

Liang, W., Papeş, M., Tran, L., Grant, J., Washington-Allen, R., Stewart, S., & Wiggins, G. (2018). The effect of pseudo-absence selection method on transferability of species distribution models in the context of non-adaptive niche shift. *Ecological Modelling*, 388, 1–9. doi:10.1016/j.ecolmodel.2018.09.018

Lockwood, J. L., Cassey, P., & Blackburn, T. M. (2005). The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.02.004>

Madalozzo, B. (2018). *Variação latitudinal nos limites de tolerância e plasticidade térmica em anfíbios em um cenário de mudanças climáticas: efeito dos micro-habitats, sazonalidade e filogenia* (Doctoral dissertation). Retrieved from Universidade Federal de Santa Maria

Mahoney, P. J., Beard, K. H., Durso, A. M., Tallian, A. G., Long, A. L., & Kindermann, R. J. (2015). Introduction effort, climate matching and species traits as predictors of global establishment success in non- native reptiles. *Diversity and Distribution*, 21, 64–74.

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, 450–453.

McPherson, J., Jetz, W., & Rogers, D. J. (2004). The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artefact?. *Journal of Applied Ecology*, 41, 811–823.

Meyerson, L. A., & Mooney, H. A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 99–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2).

Nakazawa, M. (2018). fmsb: Functions for Medical Statistics Book with some Demographic Data. R package version 0.6.3. <https://CRAN.R-project.org/package=fmsb>

Molina, F. B (2006). Ambientes urbanos e a fauna de reptéis no Estado de Sao Paulo: entre desconhecidos, desaparecidos e indesejáveis. In Glezer R, Mantovani MSM (Eds.), *Parques urbanos e meio ambiente: Desafios de uso* (p.203-222). Sao Paulo, SP: Parque Cientec/USP, PEFI.

Mothes, C. C., Stroud, J. T., Clements, S. L., & Searcy, C. A. (2019). Evaluating ecological niche model accuracy in predicting biotic invasions using South Florida's exotic lizard community. *Journal of Biogeography*, 46, 432-441. <https://doi.org/10.1111/jbi.13511>

Myers, N. (1988). Threatened biotas: “Hot spots” in tropical forests. *The Environmentalist*, 8, 1–20.

Mungi, N. A., Coops, N. C., Ramesh, K., & Rawat, G. S. (2018). How global climate change and regional disturbance can expand the invasion risk? Case study of *Lantana camara* invasion in the Himalaya. *Biological Invasions*, 20, 1849–1863.  
<https://doi.org/10.1007/s10530-018-1666-7>

Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A. et al. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, 45–50.  
 doi:10.1038/nature14324

O'Brien, R. M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality and Quantity*, 41, 673–690.

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C. et al. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, 51, 933. doi:10.1641/0006-3568(2001)051[0933:teotwa]2.0.co;2

Overbeck, G. E., Müller, S. C., Fidelis, A., Pfadenhauer, J., Pillar, V. D., Blanco, C. C. et al. (2007). Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9, 101–116.

Parham, J. F., Papenfuss, T. J., Van Dijk, P. P., Wilson, B. S., Marte, C., Schettino, L. R., Brian, S. W. (2013). Genetic introgression and hybridization in Antillean freshwater turtles (*Trachemys*) revealed by coalescent analyses of mitochondrial and cloned nuclear markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 67, 176–187.

Pearson, S. H., Avery, H. W., & Spotila, J. R. (2015). Juvenile invasive red-eared slider turtles negatively impact the growth of native turtles: Implications for global freshwater turtle populations. *Biological Conservation*, 186, 115–121. doi:10.1016/j.biocon.2015.03.001

Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, 655–662.

Phillips, S.J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231–259.  
 doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Pike, D. A. (2013a). Forecasting range expansion into ecological traps: climate-mediated shifts in sea turtle nesting beaches and human development. *Global Change Biology*, 19, 3082–3092. doi:10.1111/gcb.12282



- Pike, D. A. (2013b). Climate influences the global distribution of sea turtle nesting. *Global Ecology and Biogeography*, 22, 555–566. doi:10.1111/geb.12025
- Pollock, L. J., Tingley, R., Morris, W. K., Golding, N., O'Hara, R. B., Parris, K. M., Vesk, P. A., & McCarthy, M. A. (2014). Understanding co-occurrence by modelling species simultaneously with a Joint Species Distribution Model (JSDM). *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 397–406. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12180>
- Polo-Cavia, N., López, P., & Martín, J. (2009). Competitive interactions during basking between native and invasive freshwater turtle species. *Biological Invasions*, 12, 2141–2152. doi:10.1007/s10530-009-9615-0
- Polo-Cavia, N., López, P., & Martín, J. (2010). Aggressive interactions during feeding between native and invasive freshwater turtles. *Biological Invasions*, 13, 1387–1396. doi:10.1007/s10530-010-9897-2
- Polo-Cavia, N., López, P., & Martín, J. (2014). Interference competition between native Iberian turtles and the exotic *Trachemys scripta*. *Basic and Applied Herpetology*, 28, 5–20. <https://doi.org/10.11160/bah.13014>
- Richardson, D. M. (2011). *Fifty Years of Invasion Ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Ringuelet, R. (1961). Rasgos fundametales de la zoogeografía de la Argentina. *Physis* (Buenos Aires), 22, 151–188.
- Rodrigues, J. F. M., & Lima-Ribeiro, M. S. (2017). Predicting where species could go: climate is more important than dispersal for explaining the distribution of a South American turtle. *Hydrobiologia*, 808, 343–352. doi:10.1007/s10750-017-3436-4
- Rodrigues, J. F. M., Coelho, M. T. P., & Ribeiro, B. R. (2018). Predicting fundamental and realized distributions based on thermal niche: A case study of a freshwater turtle. *Acta Oecologica*, 88, 52–57. doi:10.1016/j.actao.2018.03.005
- Roura-Pascual, N., Hui, C., Ikeda, T., Leday, G., Richardson, D., Carpintero, S., Espadaler, X., Gómez, C., Guénard, B., Hartley, S., Krushelnycky, P., Lester, P. J. et al. (2011). The relative roles of climatic suitability and anthropogenic influence in determining the pattern of spread in a global invader. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 108, 220–225
- Santana, D. O., De-Carvalho, C. B., Rocha, S. M., Freitas, E. B., & Faria, R. G. (2014). *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines: Emydidae) recorded in an artificial pond in northeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 211–213.
- Santos, T. G., Vasconcelos, T. S., Molina, F. B., & Zaher, H. (2009). First record of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydidae) in a remnant of

Mesophytic Semideciduous Forest of Sao Paulo State, southeastern Brazil. *Herpetological Bulletin*, 108, 27-30.

Spear, M. J., Elgin, A. K., & Grey, E. K. (2018). Current and Projected Distribution of the Red-Eared Slider Turtle, *Trachemys scripta elegans*, in the Great Lakes Basin. *The American Midland Naturalist*, 179, 191–221. doi:10.1674/0003-0031-179.2.191

Syfert, M. M., Smith, M. J., & Coomes, D. A. (2013). The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. *PLoS One* 8:e55158.

Thuiller, W. (2007). Biodiversity: Climate change and the ecologist. *Nature*, 448, 550-552.

Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., Breiner, F. (2019). *biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling*. R package version 3.3-7.1. <https://CRAN.R-project.org/package=biomod2>

Tingley, R., García-Díaz, P., Arantes, C. R. R., & Cassey, P. (2018). Integrating transport pressure data and species distribution models to estimate invasion risk for alien stowaways. *Ecography*, 41, 635-646. <https://doi.org/10.1111/ecog.02841>

Tinôco, M. S., Hampel, M. S., & Rossi, M. L. (Org.) (2019). *Restinga: Herpetofauna do Litoral Norte da Bahia*. Salvador, Bahia.

USGS. (2001). *HYDRO 1k, elevation derivative database*. United States Geological Survey, Sioux Falls, South Dakota. Available at <http://www.edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro>.

Vargas-Ramírez, M., del Valle, C., Ceballos, C. P., & Fritz, U. (2017). *Trachemys medemi* n. sp. from northwestern Colombia turns the biogeography of South American slider turtles upside down. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 55, 326–339. doi:10.1111/jzs.12179

Vogt, R. C., Fagundes, C. K., Bataus, Y. S. L., Balestra, R. A. M., Batista, F. R. W., Uhlig, V. M. et al. (2015). *Avaliação do Risco de Extinção de Trachemys dorbigni (Duméril & Bibron, 1835) no Brasil*. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. ICMBio. <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7430-repteis-trachemys-dorbigni-tigre-d-agua.html>

WCS - Wildlife Conservation Society and CIESIN - Center for International Earth Science Information Network at Columbia University (2005). *Last of the Wild Project, Version 2 (LWP-2): Global Human Influence Index (HII) Dataset (Geographic)*. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). <https://doi.org/10.7927/H4BP00QC>. Accessed 30 October 2018.

Zhu, G., Li, H., Zhao, L. (2016). Incorporating anthropogenic variables into ecological niche modeling to predict areas of invasion of *Popillia japonica*. *Journal of Pest Science*, 1-10. doi: 10.1007/s10340-016

## Appendices

**Table S1** Occurrence records of *Trachemys dorbigni* used in the present study.

<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>Country</b>	<b>Locality</b>	<b>Status</b>
-60.837263	-32.560136	Argentina	Santa Fe	Native
-60.697294	-31.610658	Argentina	Santa Fe	Native
-59.053374	-27.405438	Argentina	Chaco	Native
-58.783346	-27.452093	Argentina	Corrientes	Native
-58.658636	-27.456495	Argentina	Corrientes	Native
-58.52486	-33.01215	Argentina	Entre Rios	Native
-58.311535	-33.28912	Uruguay	Fray Bentos	Native
-58.26161	-31.88425	Argentina	Entre Rios	Native
-58.24741	-32.47959	Uruguay	Concepción Del Uruguay	Native
-58.221876	-33.518501	Uruguay	Soriano	Native
-58.1333	-32.15	Uruguay	Paysandu	Native
-58.02178	-31.37743	Argentina	Concordia	Native
-57.965592	-34.825534	Argentina	Punta Lora	Native
-57.953566	-34.920495	Argentina	Buenos Aires	Native
-57.85809	-28.68172	Argentina	Corrientes	Native
-57.7	-34.983333	Argentina	Arroyo Zapata	Native
-57.543818	-35.04044	Argentina	Buenos Aires	Native
-57.300512	-33.884523	Uruguay	Soriano	Native
-56.915047	-34.053623	Uruguay	São Jose	Native
-56.765899	-32.841115	Uruguay	Soriano	Native
-56.470683	-30.387693	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-56.390423	-34.398787	Uruguay	Florida	Native
-56.367349	-32.800856	Uruguay	Lago de Ricon	Native
-56.358333	-34.786111	Uruguay	Montevideo	Native
-56.125099	-31.813269	Uruguay	Los Rosanos	Native
-56.030972	-27.274741	Argentina	Rio Paraná	Native
-56.014906	-31.145241	Uruguay	Rivera	Native
-55.81	-33.5	Uruguay	Florida	Native
-55.780762	-29.779721	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-55.522656	-30.866526	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-55.506718	-30.933209	Uruguay	Rivera	Native
-55.460640	-31.660365	Uruguay		Native
-55.37	-32.6	Uruguay	Arroyo del Estado	Native
-55.339690	-33.347344	Uruguay	Florida	Native
-54.768005	-33.042410	Uruguay	33	Native
-54.411111	-30.313611	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-54.367313	-33.273021	Uruguay	33	Native
-54.305899	-30.334391	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-54.297075	-34.627306	Uruguay	La Paloma	Native

-54.261389	-30.341667	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-54.259088	-30.281919	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-53.552098	-30.164355	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.643856	-32.834264	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.513333	-31.800278	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.340278	-31.77	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.293899	-30.166674	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.179286	-32.132615	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-52.106066	-32.035585	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-51.943806	-31.790989	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-51.345397	-30.566509	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-51.316111	-29.983056	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-51.18	-30.050556	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-51	-30.766667	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-50.682786	-30.229976	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-50.211878	-29.887084	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-49.995428	-29.574376	Brazil	Rio Grande do Sul	Native
-38.41135	-12.968436	Brazil	Bahia	Invasive
-48.22156	-13.527858	Brazil	Goiás	Invasive
-43.40291	-21.683936	Brazil	Minas Gerais	Invasive
-43.49872	-22.83855	Brazil	Rio de Janeiro	Invasive

**Appendix S1** List of published papers holding *Trachemys dorbigni* occurrence information.

Alcalde, L.; Derocco, N.N.; Rosset, S.D. & Williams, J.D. (2012). Southernmost localities of *Trachemys dorbigni* and first record of *Trachemys scripta elegans* for Argentina (Cryptodira: Emydidae). *Chelonian Conservation and Biology*, 11(1): 128- 133.

Bager, A.; de Freitas, T.R.O. & Krause, L. (2007). Nesting ecology of a population of *Trachemys dorbignyi* (Emydidae) in southern Brazil. *Herpetologica*, 63: 56–65.

Bager, A.; Krause, L. & de Freitas, T.R.O. (2012). Fidelity to nesting sites and orientation of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines: Emydidae) female in southern Brazil, *Tropical Zoology*, 25(1): 31-38. DOI: 10.1080/03946975.2012.679393

Bernardon, F.F.; Valente, A.L. & Müller, G. (2014). Gastrointestinal helminths of *Trachemys dorbigni* Duméril & Bibron, 1835 (Testudines, Emydidae) from artificial urban ponds in southern Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9(1):54-57.

Borges-Martins, M. et al. (2007). Répteis, In: Becker, F.G.; Ramos, R.A.; Moura, L. A. (Orgs.) *Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 292-314.

Bujes, C.S. (2010). Os Testudines continentais do Rio Grande do Sul, Brazil: taxonomia, história natural e conservação. *Iheringia, Série Zoologia*, 100: 413–424.

Bujes, C.S. & Verrastro, L. (2008). Quelônios do delta do Rio Jacuí, RS, Brazil: uso de habitats e conservação. *Natureza & Conservação*, 6: 47–60.

Coelho, I. P.; Kindel, A.; Coelho, A. V. P. (2008). Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere. *Eur J Wildl Res*, 54:689–699

Cunha, G.G.; Hartmann, M.T.; Hartmann, P.A. (2015). Atropelamentos de vertebrados em uma área de Pampa no sul do Brazil. *Ambiência Guarapuava (PR)*, 11(2): 307 – 320.

Global Biodiversity Information Facility 2016. GBIF Data Portal.

Hengemuhle, A.; Cademartori, C. V. (2008). Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da estrada do mar (RS-389). *Biodiversidade Pampeana*, 6 (2), p. 4-10.

Instituto Horus (2018). Retrieved April , 2018. <http://i3n.institutohorus.org.br/www/?p=Z2tiIX83ajs6NWgpKk1WHEpYCVwCUkBPSB5cOz47LWxrbQ%3D%3D>

Mascarenhas, C.S. & Müller, G. (2015). Third-stage larvae of the enoplid nematode *Diectophyme renale* (Goeze, 1782) in the freshwater turtle *Trachemys dorbigni* from southern Brazil. *Journal of Helminthology*, 89: 630–635.

Pazinato, D.M.M.; Silva, D.E.; Corrêa, L.L.C. & Capellari, L.H. (2013). Diversidade de répteis em uma área da região centra do Rio Grande do Sul. *Perspectiva*. 37(137): 115-122.

Rocha, D.F.N. de B. (2005). Biologia termal das tartarugas *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) e *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1893), dos lagos de Porto Alegre, RS, Brazil (Testudines, Emydidae). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 79 pp.

Santos TG, Vasconcelos TS, Molina FB, Zaher H (2009) First record of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydidae) in a remnant of Mesophytic Semideciduous Forest of Sao Paulo State, southeastern Brazil. Herpetological Bulletin 108: 27-30.

Silveira, M.L.; Hartmann, M.T.; Bager, A. Biometria, razão sexual e dimorfismo sexual de *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron 1835) (Testudines, Emydidae) em um açude no município de São Gabriel, Rio Grande do Sul, Brazil. Biotemas, 25(3): 187-193.

Silveira, M.L. (2013). Variação morfológica e populacional de *Trachemys dorbigni* (Testudines, Emydidae) no extremo sul do Brazil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 91pp.

Souza-Filho G.A. & L. Verrastro. (2012). Reptiles of the Parque Estadual de Itapuã, state of Rio Grande do Sul, southern Brazil. Check List, 8(5): 847–851. <http://www.checklist.org.br/getpdf?SL054-12>

Steil, L.; Düpont, A.; Lobo, E.A. (2016). Levantamento da fauna silvestre atropelada na BR 290 (km 210 a 214), Município de Pantano Grande, RS, Brazil. Caderno de Pesquisa, série Biologia, 28(1): 13-23.

Quintela, F.M.; Pinheiro, R. M. & Loebmann, D. (2011). Composição e uso do habitat pela herpetofauna em uma área de mata paludosa da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brazil. Revista Brasileira de Biociências, 9: 6–11.

VertNet 2016. Global museum database Portal.

**Appendix S2** Summary of the evaluation of the species distribution models according to true skill statistics (TSS) and area under the curve (AUC) methods.

### Climate-only model

	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>
<b>RUN 1</b>	0.720	0.823	0.879	0.872	0.944	0.938
<b>RUN 2</b>	0.823	0.664	0.815	0.938	0.812	0.957
<b>RUN 3</b>	0.847	0.911	0.815	0.939	0.967	0.927
<b>RUN 4</b>	0.766	0.742	0.543	0.940	0.892	0.818
<b>RUN 5</b>	0.712	0.935	0.903	0.902	0.965	0.959
<b>RUN 6</b>	0.815	0.793	0.839	0.937	0.891	0.944
<b>RUN 7</b>	0.887	0.760	0.672	0.930	0.858	0.879
<b>RUN 8</b>	0.696	0.871	0.879	0.877	0.923	0.967
<b>RUN 9</b>	0.532	0.831	0.911	0.783	0.921	0.972
<b>RUN 10</b>	0.855	0.790	0.801	0.953	0.921	0.945

### Climatic + Human activity (HII) model

	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>
<b>RUN 1</b>	0.454	0.760	0.785	0.815	0.859	0.931
<b>RUN 2</b>	0.825	0.919	0.768	0.944	0.968	0.877
<b>RUN 3</b>	0.704	0.760	0.817	0.890	0.937	0.961
<b>RUN 4</b>	0.631	0.903	0.785	0.866	0.949	0.910
<b>RUN 5</b>	0.768	0.831	0.774	0.925	0.954	0.931
<b>RUN 6</b>	0.782	0.785	0.726	0.940	0.888	0.929
<b>RUN 7</b>	0.841	0.815	0.944	0.969	0.936	0.983
<b>RUN 8</b>	0.706	0.793	0.766	0.931	0.941	0.911
<b>RUN 9</b>	0.825	0.666	0.944	0.956	0.889	0.980
<b>RUN 10</b>	0.841	0.903	0.833	0.954	0.947	0.897



**Table S2** Relative importance of the explanatory variables from the climate-only and combined (climate + human activity) models for *Trachemys dorbigni*. Variables: bio3 = isothermality; bio7 = temperature annual range; bio8 = mean temperature of wettest quarter; bio10 = mean temperature of warmest quarter; bio15 = precipitation seasonality; HII = human influence index.

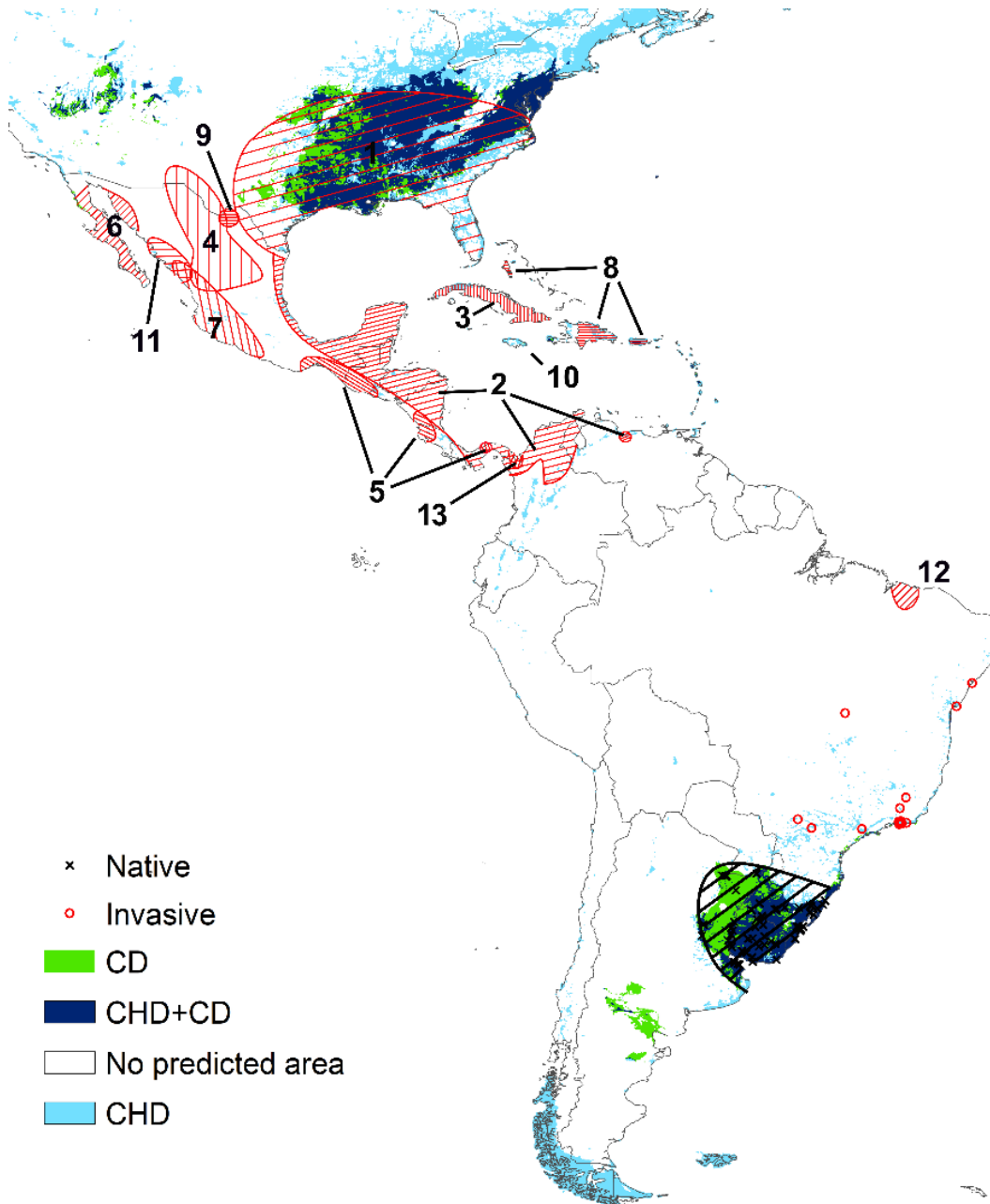
**Climate-only model**

	<b>BIO 3</b>	<b>BIO 7</b>	<b>BIO 8</b>	<b>BIO 10</b>	<b>BIO 15</b>
<b>RUN1 PA1</b>	0.477	0.22	0.063	0.112	0.19
<b>RUN2 PA1</b>	0.488	0.207	0.086	0.187	0.191
<b>RUN3 PA1</b>	0.465	0.255	0.116	0.165	0.26
<b>RUN4 PA1</b>	0.488	0.237	0.117	0.26	0.161
<b>RUN5 PA1</b>	0.543	0.201	0.095	0.258	0.217
<b>RUN6 PA1</b>	0.565	0.296	0.145	0.273	0.177
<b>RUN7 PA1</b>	0.564	0.248	0.16	0.272	0.239
<b>RUN8 PA1</b>	0.561	0.35	0.13	0.194	0.153
<b>RUN9 PA1</b>	0.466	0.251	0.25	0.19	0.246
<b>RUN10 PA1</b>	0.561	0.262	0.09	0.248	0.089
<b>RUN1 PA2</b>	0.492	0.335	0.056	0.251	0.14
<b>RUN2 PA2</b>	0.496	0.285	0.108	0.264	0.135
<b>RUN3 PA2</b>	0.441	0.313	0.123	0.26	0.173
<b>RUN4 PA2</b>	0.467	0.293	0.081	0.215	0.143
<b>RUN5 PA2</b>	0.464	0.267	0.093	0.213	0.243
<b>RUN6 PA2</b>	0.416	0.269	0.094	0.18	0.278
<b>RUN7 PA2</b>	0.489	0.364	0.167	0.291	0.187
<b>RUN8 PA2</b>	0.565	0.311	0.093	0.241	0.16
<b>RUN9 PA2</b>	0.47	0.353	0.122	0.364	0.109
<b>RUN10 PA2</b>	0.477	0.179	0.112	0.265	0.203
<b>RUN1 PA3</b>	0.572	0.169	0.102	0.128	0.215
<b>RUN2 PA3</b>	0.523	0.196	0.123	0.184	0.236
<b>RUN3 PA3</b>	0.538	0.179	0.161	0.128	0.263
<b>RUN4 PA3</b>	0.47	0.21	0.141	0.164	0.212
<b>RUN5 PA3</b>	0.493	0.211	0.127	0.172	0.172
<b>RUN6 PA3</b>	0.478	0.17	0.17	0.119	0.223
<b>RUN7 PA3</b>	0.414	0.29	0.121	0.105	0.223
<b>RUN8 PA3</b>	0.553	0.172	0.17	0.185	0.21
<b>RUN9 PA3</b>	0.529	0.146	0.131	0.143	0.267
<b>RUN10 PA3</b>	0.508	0.168	0.082	0.124	0.216

**Climatic + Human activity (HII) model**

	<b>BIO 3</b>	<b>BIO 7</b>	<b>BIO 8</b>	<b>BIO 10</b>	<b>BIO 15</b>	<b>HII</b>
<b>RUN1 PA1</b>	0.24	0.134	0.059	0.04	0.102	0.362
<b>RUN2 PA1</b>	0.26	0.118	0.03	0.093	0.044	0.386
<b>RUN3 PA1</b>	0.246	0.102	0.046	0.048	0.059	0.43
<b>RUN4 PA1</b>	0.23	0.137	0.121	0.065	0.101	0.364
<b>RUN5 PA1</b>	0.292	0.106	0.059	0.086	0.036	0.369
<b>RUN6 PA1</b>	0.277	0.116	0.041	0.088	0.06	0.354
<b>RUN7 PA1</b>	0.218	0.12	0.039	0.087	0.152	0.344
<b>RUN8 PA1</b>	0.204	0.139	0.037	0.043	0.157	0.398
<b>RUN9 PA1</b>	0.263	0.069	0.046	0.078	0.078	0.428
<b>RUN10 PA1</b>	0.224	0.083	0.041	0.076	0.135	0.357
<b>RUN1 PA2</b>	0.214	0.111	0.027	0.05	0.13	0.329
<b>RUN2 PA2</b>	0.185	0.072	0.041	0.062	0.194	0.394
<b>RUN3 PA2</b>	0.175	0.101	0.054	0.033	0.131	0.407
<b>RUN4 PA2</b>	0.223	0.041	0.045	0.068	0.168	0.404
<b>RUN5 PA2</b>	0.24	0.085	0.029	0.056	0.118	0.387
<b>RUN6 PA2</b>	0.169	0.096	0.036	0.062	0.13	0.45
<b>RUN7 PA2</b>	0.154	0.134	0.041	0.043	0.123	0.372
<b>RUN8 PA2</b>	0.215	0.104	0.015	0.072	0.085	0.345
<b>RUN9 PA2</b>	0.159	0.067	0.027	0.066	0.146	0.429
<b>RUN10 PA2</b>	0.242	0.084	0.031	0.076	0.182	0.274
<b>RUN1 PA3</b>	0.182	0.072	0.051	0.063	0.231	0.343
<b>RUN2 PA3</b>	0.172	0.043	0.041	0.059	0.156	0.4
<b>RUN3 PA3</b>	0.184	0.134	0.023	0.023	0.209	0.284
<b>RUN4 PA3</b>	0.218	0.035	0.022	0.058	0.149	0.394
<b>RUN5 PA3</b>	0.189	0.102	0.057	0.055	0.106	0.367
<b>RUN6 PA3</b>	0.211	0.073	0.015	0.05	0.115	0.4
<b>RUN7 PA3</b>	0.193	0.063	0.032	0.064	0.176	0.307
<b>RUN8 PA3</b>	0.195	0.079	0.014	0.045	0.185	0.373
<b>RUN9 PA3</b>	0.225	0.088	0.033	0.084	0.14	0.327
<b>RUN10 PA3</b>	0.181	0.066	0.033	0.075	0.172	0.333

**Fig. S1** Distribution of the *Trachemys* genus in the Americas. Black polygon: geographical distribution of *T. dorbignii*. Red polygons: 1- *T. scripta*; 2- *T. venusta*; 3- *T. decussata*; 4- *T. gaigeae*; 5- *T. grayi*; 6- *T. nebulosa*; 7- *T. ornata*; 8- *T. stejnegeri*; 9- *T. taylori*; 10- *T. terrapen*; 11- *T. yaquia*; 12- *T. adiutrix*. Modified from Fritz (2012). CD: climate-only model, CHD: climate + human activity model.



### CAPITULO III

## DESAFIOS PARA REGULAMENTAÇÃO DO COMÉRCIO DE RÉPTEIS NO BRASIL

Érica Fonseca<sup>1</sup>, Caroline Zank<sup>2</sup>, Sonia Zanini Cechin<sup>1</sup>, Camila Both<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>3</sup> Departamento Interdisciplinar, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Tramandaí, Brazil.

**Correspondence:** Érica Fonseca, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil. Email: [erica.fonsecae@gmail.com](mailto:erica.fonsecae@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5432-8453>

## Resumo

1. O comércio de animais de estimação é a principal causa do número crescente de répteis exóticos em todo o mundo, representando um risco para o surgimento de novas invasões e extinção de espécies, principalmente em países emergentes. Nesse sentido, a regulamentação do comércio de répteis é um grande desafio para a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável.
2. Identificamos e analisamos os principais obstáculos envolvidos no controle do comércio legal e ilegal de répteis nativos e exóticos no Brasil, a fim de identificar as principais lacunas e limitações existentes. Propomos medidas que auxiliarão na tomada de decisão e no planejamento de políticas públicas mais eficazes para proteger a fauna nativa.
3. A regulamentação do comércio de animais de estimação no Brasil atualmente é guiada por políticas mal estruturadas. Os principais problemas estão relacionados à falta de fiscalização e recursos, punições extremamente leves, corrupção, pobreza e baixa conscientização ambiental da sociedade. Como resultado, o controle do comércio ilegal (nacional e internacional) e os esforços atuais para o uso sustentável da biodiversidade e a prevenção da introdução de espécies exóticas são insuficientes.
4. Recomendamos uma abordagem coordenada e baseada em ações que visem reduzir deficiências e inconsistências da legislação em vigor, intensificar ações de fiscalização e implementar programas de manejo sustentável. Além disso, investir em ações educativas voltadas à conscientização e sensibilização da sociedade é essencial para promover a mudança de comportamento.
5. Implicações políticas. Utilizamos o Brasil como um estudo de caso para propor abordagens multidisciplinares e multitarefas na implementação de um comércio de répteis nativos bem estruturado, visando auxiliar no manejo sustentável da fauna silvestre e reduzir o comércio ilegal de espécies nativas e exóticas.

Palavras-chave: caça furtiva; comércio de animais de estimação; espécies invasoras; sobre-exploração; sustentabilidade

## 1. Introdução

No último século, a economia global abriu novos caminhos para o comércio de animais de estimação se tornar globalmente difundido e altamente lucrativo (Baker et al., 2013). Atualmente, os répteis são o grupo de vertebrados com o maior número de espécies comercializadas após as aves (Bush, Baker & Macdonald, 2014). Em apenas uma década, mais de 18 milhões de répteis foram importados para os Estados Unidos e mais de 20 milhões para a Europa (HSUS, 2001; Auliya et al., 2016). O aumento da demanda levou ao surgimento de uma rede comercial complexa, muitas vezes ilegal, que afeta a biodiversidade e a sociedade humana. O comércio ilegal e insustentável representa a segunda maior ameaça à sobrevivência de alguns répteis devido à remoção contínua e descontrolada de espécimes da natureza - a sobre-exploração (Natusch & Lyons 2012; Broad, Mulliken & Roe, 2014; Auliya et al., 2016). Isso é particularmente esperado em países sulamericanos, por exemplo, onde a biodiversidade é alta, os recursos financeiros são limitados e o controle e a fiscalização das fronteiras são falhos (Nuñez & Pauchard 2010; Wilde, 2010; Auliya et al., 2016). Além disso, a América do Sul é a segunda maior exportadora de répteis do mundo (Robinson, Griffiths, St. John e Roberts, 2015).

O comércio internacional de animais de estimação suscita outra grande preocupação: a introdução de espécies exóticas. A fuga e liberação de animais de estimação é a principal via para introdução de répteis invasores (Capinha et al., 2017; Stringham et al., 2018). Considerando que as invasões atuais são uma consequência de introduções passadas, o aumento na demanda por répteis de estimação acende alerta para o risco de novas invasões no futuro (Essl et al., 2011; Hulme et al., 2015; Lockwood et al., 2019). De fato, estudos recentes chamam atenção para o aumento do número de répteis exóticos em todo o mundo, especialmente em países emergentes (Seebens et al., 2017; Lockwood et al., 2019). Com a popularização do uso de répteis como animais de estimação, espera-se que o número de primeiros registros aumente ao longo dos próximos anos e que as invasões futuras envolvam uma diversidade taxonômica maior do que a atual (Mohanty & Measey 2019; Scheffers Oliveira, Lamb, & Edwards, 2019; Seebens et al., 2017).

Encontrar a melhor maneira de regular o comércio de animais de estimação é uma tarefa complexa. A legislação acerca do comércio de animais silvestres difere entre os países e as principais abordagens variam entre proibir, liberar ou ignorar (Patoka et al., 2018). Dentre as abordagens, a legalização da criação comercial é a mais comum, apoiada na ideia de geração de renda, redução da sobre-exploração e aprimoramento de programas *ex situ* para reintrodução

de espécies ameaçadas (Garner, Stephen, Wombwell & Fisher, 2009; Robinson et al., 2015). No entanto, a legalização nem sempre alcança os efeitos desejados. Por exemplo, a redução do estigma relativo ao consumo da fauna silvestre e ao aumento da oferta leva a uma demanda maior e intensificação da caça furtiva (Bulte & Damania 2005; Courchamp et al. 2006; Challender et al. 2015). Além disso, conforme o acesso a determinadas espécies é facilitado, é provável que a demanda do consumidor por espécies exóticas, incomuns e raras aumente (*anthropogenic Allee effect*; Courchamp et al., 2006). A introdução de novas espécies no mercado é portanto, fundamental para suprir a demanda e permitir que o comércio permaneça atraente e competitivo. Estima-se que 3196 novas espécies serão adicionadas ao comércio no futuro (Scheffers et al., 2019). Isso coloca em risco as populações naturais de espécies não regulamentadas e, especialmente, as recém-descritas (Stuart et al., 2006). De modo geral, a experiência internacional sugere que o sucesso de cada dessas abordagens depende da demanda por espécies, incluindo preço, disponibilidade e uso tradicional; eficácia da legislação e fiscalização; e maior desenvolvimento socioeconômico (Nuñez & Pauchard 2010; Robinson et al., 2015; Patoka et al., 2018; Stringham et al., 2018).

No Brasil, a criação e venda legal de répteis como animais de estimação é extremamente restrita. Na última década, no entanto, essa situação começou a mudar e suas consequências são potencialmente preocupantes. Alguns estados brasileiros implementaram políticas mais permissivas, permitindo que mais espécies sejam comercializadas e criadas como animais de estimação. No entanto, o Brasil ainda não é capaz de controlar adequadamente a criação e venda de outros vertebrados como animais de estimação (por exemplo, Alves, Lima, & Araújo, 2013). Além disso, o novo governo tem uma postura anti-ambiental e atua enfraquecendo as regulamentações e instituições ambientais em favor da mineração, agricultura e desenvolvimento econômico (Anonymus, 2018; Tollefson, 2018). Nesse sentido, o congresso nacional está avaliando novos projetos de lei que podem afetar negativamente a segurança ambiental do país e pôr em risco a biodiversidade nativa e a saúde humana, são eles: o PL 3729/2004 que propõe relaxar os requisitos de licenciamento ambiental. Ao permitir que os estados decidam sobre o grau de rigor do licenciamento, a medida permitirá que os estados reduzam as regras de licenciamento para atrair novos empreendimentos. A pressão para acelerar a liberação de criadouros comerciais poderá aumentar, levando à aprovação irresponsável de novas leis e licenças apenas para benefícios econômicos. Uma segunda proposta, a PL 6268/2016, promove a criação de reservas para a caça de animais selvagens no Brasil. O projeto não menciona a proibição da caça comercial e cria condições para o aumento do tráfico de

animais e do comércio ilegal, especialmente com a atual redução das ações de fiscalização (Abessa, Famá & Buruaem, 2019; Bragagnolo et al., 2019).

Assim, é urgente identificar e analisar os principais fatores envolvidos na dinâmica do comércio de animais nativos e exóticos no Brasil, a fim de desenvolver estratégias eficazes para proteger a fauna nativa. Neste artigo, apresentamos uma visão geral dos principais obstáculos no controle do comércio legal e ilegal de répteis nativos e exóticos no Brasil, com o objetivo de propor medidas para auxiliar na tomada de decisão e planejamento de políticas públicas.

## **2. Principais desafios relacionados ao comércio legal e ilegal de animais de estimação no Brasil**

### *2.1 Legislação e sanções penais do comércio de animais silvestres*

O comércio e criação de répteis legalizados, nativos e exóticos, no Brasil é incipiente devido à ausência da “Lista Pet”. A Lista Pet refere-se a uma lista de espécies silvestres que podem ser mantidas e comercializadas como animais de estimação no país. A lista deveria ter sido publicada pelo IBAMA (autoridade federal responsável pela implementação da política ambiental nacional) em 2008, mas ainda é desconhecida (Resolução CONAMA nº 394/2007). Por um lado, o atraso na publicação da lista nacional de animais de estimação adiou temporariamente a ampla regulamentação de novos empreendimentos interessados no comércio de répteis no Brasil. Por outro lado, a ausência da lista criou uma brecha que permite aos estados liberar o comércio de espécies nativas ou exóticas. Isso decorre da ambiguidade na Lei Complementar nº 140/2011, que transfere parte das responsabilidades da União em relação à gestão da fauna para os estados, incluindo o licenciamento de novos criadouros comerciais da fauna silvestre. No entanto, não está definido qual entidade federativa (União ou Estado) é responsável pela elaboração da Lista Pet. Como resultado, alguns estados brasileiros (por exemplo, Alagoas, Paraná e Rio de Janeiro) publicaram, independentemente, suas regulamentações e listas de espécies.

Sem uma Lista Pet nacional para delimitar quais espécies podem ser usadas como animais de estimação no país, os estados adotaram posições diferentes e até opostas. Enquanto o Estado do Rio de Janeiro proíbe o estabelecimento de criadouros comerciais para répteis exóticos, o Estado de Alagoas os autoriza. Como a importação de répteis exóticos é proibida no Brasil, a existência de criadouros comerciais de espécies exóticas é possível porque a lei permite a aquisição através de zoológicos, que podem vender fauna exótica excedente, ou



através de espécimes exóticos ilegais originários de apreensão (Portaria IBAMA nº 118-N/1997). A proibição da importação, portanto, não impede a venda e a criação de espécies exóticas de répteis no Brasil. Outra contradição diz respeito ao transporte desses animais dentro do país. O Estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, proibiu a criação e comércio de espécies e subespécies exóticas e nativas de *Trachemys* (Portaria SEMA nº 46/2015). No entanto, o Estado do Paraná possui um criadouro comercial autorizado para essas espécies e permite que espécimes da fauna nativa ou exótica sejam removidos do estado, desde que tenham uma nota fiscal de compra. Ou seja, mesmo que a venda de répteis exóticos seja proibida em um estado, o risco de introdução de espécies exóticas ainda existe devido à legalização nos estados vizinhos.

Enquanto a legislação ambiental do Brasil é ineficiente em regular e controlar o comércio de animais silvestres, as sanções criminais são incapazes de inibir o comércio ilegal nacional e internacional. Os crimes ambientais no Brasil foram considerados ineficazes até a promulgação da Lei 9.605/1998. Atualmente, a legislação ambiental criminal brasileira pune com detenção (seis meses a um ano) e multa quem vende, exporta, compra, cria em cativeiro, coleciona, usa e transporta animais silvestres sem permissão ou de criadouros não autorizados. No entanto, como a pena é inferior a dois anos em detenção, os crimes ambientais são considerados crimes de menor potencial ofensivo e somente as multas são impostas. Os valores das multas, por sua vez, são insignificantes em comparação com o lucro obtido com o comércio ilegal (R\$ 500,00 por espécime da fauna silvestre nativa que não conste nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção; Decreto nº 6514/2008) e menos de 5% das multas ambientais são pagas (Borges, 2018). Sendo assim, as sanções criminais são extremamente brandas e insuficientes para suprimir a reincidência, pois não causam nenhum dano real ao infrator. Isso é evidente no caso do traficante de animais apanhado em flagrante 15 vezes em 20 anos e em todos os casos liberados após o pagamento das multas (MPF, 2018). Outra questão importante é a inoperância nos julgamentos dos processos, causando o cancelamento ou a prescrição de multas por falta de progresso no caso. Também existem situações em que a multa pode ser dispensada, como no caso de guarda doméstica de espécies selvagens não ameaçadas (Lei nº 9.605/1998; Decreto nº 6.514/2008). Essa medida permite a impunidade do consumidor e, como consequência, incentiva a demanda por animais de origem ilegal.

Outra falha na legislação é permitir que os animais apreendidos permaneçam sob tutela do infrator. Isso resulta da impossibilidade de destinação imediata dos animais apreendidos pelos órgãos ambientais, devido à lotação ou ausência de locais adequados para recebê-los.

Nesses casos, o infrator pode assumir provisoriamente a manutenção e manejo do animal (Resolução CONAMA nº 457/2013; Instrução Normativa IBAMA nº 19/2014). A custódia pode ser concedida mesmo para reincidentes, ou seja, aqueles que foram anteriormente acusados ou condenados por crimes contra a fauna. Assim, essa medida não apenas incentiva a reincidência, mas também facilita a legalização de animais de origem ilegal.

As sanções ambientais atuais também são insuficientes para conter o tráfico internacional de espécies selvagens, devido à ausência de restrições à entrada de traficantes internacionais anteriormente condenados por tráfico da vida selvagem no país (em nosso contexto, a palavra selvagem refere-se a todos os animais silvestres que, originalmente, vivem em vida livre e é utilizado para enfatizar a diferença entre os animais silvestres de vida livre e cativos). Assim, traficantes estrangeiros continuam retornando ao Brasil com espécies exóticas e traficando a fauna nativa fora do país (por exemplo, Zanchetta, 2013). Por fim, o Brasil ainda não possui regulamentos específicos para criminalizar o comércio ilegal na internet - um dos principais fatores da expansão mundial do tráfico de animais de estimação nos últimos anos (Lavorgna, 2015). Nas mídias sociais, é possível encontrar um grande número de ofertas de espécies brasileiras e exóticas (Magalhães & São Pedro 2012; Bourscheit, 2018). Para impedir o tráfico de animais, alguns sites (por exemplo, o Facebook) proibiram a venda de animais (domésticos ou silvestres) em suas plataformas e também incluíram a opção de denunciar anúncios de compra e venda. No entanto, algumas redes sociais não monitoradas, como grupos de WhatsApp, ainda fornecem a segurança necessária para a comunicação entre traficantes e consumidores.

Em suma, a legislação ambiental brasileira, em sua forma atual, não é suficiente para controlar o comércio de animais e proteger a vida selvagem. A falta de clareza e os regulamentos discrepantes entre as federações dificultam o controle ambiental e o sucesso dos esforços regionais para prevenir a introdução de espécies não nativas. Por fim, as sanções criminais são insuficientes para conter reincidência e comércio ilegal (nacional e internacional).

## *2.2 Fiscalização e recursos técnicos e financeiros*

A partir da publicação da Lei Complementar nº 140/2011, as ações de fiscalização e a aplicação de sanções administrativas decorrentes de crimes contra a vida selvagem no Brasil são compartilhadas entre órgãos ambientais estaduais, municipais e IBAMA. Os animais

apreendidos em ações de fiscalização devem ser enviados, preferencialmente, aos centros de triagem para posteriormente receberem destinação. Assim, seria conveniente que todos os estados brasileiros tivessem seus próprios centros de triagem de animais silvestres (CETAS) - ou conveniados - para receber, avaliar, recuperar e marcar animais apreendidos, resgatados ou entregues voluntariamente até que sejam destinados adequadamente (Portaria nº 1.611 / 2018). Os animais selvagens recebidos pelo CETAS devem ser liberados na natureza (se nativos) ou encaminhados para criadouros de animais silvestres devidamente autorizados, como zoológicos, mantenedores ou demais criadouros (Instrução Normativa IBAMA nº 179/2008; nº 19/2014).

Ao repassar parte da responsabilidade de proteção da fauna para estados e municípios em 2011, o governo brasileiro desconsiderou a capacidade logística (recursos materiais, financeiros e pessoais) das agências estaduais para planejar e implementar ações de fiscalização. Desde então, as ações de fiscalização e demais etapas - apreensão e destino - foram comprometidas em muitos estados brasileiros. Três fatores principais contribuem para esse cenário. Primeiro, os sucessivos cortes no orçamento das agências ambientais. Em um período de cinco anos (2013 - 2018), o Poder Executivo Federal do Meio Ambiente - Ministério do Meio Ambiente (MMA) - sofreu uma redução orçamentária de R\$ 1,3 bilhões (WWF Brasil, 2018). Em 2019, outros R\$ 187 milhões foram cortados do MMA pelo governo brasileiro (Rodrigues, 2019). A redução do orçamento afetou o setor de controle e fiscalização ambiental, que inclui o combate ao desmatamento, garimpos e crimes contra a vida selvagem (WWF Brasil, 2017; Rodrigues, 2019). Como resultado da falta de recursos financeiros, as ações de fiscalização e o número de multas relacionadas aos crimes ambientais diminuíram em todo o país (Dantas, 2019; IBAMA, 2019). Vale ressaltar que os valores decorrentes do pagamento de multas ambientais, que somam cerca de R\$ 3 bilhões, não são revertidos para os órgãos ambientais. A maior parte do dinheiro arrecadado é destinada ao Governo Federal e uma parcela menor (cerca de 20%) é destinada ao financiamento de projetos socioambientais (WWF Brasil, 2018).

O segundo fator é a redução do número de agentes ambientais nos últimos anos. Em carta aberta ao IBAMA e à sociedade brasileira (Processo 02029.001066 / 2019-42), os agentes do IBAMA alertaram que a redução no número de fiscais entre 2010 e 2019 resultou em apenas 780 fiscais para monitorar todos os crimes ambientais nos 5570 municípios brasileiros. O número reduzido de fiscais exige a priorização de ações para combater crimes ambientais considerados mais urgentes, como desmatamento e prevenção de incêndios (Dantas, 2019).

Assim, as ações de fiscalização geralmente se limitam a ocorrência de denúncias (Kuhnen & Kanaan, 2014).

Terceiro, a falta de condições e estrutura física adequada para a recepção, manutenção e destino da fauna apreendida restringe novas apreensões. Atualmente, existem 23 CETAS para atender às demandas dos 27 estados brasileiros (Portaria nº 1.611/2018). No entanto, a situação de muitos centros de triagem é extremamente precária. Faltam recursos para a contratação de profissionais e compra de ração, medicamentos e combustível (Kuhnen & Kanaan 2014, Derevecki, 2017). Frequentemente, os criadouros autorizados não têm espaço para receber outros animais; então os CETAS ficam superlotados e incapazes de receber novos animais (Renctas, 2001; Kuhnen & Kanaan, 2014). Sem lugar adequado para abrigar os animais apreendidos, não há como fazer novas apreensões, e a fiscalização é limitada (Renctas, 2001). Além disso, a superlotação dos centros de triagem, associada à baixa capacidade técnica dos agentes ambientais, resulta na liberação indiscriminada e sem critérios dos animais apreendidos (Kuhnen & Kanaan 2014). Em alguns casos, até mesmo espécimes exóticos ou de origem desconhecida são liberados na natureza, aumentando o risco de invasão e introdução de doenças (IBAMA, 2019).

Em geral, a fiscalização ambiental no Brasil enfrenta dificuldades relacionadas a restrições técnicas e estruturais, agravadas pelos cortes orçamentários dos últimos anos. A tendência é de que restrições orçamentárias prevaleçam nas próximas décadas, devido ao novo regime fiscal adotado em 2016, que limita os gastos públicos federais (Emenda Constitucional nº 95/2016). O novo regime estipula que, nos próximos 20 anos, os orçamentos dos órgãos do poder executivo, como o MMA, não poderão ser ajustados acima da inflação do ano anterior. Dessa forma, os recursos para a fiscalização ambiental serão ainda mais escassos, reduzindo o combate aos crimes contra a vida selvagem, impossibilitando a manutenção e criação de centros de triagem, bem como a contratação e treinamento de funcionários.

### *2.3 Aspectos socioeconômicos*

O comércio ilegal de animais está associado ao desenvolvimento econômico, pobreza e corrupção (Chetwynd, Chetwynd, & Spector, 2003; Wyatt & Cao 2015). A corrupção facilita o tráfico transnacional de vida selvagem e permite transações e serviços ilegais por meio de falsificação de documentos, suborno e lavagem de dinheiro (Destro et al., 2012; Auliya et al., 2016). Uma prática corrupta comum é a lavagem de animais selvagens em criadouros legalizados. A lavagem consiste em falsificar anilhas e registros de nascimento para legalizar

espécimes capturados na natureza (Renctas, 2001). No Brasil, mais de 80% das aves em cativeiro são animais selvagens com anilhas falsificadas (Alves et al., 2013; Thomas, 2018). A lavagem de animais capturados na natureza, dentro do comércio legal, alimenta o comércio ilegal através do aumento à caça furtiva das populações selvagens e coloca as espécies nativas em risco (Lyons & Natusch 2011). Estima-se que mais de 400 espécies de aves sejam comercializadas ilegalmente como animais de estimação no Brasil (Alves et al., 2013). As espécies mais populares entre os criadores também são as mais apreendidas, sugerindo que os criadores ainda recorrem ao comércio ilegal, provavelmente devido a preços mais baixos (Destro et al., 2012). Além disso, a corrupção em instituições e de funcionários públicos prejudica a eficácia da fiscalização e políticas ambientais (Damania, Fredriksson, & List, 2003; Van Uhm & Moreto 2017). Muitas multas deixam de ser aplicadas, e projetos que prejudicam o meio ambiente e às comunidades locais são aprovados em troca de subornos e benefícios, reduzindo os esforços e os recursos disponíveis à gestão ambiental (Fearnside, 2016; Prazeres, 2019; Thomé & Haddad, 2019). Dessa forma, a corrupção também limita o crescimento econômico e aumenta a desigualdade de renda, especialmente nos países em desenvolvimento nos quais as desigualdades sociais prevalecem (Chetwynd et al., 2003; Mendes, 2015).

No Brasil, a presença de caçadores furtivos está associada a áreas rurais pobres, sem opções econômicas alternativas e acesso à educação (Renctas, 2001; Alves et al., 2013). O país tem cerca de 26,5% da população vivendo abaixo da linha da pobreza (de acordo com os critérios do Banco Mundial) e 7,4% em extrema pobreza (IBGE, 2018a). Nesse contexto, a caça de animais selvagens aparece como uma alternativa alimentar para a sobrevivência da população pobre. Em geral, o direito à caça é garantido aos povos indígenas e outros grupos sociais (por exemplo, quilombolas, ribeirinhos, comunidades tradicionais) para garantir meios de subsistência familiar e cultural (Lei 6001/1973; Decreto 6040/2007; Lei 11.706/2008). No entanto, há evidências de que a caça de subsistência familiar e tradicional está associada à caça furtiva para geração de renda (Bragagnolo, 2019).

#### *2.4 Educação e consciência socioambiental*

Diferentes níveis de educação e conscientização ambiental influenciam a maneira como o indivíduo percebe e interage com o meio ambiente e sociedade. Em geral, níveis mais baixos de educação estão associados a menor confiança nas instituições políticas e governamentais, menor conhecimento da legislação, noções de desenvolvimento sustentável e consciência ambiental limitada (Chetwynd et al., 2003; Lemos, Filho & Lima, 2005; Lima, 2007). Esses

aspectos afetam direta e indiretamente o entendimento da importância do uso racional e sustentável da fauna nativa e questões relacionadas à compra de produtos de origem ilegal, risco de liberação de animais exóticos e percepção da ética associada à eutanásia.

No Brasil, o desenvolvimento da conscientização socioambiental, a difusão da legislação ambiental e a formação de pensamento crítico sobre aspectos sociais, econômicos e ecológicos, visando à sustentabilidade, são promovidos pela Educação Ambiental (EA; Brasil, 2014). A EA surgiu em 2002 como uma política pública (Decreto nº 4.281/2002) e tornou-se difundida nas redes de escolas públicas do país em 2004 (Brasil, 2008). Apesar da rápida disseminação e excelentes resultados, a EA não atinge toda a população brasileira (Brasil, 2008). Segundo uma pesquisa realizada em 2018, mais da metade (52,6%) dos brasileiros com 25 anos ou mais não concluíram o ensino fundamental, e 6,8% da população (11,3 milhões de brasileiros) não sabe ler, nem escrever (IBGE, 2018b). Além disso, os projetos e programas da EA estão focados, principalmente, em tópicos como gerenciamento de resíduos sólidos, mudanças climáticas e licenciamento ambiental (Brasil, 2008). A questão do comércio ilegal de animais é levemente abordada por algumas organizações não-governamentais (ONGs), zoológicos, universidades e agências governamentais. Normalmente, o foco das campanhas está no tratamento inadequado e no sofrimento dos animais no tráfico, e pouca atenção é dada a tópicos como sobre-exploração, liberação de animais exóticos e risco de invasão.

### **3. Recomendações políticas**

Entendemos que a eliminação total do comércio ilegal de animais é improvável. Infelizmente, dados precisos sobre a sobre-exploração das espécies nativas são precários e, portanto, não permitem recomendações mais específicas. Assim, os esforços iniciais devem ser direcionados para reduzir a caça furtiva, juntamente com o desenvolvimento de estratégias para eliminar as não conformidades existentes e, em seguida, implementar o comércio legal bem estruturado. A seguir, propomos medidas de curto e longo prazo para (3.1) melhorar as sanções criminais e a legislação federal e estadual; (3.2) intensificar as ações de fiscalização e controle; (3.3) implementar programas comunitários; e (3.4) desenvolver campanhas educacionais. Como algumas medidas precisam ser elaboradas de acordo com necessidades e contexto ambiental, político e socioeconômico específico de cada local, defendemos a adoção de uma abordagem multidisciplinar e multitarefa, envolvendo a participação de formuladores de políticas, gestores da vida selvagem, pesquisadores, ONGs e comunidades.

### *3.1 Melhorias nas sanções e na legislação federal e estadual*

Para controlar melhor o comércio legal e ilegal de animais selvagens, um ponto de partida é adaptar as leis e sanções criminais para torná-las mais eficazes. Uma das medidas mais importantes e urgentes é proibir a comercialização e reprodução de répteis exóticos como animais de estimação no país, limitando o comércio de animais apenas às espécies nativas. Existem evidências em todo o mundo, incluindo no Brasil, de que a criação de espécies exóticas como animais de estimação inevitavelmente leva a novas invasões, independentemente do nível de controle (Kraus, 2009; Martins, Assalim & Molina, 2014). Ainda que as proibições sejam uma medida impopular, se aplicadas em conjunto com campanhas educacionais, elas podem reduzir o risco de invasão (Cardador, Tella, Anadón, Abellán e Carrete, 2019). Embora a criação de espécies nativas no comércio de animais de estimação também possa causar invasões em ambientes nos quais a espécie não ocorre naturalmente, a criação comercial de espécies pouco invasivas, amplamente distribuídas e a adoção de regulamentos e critérios mais uniformes entre os estados brasileiros podem minimizar o risco de invasões futuras.

Outra medida importante é a publicação da lista nacional de animais de estimação para orientar as listas estaduais. Listas permissivas, baseadas na análise de risco, são mais eficazes na regulação do que listas proibitivas (Hulme, 2015). Assim, a lista nacional deve conter apenas répteis nativos que possam ser criados e comercializados como animais de estimação em todo o país. Segundo Tensen (2016), a criação comercial pode ser uma ferramenta eficaz de conservação se não depender de populações selvagens para suprimento, e enquanto a lavagem de animais não ocorrer. Nesse sentido, para proteger populações naturais, uma cota anual pode ser aplicada aos criadores comerciais, limitando o número máximo de indivíduos que podem ser vendidos de acordo com o número de matrizes disponíveis e a biologia reprodutiva de cada espécie. Também podem ser aplicadas cotas para limitar a propriedade de espécimes adicionais ao mesmo proprietário. Além disso, pode ser criada uma lei para garantir que os criadouros comerciais recebam animais indesejados como forma de impedir que eles sejam liberados na natureza.

Adicionalmente, é necessário criar sanção criminal específica para o tráfico internacional, capaz de impedir o retorno de traficantes estrangeiros e controlar a saída de reincidentes do país. Também criar legislação específica para criminalizar o comércio ilegal de animais na internet. Para esse fim, uma das alternativas é a criação de termos de cooperação entre entidades públicas e plataformas de vendas on-line, impedindo a venda de espécimes nativos e exóticos (por exemplo, Cardozo, 2019).

A recorrência e o não cumprimento das leis ambientais no país estão associados à certeza da impunidade e, portanto, são necessárias punições mais severas. Nesse sentido, é necessário avaliar alternativas para penalizar o infrator se a multa não for paga. Uma opção seria incluir o nome do infrator na lista de empresas que gerenciam informações pessoais de pessoas com dívidas financeiras (por exemplo, Serviço de Proteção ao Crédito - SPC ou Serasa Experian). A inclusão dos nomes nessas listas dificulta a obtenção de crédito, financiamento e aprovação de empréstimos.

Por fim, sugerimos uma revisão em favor da revogação do artigo 17 da Instrução Normativa nº 19/2014 do IBAMA e do artigo 2 da Resolução CONAMA nº 457/2013, que permitem ao infrator a tutela de animais apreendidos em casos na impossibilidade de destinação imediata. Uma alternativa à destinação de animais apreendidos já está prevista em lei e permite a voluntários, devidamente registrados no órgão ambiental competente, a custódia provisória do espécime apreendido. Além disso, o parágrafo 2 do artigo 29 da Lei nº 9.605/1998 e o parágrafo 4 do artigo 24 do Decreto no 6.514/2008 devem ser alterados a fim de impor a multa nos casos de guarda doméstica de animais selvagens não ameaçados, que atualmente pode ser dispensada.

### *3.2 Intensificação das ações de fiscalização e controle*

Aumentar o orçamento, a equipe e, principalmente, os esforços de fiscalização local são medidas críticas para uma conservação bem-sucedida das espécies ameaçadas pelo comércio ilegal (Jachmann, 2003). Nesse contexto, uma alternativa para obter recursos financeiros seria a transferência de todo o valor arrecadado das multas ambientais para os órgãos fiscalizadores. Mais recursos disponíveis permitiriam a contratação e treinamento de novos agentes ambientais para intensificar a fiscalização em todo o país. Com o estabelecimento de novos criadouros, a promoção de auditorias e fiscalizações periódicas nos estabelecimentos pode reduzir os casos de lavagem de animais capturados ilegalmente na natureza. Para reduzir o comércio ilegal dentro do país, a fiscalização nas agências federais de serviços postais deve ser intensificada. Além disso, operações conjuntas de fiscalização com órgãos ambientais estaduais e federais devem se concentrar nas principais rotas de tráfico: portos, aeroportos, rodoviárias e fronteiras. As informações sobre quais estados e municípios concentram atividades ilegais, incluindo os principais destinos e rotas usadas pelo tráfico de animais, estão disponíveis na literatura científica e nos relatórios das ONGs e podem ajudar a direcionar esforços para áreas em que a



atividade ilegal é mais intensa (Renctas, 2001; Destro, Pimentel, Sabaini, Borges, & Barreto, 2012; Fonseca, Both & Cechin, 2019).

Grande parte dos répteis e anfíbios exóticos encontrados no Brasil possuem origem sul-americana, o que torna a fiscalização dos mais de 16.000 quilômetros de fronteiras com outros 10 países da América do Sul um desafio particular (Fonseca et al., 2019). Fiscalizar efetivamente todas as áreas de fronteira sem a cooperação dos países vizinhos é uma tarefa impraticável. O combate ao tráfico internacional de animais não pode ser de responsabilidade exclusiva dos países de origem ou destino e, portanto, parcerias e acordos entre o governo brasileiro e os países vizinhos podem ajudar nas ações de combate ao tráfico. Um acordo para esse fim foi assinado entre o Brasil e o Peru, em 2006 (Decreto 5855/2006). O acordo de cooperação técnica e científica visa, entre outras coisas, implementar um sistema de comunicação para promover a eficiência na gestão, fiscalização e controle de recursos naturais renováveis. Também promove o intercâmbio e treinamento de técnicos nas áreas de controle de tráfico de fauna e flora, conservação da biodiversidade e proteção ambiental. Se novos acordos semelhantes forem assinados com outros países vizinhos, uma extensão de fronteira mais longa será protegida.

### *3.3 Implementação de programas comunitários*

Uma proposta para reduzir a pressão de coleta e a exploração excessiva da vida selvagem é oferecer aos caçadores furtivos alternativas econômicas para melhorar as condições de vida por meio da implementação de programas comunitários, como ecoturismo e manejo sustentável. O objetivo é envolver a comunidade em atividades capazes de absorver a mão-de-obra disponível para a geração de renda sustentável, combinando interesses socioeconômicos e de conservação. Isso dá às comunidades um incentivo maior para proteger a vida selvagem do que se envolver em atividades ilegais (Biggs et al., 2017). Estima-se que as comunidades ganhem até três vezes mais com o ecoturismo do que com a caça furtiva (Wilson-Wilde, 2010). Um ponto de partida para a implementação de programas comunitários pode ser a inclusão em iniciativas de políticas públicas prioritárias para o combate de ameaças às espécies e ambientes naturais, como os Planos de Ação para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção ou do Patrimônio Espeleológico (PAN; <http://www.icmbio.gov.br/>) e a Estratégia Nacional de Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (GEF-Pró-Species; [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)). Os benefícios incluiriam a participação de ONGs ambientais, agências ambientais municipais, instituições parceiras e universidades no planejamento e desenvolvimento de atividades;

maiores chances de financiamento; e a revisão periódica dos objetivos, permitindo que os programas sejam adaptados às necessidades específicas de cada local.

### *3.4 Desenvolvimento de campanhas educativas*

Uma maneira de reduzir as pressões a longo prazo é investir em ações educacionais voltadas à conscientização e sensibilização do público-alvo sobre o tráfico da vida selvagem e o risco de introdução de espécies exóticas. As campanhas educacionais devem ser desenvolvidas e implementadas em conjunto com agências ambientais, ONGs, universidades, zoológicos, museus etc., com foco em três principais públicos-alvo: crianças, criadores e a população em geral. Primeiro, para crianças, as campanhas devem desencorajar a aquisição de animais selvagens, principalmente de origem ilegal; aumentar a conscientização sobre o sofrimento dos animais e o risco de extinção de espécies associadas ao tráfico; e alertar sobre os perigos associados à liberação de animais de estimação em ambientes naturais. Para esse último objetivo, o Programa Estadual de Espécies Exóticas Invasivas do Paraná possui um material didático de referência. Esses temas podem ser trabalhados em oficinas explicativas, distribuição de folhetos e histórias em quadrinhos em escolas, bibliotecas, zoológicos, museus e outros ambientes que recebem grande número de visitantes. Uma medida simples, de baixo custo e amplo alcance é incluir informações sobre tráfico e invasão em placas de identificação de espécies exibidas em jardins zoológicos, museus e outros criadouros abertos ao público (Veja exemplo na Fig. 1). Além disso, os governos federal, estadual e municipal devem promover a inclusão desse tema no currículo de educação pública da EA e incentivar sua inclusão na rede privada.

Para os criadores, as ações devem se concentrar em desencorajar a compra de animais de origem ilegal e orientar as medidas a serem tomadas quando a criação não for mais viável ou desejada. As orientações podem ser fornecidas no momento da compra, juntamente com a documentação referente ao animal adquirido, e devem promover a compreensão dos riscos e consequências da liberação de animais de estimação em áreas naturais e antropizadas.

Além disso, campanhas massivas de conscientização pública em rádios, televisão, internet, aeroportos e estações de transportes são uma estratégia fundamental para conter o tráfico de animais selvagens. Nesse sentido, campanhas focadas no risco de doenças e consequências legais da aquisição de espécies de origem ilegal são mais eficazes na redução da demanda do que aquelas focadas em argumentos éticos, como bem-estar animal e extinção de espécies (Moorhouse, Balaskas, D'cruze e Macdonald, 2016). Essas campanhas podem ser

implementadas em conjunto com os Ministérios do Meio Ambiente e da Saúde. Finalmente, campanhas focadas em promover a compreensão de invasões biológicas são importantes para evitar novas invasões (Cardador et al., 2019). Embora os estudos sobre espécies invasoras no país tenham aumentado nas últimas décadas, o conhecimento do assunto ainda é limitado a um pequeno número de pesquisadores (Frehse, Braga, Nocera, & Vitule, 2016). Por exemplo, vários cursos de graduação em biologia ainda não oferecem a disciplina de biologia da invasão. A inserção do tema como disciplina nominal ou tópico dentro de disciplinas interdisciplinares nos cursos superiores na área de meio ambiente é recomendada para capacitar os futuros profissionais. Além disso, a ignorância também afeta a percepção e apoio do público no controle de espécies exóticas e invasoras (Nuñez & Pauchard, 2010). Portanto, é essencial disseminar informações sobre invasões biológicas para a população em geral visando reduzir o estigma da eutanásia e outros métodos de controle, bem como o risco de novas invasões.

## **Conclusões**

O comércio da vida selvagem deve ser entendido como uma questão que envolve conservação, bioinvasão, sustentabilidade, economia, saúde, educação, entre outros tópicos. Decisões baseadas em um único tema podem ter consequências negativas para o homem, como é o caso das pandemias desencadeadas a partir do contato com a fauna selvagem (por exemplo, coronavírus), e também a vida selvagem, intensificando a sobre-exploração, o comércio ilegal e a invasão. Nesse contexto, a regulamentação do comércio de répteis como animais de estimação no Brasil precisa encontrar um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação da biodiversidade. Atualmente, a regulamentação do comércio de répteis para animais de estimação é guiada por políticas mal estruturadas. Os principais problemas estão relacionados à falta de fiscalização, punições excessivamente brandas, juntamente com cortes recentes no orçamento e enfraquecimento das leis ambientais. Esse é um cenário obscuro no qual a legalização do comércio de animais de estimação de répteis representa a ativação de uma bomba relógio para o surgimento de invasões e extinções de espécies. Aqui, propomos algumas medidas baseadas na eliminação de fragilidades e inconsistências na legislação; maior investimento em fiscalização, educação e programas comunitários; e maior engajamento das comunidades, governos, instituições públicas e sociedade no gerenciamento e proteção sustentável da vida selvagem (ver Tabela 1). Por fim, recomendamos maior engajamento da comunidade científica brasileira para orientar a formulação de políticas públicas e ambientais e desenvolver soluções inovadoras que integrem o conhecimento local, nacional e internacional.

**Contribuições dos autores**

EF concebeu a ideia e o delineamento do estudo; EF e CZ analisaram os dados; o primeiro rascunho do manuscrito foi escrito por EF e CB; todos os autores comentaram as versões posteriores do manuscrito. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

**Agradecimentos**

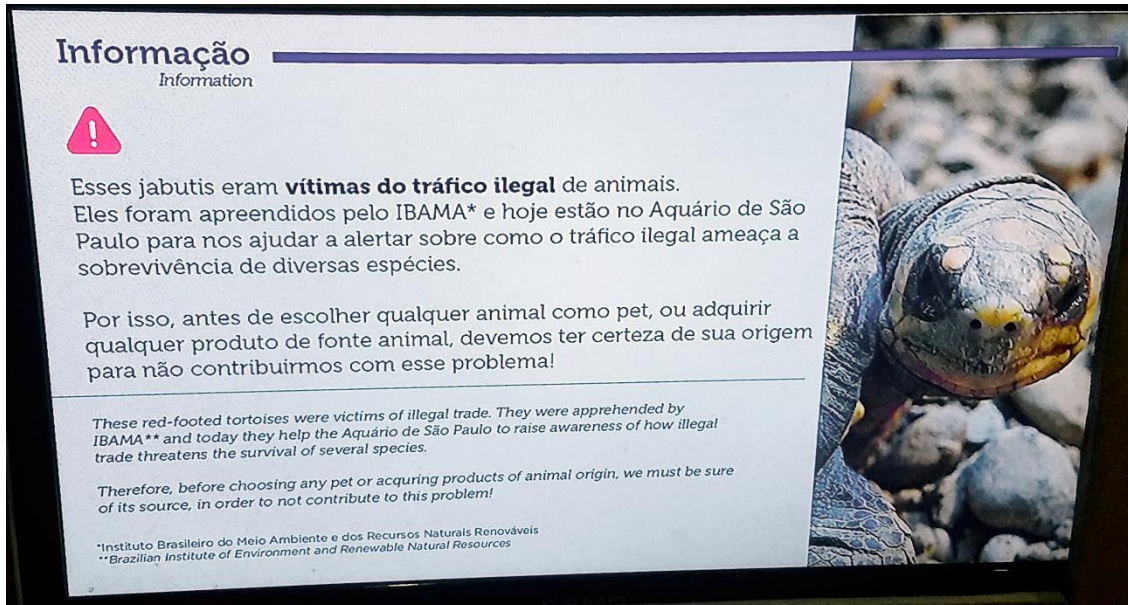
O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) apoiou SC e CB (processos nº 309095/2016-6 e 150621/2018-3). EF recebeu bolsa de estudos oferecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

**Tabela 1** - Recomendações de políticas para questões e desafios importantes no controle do comércio de animais de estimação.

Desafios	Principais questões	Consequências	Recomendações políticas
<p><b>Legislação e sanções do comércio de animais de estimação</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausência da lista de espécies que podem ser mantidas e comercializadas como animais de estimação no país;</li> <li>- Regulamentos conflitantes entre os Estados;</li> <li>- Permissão para venda e reprodução de espécies exóticas no país;</li> <li>- Multas de valor insignificante;</li> <li>- Poucas multas são pagas e não há penalidade pelo não pagamento;</li> <li>- Atraso no julgamento dos processos;</li> <li>- Ausência de punição em casos de guarda doméstica de animais selvagens não ameaçados;</li> <li>- Permissão para o infrator manter a guarda dos animais apreendidos;</li> <li>- Ausência de restrições à entrada de traficantes internacionais anteriormente condenados por tráfico da vida selvagem no país;</li> <li>- Ausência de regulamentos específicos para criminalizar o comércio ilegal na internet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite aos estados brasileiros liberar o comércio de espécies nativas ou exóticas;</li> <li>- Reduz o controle e o sucesso dos esforços regionais para impedir a introdução de espécies não nativas;</li> <li>- Proibir a importação de espécies exóticas não impede sua criação;</li> <li>- Aumento do risco de invasão;</li> <li>- Não prejudica o infrator, nem inibe a reincidência;</li> <li>- Prescrição de multas por falta de julgamento do processo;</li> <li>- Impunidade ao consumidor final;</li> <li>- Incentiva a demanda por animais de origem ilegal;</li> <li>- Facilita a legalização de animais de origem ilegal;</li> <li>- Falha no combate ao tráfico internacional de vida selvagem;</li> <li>- Permite a disseminação do comércio online.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicar a lista nacional de répteis nativos que podem ser mantidos e comercializados como animais de estimação;</li> <li>- Proibir a venda e criação de répteis exóticos como animais de estimação no país;</li> <li>- Adotar normas e critérios mais uniformes entre os estados federativos;</li> <li>- Penalizar o infrator quando a multa não for paga (por exemplo, incluir o nome do devedor na lista de pessoas com dívidas financeiras);</li> <li>- Aplicar cotas para criadores comerciais e donos de animais;</li> <li>- Criar uma lei para garantir que os criadouros comerciais recebam animais rejeitados;</li> <li>- Aplicar multas em casos de guarda doméstica de animais selvagens não ameaçados mantidos ilegalmente;</li> <li>- Impedir a custódia de animais apreendidos pelo infrator;</li> <li>- Impedir o retorno de traficantes estrangeiros ao país;</li> <li>- Controlar que traficantes reincidentes saiam do país;</li> <li>- Criminalizar o comércio ilegal de animais na internet;</li> <li>- Criar termos de cooperação entre autoridades públicas e plataformas de vendas on-line.</li> </ul>

<b>Fiscalização e recursos técnicos e financeiros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de capacidade logística das agências estatais para implementar um sistema eficaz de fiscalização;</li> <li>- Cortes orçamentários sucessivos em agências ambientais;</li> <li>- Redução do número de agentes ambientais;</li> <li>- Falta de estrutura física para recepção, manutenção e destino da fauna apreendida;</li> <li>- Superlotação dos centros de triagem;</li> <li>- Baixa capacidade técnica de agentes ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição do número de ações de fiscalização ambiental em todo o país;</li> <li>- Priorização de ações para combater crimes ambientais mais urgentes, limitando ações para monitorar crimes contra a vida selvagem;</li> <li>- Restrição de novas apreensões;</li> <li>- Liberação indiscriminada e sem critérios de animais apreendidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transferir todo o valor arrecadado das multas ambientais para os órgãos fiscalizadores;</li> <li>- Contratar e treinar novos agentes ambientais;</li> <li>- Realizar operações de vigilância conjunta com órgãos ambientais estaduais e federais;</li> <li>- Intensificar a fiscalização nas agências federais de serviços postais e nas principais rotas, portos, aeroportos, estradas e fronteiras do tráfico;</li> <li>- Assinar parcerias e acordos com países vizinhos para controle de fronteiras.</li> </ul>
<b>Corrupção e pobreza</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corrupção de instituições e funcionários públicos;</li> <li>- Baixa aplicação da lei;</li> <li>- Lavagem de espécimes capturados na natureza em criadouros legalizados;</li> <li>- Falta de opções econômicas alternativas para população pobre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilita o tráfico transnacional de vida selvagem;</li> <li>- Limita o crescimento econômico e aumenta a desigualdade de renda;</li> <li>- Inspeção irregular;</li> <li>- Sobre-exploração das espécies nativas;</li> <li>- Aumento da caça furtiva de populações selvagens;</li> <li>- Caça de subsistência familiar e tradicional associada à caça furtiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditar e inspecionar periodicamente os estabelecimentos comerciais;</li> <li>- Combinar interesses socioeconômicos e de conservação;</li> <li>- Oferecer aos caçadores alternativas econômicas para melhorar as condições de vida;</li> <li>- Implementar programas comunitários (por exemplo, ecoturismo e manejo sustentável);</li> <li>- Incluir programas comunitários em iniciativas de políticas públicas (por exemplo, PAN; GEF-Pro-Espécies);</li> <li>- Envolver a população local em programas de monitoramento.</li> </ul>
<b>Educação e consciência socioambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixos níveis de educação;</li> <li>- Consciência ambiental limitada;</li> <li>- Falta de inclusão do Comércio ilegal de animais como tema em ações de conscientização;</li> <li>- Falta de conhecimento sobre espécies invasoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa confiança nas instituições políticas e governamentais;</li> <li>- Menor conhecimento da legislação;</li> <li>- Noções de desenvolvimento sustentável limitadas;</li> <li>- Falta de apoio popular no manejo de espécies invasoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investir em ações educativas voltadas à conscientização de crianças, criadores e da população em geral;</li> <li>- Promover de campanhas de conscientização pública para desencorajar o tráfico ilegal e a aquisição de animais silvestres;</li> <li>- Orientar quais as medidas a serem tomadas quando a criação não for mais viável ou desejada;</li> <li>- Alertar sobre os perigos associados à liberação de animais de estimação em ambientes naturais;</li> <li>- Incluir o tema no currículo escolar;</li> <li>- Aumentar a conscientização pública sobre invasões biológicas.</li> </ul>

**Figura 1** - Exemplo de painel informativo educacional sobre tráfico ilegal de espécies encontrado no Aquário de São Paulo, SP, Brasil.



## Referencias

- Alves, R. R. N., Lima, J. R. F., & Araújo, H. F. (2013) The live bird trade in Brazil and its conservation implications: an overview. *Bird Conservation International*, 23, 53-65.
- Abessa, D., Famá, A., & Buruaem, L. (2019) The systematic dismantling of Brazilian environmental laws risks losses on all fronts. *Nature Ecology & Evolution*, 1(2019).
- ABF (2019). Japanese lizard smugglers jailed as of 29th July. <https://newsroom.abf.gov.au/releases/japanese-lizard-smugglers-jailed>. Accessed 25 sep 2019
- Anonymus (2018) Brazil's new president adds to global threat to science. *Nature* 563(7729):5–6. doi:10.1038/d41586-018-07236-w
- Auliya, M., Altherr, S., Ariano-Sanchez, D., Baard, E. H., Brown, C., Brown, R. M., ... Ziegler T (2016) Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation* 204:103–119. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.017>
- Baker, S. E., Cain, R., van Kesteren, F., Zommers, Z. A., D'Cruze, N., & Macdonald, D. W. (2013) Rough Trade: Animal Welfare in the Global Wildlife Trade. *Bioscience*, 63, 928-938.
- Biggs, D., Cooney, R., Roe, D. ... Skinner, D. (2016) Developing a theory of change for a community-based response to ilegal wildlife trade. *Conservation Biology*, 31(1), 5–12. doi: 10.1111/cobi.12796
- Borges, A. (2018) Ibama recebe fração mínima das multas aplicadas anualmente. <https://politica.estadao.com.br/noticias/geral,ibama-recebe-fracao-minima-das-multas-aplicadas-anualmente,70002633610>. Accessed 01 sep 2019.
- Bourscheit , A. (2018) 300 grupos de Whatsapp estão ligados ao tráfico de animais em todo o país. <https://theintercept.com/2018/10/10/grupos-whatsapp-trafico-de-animais/>. Accessed 27 sep 2019.
- Bragagnolo, C., Gama, G. M., Vieira, F. A. S., Campos-Silva, J. V., Bernard, E., Malhado, A. C. M., Correia, R.A. ... Ladle, R. J. (2019) Hunting in Brazil: What are the options? *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17, 71–79. doi: 10.1016/j.pecon.2019.03.001
- Brasil (2008) Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Departamento de Educação Ambiental. Os diferentes matizes da Educação Ambiental no Brasil 1997 – 2007. 2.ed – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. 290p.
- Brasil (2014) Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Departamento de Educação Ambiental. Educação ambiental por um Brasil sustentável: ProNEA, Marcos Legais & Normativos.
- Broad, S., Mulliken, T., & Roe, D. (2003) The nature and extent of legal and illegal trade in wildlife. In: Oldfield S (ed.). *The trade in wildlife: regulation for conservation*. Earthscan, London
- Bulte, E.H., Damania, R. (2005) An economic assessment of wildlife farming and conservation. *Conservation. Biology*, 19, 1222–1233.
- Bush, E. R., Baker, S. E., & Macdonald, D.W. (2014) Global trade in exotic pets 2006–2012. *Conservation. Biology*, 28, 663–76.



- Cardador, L., Tella, J. L., Anadón, J. D., Abellán, P., & Carrete, M. (2019) The European trade ban on wild birds reduced invasion risks. *Conservation Letter*, e12631. <https://doi.org/10.1111/conl.12631>
- Capinha, C., Seebens, H., Cassey, P., García-Díaz, P., Lenzner, B., Mang, T., ... Essl, F. (2017) Diversity, biogeography and the global flows of alien amphibians and reptiles. *Diversity and Distributions*, 23, 1313–1322. <https://doi.org/10.1111/ddi.12617>
- Cardozo, C. (2019) MP-BA e OLX firmam acordo para combater venda de animais silvestres na internet. <https://www.bahianoticias.com.br/justica/noticia/61297-mp-ba-e-olx-firmam-acordo-para-combater-venda-de-animais-silvestres-na-internet.html>. Accessed: 10 nov 2019
- Challender, D.W., Harrop, S.R., & Macmillan, D.C. (2015) Towards informed and multifaceted wildlife trade interventions. *Global Ecology Conservation*, 3, 129-148.
- Chetwynd, E., Chetwynd, F., & Spector, B. (2003) Corruption and Poverty: A Review of Recent Literature. *Management Systems International*, Washington DC, 1-22.
- Courchamp, F., Ângulo, E., Rivalan, P., Hall, R. J., Signoret, L., ... Meinard, Y. (2006) Rarity value and species extinction: the anthropogenic Allee effect. *PLoS Biol.*, 4, e415. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0040415>
- Damania, R., Fredriksson, P. G, & List, J. A (2003) Trade liberalization, corruption, and environmental policy formation: Theory and evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46, 490–512. [https://doi.org/10.1016/S0095-0696\(03\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0095-0696(03)00025-1)
- Dantas, D. (2019) Ibama corta 22% das ações de fiscalização previstas. <https://oglobo.globo.com/sociedade/ibama-corta-22-das-acoes-de-fiscalizacao-previstas-23937584>. Accessed: 27 sep 2019.
- Dereveckí, R. (2017) Sem centro de triagem, PR não tem local público para abrigar animais silvestres. <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/sem-centro-de-triagem-pr-nao-tem-local-publico-para-abrigar-animais-silvestres-7g7jgk3z41cp9a9dtkb6sz12y/>. Accessed: 11 sep 2019.
- Destro, G. F. G., Pimentel, P.L., Sabaini, R. M., Borges, R. C., & Barreto, R. (2012) Efforts to combat wild animals trafficking in Brazil. In: Lameed GA (ed.): *Biodiversity enrichment in a diverse world*. – InTech Brazil
- Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch, W., Hulme, P. E., Hulber, K., Jarosik, V., ... Pysek, P. (2011) Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 203–207. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011728108>
- Fearnside, P. M. (2016) Brazilian politics threaten environmental policies. *Science*, 353(6301), 746–748. doi:10.1126/science.aag0254
- Fonseca, É., Both, C., & Cechin, S. Z. (2019) Introduction pathways and socio-economic variables drive the distribution of alien amphibians and reptiles in a megadiverse country. *Diversity Distribution*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/ddi.12920>
- Frehse, F. A., Braga, R. R., Nocera, G. A., & Vitule, J. R. S. (2016) Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. *Biological Invasions*, 18. doi: 10.1007/s10530-016-1260-9.

- Garner, T. W., Stephen, I., Wombwell, E., & Fisher, M.C. (2009) 'The amphibian trade: Bans or best practice?' *EcoHealth*, 6, 148–151. <https://doi.org/10.1007/s10393-009-0233-1>
- HSUS (2001) The trade in live reptiles: Imports to the United States. The Humane Society of the United States.
- Hulme, P. E. (2015) Invasion pathways at a crossroad: policy and research challenges for managing alien species introductions. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1418–1424
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (2019) Dados abertos. <http://dadosabertos.ibama.gov.br>. Accessed 27 sep 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018a) Síntese de indicadores sociais : uma análise das condições de vida da população brasileira : 2018. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 151p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018b) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2016/2018. Ministério da Economia, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro, RJ, Ministério da Economia, 115p.
- Jachmann, H. (2003) Elephant poaching and resource allocation for law enforcement. In: Oldfield S (ed.). *The trade in wildlife: regulation for conservation*. Earthscan, London
- Kraus, F. (2009) *Alien reptiles and amphibians: A scientific compendium and analysis*. Dordrecht the Netherlands: Springer Science & Business Media.
- Krysko, K. L., Burgess, J. P., Rochford, M. R., Gillette, C. R., Cueva, D. ... Nielsen, S. V. (2011) Verified non- indigenous amphibians and reptiles in Florida from 1863 through 2010: outlining the invasion process and identifying invasion pathways and stages. *Zootaxa*, 3028, 1–64.
- Kuhnen, V., & Kanaan, V. (2014) Wildlife trade in Brazil: A closer look at wild pets welfare issues. *Brazilian Journal of Biology*, 74(1), 124–127. doi:10.1590/1519-6984.18912
- Lavorgna, A. (2015) The Social Organization of Pet Trafficking in Cyberspace. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 21(3), 353–370. doi:10.1007/s10610-015-9273-y
- Lemos, A. A. M., Filho, E. P. S., & Lima, M. A. J (2005) Um Modelo para Análise Socioeconômica da Criminalidade no Município de Aracaju. *Estudos Econômicos*, São Paulo, 35(3), 569-594.
- Lima, G. G. B. (2007) conservação da fauna e da flora silvestres no Brasil: a questão do tráfico ilegal de plantas e animais silvestres e o desenvolvimento sustentável. *Revista Jurídica*, Brasília, 9 (86),134-150.
- Lockwood, J. L., Welbourne, D. J., Romagosa, C. M., Cassey, P., Mandrak, N. E., Strecker, A. ... Keller, R. (2019) When pets become pests: the role of the exotic pet trade in producing invasive vertebrate animals. *Frontiers in Ecology and the Environment*; doi:10.1002/fee.2059
- Lyons, J. A., & Natusch, D. J. D. (2013) Effects of consumer preferences for rarity on the harvest of wild populations within a species. *Ecological Economics*, 93, 278–283. doi:10.1016/j.ecolecon.2013.06.004

- Magalhães, A. L. B., São-Pedro, V. A. (2012) Illegal trade on non-native amphibians and reptiles in southeast Brazil: The status of e-commerce. *Phyllomedusa*, 11, 155–160. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v11i2p155-160>
- Martins, R. A., Assalim, A. M., & Molina, F. B. (2014) The presence of the Red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (Testudines, Emydidae), an invasive species, in the Paraíba river basin, Southeastern Brazil. *Herpetology Notes*, 7, 437–441.
- Mendes, M. P. (2015) Political Corruption and its Effects on the Government's Ability to Provide Essential Public Goods in Brazil. Johns Hopkins University, School of Advanced International Studies. Washington. DC. 13p.
- Mohanty, N.P., Measey, J. (2019) The global pet trade in amphibians: species traits, taxonomic bias, and future directions. *Biodiversity and Conservation*. doi:10.1007/s10531-019-01857-x
- Moorhouse, T. P., Balaskas, M., D'cruze, N. C., & Macdonald, D. W. (2017) Information could reduce consumer demand for exotic pets. *Conservation Letters*, 10, 337–45
- MPF (2018) Após denúncia do MPF, maior traficante de animais do Brasil é condenado a 12 anos de reclusão. <http://www.mpf.mp.br/pb/sala-de-imprensa/noticias-pb/apos-denuncia-do-mpf-maior-traficante-de-animais-do-brasil-e-condenado-a-12-anos-de-reclusao>. Accessed: 29 sep 2019.
- Natusch, D. J. D., & Lyons, J. A. (2012) Exploited for pets: the harvest and trade of amphibians and reptiles from Indonesian New Guinea. *Biodiversity and Conservation*, 21(11), 2899–2911. doi:10.1007/s10531-012-0345-8
- Núñez, M. A., & Pauchard, A. (2010) Biological invasions in developing and developed countries: does one model fit all? *Biological Invasions*, 12(4), 707–714. doi:10.1007/s10530-009-9517-1
- Patoka, J., Magalhães, A. L. B., Kouba, A., Faulkes, Z., Jerikho, R., Vitule, J. R. S. (2018) Invasive aquatic pets: failed policies increase risks of harmful invasions. *Biodiversity and Conservation*, 27(11), 3037–3046. doi:10.1007/s10531-018-1581-3
- Prazeres, L. (2019) Corrupção contribuiu para o desmatamento, mostram investigações. <https://oglobo.globo.com/sociedade/corruptao-contribuiu-para-desmatamento-mostram-investigacoes-23919976>. Accessed: 29 sep 2019.
- RENTAS—Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (2001). Primeiro Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. Rentas, Brasília.
- Robinson, J. E., Griffiths, R. A., St. John, F. A. V., & Roberts, D. L. (2015) Dynamics of the global trade in live reptiles: shifting trends in production and consequences for sustainability. *Biological and Conservation* 184:42–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2014.12.019>.
- Rodrigues, S. (2019) Governo corta R\$ 187 milhões do MMA. Saiba como o corte foi dividido. <https://www.oeco.org.br/noticias/governo-corta-r-187-milhoes-do-mma-saiba-como-o-corte-foi-dividido/>. Accessed: 29 sep 2019.
- Scheffers, B. R., Oliveira, B. F., Lamb, I., & Edwards, D. P. (2019) Global wildlife trade across the tree of life. *Science*, 366 (6461), 71-76. DOI: 10.1126/science.aav5327
- Seebens, H., Blackburn, T. M., Dyer, E. E., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., & Bacher, S. (2017) No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nat Commun*, 8, 14435

Stringham, O. C., & Lockwood, J. L. (2018) Pet problems: Biological and economic factors that influence the release of alien reptiles and amphibians by pet owners. *Journal of Applied Ecology*, 1–9. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13237>

Stuart, B. L. (2006). Scientific Description Can Imperil Species. *Science*, 312(5777), 1137b–1137b. doi:10.1126/science.312.5777.1137b

Thomé, M. T. C., & Haddad, C. F. B. (2019) Brazil's biodiversity researchers need help. *Science*, 364(6446), 1144.2–1145. doi:10.1126/science.aax9478

Tollefson, J. (2018) Tropical Trump' victory in Brazil stuns scientists. *Nature*. doi: 10.1038/d41586-018-07220-4

Wilson-Wilde, L. (2010) Wildlife crime: a global problem. *Forensic Sci Med Pathol*, 6, 221–222. 10.1007/s12024-010-9167-8

WWF-Brasil - World Wildlife Fund. For Nature Brasil (2017) Cortes no orçamento da união para 2018 atingem Unidades de Conservação e combate ao desmatamento. WWF-Brasil – Políticas Públicas, Brasília, 7p.

WWF-Brasil - World Wildlife Fund. For Nature Brasil (2018) Financiamento público em meio ambiente: um balanço da década e perspectivas. WWF-Brasil – Políticas Públicas, Brasília, 12p.

Van Uhm, D. P., & Moreto, W. D. (2017) Corruption Within the Illegal Wildlife Trade: A Symbiotic and Antithetical Enterprise. *The British Journal of Criminology*, 58(4), 864–885. doi: <https://doi.org/10.1093/bjc/azx032>

Zanchetta, I. (2013) Coreanos são presos em Mato Grosso por biopirataria no Parque Indígena do Xingu. <https://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/coreanos-sao-presos-em-mato-grosso-por-biopirataria-no-parque-indigena-do-xingu>. Accessed: 15 nov 2019

## Apêndices

**Tabela S2-** Relação de instrumentos legais específicos mencionados neste artigo. As normas estão organizadas por tipo, hierarquia e em ordem cronológica de publicação.

<b>TIPO</b>	<b>EMENTA</b>
<b>LEIS</b>	
Lei nº 6.001, de 19 de dezembro de 1973	“Dispõe sobre o Estatuto do Índio.”
Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	“Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.”
Lei nº 11.706, de 19 de junho de 2008	“Altera e acresce dispositivos à Lei no 10.826, de 22 de dezembro de 2003, que dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição e sobre o Sistema Nacional de Armas - Sinarm e define crimes.”
<b>EMENDAS CONSTITUCIONAIS</b>	
Emenda Constitucional nº 95, de 15 de dezembro de 2016	“Altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para instituir o Novo Regime Fiscal, e dá outras providências.”
<b>LEIS COMPLEMENTARES</b>	
Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011	“Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.”
<b>DECRETOS</b>	
Decreto nº 4.281, de 25 de junho de 2002	“Regulamenta a Lei no 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências.”
Decreto nº 5.855, de 19 de Julho de 2006	“Promulga o Acordo Complementar na Área de Recursos Naturais e Meio Ambiente ao Acordo Básico de Cooperação Técnica e Científica entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Governo da República do Peru, celebrado em Brasília, em 20 de agosto de 2004.”

Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007	“Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.”
Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008	“Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências.”
<b>RESOLUÇÕES</b>	
Resolução CONAMA nº 394, de 6 de novembro de 2007	“Estabelece os critérios para a determinação de espécies silvestres a serem criadas e comercializadas como animais de estimação.”
Resolução CONAMA nº 457, de 25 de junho de 2013	“Dispõe sobre o depósito e a guarda provisórios de animais silvestres apreendidos ou resgatados pelos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente, como também oriundos de entrega espontânea, quando houver justificada impossibilidade das destinações previstas no §1o do art. 25, da Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.”
<b>PORTARIAS</b>	
Portaria IBAMA nº 118-n, de 15 de outubro de 1997	Normaliza o funcionamento de criadouros de animais da fauna silvestre brasileira com fins econômicos e industriais.
Portaria nº 1.611, de 7 de junho de 2018	“Aprova a relação dos Centros de Triage de Animais Silvestres (CETAS) do IBAMA e dá outras providências.”
Portaria SEMA nº 46, de 08 de abril de 2015	“Proíbe a criação e o comércio das espécies e subespécies exóticas e nativas das tartarugas de água doce do gênero <i>Trachemys</i> em todo o território do Rio Grande do Sul e dá outras providências.”
<b>INSTRUÇÃO NORMATIVA</b>	
Instrução Normativa IBAMA nº 179, de 25 de Junho 2008	“Define diretrizes e procedimentos para destinação dos animais da fauna silvestre nativa e exótica apreendidos, resgatados ou entregues espontaneamente às autoridades competentes.”
Instrução Normativa IBAMA nº 19, de 19 de dezembro de 2014	“Estabelece diretrizes e procedimentos, no âmbito do IBAMA, para a apreensão e a destinação, bem como o registro e o controle, de animais, produtos e subprodutos da fauna e flora, instrumentos, petrechos, equipamentos, embarcações ou veículos de qualquer natureza apreendidos em razão da constatação de prática de infração administrativa ambiental.”
<b>PROJETOS DE LEI</b>	
Projeto de lei nº 3729, de 2004	“Dispõe sobre o licenciamento ambiental, regulamenta o inciso IV do § 1º do art. 225 da

	Constituição Federal, e dá outras providências.”
Projeto de lei nº 6268, de 2016	“Dispõe sobre a Política Nacional de Fauna e dá outras providências.”

## Discussão geral

No Brasil há uma surpreendente diversidade de répteis e anfíbios exóticos em diferentes estágios de invasão. Através do levantamento extenso resultante desta tese, foram encontrados um total de 2.292 registros de 136 espécies de répteis e anfíbios exóticos no país. A riqueza de espécies exóticas e a incidência de registros encontrada não mostrou relação com os fatores espaciais e climáticos analisados, corroborando os resultados de outros estudos com grupos como peixes, aves, mamíferos e plantas (CHIRON et al. 2009; JESCHKE; GENOVESI 2011; LEPRIEUR et al. 2008; TAYLOR; IRWIN 2004). Esses achados sugerem a existência de um padrão geral para análises em macro escala, onde os fatores antropogênicos são mais importantes do que os naturais para regular a introdução de espécies exóticas. Apenas esse padrão isolado, reforça a ideia de que esse processo não é mais um processo “natural” como argumentam alguns autores. No segundo capítulo, quando foram comparados os resultados de modelos de distribuição de espécies executados apenas com variáveis climáticas (abióticas) e modelos incluindo um índice de atividade humana, verificou-se que a inclusão da variável antrópica melhora a precisão do modelo e a previsão das áreas invadidas. Além disso, foi verificado que a atividade humana permite o estabelecimento de populações fora do nicho climático fundamental das espécies. Ou seja, uma espécie exótica pode invadir áreas com condições climáticas subótimas, desde que a atividade humana seja alta o suficiente para possibilitar o aumento da diversidade genética e as chances de adaptação através da liberação constante de indivíduos e das alterações ambientais (FICETOLA et al. 2009; LOCKWOOD et al. 2005).

A incidência de registros e riqueza de anfíbios e répteis exóticos no Brasil suportam a hipótese de que a pressão de colonização e a atividade humana são fatores-chave para o aumento da diversidade de espécies exóticas (LEPRIEUR et al. 2008; LOCKWOOD et al. 2009). O modelo causal desenvolvido revelou que o produto interno bruto (PIB) e o comércio de animais de estimação são os preditores mais influentes da riqueza de anfíbios e répteis exóticos no país, enquanto que as vias de introdução acidental e consumo humano contribuiriam para explicar o número de registros. A relação observada do PIB com a riqueza de espécies exóticas é explicada pela intensidade da atividade humana no local e, conseqüentemente, maior diversidade de vias de introdução de propágulos e de eventos de introdução (LOCKWOOD et al. 2005; MCKINNEY 2006; MEYERSON; MOONEY 2007). É esperado que as introduções ocorram com maior frequência onde as rotas de transporte são mais intensas, o que é comum em áreas economicamente desenvolvidas e com maior densidade populacional (HULME 2009). No



Brasil, essas áreas estão concentradas no domínio da Mata Atlântica, onde vivem quase 72% da população e onde é produzido 80% do PIB brasileiro (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA 2016). Além de concentrar os registros de anfíbios e répteis exóticos, a região também abriga a maior diversidade de espécies exóticas e invasoras de plantas e outros grupos animais encontrados no país (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013; ZENNI et al. 2016).

O PIB também está fortemente associado à introdução de animais de estimação, o que, por sua vez, aumenta a riqueza de espécies e o número de registros. Assim como ocorre em outros países, a soltura e fuga de animais de estimação é a via mais fortemente associada a pressão de colonização para herpetofauna no Brasil (AULIYA et al. 2016). Adicionalmente, os grupos predominantemente utilizados no comércio - serpentes, lagartos e anuros - refletem a riqueza de anfíbios e répteis estabelecidos ao redor do mundo (CAPINHA et al. 2017). Apesar da importação de répteis e anfíbios exóticos (exceto *L. catesbeianus*) ser proibida, e a criação com fins comerciais para o mercado de animais de estimação ser bastante restrita no Brasil, o comércio ilegal atua removendo espécies nativas do seu habitat natural e introduzindo espécies exóticas pelo país como apontado no capítulo III. Uma vez que a regulamentação do comércio de animais de estimação é ineficaz em impedir e/ou limitar a sobre-exploração, o comércio ilegal e a invasão, é importante desenvolver estratégias mais eficazes para proteger a fauna nativa. Os principais obstáculos para o controle do comércio legal e ilegal de répteis no Brasil envolvem, principalmente, a falta de fiscalização, punições excessivamente brandas, elevada corrupção e pobreza e a falta de conscientização ambiental. Essas dificuldades são comuns em países em desenvolvimento, onde as desigualdades sociais prevalecem, os recursos são limitados e o controle e a fiscalização das fronteiras são falhos (NUÑEZ; PAUCHARD 2010; WILSON-WILDE 2010). No entanto, a situação brasileira é agravada pelos recentes cortes orçamentários e enfraquecimento das regulamentações e instituições ambientais, que podem afetar negativamente os rumos do desenvolvimento sustentável no país (TOLLEFSON 2018). O aumento do orçamento e dos esforços de fiscalização, em conjunto com melhorias na legislação e implementação de programas comunitários e educacionais são medidas críticas para o manejo sustentável e conservação da fauna silvestre (DESTRO et al. 2012; JACHMANN 2003). Para serem eficazes essas medidas devem ser pautada em ações multidisciplinares e internacionais, levando em consideração as necessidades e o contexto ambiental, político e socioeconômico específico de cada região.

## Conclusões gerais

O primeiro passo importante desta tese foi fazer um levantamento abrangente para compreender a identidade, origem da introdução, distribuição e os fatores que afetam a riqueza da herpetofauna exótica no país. Fizemos uma extensa revisão em artigos da literatura científica, dissertações e teses não publicadas, resumos de congressos, documentos técnicos e legais do governo, coleções zoológicas, bancos de dados on-line, informações de especialistas, bem como artigos de sites e jornais. Apesar de termos reunido um volume grande de registros de espécies exóticas, é importante destacar que os dados apresentados representam apenas uma parcela do que circula pelo país. Quatro motivos nos levam a fazer tal afirmação. Primeiro, as informações dos órgãos ambientais (zoológicos, CETAS, IBAMA, Polícia ambiental e etc.) que tivemos acesso através do E-sic (<https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>) e demais relatórios eram muito generalistas. Os dados eram resumidos em números gerais de répteis e anfíbios apreendidos ou recebidos pelo órgão, sem especificar as espécies ou gênero. Por esse motivo, essas informações não foram utilizadas para compor nossa base de dados. Segundo, tivemos um retorno baixo dos especialistas da área, onde apenas 2% dos 1000 especialistas contatados nos retornaram. Ao realizar a consulta aos especialistas tínhamos por objetivo obter informações de espécies exóticas ou registros recentes da expansão das espécies invasoras não contempladas em publicações. Por exemplo, é comum encontrar espécimes de *Trachemys sp.* em muitos parques urbanos, mas trabalhos com essas populações ou registros de tais ocorrências são raros e, portanto, essa informação não está disponível nas bases de dados tradicionais. Terceiro, fizemos um levantamento dos dados contidos na página Herpetofauna Brasileira, do Facebook, onde é comum aparecerem alguns registros de espécies exóticas encontradas pelo país, mas que também não são do conhecimento científico. Entretanto, devido à baixa confiabilidade dessas informações, os revisores do periódico referente ao capítulo I solicitaram a remoção desses dados de nossas análises. Por fim, ao longo deste trabalho, através de conversas informais tivemos conhecimento de diversas outras espécies exóticas que são criadas ilegalmente como animais de estimação, mas que também não puderam ser incluídas neste trabalho. Esses dados incluem espécies pouco populares no comércio como, por exemplo, dragões-de-komodo (*Varanus sp.*), víboras do gênero *Bitis sp.* e também espécies brasileiras de gêneros diversos. Acreditamos que a ausência dessas informações não compromete os resultados encontrados em nosso trabalho. Ao contrário, acreditamos que, se incluídos, esses dados provavelmente reforçariam nossos achados.

Nossos resultados revelaram uma grande diversidade de anfíbios e répteis exóticos distribuídos ao longo de todo o Brasil. Aqui, identificamos que a atividade humana é uma variável importante para explicar as principais vias de introdução e a distribuição das espécies exóticas. A maior parte das espécies exóticas estão concentradas nas áreas mais ricas e populosas do país e, portanto, são estes os locais para onde os esforços de prevenção devem ser direcionados. Nosso trabalho também mostrou a importância de incluir variáveis humanas nas análises e modelos em estudos de bioinvasão para refinar os resultados e permitir a formulação de estratégias de conservação e prevenção mais eficazes, principalmente para estudos com espécies diretamente associadas ao homem, como animais de estimação. Este é o primeiro estudo a apontar o comércio de animais de estimação como fator-chave para explicar a riqueza de anfíbios e répteis exóticos no Brasil. Como consequência, demonstramos que as atuais estratégias de controle do comércio legal e ilegal das espécies, exóticas e nativas, estão falhando e discutimos as principais dificuldades relacionadas. Apontamos medidas específicas para promover as mudanças necessárias e encontrar formas mais eficazes de combater o comércio ilegal de animais silvestres e suas consequências.

Esses resultados fornecem implicações importantes para proposição de estratégias de conservação que visem impedir a invasão de novas espécies, a chegada de propágulos e a sobre-exploração. Além disso, porque essas informações podem ser úteis para o aperfeiçoamento de estratégias de conservação e de instrumentos normativos, bem como o delineamento de ações de educação ambiental, compartilhamos nossas descobertas com órgãos de meio ambiente, instituições especializadas e ONGs. Mais especificamente, compartilhamos os dados obtidos com o Instituto Hórus e o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios (RAN/ ICMBio), responsável pelo Plano de Ação Nacional para Conservação de Anfíbios e Répteis Ameaçados de Extinção (PAN) cujo objetivo é a manutenção da diversidade da fauna de anfíbios e répteis do Brasil. Também pretendemos encaminhar algumas das recomendações incluídas no capítulo III as secretarias estaduais e criadouros autorizados, especialmente aqueles que são abertos à visitação. Nesse sentido, recomendamos um maior engajamento da comunidade científica brasileira no fornecimento de informações que possam orientar a formulação de políticas públicas e ambientais do país. Destacamos também a necessidade de melhorar o diálogo com a sociedade, buscando informar, orientar e envolver a sociedade em ações que visem a conservação do meio ambiente.

## Referências

AMAND, A. *Boiga irregularis* (Brown Tree Snakes) on Guam and its effect on fauna. *Restoration and Reclamation Review* 6: Fall, 2000.

ARRIAGA, L. et al. Potential Ecological Distribution of Alien Invasive Species and Risk Assessment: a Case Study of Buffel Grass in Arid Regions of Mexico. **Conservation Biology**, v.18, n.6, p.1504–1514, 2004 doi: 10.1111/j.1523-1739.2004.00166.x

AULIYA, M., et al. Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. **Biological Conservation**, v.204, p.103–119, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.017>

AUSTIN, M.P.; NICHOLLS, A.O.; MARGULES, C.R. Measurement of the Realized Qualitative Niche: Environmental Niches of Five Eucalyptus. **Ecological Monographs**, v.60, n.2, p.161-177. 1990. doi: 10.2307/1943043.

BLACKBURN, T.M. et al. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in ecology & evolution**, v.26, p.333-339, 2011.

BLACKBURN, T. M.; LOCKWOOD, J. L.; CASSEY, P. The Influence of numbers on invasion success. **Molecular Ecology**, v.24, p.1942–1953, 2015. <https://doi.org/10.1111/mec.13075>

BOTH, C. et al. Widespread occurrence of the american bullfrog, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae), in Brazil. **South American Journal of Herpetology**, v.6, p.127–134, 2011. <https://doi.org/10.2994/057.006.0203>

CADI A. et al. Successful reproduction of the introduced slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in the South of France. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v.14, p.237–246, 2004.

CADI, A.; JOLY, P. Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.2511–2518, 2004.

CAPINHA, C. et al. The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. **Science**, v.348, p.1248–1251, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8913>

CAPINHA, C. et al. Diversity, biogeography and the global flows of alien amphibians and reptiles. **Diversity and Distributions**, v.23, p.1313–1322, 2017. <https://doi.org/10.1111/ddi.12617>

CARVALHO, T.; BECKER, C.G.; TOLEDO, L.F. 2017 Historical amphibian declines and extinctions in Brazil linked to chytridiomycosis. **Proc. R. Soc. B**, v.284: 20162254. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.2254>

CASTRO, Fábio de. Serpente que não existe na fauna brasileira é encontrada em SC. **Estadão**, São Paulo, 10 mar. 2017. Disponível em:<<http://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,serpente-que-nao-existe-na-fauna-brasileira-e-encontrada-em-sc,70001695367>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

CATFORD, J.A.; JANSSON, R.; NILSSON, C. Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. **Diversity and Distributions**, v.15, p.22–40. 2009. doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00521.x

CBD (2014) Global Biodiversity Outlook 4. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

CHIRON, F.; SHIRLEY, S.; KARK, S. Human-related processes drive the richness of exotic birds in Europe. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.276, n.1654, p.47–53, 2009. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0994>

CIVANTOS, E. et al.(2012) Potential impacts of climate change on ecosystem services in Europe: the case of pest control by vertebrates. **BioScience**, v.62, p.658-666. 2012.

CLOUT, M.N. Biodiversity loss caused by invasive alien vertebrates. **Zeitschrift fur Jagdwissenschaft.**; v.48 Suppl:51–58, 2002. <https://doi.org/10.1007/BF02192392>

CROOKS, J.A. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. **Oikos**. v.97, p.153–166, 2002. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.970201.x>

DESTRO, G.F.G. et al. **Efforts to combat wild animals trafficking in Brazil**. In: LAMEED, G.A. (ed.): Biodiversity enrichment in a diverse world. – InTech Brazil, 2012.

ESSL, F. et al. Socioeconomic legacy yields an invasion debt. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.108, p.203–207, 2011. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011728108>

ETEROVIC, A.; DUARTE, M.R. Exotic snakes in São Paulo City, southeaster Brazil: why xenophobia? **Biodiversity and Conservation**, v.11, p.327–339. 2002. doi: 10.1023/A:1014509923673

FERRONATO, B.O. et al. The turtle *Trachemys scripta elegans* (Testudines, Emydidae) as an invasive species in a polluted stream of southeastern Brazil. **Herpetological Bulletin**, v.109, p.29–34, 2009.

FICETOLA, G.F.; THULLER, W.; PADOA-SCHIOPPA, E. From introduction to the establishment of alien species: bioclimatic differences between presence and reproduction localities in the slider turtle. **Diversity Distribution**, v.15, p.108–116, 2009.

FORTI, L. R. et al. Perspectives on invasive amphibians in Brazil. **PLoS ONE**, v.12, p.1–22, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184703>

FREHSE, F.A. et al. Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. **Biological Invasions**, v.18, 2016. doi: 10.1007/s10530-016-1260-9.

FRITTS, T.H. Economic costs of electrical system instability and power outages caused by snakes on the Island of Guam. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.49, p.93–100, 2002.

FRITTS, T.H.; RODDA, G.H. The role of introduced species in the degradation of island ecosystem: a case history of Guam. **Annu. Rev. Ecol. Syst**, v.29, p.113-140, 1998.

FROST, D.R.. **Amphibian species of the world: an online reference**. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA, Abr. 2013.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual 2016**. p.101, 2016.

GIOVANELLI, J.G.R.; HADDAD, C.F.B; ALEXANDRINO, J. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. **Biological Invasions**, v.10, p.585–590, 2008.

HERBORG, L.M. et al. Predicting invasion risk using measures of introduction effort and environmental niche models. **Ecological Applications**, v.17, n.3, p.663–674. 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1890/06-0239>.

HOFFMANN, B.D.; COURCHAMP, F. Biological invasions and natural colonisations: are they that different? **Neobiota**, v.29, p.1 – 14, 2016. doi: 10.3897/neobiota.29.6959

HULME, P. Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. **Journal of Applied Ecology**, v.46, n.1, p.10-18, 2009. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x

HULME, P.E. et al. Grasping at the routes of biological invasions: A framework for integrating pathways into policy. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.403–414, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>

HUTCHINSON, G.E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology**, v.22, p.415-427, 1957.

I3N-BRASIL. **Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras I3N Brasil**, Instituto

HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, Florianópolis – SC. <http://i3n.institutohorus.org.br/www> Acesso em (20/12/2019).

JACHMANN, H. **Elephant poaching and resource allocation for law enforcement**. In:

OLDFIELD, S. (ed.). **The trade in wildlife: regulation for conservation**. Earthscan, London, 2003.

JESCHKE, M.; GENOVESI, P. Do biodiversity and human impact influence the introduction or establishment of alien mammals? **Oikos**, v.120, p.57–64, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18621.x>

JOHANSSON, J. Evolutionary responses to environmental changes: How does competition affect adaptation? **Evolution**, v. 62, p. 421–435, 2007.

KRAUS, F. **Alien reptiles and amphibians: A scientific compendium and analysis**. Dordrecht, the Netherlands: Springer Science & Business Media, 2009.

KRYSKO, K.L. et al. Verified non- indigenous amphibians and reptiles in Florida from 1863 through 2010: outlining the invasion process and identifying invasion pathways and stages. **Zootaxa**, v.3028, p.1–64, 2011.

LATHAM, A.D.M. et al. Climate change turns up the heat on vertebrate pest control. **Biological Invasions**, v.17, n.10, p.2821–2829, 2015. <http://doi.org/10.1007/s10530-015-0931-2>.

LEPRIEUR, F. et al. Fish invasions in the world's river systems: When natural processes are blurred by human activities. **PLoS Biology**, v.6, p.0404–0410, 2008. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060028>

LIMA, S.L.; AGOSTINHO, C.A. **A criação de rãs** (2nd ed.). São Paulo, Brazil: Editora Globo, 1988.

LOCKWOOD, J.L.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T.M. The role of propagule pressure in explaining species invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v.20, p.223–228, 2005.

LOCKWOOD, J.L.; HOOPEES, M.F.; MARCHETTI, M.P. Invasion ecology. Blackwell, Malden, 304 pp. Lonsdale WM (1999) Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. **Ecology**, v.80, p.1522–1536, 2017.

LOCKWOOD, J.L.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T. M. The more you introduce the more you get: The role of colonization pressure and propagule pressure in invasion ecology. **Diversity and Distributions**, v.15, p.904–910, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00594.x>

LOCKWOOD, J.L. et al. When pets become pests: the role of the exotic pet trade in producing invasive vertebrate animals. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2019. doi:10.1002/fee.2059 N

LOWE, S. et al. **100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database**. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 2000. 12pp.

LOYOLA, R.D. et al. Climate change might drive species into reserves: a case study of the American Bullfrog in the Atlantic Forest Biodiversity Hotspot. **Alytes**, v.29, p.61-74, 2012

MAGALHÃES, A.L.B.; SÃO-PEDRO, V.A. Illegal trade on non-native amphibians and reptiles in southeast Brazil: the status of e-commerce. **Phyllomedusa**, v.11,n.2, p.155- 160, 2011. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v11i2p155-160>

MARTINS, R.A.; ASSALIM, A.M.; MOLINA, F.B. The presence of the Red-eared slider, *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838) (Testudines, Emydidae), an invasive species, in the Paraíba river basin, Southeastern Brazil. **Herpetology Notes**, v.7, p.437–441, 2014.



MCKINNEY, M. L. Correlated non-native species richness of birds, mammals, herptiles and plants: Scale effects of area, human population and native plants. **Biological Invasions**, v.8, p.415–425, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10530-005-6418-9>

MCKINNEY, M.L.; LOCKWOOD, J.L. Biotic Homogenization: A Sequential and Selective Process. **Biotic Homogenization**, p.1–17, 2001 doi:10.1007/978-1-4615-1261-5\_1

MELO, M.A. et al. First record of the invasive frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) in São Paulo, Brazil. **Salamandra**, v.50, n.3, p.177-180, 2014

MEYERSON, L.A.; MOONEY, H.A. Invasive alien species in an era of globalization. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.5, n.4, p.199-2087, 2006. doi: 10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2

MIAUD, C. et al. Invasive North American bullfrogs transmit lethal fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* infections to native amphibian host species. **Biological Invasions**, v.18, n.8, p.2299–2308, 2016.

MOHAMED, K.I. et al. Global invasion potential of 10 parasitic witchweeds and related Orobanchaceae. **Ambio**, v.35, p.281–288, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1579/05-R-051R.1>

MOHANTY, N.P.; MEASEY, J. The global pet trade in amphibians: species traits, taxonomic bias, and future directions. **Biodiversity and Conservation**, 2019. doi:10.1007/s10531-019-01857-x

NORI, J. et al. Climate change and American Bullfrog invasion: what could we expect in South America? **PLoS ONE**, v.6:e25718, 2011. doi:10.1371/journal.pone.0025718

NUÑEZ, M.A.; PAUCHARD, A. Biological invasions in developing and developed countries: does one model fit all? **Biological Invasions**, v.12, n.4, p.707–714, 2010. doi:10.1007/s10530-009-9517-1

OLDEN JD et al. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. **Trends in Ecology and Evolution**, v.19, p.18–24, 2004.

PEARL, C.A. et al. Asymmetrical effects of introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on native ranid frogs in Oregon. **Copeia**, p.11–20, 2004. doi:10.1643/CE-03-010R2

PISTONI, J.; TOLEDO, L. F. Amphibian Illegal Trade in Brazil: What Do We Know? **South American Journal of Herpetology**, v.5, n.1, p.51–56, 2010.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics**, v.52, p.273–288, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>

POLO-CAVIA N; LÓPEZ P; MARTÍN J Aggressive interactions during feeding between native and invasive freshwater turtles. **Biological Invasions**, v.13, p.1387–1396, 2010. doi:10.1007/s10530-010-9897-2

PRATES, I. et al. Molecular Identification and geographic origin of an exotic anole lizard introduced to Brazil, with remarks on its natural history. **South American Journal of Herpetology**, v.11, p.220–227, 2016. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-16-00042.1>

RICHARDSON, D.M. **Fifty Years of Invasion Ecology**. Wiley-Blackwell, Oxford. 2011. 432 p.

ROCHA, C.F.D.; ANJOS, L.A.; BERGALLO, H.G. Conquering Brazil: The invasion by the exotic gekkonid lizard *Hemidactylus mabouia* (Squamata) in Brazilian natural environments. **Zoologia**, v.28, p.747–754, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000600007>

RODDA, G.H.; SAVIDGE, J.A . Biology and Impacts of Pacific Island Invasive Species. 2. *Boiga irregularis*, the Brown Tree Snake (Reptilia: Colubridae). **Pacific Science**, v.61, n.3, p.307–324, 2007.

RÖDDER, D. et al. Alien invasive slider turtle in unpredicted habitat: A matter of niche shift or of predictors studied? **PloS One**, v.4: e7843, 2009.

RPC MARINGÁ. Cobra píton albina capturada em calçada de Maringá é adotada - O animal foi encontrado na quarta-feira (3), depois de um pedestre tropeçar nele quando voltava para casa. G1, Norte e Nordeste. 06 de Abril de 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/noroeste/noticia/2019/04/06/cobra-piton-albina-capturada-em-calçada-de-maringa-e-adotada.ghtml>; Acesso em: 20 dez. 2019.

SALLES, R. O. L.; SILVA-SOARES, T. *Phyllodytes luteolus* (Anura, Hylidae) as an alien species in the Rio de Janeiro municipality State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. **Herpetology Notes**, v.3, p.257–258, 2010.

SAMPAIO, A.B.; SCHMIDT, I.B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.3, p.32–49, 2013.

SANTOS, T.G. et al. First record of *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) (Testudines, Emydidae) in a remnant of Mesophytic Semideciduous Forest of São Paulo State, southeastern Brazil. **Herpetological Bulletin**, v.108, p.27-30, 2009.

SCHEFFERS, B.R. et al. Global wildlife trade across the tree of life. **Science**, v.366 (6461), p.71-76, 2019. doi: 10.1126/science.aav5327

SCHLAEPFER, M. A.; HOOVER, C.; DODD, K. Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. **Bioscience**, v.55, p.256–264, 2005. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0256:CIETIO\]2.0.CO](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0256:CIETIO]2.0.CO)

SEEBENS, H. et al. Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.115, p.E2264–E2273, 2018. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719429115>

SILVA-SOARES, T. et al. Continental, insular and coastal marine reptiles from the municipality of Vitória, state of Espírito Santo, southeastern Brazil. **Check List**, v.7, p. 290–298, 2011. <https://doi.org/10.15560/7.3.290>

SOBERÓN, J.; PETERSON, A.T Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v.2, p.1-10, 2005.

STOHLGREN, T.J.; SCHNASE, J.L. Risk Analysis for Biological Hazards: What We Need to Know about Invasive Species. **Risk Analysis**, v.26, n.1, p; 163-173, 2006. doi: 10.1111/j.1539-6924.2006.00707.x

TAYLOR, B. W.; IRWIN, R. E. Linking economic activities to the distribution of exotic plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.101, p.17725–17730, 2004 . <https://doi.org/10.1073/pnas.0405176101>

THUILLER, W. et al. Interactions between environment, species traits, and human uses describe patterns of plant invasions. **Ecology**, v.87, p.1755–1769, 2006

TOLEDO, L. F.; MEASEY, J. . Invasive frogs in São Paulo display a substantial invasion lag. **BioInvasions Records**, v.7, p.1–4, 2018. <https://doi.org/10.3391/bir.2018.7.3.15>

TOLLEFSON, J. Tropical Trump' victory in Brazil stuns scientists. **Nature**, 2018 doi: 10.1038/d41586-018-07220-4

TORTATO, M.A; BRESSAN, R.F.; KUNZ, T.S. Reproduction of two exotic species of *Trachemys* Agassiz, 1857 (Testudines, Emydidae) at Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, state of Santa Catarina, southern Brazil. **Herpetology Notes**, v.7, p.11–15, 2014.

VERMEIJ, G.J. An agenda for invasion ecology. **Biological Conservation**, v.78, p.3–9, 1996.

WILSON-WILDE, L, Wildlife crime: a global problem. **Forensic Science, Medicine and Pathology**, v.6, p.221–222, 2010. 10.1007/s12024-010-9167-8

ZAMBRANO, L. et al. Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**,v.63, p.1903–1910, 2006. doi:10.1139/F06-088.

ZENNI, R.D.; DECHOUM, M.S.; ZILLER, S.R. Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. **Biotemas**, v.29, n.1, p. 133-153, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2016v29n1p133>

ZILLER, S.R.; DECHOUM, M.S. Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v.3, n.2, p.4-31, 2013. doi: 10.5007/2175