



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí
Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

PEIXES EXÓTICOS INVASORES DE ÁGUA DOCE NO BRASIL: OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

ELTO APARECIDO MOREIRA

Orientador(a): Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Coorientador(a): Prof. Dr. Fabrício Barreto Teresa

Urutaí, Setembro de 2021.



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado

Coordenador

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Urutaí, setembro de 2021.

ELTO APARECIDO MOREIRA

**PEIXES EXÓTICOS INVASORES DE ÁGUA
DOCE NO BRASIL: OCORRÊNCIA,
DISTRIBUIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO**

Orientador(a)

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva

Coorientador(a)

Prof. Dr. Fabrício Barreto Teresa

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano –
Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais
do Cerrado para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2021

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

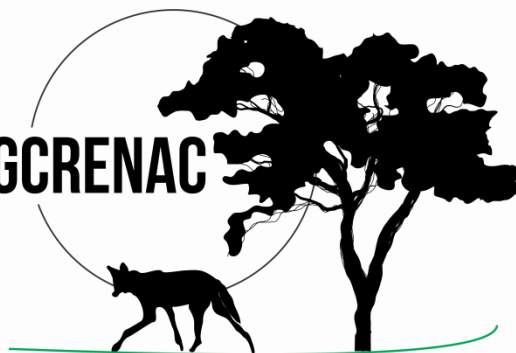
MM838p Moreira, Elto Aparecido
Peixes exóticos invasores de água doce no Brasil:
ocorrência, distribuição e identificação / Elto
Aparecido Moreira; orientador Daniel de Paiva Silva;
co-orientador Fabrício Barreto Teresa. -- Urutaí,
2021.
128 p.

Dissertação (Mestrado em Conservação dos Recursos
Naturais do Cerrado) -- Instituto Federal Goiano,
Campus Urutaí, 2021.

1. Espécies. 2. Exóticas. 3. Ocorrência. 4.
Ecossistemas. 5. Aquáticos. I. Silva, Daniel de
Paiva, orient. II. Teresa, Fabrício Barreto, co-
orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376

PPGRENAC



Programa de Pós-Graduação em Conservação de
Recursos Naturais do Cerrado

FICHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação:	PEIXES EXÓTICOS INVASORES DE ÁGUA DOCE NO BRASIL: OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO
Orientador(a):	PROF. DR. DANIEL DE PAIVA SILVA
Coorientador(a):	PROF. DR. FABRICIO BARRETO TERESA
Autor(a):	ELTO APARECIDO MOREIRA

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em 27 de setembro de 2021, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir.

Prof. Dr. **Daniel de Paiva Silva**
Orientador, IF Goiano – Campus Urutaí
Presidente

Prof. Dr. **André Luís da Silva Castro**
IF Goiano – Campus Urutaí
Membro titular

Prof. Dr. **Tiago Magalhães da Silva Freitas**
UFPA - Universidade Federal do Pará
Membro titular

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC – Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: Elto Aparecido Moreira

Matrícula: 2019101330940051

Título do Trabalho: Peixes exóticos invasores de água doce no Brasil: ocorrência, distribuição e identificação.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 22 /10 /2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

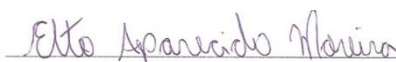
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Ceres-Go, 20 / 10 / 2021.
Local Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do (a) orientador (a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: Peixes exóticos invasores de água doce no Brasil: ocorrência, distribuição e identificação.

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Paiva
Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Fabrício
Barreto Teresa

Autor: Elto Aparecido Moreira

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em **27 de setembro de 2021**, como parte das exigências para obtenção do Título **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva - Orientador IF Goiano - Campus
Urutaí

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro IF Goiano - Campus

Prof. Dr. Tiago Magalhães da Silva Freitas

Urutaí

Universidade Federal do
Pará

Documento assinado eletronicamente por:

- **Tiago Magalhães da Silva Freitas, Tiago Magalhães da Silva Freitas - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259)**, em 27/09/2021 17:23:48.
- **Andre Luis da Silva Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 27/09/2021 17:22:00.
- **Daniel de Paiva Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 27/09/2021 17:19:53.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/09/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 311579

Código de Autenticação: d29a8c28b4



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 4/2021 - CCPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA Nº 72
BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de setembro do ano de dois mil e vinte e um, às quinze horas, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem a avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Elto Aparecido Moreira**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com trabalho intitulado "**Peixes exóticos invasores de água doce no Brasil: ocorrência, distribuição e identificação**". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação para, em 30 minutos, proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado**, a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS DO CERRADO**, na área de concentração em **Ciências Ambientais**, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do **Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado** da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva	IF Goiano - Campus Urutaí	Presidente

Prof. Dr. André Luís da Silva Castro

IF Goiano - Campus Membro interno
Urutaí

Prof. Dr. Tiago Magalhães da Silva
Freitas

Universidade Federal Membro
do Pará externo

Documento assinado eletronicamente por:

- **Tiago Magalhães da Silva Freitas, Tiago Magalhães da Silva Freitas - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259)**, em 22/10/2021 06:16:40.
- **Andre Luis da Silva Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/10/2021 14:57:16.
- **Daniel de Paiva Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/10/2021 14:47:03.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/09/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 311578

Código de Autenticação: 2124e438bd



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

*“Tendo em conta as condições de que
dispõe e na medida do possível, é a
natureza que faz sempre as coisas
mais belas e melhores.”
(Aristóteles)*

*“A ciência nunca resolve um problema
sem criar pelo menos outros dez.”
(George Bernard Shaw)*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela minha vida, por me permitir vencer os obstáculos que encontrei no percurso para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, José e Lazara, por tudo que fizeram para que eu tivesse boa educação, mesmo com todas as dificuldades existentes.

Aos meus filhos Stella e Bernardo, e a minha esposa Nívea pelo companheirismo diário e incentivo para realização deste curso, os quais foram muito importantes.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, em especial ao corpo docente do CRENAC que contribuíram para o crescimento profissional e pessoal durante o curso.

Ao meu orientador, professor Dr. Daniel de Paiva Silva pela disponibilidade, paciência, oportunidade de trabalhar juntos, conhecimentos e sugestões que foram comigo compartilhadas e agregaram para meu crescimento acadêmico e profissional. Também ao meu coorientador Dr. Fabrício Barreto pelas contribuições desde a primeira proposta de trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Biogeografia da Conservação e Macroecologia (COBIMA) do IF Goiano pela troca de conhecimento pelos dias que pudemos estar juntos presencialmente na instituição. E em especial, a Andressa e ao Lucas pelos auxílios prestados para tentar compreender a modelagem.

Agradeço à equipe do Projeto Cão Guia do IF Goiano - Campus Urutaí que possibilitou a hospedagem de alunos no período de aulas presenciais nas suas dependências.

Aos meus colegas de curso turma CRENAC/2019, em especial ao Saulo, Nayara, Thales, Tenilce, Fernando e Fernanda, os quais estiveram mais próximos do meu convívio.

Ao Eli Siqueira e Lauana que permitiram conciliar as atividades finais do mestrado com a prestação de serviços junto a Secretaria de Meio Ambiente de Hidrolina, Goiás.

A todos os professores titulares e suplentes que aceitaram participar da banca avaliadora, tanto de qualificação, quanto na defesa final.

Por fim agradeço a todos que contribuíram, incentivaram e estiveram comigo durante a realização deste curso.

SUMÁRIO

RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO GERAL	18
REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO I	
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	xiv
RESUMO	24
ABSTRACT	25
1. INTRODUÇÃO	26
2. MÉTODOS	29
2.1. Espécie estudada	29
2.2. Dados sobre a ocorrência da espécie	30
2.3. Variáveis ambientais	32
2.4. Procedimentos de modelagem	34
2.5. Avaliação da modelagem	35
3. RESULTADOS	36
4. DISCUSSÃO	43
5. CONCLUSÃO	49
6. AGRADECIMENTOS	49
7. REFERÊNCIAS	49
ANEXO	65

CAPÍTULO II

LISTA DE FIGURAS	xv
RESUMO	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUÇÃO	71
2. ASPECTOS HISTÓRICOS E REGULADORES SOBRE A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS NO BRASIL	73
2.1. Cultivo de espécies exóticas invasoras no Brasil	73
2.2. Mudanças nas leis reguladoras sobre introdução de peixes exóticos invasores.....	74
2.3. Possíveis impactos devido às mudanças nas legislações sobre aquicultura	76
3. METODOLOGIA	78
4. RELAÇÃO DAS 12 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS SELECIONADAS ..	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
6. REFERÊNCIAS	114
CONCLUSÃO GERAL	127

LISTA DE FIGURAS E TABELAS CAPÍTULO I

Figura 1: Distribuição geográfica atual de <i>Clarias gariepinus</i> na América do Sul. As ocorrências observadas estão representadas por triângulos.....	32
Figura 2. a): Ocorrência atual para <i>Clarias gariepinus</i> , com predição do futuro para o ano de 2070 de acordo com os 17 cenários de Modelos de Circulação Global Atmosfera-Oceano (AOGCMs); b) ACCESS1-0; c) BCC-CSM1-1; d) CCSM4; e) CNRM-CM5; f) GFDL-CM3, g) GISS-E2-R. h) HadGEM 2-AO; i) HadGEM2-CC; j) HadGEM2ES, k) INMCM4; l) IPSL-CM5A-LR; m) MIROC-ESM-CHEM; n) MIROC-ESM; o) MIROC5; p) MPI-ESM-LR; q) MRICGCM3; r) NorESM1-M) de circulação global, (ensemble) com presença e ausência da espécie	37
Figura 3: A: Área de distribuição do Presente (ensemble). B: Futuro (ensemble) e C: sobreposição. A cor vermelha representa o presente (cenário atual), enquanto a cor azul o cenário futuro. E neste último houve aumento da distribuição da espécie. O frame com a diferença apresentando a cor roxa. De forma geral as classes são: 1 = presente (vermelho); 10 = futuro (azul), 11 = diferença (roxo) e 0 = nenhuma predição em todos os modelos (verde).....	38
Figura 4. Ecorregiões hidrográficas (fonte: https://www.feow.org./download) com ocorrência atual, projeção futura e sobreposição dos cenários	42
Tabela 1. Descrição da Análise de Componentes Principais (PCA) que resultou nos componentes principais (PCs) utilizados como variáveis ambientais para determinar a distribuição de <i>Clarias gariepinus</i> na América do Sul	34
Tabela 2. Índice de similaridade Jaccard (média ± desvio-padrão) com valores médios e o desvio padrão gerado em cada um dos métodos de modelagem da distribuição geográfica de <i>Clarias gariepinus</i>	36
Tabela 3. Relação das ecorregiões hidrográficas na América do Sul, contendo os registros observado, potencial de área de ocorrência no presente e possíveis ecorregiões com áreas adequadas futuramente (fonte das ecorregiões hidrográficas: https://www.feow.org./ecoregions/interactive-map).....	38

LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO II

Figura 1	<i>Ctenopharyngodon idella</i> Valenciennes, 1844	79
Figura 2	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844	81
Figura 3	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (Richardson, 1845).....	84
Figura 4	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758.....	87
Figura 5	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758).....	90
Figura 6	<i>Coptodon rendalli</i> (Boulenger), 1897.....	93
Figura 7	<i>Oreochromis mossambicus</i> (Peters, 1852).....	96
Figura 8	<i>Oreochromis macrochir</i> (Boulenger, 1912).....	99
Figura 9	<i>Clarias gariepinus</i> (Burchell, 1822).....	102
Figura 10	<i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818).....	105
Figura 11	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792).....	107
Figura 12	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802).....	110

PEIXES EXÓTICOS INVASORES DE ÁGUA DOCE NO BRASIL: OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

RESUMO

As espécies exóticas estão presentes em diversos ecossistemas naturais e causam grandes perturbações à biodiversidade nativa. Os impactos da introdução de espécies exóticas invasoras provocam reflexos diretos nas questões socioambientais e financeiras da região que está inserida. No Brasil ocorrem várias espécies de peixes exóticos invasores em água continentais. As bacias hidrográficas dos continentes África, Ásia, e região norte América são algumas das fontes originárias das espécies que chegam ao Brasil. Há espécies que são comumente encontradas, enquanto outras possuem as distribuições mais restritas, embora os efeitos como a predação sobre as espécies nativas represente uma grande ameaça quando introduzidas na natureza. Existem aspectos regulatórios que buscam impedir, controlar ou erradicar as espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies nativas, como o Decreto Federal 2.519/98. E também o Decreto nº 4.339/02 com atribuições semelhantes para controle das espécies exóticas invasoras que possam afetar a biodiversidade. Neste sentido, serão elaborados dois capítulos que trabalharão sobre a introdução de espécies exóticas invasoras em água doce do país. O primeiro tratará da invasão do bagre Africano em ecorregiões aquáticas na América do Sul considerando ocorrências atuais e projeções futuras de acordo com cenários climáticos. Já o segundo capítulo apresentará leis e uma relação espécies de peixes com grande potencial invasor em águas continentais no Brasil.

Palavras-chave: Impactos, barreiras vetores, continental e comunidade, nativas.

EXOTIC FRESHWATER INVASIVE FISH IN BRAZIL: OCCURRENCE, DISTRIBUTION AND IDENTIFICATION

ABSTRACT

Exotic species are present in several natural ecosystems and cause great disturbances to native biodiversity. The impacts of the introduction of invasive alien species have a direct impact on socio-environmental and financial issues in the region in which it is located. In Brazil there are several species of exotic fish invasive in continental waters. The hydrographic basins of the continents of Africa, Asia, and North America are some of the original sources of the species that arrive in Brazil. There are species that are commonly found, while others have more restricted distributions, although effects such as predation on native species represent a major threat when introduced into nature. There are regulatory aspects that seek to prevent, control or eradicate exotic species that threaten ecosystems, habitats or native species, such as Federal Decree 2519/98. And also Decree No. 4.339/02 with similar attributions to control invasive alien species that can alter biodiversity. In this sense, two chapters will be prepared that will work on the introduction of invasive alien species in the country's freshwater. The first will deal with the invasion of African catfish in aquatic ecoregions in South America considering current occurrences and future projections according to climate scenarios. The second chapter will present laws and a list of fish species with great invasive potential in Brazilian continental waters.

Keywords: Impacts, vector barriers, continental and community, native.

PEIXES EXÓTICOS INVASORES DE ÁGUA DOCE NO BRASIL: OCORRÊNCIA, DISTRIBUIÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

INTRODUÇÃO GERAL

Existem diferenças entre espécie exóticas e espécies exóticas invasoras, sendo a primeira definida como aquelas espécies que se encontram em locais que são fora de sua área de ocorrência natural (Convenção sobre Biodiversidade Biológica CDB, 1992). Já as espécies exóticas invasoras, além de estarem fora da distribuição original, conseguem se estabelecer e propagar, ameaçando a diversidade biológica local, ou seja, as espécies nativas (IUCN, 2009; Leão et al., 2011).

A introdução de uma espécie em um novo ambiente pode ocorrer de forma intencional ou acidental (Agostinho et al., 2007). Sendo a aquicultura, aquarofilia e soltura com propósito de realizar pesca os principais vetores da chegada das espécies exóticas invasoras em ambientes de água continentais (Orsi & Agostinho 1999; Casimiro et al., 2010; Casal, 2006; Vitule et al., 2009; Les & Mehrhoff, 1999). As origens dos peixes exóticos invasores de água doce no Brasil são diversas, com grande número de espécies oriundas de outros continentes; africano (*ex*; tilápias e bagre), asiático (*ex*; carpas), e região norte americana (*ex*; bagre e achigã). Além disso, pode ocorrer a translocação de espécies exóticas invasoras entre as bacias hidrográficas brasileiras, como por exemplo, espécies amazônicas (*ex*; *Cichla* spp. tucunaré) presentes em outras regiões do país.

Os efeitos das introduções de espécies exóticas invasoras são muito severos para as comunidades residentes, onde locais com grande biodiversidade natural, sofrem diminuição desta diversidade devido a chegada de espécies não nativas nos ambientes (McKinney, 2006; Lassau & Hochuli, 2004; Rahel, 2000; Simberloff, 2003). Os impactos da introdução de espécies exóticas invasoras são diversos, e entre eles estão: modificação na composição e na estrutura da comunidade, competição por recursos, efeito predatório, alteração na teia alimentar, chegada de patógenos e parasitas, processos de hibridizações, dentre outros (Kurchevski, et al 2010; Orsi & Agostinho, 1999; Rahel et al. 2007; Johnson et al. 2008; Rahel, 2000; Latini & Petrere Jr., 2004). Também, não menos importante, são os impactos econômicos e sociais que ocorrem com introdução de espécies exóticas invasoras, como por exemplo, o aumento da concorrência por recursos junto a espécies nativas que possuem importância para a pesca comercial e artesanal de uma região (Pimentel, 2005).

Em termos de número, segundo dados do projeto “Pró-espécies: todos contra a extinção” de 2019, no Brasil foram identificadas 101 espécies exóticas potencialmente invasoras em água continentais do país. Deste total, 100 são animais (<https://proespecies.eco.br/>). Já no 1º Informe Nacional Sobre de Espécies Invasoras, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2006, foram classificadas 49 espécies exóticas com histórico invasor que afetam os ambientes de águas continentais brasileiras (sendo elas: 1 espécie de crustáceo, 6 espécies de macrófitas aquáticas, 1 espécie de microrganismo, 4 espécies moluscos e 37 espécies de peixes). Nesse mesmo levantamento, tiveram 109 registros das diferentes espécies de peixes exóticos no país, sendo duas espécies contidas e 74 amostrados em ambientes naturais, com 19 peixes estabelecidos e 14 invasores (Latini, 2016).

O tamanho do território brasileiro e a grande dimensão dos ecossistemas aquáticos continentais (aproximadamente 20% de toda água doce do planeta) facilita o processo invasivo, pois existem muitas possibilidades e locais susceptíveis a introdução destas espécies. Neste contexto, diversos trabalhos relatam a ocorrência e distribuição de espécies de peixes exóticos invasores (Agostinho et al., 2007; Zaret & Paine, 1973; Carvalho et al., 2005; Latini & Petrere Jr. 2004; Sampaio & Schmidt, 2013). Algumas destas espécies ocorrem em praticamente em todos os biomas, como exemplo a tilápia *Oreochromis niloticus* (Casimiro et al., 2010; Latini, 2016). As espécies de tilápias são altamente tolerantes às variações das condições ambientais, ao contrário das carpas, que são mais sensíveis às alterações ambientais. Existem algumas espécies que são altamente impactantes quando ocorrem em ambientes naturais, como exemplo, os bagres africano (*Clarias gariepinus*) e americano (*Ictalurus punctatus*), os quais são predadores vorazes e causam grandes pressões sobre as comunidades da ictiofauna.

Após o estabelecimento de populações de espécies exóticas invasoras, a eliminação das mesmas pode ser inviável, dependendo do estágio. Entretanto, o manejo adequado e o conhecimento sobre seus danos devem ser mais difundidos para toda a população, tais como criadores, pescadores, comerciantes do ramo entre outros atores da comunidade. O Decreto Federal 2.519/98 confere ao Estado brasileiro a tarefa de “*impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies*”. Quatro anos depois, o Decreto nº 4.339/02 o qual instituiu que é obrigação do Estado “*promover a prevenção, erradicação e o controle de espécies exóticas invasoras que possam afetar a biodiversidade*”. Porém, a problemática da introdução de espécies parece estar se instaurando com o passar dos anos.

E o surgimento de novas tecnologias e métodos de avaliação de dados, como a modelagem, tem permitido experimentar um novo cenário. O uso destas ferramentas possibilita prever áreas adequadas possam abrigar tais espécies no futuro, sendo extremamente útil para conservação biológica em cada local. Apresentado a problemática da introdução de espécies exótica invasora, esta dissertação está estruturada em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado: *Distribuição atual e futura de um bagre africano invasivo na América do Sul: razões para se preocupar?* Neste capítulo é considerada a distribuição atual e projeções de áreas adequadas no futuro frente os cenários de mudanças climáticas para a ocorrência da espécie *Clarias gariepinus*. E o segundo capítulo intitulado; *Uma dúzia de peixes: conhecendo melhor sobre algumas espécies exóticas invasoras que ocorrem em águas continentais no Brasil*. Já nesta parte, são apresentadas algumas espécies exóticas invasoras que ocorrem no país e têm importância comercial na aquicultura, que é um dos principais vetores da introdução em áreas naturais. Também serão tratadas algumas questões reguladoras (leis) relacionadas ao cultivo de peixes. Este será apresentado na forma de cartilha com informações de maneira que facilite a identificação das espécies e tragam conhecimentos ao público em geral sobre peixes exóticos invasores.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. et al. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: **Editora da Universidade Estadual de Maringá** (Eduem). 501 p. 2007.
- BRASIL. Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Diário Oficial da União - Seção 1, p. 1, 1998.
- BRASIL. Decreto nº 4.339, de 22 de agosto de 2002. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Diário Oficial da União - Seção 1, p. 2, 2002.
- CARVALHO, E. D.; BRITTO, S. G.; ORSI, M. L. O panorama das introduções de peixes na bacia hidrográfica do rio Paranapanema, alto Paraná, Brasil. In: O. Rocha; E. L. G. Espíndola; N. Fenerich-Verani; J. R. Verani; A. C. Rietzler. (Org.). Espécies invasoras em águas doces: Estudos de caso e propostas de manejo. 1 ed. São Carlos: **Universidade Federal de São Carlos**, v. 1, p. 253-274. 2005.
- CASAL. C, M, V. Global documentation of fish introduction: The growing crisis and recommendation for action. **Biological Invasions**, v. 8, p. 3-11, 2006.
- CASIMIRO, A.C.R. et al. Os impactos das introduções de espécies exóticas em sistemas aquáticos continentais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia** v. 38, n. 1, 2010.
- CDB. Convenção da diversidade biológica, 1992. Definição de: Espécies exóticas invasoras.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira. **Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas**. Brasília: MMA. 2006
- IUCN. 2009. The World Conservation Union – IUCN. Disponível em http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn_med_programme/species/invasive_species/ Acesso em: 02 de Agosto de 2021.

- JOHNSON, P. T. J.; OLDEN, J. D.; ZANDEN, M. J. Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. **Front Ecol Environ**. Vol. 6, p.357–363, 2008.
- LASSAU, S. A.; HOCHULI, D, F. Effects of habitat complexity on ant assemblages. **Ecography**. v 27. p.157-164 – 2004.
- LATINI, O. A.; PETRERE, M. JR. Redution of a native fish fauna by alien species: an example from Brazilian fresh-water tropical lakes. **Fish Management Ecology**. Vol. 11, n. 2, p. 71-79, 2004.
- LATINI, A. O. et al. **Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil**. Série Biodiversidade, 39. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 294-629, 2016.
- LEÃO, T, C. C. et al. Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. **Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental**. Recife, PE, p. 99, 2011.
- LES, D. H.; MEHRHOFF, L. J. Introduction of nonindigenous aquatic vascular plants in southern New England: a historical perspective. **Biological Invasion** 1: p. 281-300. 1999.
- MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, v. 127, n. 3, p. 247-260, 2006.
- ORSI, M, L.; AGOSTINHO, A, A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 2, p. 557 – 560, 1999.
- PIMENTEL, D.; ZUNIGA R.; MORRISON D.. Update on the environmental an economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecol Econ** v. 52, p. 273-288, 2005.
- ORGANIZAÇÃO PRÓ-ESPÉCIES. **Todos contra a extinção**. Disponível em < <https://proespecies.eco.br/>> Acesso em 23 de agosto de 2021.

- KURCHEVSKI, G. et al. SPECIES Introduzidas como vetores de patógenos e parasitas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, v. 38, n. 1, 2010.
- RAHEL F. J. Homogenization of fish faunas across the United States. **Science** vol. 288, p. 854-856, 2000
- RAHEL F. J. Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: It's a small world after all. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 4, p. 696–710, 2007.
- SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 32-49, 2013.
- SIMBERLOFF, D. Confronting introduced species: a form of xenophobia? **Biological Invasion**, v. 5, p. 179-192, 2003.
- VITULE, J. R. S.; FREIRE, C. A.; SIMBERLOFF, D. International introductions of inland aquatic species. **Fish and Fisheries**, v. 10, p. 98-108, 2009.
- ZARET, T. M.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. **Science**, v. 182, p. 449-455, 1973.

CAPÍTULO I

DISTRIBUIÇÃO ATUAL E FUTURA DE UM BAGRE AFRICANO INVASIVO NA AMÉRICA DO SUL: RAZÕES PARA SE PREOCUPAR?

RESUMO

Espécies exóticas invasoras são responsáveis por grandes distúrbios no meio biótico quando são introduzidas. Existem algumas espécies que são consideradas ainda mais nocivas, como é caso do bagre africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Esta é uma espécie de hábitos generalistas, e com características anatômicas e fisiológicas que favorecem seu estabelecimento em locais com condições ambientais variáveis, representando séria ameaça às espécies de peixes nativos da América do Sul. Neste sentido, o trabalho teve como propósito analisar a distribuição atual e realizar projeções de áreas adequadas frente os cenários de mudanças climáticas para a ocorrência da espécie. Para isso, utilizamos 19 variáveis climáticas (*WorldClim*) com extensão que compreende a América do Sul e 17 cenários de Modelos de Circulação Global Atmosfera-Oceano para descrever a distribuição de *C. gariepinus* na América do Sul. Os resultados mostram a distribuição geográfica futura da espécie pode aumentar ligeiramente em relação ao presente, com aumento de áreas de ocorrências nas regiões Sul, Sudeste, e ainda mais acentuado no Nordeste brasileiro. Embora existam barreiras de deslocamento nos cursos hídricos, o aumento de área de adequabilidade para o bagre africano é um grande risco para ictiofauna nativa. Locais como as ecorregiões do Rio São Francisco e da Mata Atlântica no nordeste brasileiro, com alta diversidade e elevado grau de endemismo, foram previstos grande ganho de adequabilidade. A espécie também poderá atingir os estuários (local de grande importância para a reprodução de peixes) como na ecorregião da Laguna dos Patos (Brasil, Uruguai). Por fim, considerando o potencial perigo da espécie quando introduzida em ambiente natural, e através dos dados disponíveis, a aplicação de modelo de distribuição de espécie (SMD) ajudou a entender como ocorrerá ganhos de novas áreas no continente sul-americano. Assim, podem-se mitigar medidas que impeçam ou minimizem o potencial prejuízo que esta espécie possa causar nos ecossistemas aquáticos de acordo com a sua ocorrência em cada ecorregião.

Palavras-chave: Peixe, Espécie, Exótica, Ocorrências, Modelagem, Mudança Climáticas, Presente, Futuro.

CHAPTER I

CURRENT AND FUTURE DISTRIBUTION OF AN INVASIVE AFRICAN CAGARETTE IN SOUTH AMERICA: REASONS TO WORRY?

ABSTRACT

Invasive alien species are responsible for major disturbances in the biotic environment when they are introduced. There are some species that are considered even more harmful, such as the African catfish *Clarias gariepinus* (Burcell, 1822). This is a kind of generalist habits, and with anatomical and physiological characteristics that favor its establishment in places with variable environmental conditions, species representations to the species of fish native to South America. In this sense, the work aimed to analyze the current distribution and carry out projections of areas indicated the locations of climate change for the occurrence of the species. For this, we used 19 climate variables (WorldClim) with an extension that includes South America and 17 scenarios of Atmosphere-Ocean Global Circulation Models to describe the distribution of *C. gariepinus* in South America. The results presented the geographic distribution The future of the species may increase slightly compared to the present, with an increase in areas of occurrence in the South, Southeast, and even more accentuated in the Northeast of Brazil. Although there are movement barriers in watercourses, the increase in the area of suitability for African catfish is a great risk for native ichthyofauna. Places such as the São Francisco River and Atlantic Forest ecoregions in northeastern Brazil, with high diversity and a high degree of endemism, the great gain in suitability was obtained. The species can also reach estuaries (a place of great importance for fish reproduction) as in the Laguna dos Patos ecoregion (Brazil, Uruguay). Finally, considering the potential danger of the species when introduced into the natural environment, and through the available data, an application of a species distribution model (SMD) that allows a sense of how gains will occur in new areas in the South American continent. Thus, measures that prevent or minimize the potential damage that this species can cause to aquatic ecosystems can be mitigated according to its occurrence in each ecoregion.

Keywords: Fish, Species, Exotic, Occurrences, Modeling, Climate Change, Present, Future

1. INTRODUÇÃO

As invasões de espécies exóticas representam um grande risco ao meio biótico (Espinola, & Julio-Junior, 2007), sendo considerado pela IUCN (*International Union for Conservation of Nature*, 2001) como a segunda maior causa de perda da biodiversidade do planeta, atrás somente das ações antrópicas que provocam fragmentação e perda de habitats em ambientes naturais (IPCC, 2014; Mooney et al., 2005; Baillie et al., 2004; Tylianakis, et al., 2008). Por definição, espécies exóticas invasoras são “aquelas que se encontram fora de seu ambiente de distribuição natural e ameaçam ecossistemas, habitats e/ou espécies nativas” (Ziller, 2001; Pejchar & Mooney, 2009), causando impactos ambientais e prejuízos econômicos a médio e longo prazo (Richardson et al., 2000; Capdevila-Arguelles, et al., 2013). Ao se estabelecerem em determinado ambiente, as espécies exóticas causam efeitos diretos nas comunidades nativas e alterações na dinâmica e funcionamentos dos processos existentes (Ashton, et al., 2005; Ziller, 2001).

Atualmente, a tecnologia como ferramenta de ampliação e otimização do monitoramento em ambientes com espécies invasoras é uma grande aliada (Elith & Leathwick, 2009). Entretanto, existem vários déficits de informação que prejudicam com que um melhor conhecimento das espécies, mesmo aquelas carismáticas e melhor conhecidas, esteja disponível (Cardoso et al. 2011; Hortal et al. 2015). Dentre tais lacunas, o déficit Wallaceano, que se refere à falta de conhecimento acerca da distribuição das espécies no espaço geográfico (Diniz Filho, et al., 2010), afeta ativamente na tomada de decisões conservacionistas e preventivas relacionadas à invasão por espécies exóticas.

Como uma solução deste impasse, o uso de Modelos de Distribuição de Espécies [*Species distribution models* (SDMs) em inglês] ou Modelo de Adequabilidade de Habitat são ferramentas eficazes na elaboração de modelos a partir de dados espaciais (georreferenciados) (Paglia, et al., 2012; Bellard, et al, 2012; Lemes, et al, 2011). A digitalização em massa de informações armazenadas em coleções biológicas em todo o mundo (Graham et al. 2004; Pyke & Erlich 2010) e disponibilidade de bancos de dados de variáveis climáticas com diferentes características (Hijmans et al. 2005), estes métodos vêm sendo amplamente utilizados para auxiliar a tomada de decisões relacionados à conservação de espécies e prevenção/manejo de espécies exóticas (Lemes, et al, 2011).

A elaboração de SDMs é apoiada pela teoria do nicho ecológico, uma vez que indivíduos de uma mesma espécie são limitados por vários fatores, interações, condições e recursos, os quais são necessários para sobrevivência da espécie no ambiente natural, restringindo sua distribuição espacial (Soberón, 2007; Peterson et al., 2011). Os métodos de

SDMs correlacionam as informações de distribuição geográfica das espécies com as informações de clima destas regiões para gerar espaços multivariados que podem ser projetados para localidades sem registros para as espécies, mas que possuam qualidades climáticas semelhantes às daquelas das regiões com ocorrências conhecidas das espécies (Diniz Filho et al., 2010; Silva et al., 2019). Em outras palavras, ao concatenar dados biogeográficos com dados sobre clima, os modelos de distribuição de espécies permitem prever o nicho com as características ideais para a espécie.

Todavia, mesmo sendo considerados bons, os modelos gerados por SDM devem considerar as lacunas das ocorrências das espécies com as variáveis ambientais da atualidade, como o clima (Anderson, 2017). Muitas vezes o padrão de ocorrência das espécies atual tem relação com eventos e condições climáticas do passado, e na projeção de ocorrência de espécies no futuro deve-se considerar as variáveis climáticas atuais e todas as áreas acessíveis nestas condições existentes (Silva et al., 2019). Considerando a previsão atual sobre os efeitos das mudanças climáticas, sendo um dos pilares para as mudanças dos padrões de biodiversidade (IPCC, 2013), são esperadas alterações severas em médio prazo nas diversas formas de vida em todo o mundo (Pech et al., 2017).

Em particular para os peixes, que são organismos pecilotérmicos, os quais para regulação da temperatura corporal utilizam aspectos relacionados com as condições do ambiente, as mudanças climáticas podem representar um perigo ainda maior para esse grupo. Sobre as influências da temperatura, há variação nas respostas para as diferentes espécies de peixes, conforme as características do seu local de distribuição original (Buisson, et al., 2008) podendo favorecer algumas espécies e prejudicar outras. Por exemplo, o aumento na temperatura da água pode afetar a reprodução de muitas espécies de peixes, provocar a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido, alterar a disponibilidade de alimentos, entre outros (Andrade et al., 2018). O clima também está associado ao aumento, perda ou mudanças de áreas de adequada para várias espécies de peixes, sendo um fator que pode interferir diretamente na manutenção da biota aquática (Heino et al., 2009).

Em geral, as distribuições de espécies no ambiente são determinadas pela combinação de fatores bióticos e abióticos (Jackson et al. 2001). Existem diversos estudos que descrevem as alterações de áreas de ocorrência de peixes (Schaefer & Arroyave, 2010; Dauwalter & Rahel, 2008; Lindhol, et al., 2012; Markovic et al., 2014). Para esses organismos existem também algumas limitações de deslocamento, devido às barreiras de dispersão ecológicas, físicas e químicas (Pires et., 2018) e muitas vezes eles não podem migrar naturalmente de um local para outro (Hugueny et al., 2010; Woynarovich, 1991; Agostinho et al., 2007; Strayer &

Dudgeon, 2010). Isto ocorre, principalmente, devido aos limites existentes entre as bacias hidrográficas, ou ecorregiões hidrográficas (Abell et al., 2008), às mudanças que ocorrem no regime fluvial dos canais, alterações sazonais das chuvas, ocorrência de inundação, dinâmica e escoamento e qualidade dos cursos hídricos (Olden et al., 2010; Dudgeon et al., 2006; Poff, 2002; Poff et al., 2012; Reid et al. 2019; Albert et al. 2020). Adicionalmente, somam-se os impactos causados por outras atividades antrópicas, tais como desmatamento, mineração, contaminação por poluentes, construção de barragens para hidrelétricas, entre outras (Banareescu, 1990; Burridge et al., 2006; Dudgeon et al., 2006). Tais impactos nos ecossistemas aquáticos provocam danos à biodiversidade e ao funcionamento das comunidades de espécies nativas (Jankowski et al., 2009; Allan & Flecker, 1993; Armour et al., 1991).

Desta forma, os ambientes de água doce sofrem muitas pressões, e as espécies, em muitos casos, são ameaçadas e sujeitas a extinção (Olden et al., 2010; Catford et al., 2018; McClure et al., 2018; Revenga et al., 2005; Saunders et al., 2002.) comparado aos ambientes terrestre e marinho (Reid et al. 2019; Dudgeon et al., 2006; Olden et al., 2010 Poff et al., 2012). Portanto, em ambientes de água doce, as espécies nativas sofrem riscos diversos (como a degradação ambiental) e a chegada de espécies exóticas invasoras é fator complicador para a ictiofauna local, aumentando as pressões (por exemplo, a competição por recursos alimentar e abrigo reprodutivo).

Uma das espécies exóticas invasoras de peixe muito introduzida em ambientes de água doce no mundo é o bagre africano, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Essa espécie é naturalmente distribuída no continente africano, e partes da Ásia como Turquia, Israel, Jordânia e Síria (Burgess, 1989, De Graaf & Janssen, 1996). Seu habitat natural são águas calmas, como lagos, lagoas, pântanos e rios (Teugels, 1986; Froese & Pauly, 2020). A espécie já foi introduzida em 37 países, principalmente para fins de aquicultura (Weyl et al., 2016), e no Brasil sua introdução ocorreu na década de 80 (FAO, 1997). A origem da espécie em ambiente natural do Brasil está relacionada à atividade de piscicultura, onde ocorreram escapes (ilegais) que permitiram o estabelecimento da espécie em águas interiores do país (Nakatani, et al., 2001). O bagre africano é uma espécie que apresenta tolerância às condições adversas do ambiente (por exemplo, a baixa oxigenação na água), resistente a doenças, predador voraz com alta plasticidade trófica (Roininen et al., 1996), e alto grau de sucesso reprodutivo. Sua disseminação em águas continentais Sul-Americanas se apresenta uma grande ameaça a ictiofauna nativa (Alves, et al; 1999).

Sendo assim, este trabalho busca apresentar as ocorrências atuais para a espécie *C. gariepinus* em água doce da América do Sul, verificando a sua presença e ausência em diferentes cenários na atualidade e futuros utilizando variáveis climáticas. Especificamente, pretende-se avaliar o potencial invasivo desta espécie no continente Sul-Americano, descrevendo sua distribuição atual e futura, em uma tentativa de mostrar impactos desta espécie invasora no continente (em cenário atual e futuramente) nas diferentes ecorregiões hidrográficas das regiões Sul-americanas.

2. MÉTODOS

2.1. Espécie estudada

A espécie *C. gariepinus* é uma das mais de 30 espécies do gênero que pertence à família Clariidae Bonaparte, 1846 e à ordem dos Siluriformes (Froese & Pauly, 2020; Teugel et al., 1990; Teugels & Adriaens, 2003). O bagre africano tem o corpo anguiliforme (esguios), nadadeiras dorsal e anal longas, cabeça óssea grande achatada (deprimida), olhos pequenos, boca larga terminal com quatro pares de barbilhões (barbilhão mandibular externo mais longo do que o par interno), dentes diminutos no pré-maxilar e maxilar inferior dispostos em fileiras (Froese & Pauly, 2020; Bruton, 1979; Hee, 1999). A nadadeira dorsal apresenta base translúcida, sem espinhos; nadadeira anal longa também não apresenta espinhos, base vermelha, borda anterior branca e posterior preta. Face anterior da nadadeira peitoral com um espinho serrado. Nadadeira caudal arredondada e não possuindo nadadeira adiposa (LEP UFRRL 1058. Disponível em <http://r1.ufrj.br/lep/clarias_gariepinus.html> Acesso em 10 de dezembro de 2020). Há ocorrências de indivíduos com comprimento médio de até 1,50m e chegam até 60 kg (Teugels, 1986).

Esta espécie é capaz de adaptar-se e resistir a variações do ambiente, como por exemplo, condições de hipóxia, pois apresenta um órgão acessório (pseudo pulmões) para respiração aérea (Burgess, 1989). Por ser onívoro, o bagre africano se alimenta de qualquer animal vivo que caiba em sua boca, além de matéria orgânica vegetal ou animal em decomposição (Yalçin et al., 2001). De modo geral, sua dieta também pode incluir plâncton, artrópodes, moluscos crustáceos, alevinos de peixes e anfíbios. Sua amplitude de nicho trófico permite colonizar ambientes com diferentes disponibilidades alimento. (Bruton, 1979; De Graaf & Janssen, 1996; Mili & Teixeira, 2006; Yalçin et al., 2001).

O corpo longo possui muco, as nadadeiras peitorais são muito resistentes, e esse conjunto de características (de respiração do ar atmosférico, corpo com muco e nadadeiras fortes), juntos aos movimentos corporais, permite a espécie deslocar, se necessário migrar,

entre corpos d'água, passando pelo solo seco até atingir novo local (Donnelly, 1973; Hee, 1999). Causa grandes impactos em ecossistemas nativos ao se estabelecer, reduzindo a biodiversidade, devido ao seu instinto predatório. Um predador generalista e também forte competidor por recursos em ambientes invadidos (Bruton, 1979; De Graaf & Janssen, 1996). Portanto, na condição de peixe oportunista, os indivíduos desta espécie podem preda variadas espécies nativas e juntamente com sua fácil adaptação ao ambiente e possibilidade de viver locais com condições extremas, além da grande eficiência na reprodução (Donnelly, 1973).

Em sua localidade natural, a época de reprodução é durante o período de cheias (entre julho e dezembro), e no Brasil já foi registrada a reprodução dessa espécie de novembro a março (Latini, et al., 2016; Mili & Teixeira, 2006). Sua chegada ao Brasil aconteceu para criação em piscicultura, e foi relatada em 1986 (Nakatani et al., 2001; Alves et al., 1999). Já o seu o primeiro registro em ambientes naturais, (introdução) no país aconteceu no início da década de 90 (Vitule & Aranha, 2006; Britton & Orsi, 2012). Após o escape de muitos indivíduos dos tanques de criação várias populações desta espécie vieram a se estabelecer em água continentais do país (Alves et al., 1999; Donnelly, 1973; Nakatani, et al., 2001). Apesar de ter havido escapes não intencionais desta espécie nos ambientes brasileiros, também houve situações em que os piscicultores soltaram a espécie em ambiente natural pelo seu baixo preço comercial ou por acidente em épocas de cheia de cursos d'água próximos aos locais de cultivo, uma vez que estes eram estruturas mal planejadas em sua construção, os taludes dos criatórios eram frágeis e sem barreira de contenção para fuga (Braum, et al., 2003; Orsi & Agostinho; 1996; Latini et al., 2016).

Sobre os efeitos sócio-econômicos existem comprovações de que a introdução desta espécie em ecossistemas não nativos causa prejuízos às comunidades, com impactos na pesca reduzindo a diversidade local de peixes de valor econômico. O caso ocorreu no rio Itanhém, no Estado da Bahia, onde houve alterações na atividade de pesca de robalo (*Centropomus undecimalis*) e causou perda de renda para pescadores da região de Alcobaça, na ecorregião Mata Atlântica do Nordeste (Rabelo & Soares, 2009).

2.2. Dados sobre a ocorrência da espécie

Nesse estudo utilizamos dados de ocorrência da espécie *C. gariiepinus* pesquisados para a América do Sul e disponíveis nos repositórios splink (rede *speciesLink*) e *Global Biological Information Facility* (GBIF). Como critério de seleção, os dados armazenados nas bases necessitaram apresentar as coordenadas geográficas do local de amostragem da espécie *C. gariiepinus*.

Nas bases de dados pesquisadas (SPLINK e GBIF) foi encontrado um total de 59 registros de ocorrências para *C. gariepinus*. Feita a triagem para verificar a existência de duplicidade de ocorrências entre as bases, ou ausência de informações (como coordenadas geográficas, pois foram exemplares doados por pescadores), restaram 56 registros de *C. gariepinus* para executar o modelo de distribuição de espécies. Todos os registros são de ocorrências no Brasil, sem nenhuma ocorrência disponível para outros países sul-americanos (figura 1). Os exemplares estão armazenados em coleções de instituições de ensino científico, tais como: USP (Universidade de São Paulo), UNESP (Universidade Estadual Paulista), MBML (Museu de Biologia Mello Leitão), UFRJ (Universidade Federal do Rio), UEM, (Universidade Estadual de Maringá), EUL (Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina) etc. Os dados, com coletor, data, local de coleta (com coordenadas geográficas e Estado) e local de armazenamento são apresentados junto às bases de dados. O primeiro registro da espécie em bases de dados, com informações geográficas no Brasil ocorreu no município de Jataizinho, Estado do Paraná, precisamente no Ribeirão Couro do Boi, tributário do rio Tibagi, em 14/11/1992. Já o último dado lançado foi em 25/08/2018 no Estado, Espírito Santo, município de Mantenópolis, no Rio Itaúnas (pesquisa feita em fevereiro de 2021) conforme apresentado no Anexo 1.

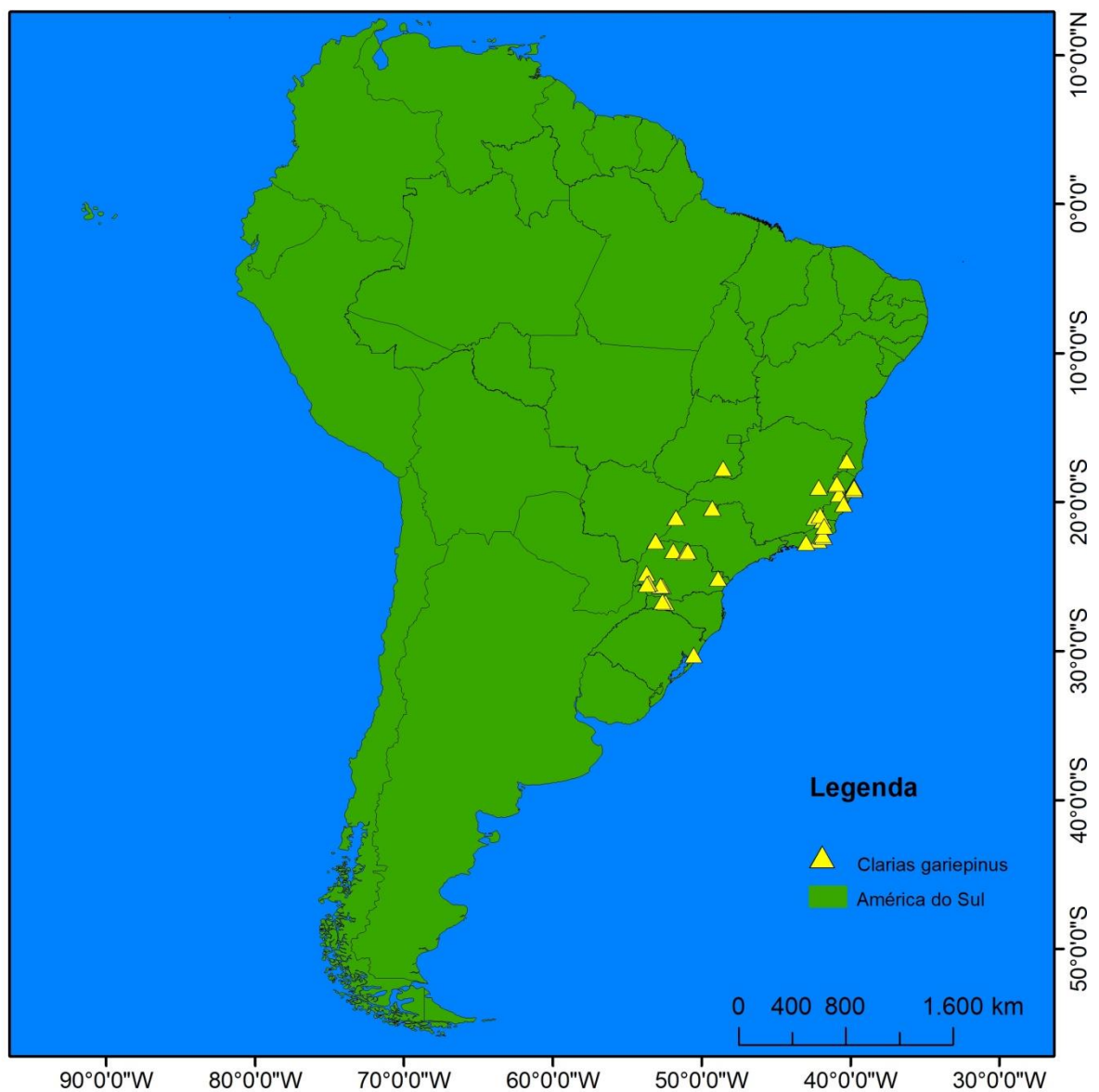


Figura 1: Distribuição geográfica atual de *Clarias gariepinus* na América do Sul. As ocorrências observadas estão representadas por triângulos.

Também foram relacionadas às ocorrências da espécie *C. gariepinus* em diferentes cenários, atual e futuro, com os dados preliminares de peixes de água doce para as ecorregiões hidrográficas descritas por Abell et al. (2008) em: “*Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation*”.

2.3. Variáveis ambientais

Para o cenário presente, foram trabalhadas 19 variáveis climáticas de temperatura e precipitação extraídas entre os anos 1950 a 2000 com dados referente ao planeta no período (*worldClim*), considerando a resolução de 4 km (tamanho de célula de 0,041° no equador)

com extensão que compreende a América do Sul. Para o cenário futuro, as mesmas variáveis bioclimáticas foram consideradas para os 17 Modelos de Circulação Global Atmosfera-Oceano (AOGCMs: ACCESS1-0, BCC-CSM1-1, CCSM4, CNRMCM5, GFDL-CM3, GISS-E2-R, HadGEM 2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2ES, INMCM4, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM-CHEM, MIROC-ESM, MIROC5, MPI-ESM-LR, MRICGCM3, NorESM1-M), gerado no site WorldClim para prever áreas climaticamente adequadas para *C. gariepinus*, conforme representativo de carbo (RCP 8.5) apresentado no último relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tratando o clima no mundo (IPC, 2013).

Para a análise do cenário atual, foi feita a Análise de Componentes Principais (PCA) para gerar variáveis ortogonais/independentes, as quais foram utilizadas como novas variáveis para prever a distribuição das espécies. Este passo ajuda evitar o *overfitting*, que é quando o modelo se ajusta perfeitamente aos dados (Jiménez-Valverde & Lobo, 2011) e também possibilita reduzir o número de variáveis e a colinearidade das variáveis na modelagem que cause um potencial sobre ajuste (Dormann et al., 2013; Segurado et al., 2006).

Os novos componentes principais ortogonais (PCs) foram usados como as novas variáveis ambientais para prever a distribuição de *C. gariepinus*, sendo escolhidos os que representam maior porcentagem em relação aos dados primários das variáveis. Sendo assim, somente os seis primeiros PCs foram usados, por serem os mais influenciáveis do modelo, representando maior peso na análise, e correspondendo por 96% da variação climática original para serem aplicadas as novas variáveis. A contribuição de cada variável climática para cada um dos setes PCs é mostrada na tabela 1. Os coeficientes lineares resultantes do PCA do cenário presente foram projetados em cada um dos cenários climáticos futuro, e executado em cada um dos 17 cenários futuros, visando minimizar a correlação existente entre as variáveis além de reduzir a quantidade de variáveis que possam alterar o modelo (produzir modelos sobre-ajustados).

Na aplicação de estudo de SDM é necessário utilizar variáveis não correlacionadas para prever os intervalos de distribuição das espécies (Dormann et al. 2013). O principal problema ao considerar as variáveis climáticas brutas como é caso do *Worldclim* é que mesmo após o uso de métodos de seleção para diminuir o número de variáveis a serem consideradas como variáveis preditoras, as variáveis restantes ainda são muito colineares (Silva, et al., 2019). Neste contexto, o trabalho de De Marco & Nóbrega (2018) avaliou os efeitos de usar o *Worldclim* bruto *versus* variáveis baseadas em PCA, e mostrou que o uso de variáveis baseadas em PCA ortogonais não correlacionadas predizem intervalos muito mais próximos

dos intervalos "reais" conhecidos de espécies virtuais do que o uso de variáveis climáticas brutas.

Tabela 1. Descrição da Análise de Componentes Principais (PCA) que resultou nos componentes principais (PCs) utilizados como variáveis ambientais para determinar a distribuição de *Clarias gariepinus* na América do Sul.

	Variáveis	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
bio1	Temperatura média anual	-0.271	-0.225	0.128	-0.043	-0.054	0.018
bio2	Faixa diurna média	0.178	-0.220	0.075	0.543	0.052	0.466
bio3	Isotermalidade	-0.236	-0.011	-0.346	0.082	-0.227	0.493
bio4	Sazonalidade da temperatura	0.249	0.008	0.389	-0.032	0.244	-0.042
bio5	Temperatura máxima do período mais quente	-0.193	-0.316	0.343	0.011	0.135	0.076
bio6	Temperatura mínima do período mais frio	-0.293	-0.123	0.006	-0.163	-0.063	-0.009
bio7	Faixa anual de temperatura	0.249	-0.118	0.316	0.252	0.221	0.086
bio8	Temperatura média do quarto mais seco	-0.234	-0.255	0.233	0.057	-0.117	0.026
bio9	Temperatura média do quarto mais seco	-0.276	-0.159	-0.014	-0.162	0.016	0.020
bio10	Temperatura média do quarto mais quente	-0.231	-0.263	0.303	-0.080	0.047	0.009
bio11	Temperatura média do quarto mais frio	-0.285	-0.183	0.005	-0.035	-0.097	0.026
bio12	Precipitação anual	-0.262	0.219	0.028	0.209	0.176	-0.090
bio13	Precipitação do período mais chuvoso	-0.267	0.081	-0.120	0.267	0.299	-0.253
bio14	Precipitação do período mais seco	-0.144	.3972	0.226	0.022	-0.125	0.330
bio15	Sazonalidade da precipitação	0.039	-0.327	-0.407	0.330	0.074	0.054
bio16	Precipitação do quarto mais chuvoso	-0.268	0.088	-0.109	0.272	0.297	-0.253
bio17	Precipitação do quarto mais seco	-0.155	0.395	0.219	0.026	-0.095	0.299
bio18	Precipitação do trimestre mais quente	-0.154	0.208	0.205	0.505	-0.425	-0.323
bio19	Precipitação do trimestre mais frio	-0.202	0.221	-0.071	-0.106	0.604	0.280

2.4. Procedimentos de modelagem

A modelagem de distribuição de espécies foi feita utilizando o software estatístico R versão 4.0.3, utilizando-se o pacote ENMTML (Andrade et al. 2020). Os métodos de modelagem usados foram RDF – *Random Forest* (Breiman, 2001), SVM – *Support Vector Machines* (Wilson, 2008), GLM – *General Linear Models* (Guisan et al., 2002), GAU – *Gaussian Model* (Vanhatalo et al., 2012), MXS – *Maxent* Simples (Phillips et al 2006; Phillips & Dudík, 2008) e MLK – *Maximum Likelihood* (Royle et al., 2012; Merow & Silander, 2014).

O primeiro passo foi utilizar um modelo BioClim, onde foi possível criar um espaço multivariado ambiental bioclimático com alocação das pseudo-ausência fora deste local.

Neste método a alocação de pseudo-ausência às variáveis climáticas das pseudo-ausências com as ocorrências conhecidas da espécie. De acordo com Elith et al. 2006 os algoritmos que utilizam pseudo-ausências são mais eficazes que os que utilizam somente dados de presença. Como, por exemplo, é o caso do modelo Maxent.

Foi aplicado o método *Occurrence Based Restriction*, para delimitar geograficamente o subcontinente da América do Sul com as ocorrências notadas em um shapefile de regiões globais disponível no site World Wildlife Fund (<https://www.worldwildlifefund.org/biomes>). Dessa forma, é possível evitar a extrapolação em áreas de adequabilidade dos modelos reduzindo as previsões de ocorrências atuais da espécie. Portanto, ao utilizar um método com menor área de estudo há possibilidades de ocorrer mais áreas acessíveis para a espécie, evitando áreas não favoráveis para a ocorrência da espécie.

Já o *Ensemble* é um consenso de previsões por modelos individuais, os quais agrupam modelos preditivos buscando otimizar a precisão, ou seja, diminuir a influência de erros, a aumentar a estabilidade e confiabilidade do modelo final (mapas de consenso). A função ensemble usou os modelos de cada cenário climáticos no futuro, de acordo com os valores obtidos na aplicação do índice similaridade de Jaccard para produzir um mapa com a diferença (entre o presente e futuro). E o *threshold* é o limite de corte, área adequada para a ocorrência da espécie em cada cenário.

2.5. Avaliação da modelagem

O índice de similaridade de Jaccard refere-se à proporção de espécies compartilhada entre dois ambientes, (baseando-se no número de espécies comuns), sendo considerados os dados de presença e ausência em seu cálculo. (De Marco & Siqueira, 2009; Leroy et al 2018). Erros podem ocorrer sendo por i) comissão: quando o modelo prevê que a área é adequada pra espécie quando não é; e ii) omissão: quando a espécies está no local ou a área é adequada, mas o modelo não prevê. O Jaccard não considera a não ocorrência como acerto, ou seja, somente se há ocorrência (a espécie está no local), baseando na similaridade dos dados ambientais das áreas que o modelo previu em relação as ocorrência (conhecidas).

O índice apresenta respostas com valores não binários sendo quanto mais próximos de 1 os dois conjuntos apresentam similaridade, enquanto os valores mais próximos de zero referem-se a diferença existente entre eles. Para analisar o presente e futuro (projeção de ganho e perda) foram feitos três frames com a representação de quatro classes, sendo elas 0, 1, 10, 11. Onde os valores correspondem: 0 = não previsto no presente e nem no futuro, 1 =

previsto em um deles apenas, 10 = previsto no outro, e 11 = previsto nos dois cenários (<https://support.esri.com/en/technical-article/000012554>).

Para avaliar a incerteza nas previsões dos modelos, pode-se, por exemplo, calcular o coeficiente de variação ou desvio padrão, neste caso foi feita a última opção. Desta forma, os valores médios e desvio padrão da métrica de avaliação do índice de similaridade Jaccard foram resultantes de cada um dos algoritmos utilizados no processo de modelagem.

3. RESULTADOS

Conforme os métodos de modelagem aplicados para *C. gariepinus*, os valores do índice similaridade de Jaccard (média \pm desvio-padrão) apresentaram os seguintes valores: RDF apresentou maior (valor) índice ($0,791 \pm 0,037$), seguido do SVM ($0,757 \pm 0,092$) os métodos com valores intermediários foram GLM ($0,756 \pm 0,108$) e GAU ($0,752 \pm 0,100$), enquanto os métodos MXS ($0,751 \pm 0,053$) MLK ($0,500 \pm 0,00$) tiveram os menores índices médios (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de similaridade Jaccard (média \pm desvio-padrão) com valores médios e o desvio padrão gerado em cada um dos métodos de modelagem da distribuição geográfica de *Clarias gariepinus*.

Método de modelagem	Jaccard \pm DP
RDF (<i>Random Forest models</i>)	$0,791 \pm 0,037$
SVM (<i>Support vector machines</i>)	$0,757 \pm 0,092$
GLM (<i>Generalized linear models</i>)	$0,756 \pm 0,108$
GAU (<i>Gaussian models</i>)	$0,752 \pm 0,100$
MXS (<i>Maxent simples</i>)	$0,751 \pm 0,053$
MLK (<i>Maximum likelihood models</i>)	$0,500 \pm 0,000$

Foi feito um modelo com a representação de 17 cenários bioclimáticos possíveis com a distribuição da espécie *C. gariepinus*, sendo analisada a presença e ausência no presente e a predição em cada frame do modelo (letras de *b* a *r*). A figura A mostra a distribuição atual, ou seja, onde a espécie está presente (ocorre), enquanto os demais cenários mostram a presença/ausência em cenários futuros (Figura 2).

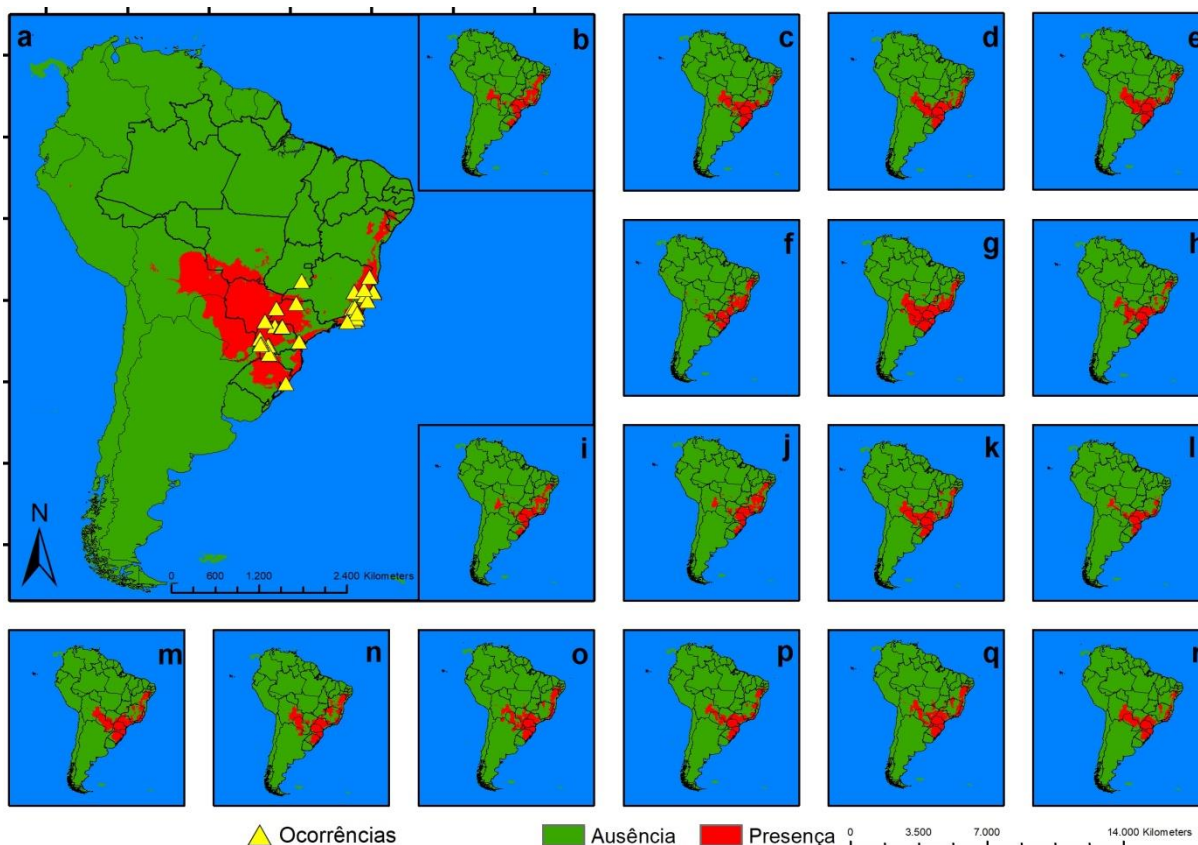


Figura 2. a): Ocorrência atual para *Clarias gariepinus*, com predição do futuro para o ano de 2070 de acordo com os 17 cenários de Modelos de Circulação Global Atmosfera-Oceano (AOGCMs); **b)** ACCESS1-0; **c)** BCC-CSM1-1; **d)** CCSM4; **e)** CNRM-CM5; **f)** GFDL-CM3, **g)** GISS-E2-R. **h)** HadGEM 2-AO; **i)** HadGEM2-CC; **j)** HadGEM2ES, **k)** INMCM4; **l)** IPSL-CM5A-LR; **m)** MIROC-ESM-CHEM; **n)** MIROC-ESM; **o)** MIROC5; **p)** MPI-ESM-LR; **q)** MRICGCM3; **r)** NorESM11-M) de circulação global, (ensamble) com presença e ausência da espécie.

Os resultados mostram que a distribuição geográfica futura da espécie apresenta uma variação considerável em relação ao presente e o mapa com a diferença mostra nas áreas em sobreposição os ganhos e perdas de espaço (Figura 3). Há aumento de áreas de distribuição nas regiões brasileiras Sul, Sudeste e mais acentuado no Nordeste. Em Goiás, com locais pontuados no entorno do Distrito Federal, tem um ligeiro aumento, enquanto há uma redução de áreas na região Sudoeste do Estado, assim como ocorre nas regiões leste e centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul. A figura mostra também áreas de adequabilidade no futuro para a espécie em países como Paraguai, Uruguai, Argentina e Bolívia.

No cenário atual, aproximadamente 10,2% de todo o território da América do Sul possui características que permitem a ocorrência da espécie. Já na projeção de futuro, 12,9% da América do Sul possuirá áreas apropriadas para o estabelecimento de *C. gariepinus*. Entre os cenários presente e futuro há a diferença de território de 2,7% de aumento de área apropriada no período (até o ano de 2070) para ocorrência da espécie (Figura 3).

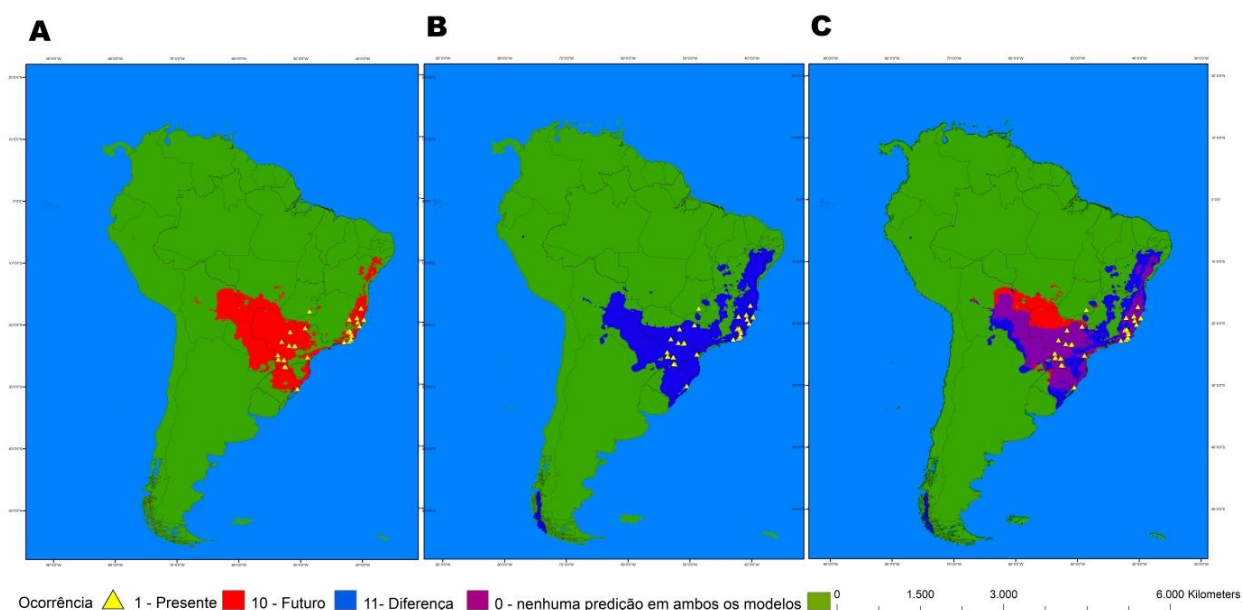


Figura 3: *A*: Área de distribuição do Presente (ensemble). *B*: Futuro (ensemble) e *C*: sobreposição. A cor vermelha representa o presente (cenário atual), enquanto a cor azul o cenário futuro. E neste último houve aumento da distribuição da espécie. O frame com a diferença apresentando a cor roxa. De forma geral as classes são: 1 = presente (vermelho); 10 = futuro (azul), 11 = diferença (roxo) e 0 = nenhuma predição em todos os modelos (verde).

As ecorregiões hidrográficas de distribuição da espécie atualmente, ecorregiões adequadas no presente (mesmo sem registros) e as ecorregiões com adequabilidade no futuro que compreende a região da América do Sul são apresentadas na Tabela 3. Nesta tabela também são apresentados os Estados do Brasil, com as ecorregiões hidrográficas das áreas em cada cenário, sendo: 8 ecorregiões com registros (observados), 14 ecorregiões com características apropriadas no presente e 16 ecorregiões que podem abrigar a espécie futuramente.

Tabela 3. Relação das ecorregiões hidrográficas na América do Sul, contendo os registros observado, potencial de área de ocorrência no presente e possíveis ecorregiões com áreas adequadas futuramente (fonte das ecorregiões hidrográficas: <https://www.feow.org./ecoregions/interactive-map>).

REGISTROS OBSERVADOS ATUALMENTE	ECORREGIÕES COM ÁREAS ADEQUADAS NO PRESENTE	ECORREGIÕES COM ÁREAS ADEQUADAS (PREVISTAS) NO FUTURO
<p>ID: 328 – Ecorregião Nordeste Mata Atlântica <i>Espírito Santo - ES/BR</i> <i>Minas Gerais - MG/BR</i></p>	<p>ID: 320 - Ecorregião Tapajós-Juruena <i>Mato Grosso - MT/BR</i></p>	<p>ID: 319 - Ecorregião do Guaporé-Itenez <i>Bolívia – BO</i></p>
<p>ID: 329 - Ecorregião Paraíba do Sul <i>Espírito Santo - ES/BR</i> <i>Minas Gerais - MG/BR</i> <i>Rio de Janeiro - RJ/BR</i></p>	<p>ID: 324 - Ecorregião Tocantins-Araguaia <i>Mato Grosso - MT/BR</i></p>	<p>ID: 326 - Ecorregião da Caatinga Nordestina e Drenagens Costeiras <i>Alagoas - AL/BR</i> <i>Pernambuco - PE/BR</i> <i>Sergipe - SE/BR</i></p>
<p>ID: 331 - Ecorregião Sudeste Mata Atlântica <i>Santa Catarina - SC/BR</i></p>	<p>ID: 328 - Ecorregião Mata Atlântica do Nordeste <i>Bahia - BA/BR</i> <i>Espirito Santo - ES/BR</i> <i>Minas Gerais - MG/BR</i></p>	<p>ID: 327 - Ecorregião do São Francisco <i>Alagoas - AL/BR</i> <i>Bahia - BA/BR</i> <i>Goiás (entorno do Distrito Federal) - GO/BR</i> <i>Minas Gerais - MG/BR</i></p>
<p>ID: 333 - Ecorregião Alto Uruguai <i>Paraná - PR/BR</i> <i>Santa Catarina - SC/BR</i></p>	<p>ID: 329 - Ecorregião Paraíba do Sul <i>Minas Gerais - MG/BR</i> <i>Rio de Janeiro - RJ/BR</i></p>	<p>ID: 328 - Ecorregião da Mata Atlântica do Nordeste <i>Bahia - BA/BR</i> <i>Espirito Santo - ES/BR</i> <i>Sergipe - SE/BR</i></p>
<p>ID: 335 - Ecorregião Tramandaí – Mampituba <i>Rio Grande do Sul - RS/BR</i></p>	<p>ID: 330 - Ecorregião Ribeira de Iguapé <i>Paraná -PR/BR</i> <i>São Paulo - SP/BR</i></p>	<p>ID: 329 - Ecorregião do Paraíba do Sul <i>Espirito Santo - ES/BR</i> <i>Rio de Janeiro - RJ/BR</i> <i>São Paulo - SP/BR</i></p>
<p>ID: 344 - Ecorregião Alto Paraná <i>Goiás - GO/BR</i> <i>Paraná -PR/BR</i> <i>São Paulo - SP/BR</i></p>	<p>ID: 331 - Ecorregião Sudeste da Mata Atlântica <i>Santa Catarina - SC/BR</i></p>	<p>ID: 330 - Ecorregião do Ribeira de Iguapé <i>Paraná - PR/BR</i></p>
<p>ID: 346 - Ecorregião Iguaçu <i>Paraná -PR/BR</i></p>	<p>ID: 333 - Ecorregião Alto Uruguai <i>Paraná - PR/BR</i> <i>Rio Grande do Sul - RS/BR</i></p>	

Santa Catarina - SC/BR

ID: 352 - Ecorregião Fluminense

Rio de Janeiro - RJ/BR

ID: 334 - Ecorregião Laguna dos Patos

Rio Grande do Sul - RS/BR

ID: 335 - Ecorregião do Tramandai – Mampituba

Rio Grande do Sul - RS/BR

ID: 342 - Ecorregião Chaco

Bolívia – BO

Paraguai – PY

ID: 343 - Ecorregião Paraguai

Bolívia – BO

Paraguai – PY

Mato Grosso - MT/BR

Mato Grosso do Sul - MS/BR

ID: 344 - Ecorregião Alto Paraná

Paraguai – PY

Goiás - GO/BR

Mato Grosso do Sul - MS/BR

Paraná -PR/BR

São Paulo - SP/BR

ID: 345 - Ecorregião Baixo Paraná

Argentina – AR

Paraguai – PY

ID: 346 - Ecorregião Iguazu

Paraguai – PY

São Paulo - SP/BR

ID: 331 - Ecorregião do Sudeste da Mata Atlântica

Paraná - PR/BR

333 - Ecorregião Alto Uruguai

Rio Grande do Sul - RS/BR

Santa Catarina - SC/BR

ID: 334 - Ecorregião Laguna dos Patos

Uruguai – Uruguai – UY

Rio Grande do Sul - RS/BR

ID: 335 - Ecorregião Tramandaí-Mampituba

Rio Grande do Sul - RS/BR

ID: 342 - Ecorregião Chaco

Argentina – AR

Bolívia – BO

Paraguai – PY

ID: 343 - Ecorregião Paraguai

Bolívia – BO

Paraguai – PY

Mato Grosso do Sul - MS/BR

ID: 344- Ecorregião Alto Paraná

Paraguai – PY

Minas Gerais - MG/BR

Paraná - PR/BR

Santa Catarina - SC/BR

ID: 352 - Ecorregião Fluminense

Rio de Janeiro - RJ/BR

Mato Grosso do Sul - MS/BR

São Paulo - SP/BR

ID: 345 - Ecorregião Baixo Paraná

Argentina – AR

Paraguai – PY

ID: 346 - Ecorregião Iguaçu

Paraguai – PY

Paraná - PR/BR

Santa Catarina - SC/BR

ID: 352 - Ecorregião Fluminense

Rio de Janeiro - RJ/BR

Legenda:

ID = Identificação - de acordo com o código da ecorregião hidrográfica (<https://www.feow.org/ecoregions>)

AR = Argentina

BO = Bolívia

BR = Brasil

PY = Paraguai

UY = Uruguai

As ecorregiões aquáticas (disponível em: <https://www.feow.org/download>) também estão representadas de acordo com os registros atual da espécie *C. gariepinus*, áreas adequadas no presente e previsão futura em cada ecorregião da América do Sul (Figura 4).

OCORRÊNCIAS E CENÁRIOS POR ECORREGIÃO HIDROGRÁFICA

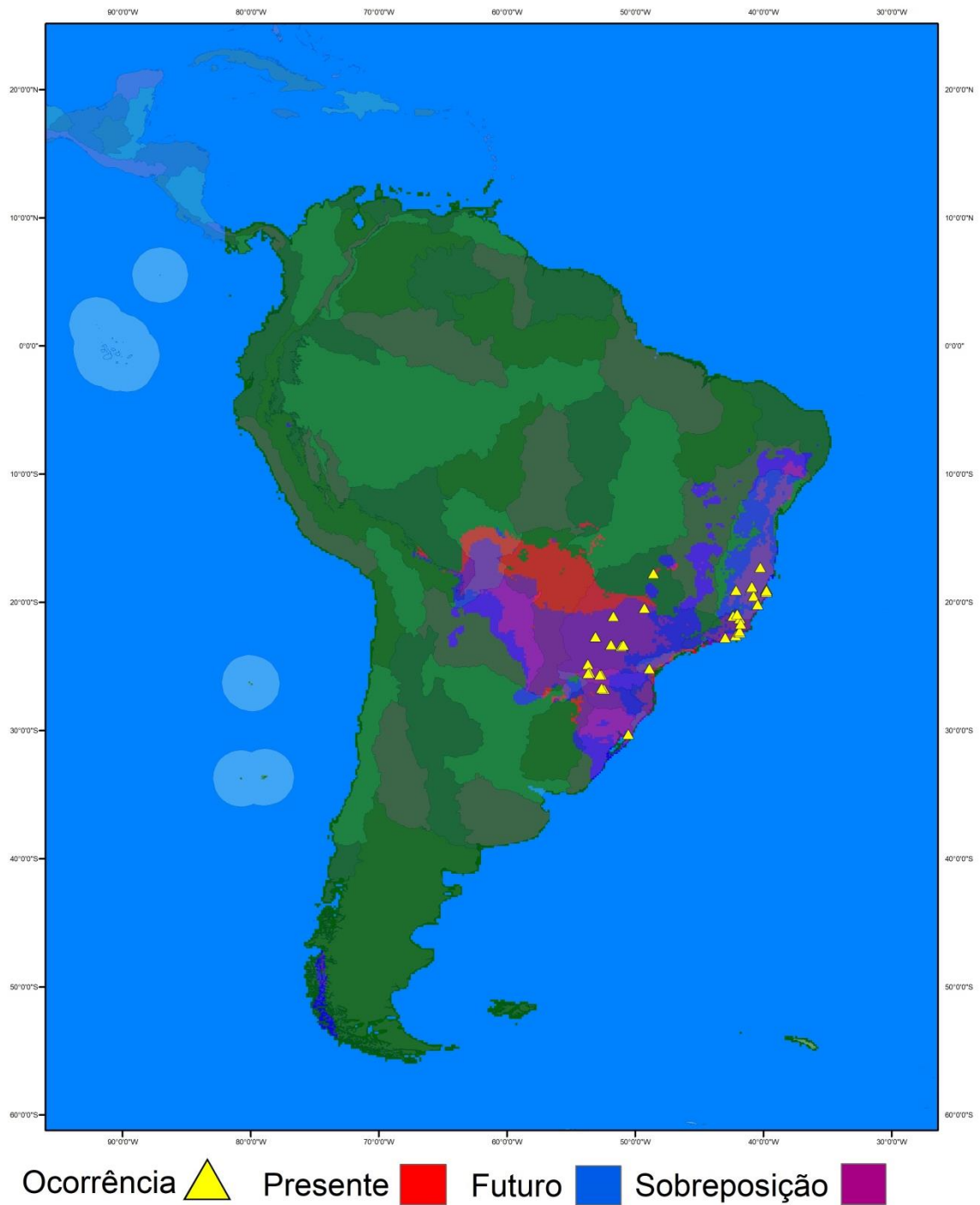


Figura 4. Ecorregiões hidrográficas (fonte: <https://www.feow.org/download>) com ocorrência atual, projeção futura e sobreposição dos cenários.

4. DISCUSSÃO

Nesse estudo avaliamos a distribuição geográfica atual de *C. gariepinus* e modelamos os cenários presente e futuro considerando os fatores ambientais, às variáveis climáticas. Os resultados indicam pouca variação na distribuição de *C. gariepinus* na América do Sul, considerando áreas adequadas atuais e cenários futuros frente às mudanças climáticas. Em relação aos cenários atuais e a projeção de distribuição no futuro, os resultados da aplicação da PCA e resultante nos componentes principais ortogonais e principais mostram pouca variação na ocorrência. Como um todo, os valores do índice de similaridade Jaccard foram intermediários, variando de $0,791 \pm 0,037$ (média \pm desvio padrão) a $0,5 \pm <0,001$ (média \pm desvio padrão). Neste caso, o valor do índice de Jaccard mais próximo de um significa que as previsões são perfeitamente correspondentes às observações (medindo a semelhança das previsões e observações). E, através dos métodos de modelagem que utilizaram dados de algoritmos calculando a partir da presença e ausência da espécie. O método *Random Forest models* (RDF) foi o que apresentou maior valor médio. E isso indica que por meio de sua aplicação, é possível prever onde serão os melhores ambientes aquáticos (mais apropriados) para a ocorrência da espécie no futuro, considerando o território da América do Sul. No geral, as variações nos modelos foram bem intrínsecas, os algoritmos aplicados em cada um dos cenários dos modelos climáticos (AOGCMs), mostraram que os cenários no futuro não se diferem muito da atualidade, mantendo quase o mesmo padrão de tamanho da área de distribuição em cada um desses cenários. Considerando escalas mais amplas (a nível global ou continental) as variáveis climáticas, tais como precipitação, e temperatura são boas preditoras para produzir modelos sobre distribuição de espécie (Elith & Leathwick, 2009; De Marco & de Siqueira, 2009; Silva et al., 2019).

E ao fazer a concatenação com todos os cenários e produzir um *Ensemble* da distribuição do presente em relação ao futuro e sobreposições, foi produzido um mapa. O ensemble é uma ferramenta de consenso ponderado pelos do índice de similaridade Jaccard. É uma técnica de modelo preditivo eficaz, pois reuni diferentes projeções de cenários. E neste, com a modelagem aplicada mostrou-se que a área de distribuição também se manteve quase semelhante, comparando o presente com a combinação futura, com um pequeno ganho de área na América do Sul nos próximos 50 anos. A diferença ficou em apenas 2,7% de aumento nas áreas adequadas para a ocorrência da espécie, havendo um aumento de áreas de adequabilidade nas regiões brasileiras Nordeste, Sul e Sudeste.

Nos registros atuais a espécie não ocorre na região de Mato Grosso do Sul, embora tenha sido registrada sua criação relatada em piscicultura na década de 90 (Rotta, 2003) onde

foram produzidas 6,0 toneladas (6% do volume) do Estado na safra 1998/1999. Neste período destaca-se o fato de que entre todas as espécies levantadas, o bagre Africano foi à espécie que teve menor valor de preços no mercado. Fato que pode ter desestimulado o crescimento da sua criação comercial na região reduzindo as chances de ocorrência em ecossistemas naturais, Como foi observado nos registros, a não ocorrência na região. Na modelagem feita para o presente existem áreas de adequabilidade para a espécie em parte da região do Pantanal, todavia, nas projeções de futuro ocorrerá a redução dessas áreas. Corroborando que o pantanal é um dos biomas mais ameaçados pelas mudanças climáticas, com sérios efeitos na disponibilidade de água no bioma a curto médio prazo (Moreira et al., 2019; Rodell et al., 2018). Desta forma, na ecorregião hidrográfica do (Alto) Paraguai deverá ter redução dos ecossistemas de água doce com áreas adequadamente acessível para a espécie em partes do Mato Grosso, do Sul, Mato Grosso e Bolívia. A existência de uma lei nacional que impede a introdução, transferência, cultivo e comercialização do bagre africano nas regiões representadas pelas bacias hidrográficas do Amazonas e do Paraguai (IBAMA, 1994) também pode ter relação direta com a não ocorrência registrada da espécie nessas regiões, embora haja área adequada apresentadas nos modelos.

No presente, considerando o tamanho da área de abrangência das ecorregiões hidrográficas (<https://www.feow.org/ecoregions/>), e os locais em que há registros da espécie (do bagre Africano), relacionando com os dados preliminares de peixes de água doce para ecorregiões descritas por Abell et al. (2008), destacam-se as ecorregiões com alto número de espécies nativas por área, sendo as ecorregiões Paraíba do Sul, Fluminense, Sudeste da Mata Atlântica, Alto Uruguai, Iguaçu, Tramandaí, locais com grande riqueza de espécies, sendo estimado > 7-8 espécies de peixes por área de cada ecorregião. Em relação à porcentagem de endemismo por ecorregião, as principais são as ecorregiões da Mata Atlântica do Nordeste e Iguaçu > 51-71%. As regiões da Mata Atlântica do Nordeste e do Alto Paraná também possuem um grande número de espécies endêmicas, sendo estimado 74-118 em ambas. A ecorregião do Alto Paraná também é uma região com alta riqueza de espécies, atribuída entre 214-322 espécies nativas. De acordo Langeani et al., (2007) na região do Alto Rio Paraná foram catalogadas 310 espécies de peixes, pertencentes a 11 ordem e 38 famílias, e deste total, 236 (76,1%) são espécies autóctones, 67 (21,6%) alóctones e sete (2,3%) exóticas, dentre elas o *C. gariepinus*. Fagundes et al., (2015) acrescentou 46 novos registros para região do Alto Paraná. E esses números podem ser ainda maiores, como mostra pesquisa da FAPESP (2000) que em três quilômetros de cursos d'água foram descritas 10 novas espécies de peixes através do projeto "Diversidade de Peixes de Riachos e Cabeceiras da Bacia do Alto Rio

Paraná no Estado de São Paulo”. Os levantamentos da ictiofauna da bacia do Paraná, assim como de outras, ainda necessitam de informações taxonômicas para várias espécies ainda não descritas pela ciência (Agostinho & Júlio Júnior, 1999), porém, novas espécies têm sido descritas nos últimos anos (Ribeiro et al., 2019). Na bacia do Rio Paraná e também no Rio Iguaçu, foi observado que espécie do bagre africano tem a primeira maturação das gônadas quando atinge em torno de 19 cm do comprimento total, e que durante o período reprodutivo a espécie realiza fecundação externa e com cuidado parental da prole (Nakatani et al., 2001), podendo assim, ter um grande crescimento populacional em local de alta riqueza da ictiofauna. Portanto, em todas essas regiões hidrográficas, citadas acima, há ocorrências registradas do *C. Gariepinus* no cenário atual e havendo sérios risco a biodiversidade.

No Brasil existem cerca de 739 centrais geradoras hidrelétricas (CGHs), 425 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e 219 usinas hidrelétricas (UHs), e boa parte estão inseridas na regiões Sudeste do país, que faz parte da área de abrangência da ecorregião hidrográfica do São Francisco (SIGA/ANEEL, 2021). E isto, pode-se tornar uma barreira e impedir a distribuição da espécie no futuro em ambientes naturais, destes locais. Porém, caso os obstáculos não impeçam o deslocamento da espécie, os efeitos sobre a fauna de peixes nativos podem ser muito drásticos, uma vez que a ecorregião (do São Francisco) é composta por ambientes aquáticos com alta diversidade de espécie (Barbosa et al., 2017). Somente no rio São Francisco já foi identificado 152 espécies de peixes nativos (CBHSF, 2016). O número de espécie nativas na bacia pode ser ainda maior, sendo estimado entre 250 e 300, sendo que 200 espécies já foram registradas (Alves & Pompeu, 2005) e com alto grau de endemismo, sendo > 51 – 71 % (Abel et al., 2008).

A ecorregião Mata Atlântica do Nordeste será outro local com grande possibilidade de ganho de área adequabilidade futuramente. Um ponto de destaque, é que a região possui baixa amplitude térmica, ou seja, as oscilações na temperatura são relativamente poucas. Na porção leste da bacia também é relatada a grande biodiversidade da ictiofauna, cerca de 285 espécies já registradas (Bizerril, 1994). Outro local previsível de aumento de área de adequabilidade ocorrerá na ecorregião hidrográfica Laguna dos Patos, a qual abriga o Estado do Rio Grande do Sul e Uruguai. Embora não tenha registro nas bases de dados pesquisadas, existem relatos confirmados sobre a ocorrência de *C. gariepinus* em alguns pontos desta ecorregião (Braun et al., 2003). Nesta ecorregião (laguna dos patos) existem também estuários que são área de reprodução ou criadores da ictiofauna (os peixes destas áreas são classificados como residentes ou estuarinos dependentes), e, portanto são locais muito sensíveis a invasões (Oliveira & Bemvenuti, 2006). A ecorregião do baixo Paraná, local com alta diversidade de

peixes nativos de água doce, também terá ganhado de adequabilidade. Por fim, as ecorregiões do Chaco, (Baixo) Paraguai e do Guaporé-Itenez que também terão acréscimo de áreas adequadas, as quais possuem várias espécies de peixes endêmicos (Abell et al., 2008). No total na região da América do Sul existem 352 principais ecorregiões hidrográficas (<https://www.feow.org./ecoregions>), sendo que no Brasil estão localizadas 12 grandes bacias hidrográficas (bacias: Amazonas, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Oriental e Ocidental, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Leste, Paraná, Atlântico Sudeste, Paraguai, Uruguai e Atlântico Sul) que compõe as ecorregões.

A deficiência de dados de ocorrência impede estudos mais aprofundados sobre modelagem dos organismos. E isso é que alimenta o déficit Wallaceano. Esse déficit pode afetar diretamente as ações de tomada de decisão para a manutenção biodiversidade nativa (Bini et al., 2006) a utilização contínua de modelos poderá ajudar a entender melhor as possíveis distribuições em cenários futuros de espécies com potencial invasivo (Schleuning et al., 2016). Embora, sobre o bagre Africano (*C. Gariepinus*) ainda tenha relativamente poucos registros de distribuição nas bases de dados disponíveis, tornando um pouco restrito o real conhecimento sobre sua ocorrência na América do Sul. Em algumas regiões a espécie foi registrada mais recentemente. Como por exemplo, o primeiro registro na bacia do rio D'Una no Estado de Santa Catarina, Brasil (Silvera et al., 2018). E desta forma os estudos com dados presentes são muito importantes, e estes ajudarão a compreender melhor os impactos da introdução da espécie e auxiliará nas políticas públicas e implantação de planos de manejo local, quando necessário.

Algumas espécies de bagres (como; *C. gariepinus* e *I. punctatus*, africano e americano respectivamente) quando introduzidas em ambientes naturais são extremamente prejudiciais, uma vez que apresentam características que permitem a sua fácil adaptação, entre elas a amplitude do hábito alimentar e tolerância a variações ambientais (Burgess, 1989), sendo assim uma grande ameaça às espécies nativas. Poucos estudos diretos sobre os impactos competitivos ou predatórios de *C. gariepinus* em ecossistemas invadidos. Como, por exemplo, Weir, (1972) a que descreveu que a presença de *C. gariepinus* foi capaz de alterar a densidade de invertebrados e composição da comunidade em lagoas experimentais no Zimbábue. No Brasil, sua ocorrência em um córrego da região de Itarana (Espírito Santo) teve impactos sobre a ictiofauna nativa, sendo um predador oportunista e voraz (Mili & Texeira, 2006). Essa condição de predador de topo da teia alimentar do bagre Africano pode provocar um efeito cascata, chamado de Top-Down, onde todos os níveis tróficos abaixo da cadeia são afetados pela presença da espécie no ambiente, ou seja, o nível superior influencia na

dinâmica funcionalidade do ecossistema, e em toda organização biológica que estão abaixo (Roininen et al., 1996). Entretanto, Weyl et al (2016) sugerem que ainda são necessários novos e contínuos estudos para compreender os impactos dessas invasões e desenvolver estratégia de mitigação da dispersão do bagre Africano. E juntamente considerando a atual perda de biodiversidade que ocorre em todo o planeta, muitas das espécies de regiões tropicais estão sendo perdidas sem que ocorra a sua descrição científica (Bawa et al., 2004).

Portanto, a chegada de uma espécie fortemente invasora, como é o bagre Africano (*C. gariepinus*) só acarretaria em mais problemas para as espécies nativas, aumento os riscos de perda de conhecimento e patrimônio genético, por exemplo. Boa parte das vezes, essas invasões biológicas são bem-sucedidas devidos a uma série de fatores, destacando a falta de competidores, de predadores ou patógenos (Shea & Chesson, 2002), além da adaptação ao clima local.

A América do Sul é uma das regiões mais sensíveis do planeta frente às mudanças climáticas, isto principalmente devido às ações antrópicas provocadas pela emissão de gases poluentes queimadas de florestas nativas e emissão industrial, além dos fenômenos naturais que ocorrem, tais como, o aquecimento do oceano Atlântico e oceano Pacífico, junto ao fenômeno El Niño (uma ressalva; atualmente parte da região está sob influência do fenômeno La Niña, que entre outros, provoca desajuste das chuvas/estiagem), que ocorrem na região e tem contribuição diretamente para o aumento da temperatura (Marengo et al. 2007).

O deslocamento em direção aos polos e em elevações mais altas são as respostas gerais esperadas em vários táxons devido às mudanças climáticas. Para diferentes espécies de peixe, o clima é um aspecto determinante, pois poderá ajudar no aumento, reduzindo ou deslocando sua distribuição (Elith & Leathwick, 2009). As respostas dos peixes em relação à variação da temperatura variam de acordo com as distintas espécies, sendo algumas mais sensíveis (como é o caso da carpa comum, salmão do Atlântico, etc.), já outras espécies são relativamente mais tolerantes as variações (Buisson et al. 2008). Desta forma, com análise de diferentes cenários em relação às mudanças climáticas, são esperados diversos padrões para espécies que ocorrem em águas quentes e frias. Neste contexto, *C. gariepinus* tem requisitos de uma espécie tolerante a variações temperatura, em comparação a outras, fator determinante no seu sucesso no estabelecimento como espécie invasora. É conhecido, que na reprodução do bagre africano, a maturação das gônadas sofre influência da temperatura da água e do fotoperíodo, mas é a elevação que ocorre no nível da água o grande estímulo reprodutivo da espécie (De Graaf et al., 1995; De Moor & Bruton, 1988; Yalçin et al., 2001).

Também é esperado devido às mudanças climáticas, ambientes que não são adequados para algumas espécies, possam se tornar propício, e com isso às áreas de ocorrências podem ser ampliadas, devido ao favorecimento do clima (Beatty et al., 2014; Thuiller, 2007; Sumaila et al., 2011). A associação de mudanças climáticas com as pressões ambientais que ocorrem nos ecossistemas de água doce podem ser facilitadores para o estabelecimento de espécies invasoras (Buisson, et al. 2008). Desta forma, a aplicação de modelagem de distribuição de espécies (SDM) pode ser utilizada, tanto para conhecer possíveis áreas com condições climáticas acessíveis à espécie, quanto para estabelecer medidas de prevenção. Sendo assim, a SDM torna-se muito útil no desenvolvimento de estratégias de conservação (Diniz-Filho et al., 2010; Silva, et al., 2019; De Marco & Siqueira, 2009).

São crescentes as pesquisas sobre a utilização de SDM para avaliar os efeitos das invasões de peixes e relacionado com as mudanças ambientais em diferentes localidades do mundo. O estudo de Herborg et al. (2007) identificou áreas com risco de invasão de espécie de Snakehead (Channidae) na América do Norte; Sharma et al. (2007) projetou o sucesso invasivo do Achigã-boca-pequena (*Micropterus dolomieu*) em lagos do Canadenses, com aumento da adequabilidade em áreas ao norte do país, devido as mudanças climáticas em cenário futuro; Buisson et al. (2008) usou modelagem para prever áreas adequadas em riachos temperados na França; Heino et al. (2009) relacionou os efeitos das mudanças no climáticas para peixes de água doce projetando áreas adequadas no hemisfério Norte; Cassemiro et al. (2018) apresentou áreas ambientalmente adequadas para a ocorrência de oito espécies de tilápias nas Américas. Entretanto, o uso de espécies de peixes água doce de clima tropical em SDMs ainda apresenta grande potencial (Buisson et al., 2013; Heino et al., (2009).

Assim como efeitos climáticos pode afetar (positivamente ou negativamente) a ocorrência de algumas espécies, como se observa através da aplicação de modelagem, a dispersão de peixes também enfrenta restrições biogeográficas, e o deslocamento pode está limitado pelos arranjos dos cursos hídricos, bem como as várias barreiras fisiográficas, exemplo, a formação do relevo das bacias (Fausch et al., 2002), essas barreiras pode levar ao isolamento de ecossistemas, aumentando o risco de extinção de espécie de peixes nativos (Dudgeon et al. 2006). Deste modo, a fragmentação e degradação de habitat são ameaças tão grandes quanto às mudanças climáticas em ambientes aquáticos. Outro ponto, é que através das barreiras de dispersão (seja elas de origem de ações humana ou de forma natural) os peixes podem ter restrições de acesso a áreas com clima favorável.

Por fim, a modelagem pode ser considerada como uma boa ferramenta para abordar invasões de espécies exóticas em ambientes naturais. Porém, não podemos desprezar os

processos ecológicos importantes, como migração e interações bióticas, que são também são determinantes para a distribuição geográfica das espécies.

5. CONCLUSÃO

Como visto nos resultados do modelo, em relação à área territorial adequada para a distribuição geográfica, a diferença entre o presente e futuro não é muito acentuada em alguns locais. Porém, em termos de ecorregiões aquáticas, ocorre um aumento de adequabilidade em algumas delas. A falta de informação pode prejudicar o real resultado da distribuição geográfica da espécie, mas é de extrema importância os estudos com os dados existentes no momento. Possíveis atualizações nas bases de dados científicos possibilitarão novos estudos que complementarão os resultados aqui descritos. Para os peixes de água doce de região tropical existe um grande campo a ser explorado, junto a isso relacionar os locais mais susceptíveis as invasões biológicas em decorrência das mudanças no clima.

O bagre Africano é muito tolerante as variações no ambiente, e pode se manter viável com relativa escassez de recursos, sendo ainda uma espécie fortemente competidora junto a outras. Além dos danos ecológicos conhecidos, a espécie provoca prejuízos à atividade pesqueira, afetando também a economia regional. Esse conjunto de fatores torna-a muito perigoso sua introdução em comunidades de peixes nativos

Sugere-se que este capítulo poderá ser norteador para as tomada de decisões de políticas públicas de conservação, uma vez que foram apresentadas as ecorregiões hidrográficas e quais os Países e Estados são e/ou podem vir a ser propícios para a ocorrência da espécie no futuro frente às mudanças climáticas. E, portanto, sobre a distribuição do bagre Africano em ambientes naturais, há razões para se preocupar!

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IF Goiano-Câmpus Urutaí e aos professores do PPG CRENAC pela oportunidade e ensinamentos.

7. REFERÊNCIAS

ABELL, R. et al. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. **Bioscience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Eduem, Maringá. 2007.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: LOWE-McCONNELL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. Tradução Anna Emília A. de M. Vazzoler, Angelo Antonio Agostinho, Patrícia T.M. Cunningham. São Paulo: EDUSP, cap.16, p.377, 1999. (Coleção Base). Título original em inglês: Ecological studies in tropical fish communities.
- ALVES, C. B. M.; POMPEU, P, S. Historical Changes in the Rio das Velhas Fish Fauna-Brazil. American Fisheries Society Symposium. In: **The American Fisheries Society**, v. 45, p. 587-602, 2005.
- ALBERT J. S. et al. **Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis**. **Ambio**, v. 50, p. 85-94, 2020.
- ALLAN, J. D.; FLECKER, A. S. Biodiversity conservation in running waters. Identifying the major factors that threaten destruction of river in species and ecosystems. **BioScience**, Washington, v. 43, n. 1, p. 32-43. 1993.
- ALVES, C. B. M.; VONO, V.; VIEIRA, F. Presence of the walking catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) (Siluriformes, Clariidae) in Minas Gerais state hydrographic basins, Brazil. **Rev. Bras. Zool.**, v. 16, p. 259–263, 1999.
- ANDERSON, R. P. When and how should biotic interactions be considered in models of species niches and distributions? **Journal Biogeography**. v. 44, p. 8–17. 2017.
- ANDRADE, B. S. Efeitos das mudanças climáticas sobre as comunidades de peixes na Bacia Amazônica. **Revista Ciências da Sociedade (RCS)**, Vol. 2, n. 4, p.107-124, Jul/Dez, 2018.
- ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. Trends in **Ecology & Evolution**, v. 22, n.1, p.42-47, 2007.

- ARMOUR, C. L.; DUFF, D. A; ELMORE, W. **The effect of livestock grazing on riparian and stream ecosystems**. Fisheries, v. 16, n. 1, p. 07-11 - 1991.
- ASHTON, I. W. et al. Invasive species accelerate decomposition and litter nitrogen loss in a mixed deciduous forest. **Ecological Applications**, v. 15, p. 1263-1272, 2005.
- BAILLIE, J. E. M.; HILTON-TAYLOR, C.; STUART, S. N. 2004 IUCN red list of threatened species. A global assessment. **IUCN**, 191p. 2004.
- BANARESCU, P. M. **Zoogeography of fresh waters**. Vol I. General distribution and dispersal of freshwater animals, Aula Verlag, Wiesbaden. 1990.
- BARBOSA, J. M. et al. Perfil da ictiofauna da bacia do rio São Francisco (Profile of the fish fauna of the São Francisco river basin). **Acta Fish. Aquat. Res.** v. 5, n. 1, p. 70-90, 2017.
- BAWA, K. et al, Tropical Ecosystems into the 21st Century. **Science** (New York, N.Y.). v. 306, p.227-278, 2004
- BELLARD, C. et al. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecol Lett**, v. 15, p.365-377. 2012.
- BINI, L. M. et al. Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. **Divers Distrib.** v. 12, p. 475–482, 2006.
- BIZERRIL, C. R. S. F.. Análise taxonômica e biogeográfica da ictiofauna de água doce do leste brasileiro. **Acta Biol. Leopoldensia**, v. 16, n. 1, p. 81-94. 1994
- BRASIL - IBAMA. Portaria nº 142, de 22 de dezembro de 1994. Proíbe a introdução, a transferência, e a comercialização de formas vivas das espécies de peixe tipo bagre africano, e bagre do canal, nas Águas dos rios Amazonas e Paraguai. **Diário Oficial da União**, seção I, p. 20437, Brasília, DF, 1994.
- BRAUN, A. S.; MILANI, P. C. C.; FONTOURA, N. F. Registro da Introdução de *Clarias gariepinus* (SILURIFORMES, CLARIIDAE) na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 101-102, jun. 2003.

BEATTY, S. J.; MORGAN, D. L.; LYMBERY, A. J. Implications of climate change for potamodromous fishes. **Global Change Biology**, v. 20, p. 1794-1807, 2014.

BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, v. 45, p. 5-32, 2001.

BRITTON, R. ORSI, M. Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: Economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paraná Basin. Reviews in **Fish Biology and Fisheries**. v. 10. p.1007, 2012.

BRUTON, M. N. The food and feeding behaviour of *Clarias gariepinus* (Pisces, Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with its emphasis on its role as a predator of cichlids. **Transactions of the Zoological Society of London**, v. 35, p. 47-114. 1979.

BUISSON, L.; BLANC, L.; GRENOUILLET, G. Modelling stream fish species distribution in a river network: The relative effects of temperature versus physical factors. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, n. 2, p. 244–257, 2008.

BUISSON, L. et al. Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. **Global Change Biology**, v. 14, n. 10, p. 2232-2248, 2008.

BUISSON, L. et al. Toward a loss of functional diversity in stream fish assemblages under climate change. **Global Change Biology**, v. 19, p. 387-400, 2013.

BURGESS, W. E. **An Atlas of Freshwater and Marine Catfishes: A preliminary survey of Siluriformes**. Neptune/New Jersey: T.F.H. Publications, 784 p. 1989

BURRIDGE, C. P.; CRAW, D.; WATERS, J. M. River capture, range expansion, and cladogenesis: the genetic signature of freshwater vicariance. **Evolution**, v. 60, p. 1038–1049. 2006.

CAPDEVILA-ARGUELLES, L.; ZILLETI, B.; ÁLVAREZ, V. Á. S. Causas de la Pérdida de Biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras. **Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.**, 2ª ép. v.10, 2013.

- CARDOSO, P. et al. The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biol Conserv**, v. 144, p. 2647–2655, 2011.
- CASSEMIRO, F. A. S. et al. The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. **Hydrobiologia**, v. 817, n. 1, p. 133-154, 2018.
- CATFORD, J. A.; BODE, M.; TILMAN, D. As espécies introduzidas que superam as trocas de história de vida podem causar extinções nativas. **Nat Commun** v.9, p. 2131 2018.
- COMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO – CBHSF, 2016. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/a-fauna-e-a-flora-da-bacia-do-rio-sao-francisco/. Acesso em 21/08/2021.
- DAUWALTER, D. C.; RAHEL, F. J. Distribution modelling to guide stream fish conservation: an example using the mountain sucker in the Black Hills National Forest, USA. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**. v.18, p. 1263–1276. 2008.
- DE GRAAF, G.; GALEMONI, F.; BANZOUSSI, B. The artificial reproduction and fingerling production of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in protected and unprotected ponds. **Aquaculture Research**, v. 26, p. 233-242. 1995
- DE GRAAF, G.; JANSSEN, H. Artificial reproduction and pond rearing of the african catfish *Clarias gariepinus* in Sub-Saharan África – A Handbook. **FAO Fisheries Technical Paper.**, v. 362, 1996.
- DE MARCO, JR. P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v. 5, p. 65–76. 2009.
- DE MOOR, I. J.; BRUTON, M. N. **Atlas of alien and translocated indigenous aquatic animals in southern Africa**. A report of the Committee for Nature Conservation Research National Programme for Ecosystem Research. South African Scientific Programmes Report No. 144. 310 p. Port Elizabeth, South Africa. 1988

- DINIZ-FILHO, J. A. F.; DE MARCO, P.; HAWKINS, B. A. Defying the curse of ignorance: Perspectives in insect macroecology and conservation biogeography. **Insect Conserv Divers**, v. 3, p.172–179. 2010.
- DONNELLY, B. G. Aspects of behaviour in the catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) during periods of habitat desiccation. **Arnoldia** v. 6, n. 9, p. 1-8. 1973.
- DORMANN, C. F. et al. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography** v. 36, p. 27–46. 2013.
- DORMANN, C. F. et al. Correlation and process in species distribution models: bridging a dichotomy. **J Biogeogr** v. 39, p. 2119–2131. 2012.
- DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, v. 81, p. 163– 182, 2006.
- ELITH, J. & LEATHWICK, JR. Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. **Annu Rev Ecol Evol Syst**, v. 40, p. 677–697. 2009.
- ELITH, J. et al. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, n. 2, p.129-151, 2006.
- ESPINOLA, L. A.; JULIO-JUNIOR, H. F. Espécies Invasoras: conceitos, modelos e atributos. **INCI, Caracas**, v. 32, n. 9, p. 580-585, sept. 2007.
- FAGUNDES, D. C. et al. The stream fish fauna from three regions of the Upper Parana River basin. **Biota Neotropica**, v. 15, n. 2, p. 1–8, 2015.
- FAO Database on Introduced Aquatic Species. FAO Database on Introduced Aquatic Species, **FAO**, Rome. 1997. Disponível em < <http://www.fao.org/brasil/pt/>> Acesso em 12 de dezembro de 2021.
- FAPESP. Os peixes escondidos do Alto Paraná. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, **Pesquisa FAPESP**, ed, 58, outubro, 2000. Disponível em <

<https://revistapesquisa.fapesp.br/os-peixes-escondidos-do-alto-parana/>> Acesso em 13 de setembro de 2021.

FAUSCH, K.D. et al. Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes. **BioScience**, v. 52, p. 483–498. 2002.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **Int J Climatol**, v. 37, p. 4302–4315, 2017.

FROESE, R.; PAULY, D. (Editors.) **FishBase: world wide web electronic publication**. Disponível em: <https://www.fishbase.se/search.php> Acesso em 11/11/2020.

GRAHAM, C. H. et al. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. **Trends Ecol Evol**, v. 19, p. 497–503. 2004.

GUISAN, A.; EDWARDS, T. C.; HASTIE, T. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. **Ecological Modelling**, v. 157, p.89–100. 2002.

HEE, N. H. Two new species of catfishes of the genus *Clarias* from Borneo (Teleostei: Clariidae). **Raffles Bull. Zool.**, v. 47, p. 17-32, 1999.

HEINO, J.; VIRKKALA, R.; TOIVONEN, H. Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. **Biological Reviews**, v.84, p.39-54, 2009.

HERBORG, L.M. et al. Comparative distribution and invasion risk of snakehead (Channidae) and Asian carp (Cyprinidae) species in North America. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.64, p.1723– 1735, 2007.

HIJMANS RJ, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **Int J Climatol** v. 25, p. 1965–1978, 2005.

HORTAL, J. et al. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annu Rev Ecol Evol Syst**, v. 46, p. 523–549, 2005.

HUGUENY, B.; OBERDORFF, T.; TEDESCO, P.A. Community ecology of river fishes: a large scale perspective. Community ecology of stream fishes: concepts, approaches, and techniques (ed. by K.B. Gido and D.A. Jackson). **American Fisheries Society, Bethesda, MA**. 2010.

IPCC, 2013: Resumo para Decisores. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. **Cambridge University Press**, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, NI, EUA, 2013.

IPCC, 2014: Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea e L.L. White (eds.)]. **Organização Meteorológica Mundial (WMO)**, Genebra, Suíça, 34 págs. (em Árabe, Chinês, Inglês, Francês, Russo e Espanhol), 2014.

IUCN 2021. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2021-2. Disponível em <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em 19 de dezembro de 2020.

JACKSON, D. A.; PERES-NETO, P.R.; OLDEN, J. D. What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 157–170, 2001a.

JANKOWSKI, J. E. et al. Beta diversity along environmental gradients: implications of habitat specialization in tropical montane landscapes. **Journal of Animal Ecology**. v. 78, p. 315-327, 2009.

- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO, J. M. Tolerance limits, animal. In: Simberloff D Rejmánek M (eds) **Encyclopedia of biological invasions**. University of California Press, CA, p. 661–663, 2011.
- LANGGANI, F. et al. Ichthyofauna diversity of the upper rio Paraná: present composition and future perspectives. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 181-197, 2007.
- LATINI, A. O. et al. **Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil**. Série Biodiversidade, 39. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 791p, 2016.
- LEMES, P. et al. Refinando Dados Espaciais para a Conservação da Biodiversidade. **Natureza & Conservação**, v. 9, n. 2, p. 240-243, 2011.
- LIMA-RIBEIRO, M. S. et al. ecoClimate: A database of climate data from multiple models for past, present, and future macroecologists and biogeographers. **Biodivers Informatics** v. 10, p. 1–21. 2015.
- LINDHOLM, M. et al. Climate-driven range retraction of na Arctic freshwater crustacean. **Freshwater Biology**, v.57, p.2591-2601, 2012.
- LOWE 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), 12pp. First published as special lift-out in Aliens 12, December 2000. Update and reprinted version: November 2004.
- MARENGO, J. A. et al. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. **Relatório 5**. São Paulo: MMA, 77pp. 2007.
- MARKOVIC, D. et al. Europe's freshwater biodiversity under climate change: distribution shifts and conservation needs. **Diversity and Distributions**, v.20, p.1097-1107, 2014.

- MARTINS, A. C. et al. Species conservation under future climate change: the case of *Bombus bellicosus*, a potentially threatened South American bumblebee species. **Journal Insect Conserv** v. 19, p. 33–43. 2015.
- MCCLURE, C. State of the world's raptors: Distributions, threats, and conservation recommendations. **Biological Conservation**. v. 227, 2018.
- MEROW, C.; SILANDER, J. A. A comparison of Maxlike and Maxent for modelling species distributions. **Methods Ecol Evol**, v. 5, p. 215–225. 2014.
- MILI, P. S. M.; TEIXEIRA, R. L. Notas ecológicas do bagre-africano, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Teleostei, Clariidae) de um córrego do Sudeste do Brasil. **Bull. Mus. Biol. Mello Leitão**, v. 19, p. 45–51, 2006.
- MOONEY, H. A. et al. Invasive alien species: a new synthesis. **Cap. 13 - A Global Strategy on Invasive Alien Species: Synthesis and Ten Strategic Elements**. p. 332, 2005.
- MOREIRA, A. A. et al. Remote sensing of water balance in Pantanal. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Universidade Federal do Paraná. v. 46, n. 3, p. 20-32, 2019.
- NAKATANI, K. et al. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. **Maringá: Eduem**, 2001.
- NEWBOLD, T. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. **Prog Phys Geogr**, v. 34, p. 3–22. 2010.
- OLDEN, J. D. et al. Conservation biogeography of freshwater fishes: recent progress and future challenges. **Diversity and Distributions**, v.16, p.496-513, 2010.
- OLIVEIRA, A. F. DE; BEMVENUTI, M. DE A. O Ciclo De Vida De Alguns Peixes Do Estuário Da Lagoa Dos Patos, Rs, Informações Para O Ensino Fundamental E Médio. **Cadernos de Ecologia Aquática**, v. 1, n. 2, p. 16–29, 2006.

- ORSI, M. L.; AGOSTINHO, A. A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. *Comunicação Científica. Revta bras. Zool.* v. 16, n. 2, p. 557 – 560. 1996.
- PAGLIA, A. P. et al. Modelos de distribuição de espécies em estratégias para a conservação da biodiversidade e para adaptação baseada em ecossistemas frente a mudanças climáticas. *Natureza & Conservação*, v. 10, n. 2, p. 231–234, 2012.
- PARMESAN, C. Influence of species, latitudes and methodologies on estimate of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, v.13, p.1860-1872, 2007.
- PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, v. 421, p. 37–42. 2003.
- PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, v. 355, p. 6332, 2017.
- PEJCHAR, L.; MOONEY, H. A. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends Ecol Evol* v. 24, p. 497–504, 2009.
- PETERSON, A. T. et al. Ecological niches and geographic distributions. Princeton, N.J: Princeton University Press. 314 p. *Monographs in population biology*, v. 49, n.2, 314p, 2011.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Modell*, v. 190, p. 231–259, 2006.
- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography (Cop)* v. 31, p. 161–175, 2008.
- PIRES, T. H. S. et al. Testing Wallaces’s Intuition: water type, reproductive isolation and divergence in an Amazonian fish. European Society for Evolutionary Biology: *Journal of Evolutionary Biology*, v. 31, p. 882-892, 2018.

POFF, N. L. Ecological response to and management of increased flooding caused by climate change. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.360, p.1497-1510, 2002.

POFF, N. L.; OLDEN, J. D.; STRAYER, D. S. Climate change and freshwater extinction risk. In: HANNAH L. (Ed.). **Saving a Million Species: Extinction Risk from Climate Change**. Washington: Island Press, p. 309-336. 2012.

PYKE, G. H.; EHRLICH, P. R. Biological collections and ecological/environmental research: A review, some observations and a look to the future. **Biol Rev** v. 85, p. 247–266, 2010.

RABELO, L. B.; SOARES, L. S. H. Feeding interaction of the non-native african catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in itanhém river estuary Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 62, n. 3, p. 179–186, 2014.

RASMONT, P. et al. Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees. **BioRisk** v. 10, p. 1-236, 2015.

REID, A. J. et al. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. **Biol Rev** v. 94, p. 849–873. 2019.

REVENGA, C. et al. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**, v.360, p.397-413, 2005.

RIBEIRO, D. C. et al. Checklist and key for the identification of fish fauna of the Uberaba River, Upper Paraná River system, Brazil. **ZooKeys**, v. 875, p. 129–155, 2019.

RODELL, M. et al. Emerging trends in global freshwater availability. **Nature**, v. 557, p. 651–659, 2018.

ROCHA, G. R. A. The introduction of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) into Brazilian inland waters: a growing threat. **Neotropical Ichthyology**, Sociedade Brasileira de Ictiologia Scientific Note. v. 6, n. 4, p. 693-696. 2008.

ROININEN, H.; PRICE, P. W.; TAHVANAINEN, J. Bottom-up and top-down influences in the trophic system of a willow, a galling sawfly, parasitoids and inquilines. *Oikos*, p. 44-50, 1996.

ROTTA, M. A. Situação da piscicultura sul-mato-grossense e suas perspectivas no Pantanal / Marco Aurélio Rotta - Corumbá: **Embrapa Pantanal**, 2003.

ROYLE, J. A. et al. Likelihood analysis of species occurrence probability from presence-only data for modelling species distributions. **Methods Ecol Evol** v. 3, p. 545–554, 2012.

SAUNDERS, D. L.; MEEUWIG, J. J.; VINCENT, A. C. J. Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. **Conservation Biology**, v.16, n.1, p.30-41, 2002.

SCHAEFER, S. A.; ARROYAVE, J. Rivers as islands: determinants of the distribution of Andean astroblepid catfishes. **Journal of Fish Biology**. v. 77, p. 2373–2390, 2010.

SCHLEUNING, M. et al. Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change. **Nature Communications**. v. 7, p.13965, 2016.

SEGURADO, P. et al. Consequences of spatial autocorrelation for niche-based models. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p. 433-444, 2006.

SHARMA, S. et al. Will northern fish populations be in hot water because of climate change? **Global Change Biology**, v. 13, p. 2052– 2064, 2007..

SHEA, K.; CHESSON, P. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends Ecol. Evol.* v. 17, p. 170–176. 2002.

SIGA/ANEEL. Carga e geração e histórico da operação/NOS. Dados de 18/03/2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 22/08/2021

SILVA, D, P. et al. Current and future ranges of an elusive North American insect using species distribution models. **Journal of Insect Conservation** v. 23, p. 175–186, 2019.

- SILVEIRA, R. A. DA; LOPES, F. R. D. A.; PEREZ, J. A. A. First record of the nonnative African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Siluriformes: Clariidae), in the D'Una River Basin in Santa Catarina State, Brazil. **Biotemas**, v. 31, n. 2, p. 53–56, 2018.
- SOBERÓN, J. Nichos grinnellianos e eltonianos e distribuições de espécies. **Ecol Lett** v. 10, p. 1115–1123, 2007.
- STRAYER, D. L.; DUDGEON, D. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. **Journal of the North American Benthological Society**, v.29, p. 344-358, 2010.
- SUMAILA, U. R. et al. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. **Nature Climate Change**, v. 1, p. 449-456, 2011.
- SUNDAR, S. et al. Predicting climate effects on aquatic true bugs in a tropical biodiversity hotspot. **Journal of Insect Conservation**. v. 25, n. 2, p. 229-241, 2021.
- TEUGELS, G. G. A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae). **Zoologische wetenschappen** v. 247, p. 23–41. 1986.
- TEUGELS, G. G. Preliminary note of a morphological study of five nominal species of the subgenus *Clarias* (Pisces, Claridae). (1982). *J. Nat. His.*, v.16, p; 439 – 464, 1986.
- TEUGELS, G. G.; ADRIAENS, D. Taxonomy and Phylogeny of Clariidae – An overview, cap. 16, part. III. In: ARRATIA, G.; KAPOOR, B. G.; CHARDON, M.; DIOGO, R. (Eds). *Catfishes*, v. I. New Hampshire: **Science Publishers**, p. 465-466, 2003.
- TEUGELS, G. G.; DENAYER, B.; LEGENDRE, M. A systematic revision of the African catfish genus *Heterobranchus* Geoffroy-Saint-Hilaire, 1809 (Pisces: Clariidae). **Zool. J. Linn. Soc.**, v. 98, p. 237-257, 1990.
- THOMAS, C. D. et al. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, p. 145–148. 2004.
- THUILLER, W. Climate change and the ecologist. **Nature**, v. 448, n. 7153, p. 550-552 - 2007.

- TYLIANAKIS, J. et al. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. **Ecology letters**. v. 11, p. 1351-63, 2008.
- LEP UFRRJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Disponível em <http://r1.ufrj.br/lep/clarias_gariepinus.html> Acesso em 10 de dezembro de 2020.
- VANHATALO, J.; VENERANTA, L.; HUDD, R. Species distribution modeling with Gaussian processes: A case study with the youngest stages of sea spawning whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) larvae. **Ecological Modelling**. V. 228. p. 49–58. 2012.
- VITULE, J. R. S.; ARANHA, J. M. R. Introduction of the African catfish *Clarias gariepinus* (BURCHELL, 1822) into Southern Brazil. **Biological Invasions** v. 8, p. 677, 2006.
- WEIR, J. S. Diversity and abundance of aquatic insects reduced by introduction of the fish *Clarias gariepinus* to pools in central Africa. **Biological Conservation**, v. 4, p. 169–175. 1972.
- WEYL, O. L. F. et al. A review of *Clarias gariepinus* invasions in Brazil and South Africa. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 386-402, 2016.
- WHITTAKER, R. J. et al. Conservation biogeography: Assessment and prospect. **Divers Distrib**, v. 11, p. 3–23. 2005.
- WILSON, M. D. Support Vector Machines. In: **Encyclopedia of Ecology**, Five- Volume Set. Elsevier Inc., pp 3431–343. 2008.
- WOYNAROVICH, E. The hydroelectric power plants and the fish fauna. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v. 24, p. 2531-2536. 1991.
- YALÇIN, S.; AKYURT, I.; SOLAK, K. Stomach contents of the catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in the River Asi (Turkey). **Turk. J. Zool.**, v. 25, p. 461–468, 2001.
- YALÇIN, S.; AKYURT, I.; SOLAK, K. Certain Reproductive Characteristics of the Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) Living in the River Asi, Turkey. **Turk J. Zool.** v. 25, p. 453- 460. 2001

ZILLER, S. R. Plantas exóticas Invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, v. 30, n. 178. Dez. 2001.

ANEXO I

COLETOR	DATA DA COLETA	LOCALIDADE	LONGITUDE	LATITUDE	LOCAL DE ARMAZENAMENTO
Carlos B.M. Alves	05/12/2002	Brasil, MG, Muiraé. Rio Glória (afl. rio Muriaé).	-42.34	-21.030834	USP/MZUSP/81012.0
Laboratório Água e Terra	01/01/2011	Brasil, SC, Bom Jesus. PCH Salto do Passo Velho, Rio Chapecozinho.	-52.4061111	-26.7466667	USP-RP/LIRP/8482
RBAraújo, et al.	21/10/2005	Brasil, SP. Icem. Lagoa do Parente, rio Turvo.	-49.26667	-20.41667	UNESP-IBILCE/DZSJRP-PISCES/9329
L. R. Bonesi	27/02/2014	Brasil, ES, São Mateus. Barra Nova. ES	-39.74	-18.95	UFES/CIUFES/3198
L. R. Bonesi	27/02/2014	Brasil, ES, São Mateus. Barra Nova. ES	-39.74	-18.95	UFES/CIUFES/3202
L. R. Bonesi	27/02/2014	Brasil, ES, São Mateus. Barra Nova. ES	-39.74	-18.95	UFES/CIUFES/3211
R.L.Teixeira e G.I.Almeida	28/03/2012	Brasil, ES, Linhares. Lagoa Suruaca.	-39.742028	-19.155611	MBML/MBML-PEIXES/4914
R.L.Teixeira e G.I.Almeida	26/03/2012	Brasil, ES, São Mateus. Rio Barra Nova na Ponte para Guriri.	-39.740056	-19.045194	MBML/MBML-PEIXES/4881
Ailson Anastácio e Gladstone Almeida	22/08/2018	Brasil, ES, Mantenópolis. Córrego Boa Sorte.	-40.885278	-18.7975	MBML/MBML-PEIXES/13893
G.I.Almeida	14/11/2008	Brasil, ES, Santa Leopoldina. Rio Santa Maria de Vitória em Bonanza – Mangaraí.	-40.436667	-20.133611	MBML/MBML-PEIXES/2130
R.L.Teixeira e G.I.Almeida	28/03/2012	Brasil, ES, Jaguaré. Pontal do Ipiranga Canal de drenagem. ES.	-39.73	-19.151194	MBML/MBML-PEIXES/4885
M.M.Martinelli	27/09/2010	Brasil, ES, Colatina. Rio São João Pequeno.	-40.7375	-19.479167	MBML/MBML-PEIXES/3881
Ailson Anastácio e Gladstone Almeida	25/08/2018	Brasil, ES, Mantenópolis. Rio Itaúnas.	-40.896389	-18.822778	MBML/MBML-PEIXES/13916

R.L.Teixeira	27/08/2001	Brasil, ES, Barra de São Francisco. Córrego de Barra Funda.	-40.890833	-18.755	MBML/MBML-PEIXES/1067
Gladstone I. Almeida e Ailson Anastácio	09/08/2016	Brasil, RJ, Magé. Rio Caceribu, no entorno da APA de Guapimirim, próximo a BR-493. RJ.	-42.951944	-22.713056	MBML/MBML-PEIXES/12686
Ana Cristina Petry et al.	26/06/2009	Brasil, RJ, Macaé, 200 m à montante da ponte da Linha Azul.	-41.7868995666504 (longitude_mun)	-22.3708000183105 (latitude_mun)	UFRJ/NPM/352
Ana Cristina Petry et al.	29/06/2009	Brasil, RJ, Macaé. Rio Macaé, próximo à ponte da linha Azul.	-41.7868995666504 (longitude_mun)	-22.3708000183105 (latitude_mun)	UFRJ/NPM/1575
Paula Araújo Catelani et al.	13/05/2016	Brasil, RJ, Casimiro de Abreu. Trecho retelinizado	-42.13722	-22.56611	UFRJ/NPM/4841
Paula Araújo Catelani et al.	18/06/2011	Brasil, RJ, Macaé. Rio Macaé, próximo a ponte da BR 101 e a termoeétrica, a aproximadamente 16 km da foz do rio Macaé.	-41.87667	-22.29556	UFRJ/NPM/2290
Paula Araújo Catelani et al.	18/06/2011	Brasil, RJ, Rio Macaé, na ponte da Linha Azul, aproximadamente a 5 km da foz do rio Macaé.	-41.78583	-22.33639	UFRJ/NPM/2291
Ana Cristina Petry et al.	24/06/2009	Brasil, RJ, Macaé, remanso ou córrego artificial na margem direita do Rio Macaé à montante da ponte da Linha Azul que cruza o rio.	-41.7868995666504 (longitude_mun)	-22.3708000183105 (latitude_mun)	UFRJ/NPM/342
Paula Araújo Catelani et al.	14/04/2012	Brasil, RJ, Macaé. Rio Macaé, à jusante da foz do rio São Pedro, a aproximadamente 12 km da foz do rio Macaé.	-41.83778	-22.21556	UFRJ/NPM/2292
Pescadores	12/03/2003	Brasil, RS, Palmares do	-50.5166664124	-30.2666664124	PUCRS/MCP-

artesanais		Sul. Lagoa do Casamento			PEIXES/000032176
Gerpel	13/01/2004	Brasil, PR, Sudaé do Iguaçu. Reservatório Salto Santiago (rio Iguaçu)	-52.6166667	-25.6333333	UEM/NUP/3246
Gabriel E Teixeira	19/12/2015	Brasil, RJ, Itaperuna. Rio Muriaé	-41.8275	-21.23778	UEM/NUP/21138
COPEL	15/08/1995	Brasil, PR, Campina Grande do Sul. Reservatório Capivari	-48.8688889	-25.1425	UEM/NUP/780
Gerpel	10/11/2004	Brasil, PR, Sulina. Reservatório Salto Osório (rio Iguaçu-assentamento 8 de julho)	-52.7275	-25.6177778	UEM/NUP/19168
Vitor André Frana	20/03/2011	Brasil, PR, Cascavel. Rio Lopei	-53.6716667	-24.7919444	UEM/NUP/11900
Limnobios	06/10/2018	Brasil, SC, Quilombo - SC MD/ São Domingos - SC ME. Rio Saudade	-52.609444	-26.674167	UEM/NUP/22228
Nupelia	09/04/1999	Brasil, GO, Caldas Novas. Reservatório Corumbá	-48.5483333	-17.7269444	UEM/NUP/2618
Nupelia	15/06/2001	Brasil, PR, Iguaraçu. Pesqueiro do Pacu	-51.88	-23.2641667	UEM/NUP/2837
Dhonatan dos Santos	18/06/2014	Brasil, PR, Capitão Leonidas Marques. IGUAÇU (Iguabaixo)	-53.6516	-25,5118278	UEL/MZUEL-PEIXES/15858
Patricia da Silva	27/11/2012	Brasil, SP, Castilho. Rio Aguapeí, afluente do rio Paraná	-51.689441667	-21.053608333	UEL/MZUEL-PEIXES/13434
ECPUEL	18/10/1995	Brasil, PR, Londrina. Ribeirão Três Bocas, tributário do rio Tibagi	-51.0758333	-23.385	UEL/MZUEL-PEIXES/1499
Dhonatan dos Santos	07/03/2016	Brasil, PR, Capitão Leonidas Marques. Rio Andrada, afluente do rio Iguaçu	-53.531025	-25.46005	UEL/MZUEL-PEIXES/16256
Paulo Bernard, Reginaldo Machado	14/11/1992	Brasil, PR, Jataizinho. Ribeirão Couro do Boi, tributário do rio Tibagi	-50.9163889	-23.2955556	UEL/MZUEL-PEIXES/1216

Ausente	Ausente	Minas Gerais	-42.02955	-20.905005	iNaturalist /Observations/48961121
Ausente	Ausente	Bacia do Rio Doce – Governador Valadares, Jusante UHE Baguari - MG	-42.122	-19.022	LGC2674
Ausente	Ausente	Rio Paraíba do Sul – RJ	-41.757778	-21.643056	LEP-UFRRJ/1354
Ausente	Ausente	Bacia do Alto Paraná – PR	-53.0769	-22.6471	31865
Ausente	Ausente	Bacia do Alto Paraná – PR	-53.0769	-22.6471	31863
Ausente	Ausente	Bacia do Alto Paraná – PR	-53.0769	-22.6471	31864
Ausente	Ausente	Bacia do Alto Paraná – PR	-53.0769	-22.6471	32862
Ausente	Ausente	Bacia do Alto Paraná – PR	-53.0769	-22.6471	31866
Ausente	Ausente	Córrego do Medeiros Neto (local identificado como córrego Novo), sub- drenagem Itanhaem - BA	-40.22	-17.242778	Museu Nacional/UFRJ - Coleção Ictiológica do Museu Nacional (MNRJ)/ 28363

CAPÍTULO II

UMA DÚZIA DE PEIXES: CONHECENDO MELHOR ALGUMAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS QUE OCORREM NO BRASIL

RESUMO

A introdução de espécies exóticas invasoras (EEI) está entre as principais causas de perda da biodiversidade no mundo. A chegada dessas espécies causa vários desequilíbrios no meio natural. O estabelecimento destas espécies depende do transporte, entrada, sucesso adaptativo e interações no ambiente. Este capítulo tem como propósito mostrar 12 espécies exóticas invasoras que ocorrem em ambientes naturais no Brasil. Além de discorrer sobre alguns aspectos inerentes as mudanças na legislação em relação ao cultivo. A lista das espécies deste material foi baseada em três trabalhos principais: Latini et al. (2016): “Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil”; Lowe et al. (2000): “100 Of The World’s Worst Invasive Alien Species. A Selection From The Global Invasive Species Database”; e Sampaio & Schmidt, (2013): “Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. Biodiversidade”, de onde foram escolhidas espécies com alto potencial invasor em águas continentais brasileiras e com importância para a piscicultura, sendo selecionadas: *Ctenopharyngodon idella*, - (Cyprinidae); *Hypophthalmichthys molitrix*, (Cyprinidae); *Hypophthalmichthys nobilis*, (Cyprinidae); *Cyprinus carpio*, (Cyprinidae); *Oreochromis niloticus*, (Cichlidae); *Coptodon rendalli*, (Cichlidae); *Oreochromis mossambicus*, - (Cichlidae); *Oreochromis macrochir*, (Cichlidae); *Clarias gariepinus*, (Clariidae); *Ictalurus punctatus*, (Ictaluridae); *Oncorhynchus mykiss*, (Salmonidae); *Micropterus salmoides*, (Centrarchidae). Com o conhecimento dos impactos das espécies exóticas invasoras sobre a ictiofauna nativa, este material ajudará na divulgação de informações técnicas e poderá ser também um auxiliar para nortear tomadas de decisões de políticas públicas e conscientização.

Palavras-chave: Biodiversidade, Legislação, Introdução, Estabelecimento, Ambiente, Distribuição

CHAPTER II

A DOZEN FISH: GETTING TO KNOW ABOUT SOME INVASIVE EXOTIC SPECIES THAT OCCUR IN BRAZIL

ABSTRACT

The introduction of invasive alien species (ERA) is among the main causes of biodiversity loss in the world. The arrival of these species causes several imbalances in the natural environment. The establishment of these species depends on transport, entry, adaptive success and interactions in the environment. This chapter aims to show 12 invasive alien species that occur in natural environments in Brazil. In addition to discussing some aspects inherent to changes in legislation in relation to cultivation. The list of species of this material was based on three main works: Latini et al. (2016): “Exotic Species Invading Continental Waters in Brazil”; Lowe et al. (2000): “100 Of The World's Worst Invasive Alien Species. A Selection From The Global Invasive Species Database”; and Sampaio & Schmidt, (2013): “Invasive Alien Species in Federal Protected Areas in Brazil. Biodiversity”, from which species with high invasive potential in Brazilian continental waters and with importance for fish farming were chosen, being selected: *Ctenopharyngodon idella*, - (Cyprinidae); *Hypophthalmichthys molitrix*, (Cyprinidae); *Hypophthalmichthys nobilis*, (Cyprinidae); *Cyprinus carpio*, (Cyprinidae); *Oreochromis niloticus*, (Cichlid); *Ceptodon rendalli*, (Cichlid); *Oreochromis mossambicus*, - (Cichlid); *Oreochromis macrochir*, (Cichlid); *Clarias gariepinus*, (Clariidae); *Ictalurus punctatus*, (Ictaluridae); *Oncorhynchus mykiss*, (Salmonidae); *Micropterus salmoides*, (Centrarchidae). With knowledge of the impacts of invasive alien species on native ichthyofauna, this material will help in the dissemination of technical information and may also be an aid to guide public policy decision-making and awareness.

Keywords: Biodiversity, Legislation, Introduction, Establishment, Environment, Distribution

1. INTRODUÇÃO

As introduções de espécies exóticas invasoras (EEI) nos ambientes naturais causam diversos impactos e desequilíbrios ecológicos nas relações que existem entre as espécies nativas (Agostinho & Julio-Junior, 1996). A introdução de espécies exóticas invasoras em ambientes naturais é o segundo motivo responsável pelas recentes extinções de animais vertebrados (Bellard et al., 2016). A chegada destas espécies não nativas pode levar a alteração na composição da biodiversidade dos ecossistemas naturais (Rahel, 2002). Tendo efeitos nocivos nas populações locais e pode provocar processo de hibridações, onde a variabilidade genética natural fica ameaçada com o surgimento de espécies híbridas férteis, causando a diminuição da variedade de espécies (Holcik, 1991).

Portanto, quando uma espécie invasora se estabelece no novo hábitat, ela pode se apresentar como uma ameaça às várias formas de vida e patrimônio genético local (Agostinho et al. 2007; Agostinho & Julio-Júnior, 1996; Moyle & Light, 1996; Vermeij, 1996). A introdução de novas espécies no ambiente está sujeita aos seguintes fatores: I – O deslocamento de seu habitat (o transporte); II – Entrada ao novo ambiente; III – sucesso adaptativo (como uma população viável, reproduzindo-se), onde ocorrem pressões ambientais de natureza biótica, abiótica e geográfica; e IV – Interação na comunidade, ao integrar a espécie exótica invasora no ambiente introduzido tende a alterar os padrões de comportamento e do nicho ecológico das espécies nativas (Blackburn et al. 2011).

As invasões por espécies de peixes exóticos acontecem em diversos ambientes com diferentes níveis de fiscalização e monitoramento. Como observou Sampaio & Schmidt (2013), o processo de invasão em Unidades de Conservação (UCs), os quais são locais protegidos por lei e com algumas restrições, a depender da categoria da UC (conforme dispõe a Lei nº 9.985/2000). A ocorrência destas espécies nestas áreas corrobora houve vencimentos das barreiras existentes, uma vez que não há cultivo de peixes dentro dos perímetros da UCs. Existe também uma lista nacional produzida pelo Ministério do Meio Ambiente divulgando as 90 espécies (de peixes) exóticas invasoras de águas continentais no Brasil (Latini et al. 2016). Já na relação do artigo “*100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A Selection from the Global Invasive Species Database*” (Lowe et al. 2000), existem oito espécies de peixes, sendo que quatro são invasoras em ambientes aquáticos do Brasil: *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa comum), *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) (tilápia mozambique),

Oncorhynchus mykiss Walbaum, 1792 (truta arco íris) e *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) (Achigã).

As espécies de peixes continentais naturalmente possuem barreiras de dispersões. Tais barreiras podem ser naturais, como as cachoeiras e as ramificações dos cursos de água (que forma os limites entre bacias hidrográficas) e antrópicas, como barragens de hidrelétricas, desvio dos percursos dos canais, construções de lagos artificiais entre outros. A atividade de piscicultura é uma das principais fontes de introdução de espécie exóticas em novos ambientes naturais, pois ajuda a vencer tais barreiras (Agostinho & Júlio Júnior, 1996; Welcomme, 1988). A piscicultura pode ser responsável pela introdução destas espécies no ambiente das seguintes formas; escapes com as águas residuais (efluentes), o esvaziamento dos tanques de cultivo para realização do manejo de produção ou rompimento ou/e transbordo após o tanque atingirem volume máximo, através das cheias não previstas (Orsi & Agostinho, 1999; Agostinho & Júlio Júnior, 1996). Outra forma de risco de introdução de espécies exóticas no meio natural é através do cultivo em tanque redes, que pode permite escapes de ovos e fuga de alevinos, além de peixes de maior tamanho a depender das condições e adequações das estruturas de criação (Agostinho et al., 2017; Latini et al., 2021).

Assim, a identificação dos potenciais vetores da introdução, o conhecimento sobre as características biológicas das espécies e seu o comportamento no ambiente natural são estratégias muito eficientes no manejo de peixes exóticos invasores. Isto se deve ao fato de que são comumente cultivados no Brasil e existem algumas destas espécies estão dispersas em ecossistemas aquático naturais em todos os biomas (Latini et al. 2016). É muito importante que se tenha informações sobre os aspectos impactantes destas espécies invasoras, como as alterações nos ciclos biológicos naturais que ocorrem na água, nas cadeias alimentares, nas relações interespecíficas (que há naturalmente entre indivíduos de diferentes espécies), na disponibilidade de nutrientes na água, dentre outros (Casimiro et al., 2010).

Este trabalho tem como finalidade a elaboração de uma cartilha técnica sobre espécies de peixes exóticas invasoras que ocorrem em diversas localidades do Brasil, apresentando características básicas de cada espécie. A cartilha terá caráter informativo, educativo, visando atingir o público não acadêmico, munindo-os de informações sobre espécies de peixes exóticas invasoras e os seus impactos ambientais, socioeconômicos, além de trazer alguns aspectos da legislação que tratam sobre o cultivo no país. Existem diversas consequências das invasões em ambientes naturais que ameaçam a

biodiversidade e ao patrimônio genético das comunidades nativas. Assim, foram escolhidas doze espécies exóticas invasoras e que ocorrem em ambiente natural e possuem importância (comercial) na aquicultura do país (Latini et al., 2016).

2. ASPECTOS HISTÓRICOS E REGULADORES SOBRE A INTRODUÇÃO DE PEIXES EXÓTICOS INVASORES NO BRASIL

2.1. Cultivo de espécies exóticas invasoras no Brasil

Conforme dispõe a lei de crimes ambientais em seu Artigo 31; *Define*: na introdução de qualquer espécime animal no País, sem um parecer técnico oficial favorável e licença expedida por autoridade competente e a pena prevista é de detenção de três meses a um ano, e multa (Brasil, 1998). A introdução de espécies exóticas no ambiente provoca diversos efeitos ecológicos adversos. Na presença de espécies exóticas invasoras são comuns a ocorrência de patógenos, alterações das interações na teia alimentar e redução de recursos na população, tais como abrigo, alimento e ambiente reprodutivo para desova (Kurchevski et al., 2010; Agostinho et al., 2007; Casal, 2006; Rahel, 2000; Latini & Petrere Jr., 2004). Existem vários trabalhos que elencam os efeitos predatórios de algumas espécies exóticas invasoras de peixes sobre espécies nativas (Holcik, 1991; Agostinho & Júlio-Júnior, 1996; Latini & Petrere Jr., 2004; Zaret & Paine, 1973; Carvalho et al., 2005).

A demanda por alimento é algo crescente em todo mundo e a atividade de piscicultura é um ramo importante na cadeia (produtiva) alimentícia. Essa crescente procura para compor a mesa de refeição (pois o consumo de peixes são fontes alimentares nutritivas e saudáveis) tem estimulado o setor. A produção de peixes de água doce representou 47 milhões de toneladas da produção mundial de pescado em 2018, sendo 87% do total, em comparação os peixes marinhos (FAO, 2020). O Brasil foi o oitavo país na produção mundial de peixes de água doce, com 529,6 mil toneladas em 2019 (IBGE, 2019), sendo a maior parte com espécies exóticas. Deste total de produção brasileira de pescado, 61,1% são espécies de tilápias, sendo um total de 323.713,965 toneladas. Os Estados maiores produtores foram: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (anúário da Peixe BR, 2020). Algumas espécies de tilápias são amplamente cultivadas no Brasil. Segundo Kubitzka (2011), no mundo existem mais de 70 espécies de tilápias conhecidas, sendo que aproximadamente 22 espécies possuem importância comercial na piscicultura (El-Sayed, 2006), estando

entre elas a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia rendalli ou tilápia do Congo (*Coptodon rendalli*), tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*) e tilápia (*Oreochromis macrochir*). A região sul, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, ocorreu a maior produção de Carpas no país, com 18.048.763 Kg (IBGE, 2019). A truta teve uma produção 2.032,137 toneladas, sendo a principal produtora a região Sudeste, representando 67,8% da produção do país, com Minas Gerais como principal estado produtor (IBGE, 2019).

Entretanto, boa parte dessa produção de pescado, ainda é feita de maneira inadequada, seja por falta de orientação técnica ou por falta de regularização ambiental (Orsi & Agostinho, 1999) e melhorias nas legislações vigentes (Lima-Junior et al., 2012). O que pode tornar a atividade de piscicultura potencialmente perigosa em relação à introdução de espécies exóticas em ambientes naturais (Agostinho et al., 2007). As alterações nas legislações ao longo dos anos facilitou a criação de espécies de peixes exóticos de água doce.

2.2 Mudanças nas leis reguladoras sobre introdução de peixes exóticos invasores

Em 2009 o Projeto de Lei (PL) nº 5989/09 do deputado Nelson Meurer (PP-PR) fez alterações em dispositivos da Lei nº 11.959 de 29 de junho de 2009 (a qual dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca), em seu art. 22 que define: “*Na criação de espécies exóticas, é responsabilidade do aquicultor assegurar a contenção dos espécimes no âmbito do cativeiro, impedindo seu acesso às águas de drenagem de bacia hidrográfica brasileira*” (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11959.htm). O Projeto de Lei sofreu modificações na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. O relator, na época foi o deputado Carlos Magno (PP-RO), que exclui da proposta original os nomes das espécies exóticas que poderiam ser cultivadas em tanques-rede e deixou a cargo do antigo Ministério da Pesca, a atual Secretaria de Aquicultura e Pesca–SAP/MAPA, a tarefa de listá-las, e com cada estado da UF definido a relação de permissão.

De acordo com Lima-Junior et al. (2012), as alterações foram um retrocesso, uma vez que a alteração na lei não tratou sobre a soltura de espécie exóticas invasoras e somente de organismo com modificação genética (o que ficou proibido), além de omitir questões referentes ao estabelecimento prévio das espécies. Também foram revogadas

as leis anteriores, um típico “drible político”. As mudanças na legislação visaram à oficialização de espécies exóticas invasoras como nativas, e através daí podendo cultivá-las sem restrições. As alterações foram feitas basicamente para atender a piscicultura em tanque redes e estrutura de análogas, os quais utilização reservatórios para exercer a atividade.

Outro fator que causa perigo as populações de espécie é o repovoamento (estocagem) feito por proprietários ou concessionárias como recompensa ambiental, o qual define a utilização de espécie autóctone e de ocorrência nas bacias hidrográficas locais. Neste caso, foram inclusas as espécies de carpas e tilápias. Mesmo sendo espécies locais, a inserção de indivíduos naturalmente exóticos invasores no ambiente, sem critérios científicos, pode afetar as diferentes populações existentes no ambiente natural (Agostinho et al., 2007). Portanto, devem-se considerar os aspectos inerentes a mudanças na lei ambiental, que favoreceram a criação de exóticas invasoras em reservatórios, e quando acontecem solturas (repovoamento), estes locais muitas vezes oferecem condições de estabelecimento das espécies, (com potencial invasor), prejudicando ainda mais as espécies realmente nativas (Lima-Junior et al., 2012).

Em 2020, o governo federal brasileiro publicou o Decreto nº 10.576/2020, que dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos em corpos d’água de domínio da União para a prática da aquicultura. Tal decreto facilitou ainda mais o cultivo em tanque redes de espécies exóticas em reservatórios brasileiros (Charvet et al., 2021). Outro agravante neste decreto foi à retirada de prerrogativa do Ministério do Meio Ambiente no processo de emissão de licenças ambientais para piscicultura em reservatórios, ficando a cargo da Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) a função de regularizar o cultivo de espécies nativas e não nativas nestes locais. O decreto também transferiu poder legal para a emissão de outorga para uso de água dos reservatórios para a Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP) o que antes era feito pela Agência Nacional das Águas (ANA), quando o interessado registrava o seu plano solicitando o uso destas águas junto à autarquia. A fragilidade de fiscalização poderá provocar efeitos diretos na introdução de espécies não nativas em ambientes de água doce e ameaçando a grande biodiversidade de peixes do Brasil. Considerando os limites de bacias hidrográficas este decreto poderá ter efeitos em países vizinhos que convergem bacias com o Brasil, onde espécies exóticas invasoras poderão conseguir vencer as barreiras dispersão existentes e se estabelecerem além das fronteiras nacionais, atingindo ecorregiões com alta riqueza e endemismo de peixes (Latini et al., 2021).

Por fim, outra modificação na legislação que poderá afetar ainda mais a situação, e que está em andamento no momento, é o afrouxamento do licenciamento ambiental, projeto de lei (PL) 3.729/04 de autoria do deputado Neri Gelli (PP-MT), que a Câmara dos Deputados aprovou em 13/05/2021. Atualmente, a matéria está aguardando apreciação do Senado Federal com o projeto de lei (PL) 2.159/2021. E sobre isso, deve-se aguardar se o legislativo mantará a proposta encaminhada, a qual se apresenta como facilitadora para a regulamentação de atividades potencialmente impactantes.

2.3. Possíveis impactos devido às mudanças nas legislações sobre aquicultura

Um dos impactos mais comuns é a perda de variação gênica das populações de peixes nativos devido ao cruzamento com alevinos de menor variabilidade genética. Com isso indivíduos com algumas características favoráveis ou combinação destas, podem facilmente sobreviver e reproduzir em situações ambientais adversas, que são provenientes de estações de piscicultura (Bellard, 2016; Lima-Junior et al., 2012).

O sistema de criação de peixes em tanque rede pode levar a sérios riscos aos ecossistemas naturais. Agostinho et al., (2017) apresentam as três principais. A primeira é devida à sua presença física na água, onde esse tipo de cultivo tem efeito na circulação de água, causando alteração no transporte de oxigênio, sedimento e plâncton e, muitas vezes, devido à localização que é instalado, o tanque rede forma um tipo de barreira. Em segundo lugar, é que, normalmente, ocorre superpovoamento nestes tipos de estruturas e as rações são distribuídas em grandes quantidades. Este excesso no ambiente pode contribuir para eutrofização local, provocando efeitos diretos na qualidade da água e da biota. Por último, a introdução de espécies de peixes exóticos invasores em águas continentais.

Muitas das espécies exóticas invasoras consomem uma ampla gama de recursos alimentares e podem preda diversos organismos na sua dieta. Tais espécies são consideradas um risco para a fauna nativa quando não contidas, o que difere do exposto para regulariza as espécies exóticas como tilápias, carpas, bagres entre outras. Foi sugerido que essas espécies vivem em áreas naturais junto a outras há muito tempo, sem causar danos. De acordo com Agostinho et al. (2010), a criação de espécies em tanques redes pode oferecer perigos, impossibilitando os escapes de ovos e alevinos, quando não são sistemas de engorda, apenas com presença em fase terminal do ciclo produtivo, ou até mesmo indivíduos de maior tamanho, devido danos nas estruturas. Além disso, a

sanidade dos peixes nativos pode ser impedida, uma vez que as espécies podem ser introduzidas em um ambiente natural com patógenos e doenças (Agostinho et al., 2007; Vitule, 2009). Outra questão de perigo em tanque rede é que mesmo que seja feito o cultivo de espécie monosexo, como a tilápia, não é sempre garantido a eficácia do processo com segurança ambiental, uma vez que pode haver falha na sexagem quanto na reversão sexual, o que impossibilita que seja 100% indivíduos de sexo único (Agostinho et al., 2017).

Além de tanque redes, que seu manuseio de forma inadequada representa grande perigo as espécies nativas, o cultivo de peixes exóticos invasivos criados em tanques ou viveiros escavados também oferece risco ao ecossistema (Welcomme, 1988). Isso devido aos principalmente aos escapes (por águas residuais, por exemplo) e solturas irregulares que ocorrem através da atividade de piscicultura, junto aos transbordos que possam ocorrer nas estruturas más planejadas (Orsi & Agostinho, 1999). Entretanto, mesmo com riscos, a criação de espécies exóticas em tanque escavados apresenta-se com melhores condições de segurança ambiental, se o empreendimento atender a todas as normas específicas, em comparação aos tanques redes (Agostinho et al., 2017).

Ao justificar o problema real, sobre a diminuição dos estoques de pesca, ou seja, a quantidade de pescado em ambientes naturais, a qual diminui a cada ano, exige mais do que simplesmente a soltura de indivíduos de espécies exóticas invasoras que possui importância econômica nos ambientes. Conforme Lima-Junior et al., (2012), manipular habitat não é algo recomendável. Sendo necessários conhecimentos sobre ictiofauna nativa (biologia e ecologia), sua distribuição original, parâmetros dos cursos hídricos, área de preservação ao entorno (APPs), características da bacia hidrográfica dentre outras informações importantes.

Uma alternativa mais viável seria investir na criação de espécies que realmente são nativas das bacias brasileiras e com potencial econômico para a piscicultura local. As espécies nativas no ano de 2020 representaram 35% da produção nacional (anúário da Peixe BR, 2020). Este incentivo já ocorre com a espécie de tambaqui, segunda mais cultivada, e conforme dados do IBGE (2020) foram produzidas 101,1 mil toneladas no ano de 2019 (um total 19,1% da piscicultura brasileira). Em 2020, foram produzidas 100,5 mil toneladas (IBGE, 2021). O tambaqui é nativo da bacia Amazônica, e o Estado de Rondônia é principal produtor, com cerca de 65,5 mil toneladas em 2020 (IBGE, 2021).

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste capítulo foram escolhidas 12 espécies entre as exóticas que ocorrem em ambientes naturais, lêntico e lóticos dos Brasil. Como critérios de seleção, foram definidas espécies que tenham relação direta ou tiveram no seu histórico de introdução em ambientes naturais atividades econômicas, principalmente relacionadas à aquicultura como vetor. Nenhuma espécie ocorre naturalmente em bacias brasileiras, sendo todas oriundas de outros países, dos continentes Africano e Asiático e a região da América do Norte. A busca de informações técnicas foi realizada em periódicos científicos, bases de dados e revisão bibliográficas (impressa).

Também foram utilizados os trabalhos de Sampaio & Schmid (2013) Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil; Lowe et al. (2000), “100 of the World’s Worst Invasive Alien Species: A Selection from the Global Invasive Species Database”; e Latini et al. (2016), “Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil”. Todos estes trabalhos foram considerados para compor a lista das espécies selecionadas com potencial invasivo que ocorrem Brasil.

De forma detalhada, a relação das espécies incluem quatro espécies de carpas: Carpa Capim (*Ctenopharyngodon idella*), Carpa Prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), Carpa Cabeça Grande (*Hypophthalmichthys nobilis*) e Carpa comum (*Cyprinus carpio*); quatro espécies de tilápias: Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Tilápia Rendalli ou Tilápia do Congo (*Coptodon rendalli*), Tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*) e Tilápia (*Oreochromis macrochir*); dois bagres: Bagre Africano (*Clarias gariepinus*) e Bagre Americano (*Ictalurus punctatus*); uma truta: Truta Arco-Íris (*Oncorhynchus mykiss*) e um Achigã (*Micropterus salmoides*).

4. RELAÇÃO DAS 12 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS SELECIONADAS

As espécies foram selecionadas de acordo com sua ocorrência em várias bacias do Brasil, conforme observado no levantamento bibliográfico. Na relação de espécie, uma ressalva para a espécie *O. macrochir* Boulenger, 1912, a Tilápia do Nilo, a qual é a menos difundida na criação comercial do país, mas como ocorrem outras espécies de tilápias congêneres, é bem possível que sua ocorrência já seja registrada em ambientes naturais junto às espécies nativas e também possam causar muitos danos ecológicos.

A seguir será descrito as características básicas de cada uma das espécies que compõem este trabalho:

1. *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) Grass carp



Figura 1. *Ctenopharyngodon idella*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Superclasse: Peixes

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cypriniformes

Família: Cyprinidae

Subfamília: Squaliobarbinae

Gênero: *Ctenopharyngodon*

Espécie: *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844).

✓ **Nome Comum**

Carpa capim

✓ **Etimologia**

A *etimologia do nome:* *Ctenopharyngodon*; do grego *kteis*, *ktenos* + grego *pharyngx* = faringe + *odous* (grego) = dentes. O nome tem relação aos dentes faríngeos da espécie (Shireman & Smith, 1983).

✓ **Naturalidade (origem)**

A Carpa Capim (*Ctenopharyngodon idella*) é uma espécie que ocorre naturalmente na China e Rússia até a Sibéria oriental (sistema do rio Amur) em ambiente de águas com pouca correnteza (Makinouchi, 1980; Shireman & Smith, 1983).

✓ **Morfologia da espécie**

A espécie possui o corpo alongado e cilíndrico, de cor acinzentada no abdômen e marrom a negra no dorso. Com escamas grandes e cicloides. Possui de 39 a 46 escamas sobre a linha lateral. Boca terminal e sem barbilhões, com duas linhas de dentes faringianos, lateralmente comprimidos. A nadadeira caudal apresenta cerca de 20 raios. Espinhos dorsais, totalizando três e com sete a oito raios. Já os espinhos anais são três e de sete a 11 raios (Baumgartner et al., 2012; Latini et al., 2016).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

O primeiro registro refere-se ao ano 1971, quando o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) introduziu 20 indivíduos de carpa capim para criação em piscicultura brasileira. Sua chegada ao meio natural pode ter sido de forma consciente (soltura) ou acidental (através de escapes) nos empreendimentos de aquícolas, embora não haja dados disponíveis. Os vetores de dispersão é principalmente a piscicultura, de onde a espécie pode escapar devido a transbordo em tanques de criação em período (de cheias) com chuvas intensas (Latini et al., 2016).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A espécie ocorre com registros, em ambientes naturais dos estados do Brasil: RJ, PR, RS, PE e SP. Entretanto, ela pode estar presente em outras localidades devido à sua ampla criação em piscicultura (Latini et al., 2016).

✓ **Reprodução**

Na natureza, a reprodução ocorre entre o fim do inverno e o início da primavera.

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

Possui a dieta baseada em fitoplâncton e vegetais presentes no ambiente, tais como folhas, sementes (Hajra, 1987), hábito herbívoro. Nas fases iniciais de vida a dieta inclui crustáceos e outros pequenos invertebrados (Sigler & Sigler, 1987).

✓ **Comportamento**

Vivem em grupo e de forma pacífica, realizam controle de plantas nos ambientes aquáticos e podem ser cultivadas em policultivo em piscicultura em sistema intensivo e semi-intensivo e extensivo. Apresenta bom potencial de crescimento em piscicultura. Uma espécie com características de rústicas para a criação (Takamura et al., 1994).

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

A carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) possui o hábito alimentar herbívoro, e ingere plantas macrófitas e as suas excreções auxiliam na adubação orgânica em tanques de piscicultura (Sigler & Sigler, 1987). A espécie como invasora em ambientes em equilíbrio pode causar impactos na produção primária dos ecossistemas aquáticos.

2. *Hypophthalmichthys molitrix*, Valenciennes, 1844 - Silver carp



Figura 2. *Hypophthalmichthys molitrix*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Superclasse: Peixes

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cypriniformes

Família: Cyprinidae

Gênero: *Hypophthalmichthys*

Espécie: *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)

✓ **Nome Comum**

Carpa Prateada

✓ **Etimologia**

Hypophthalmichthys: grego, hypo = under + grego, oftalmos = olho + grego, ichthys = peixe; *molitrix*: *molitrix*, aproximadamente moedor (referindo-se ao aparelho de moagem da faringe) (Skelton, 1993).

✓ **Naturalidade (origem)**

A Carpa Prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) é uma espécie de origem Chinesa. Apresenta muitas características comuns a outras espécies de carpas, inclusive a comum, entretanto uma condição que pode permitir ou limitar a sua existência e distribuição em ambientes é a possibilidade de incubação dos seus ovos em ambientes com altas concentrações iônicas (Kolar et al., 2005; Latini et al., 2016).

✓ **Morfologia da espécie**

Possui a parte superior do corpo acinzentada, esverdeada ou castanho-escuro, sendo mais escura na cabeça. A região ventral tem coloração esbranquiçada ou amarelada. A espécie não apresenta faixas e nem manchas muito marcantes sobre a lateral do corpo dos indivíduos adultos, onde existem entre 83 e 125 escamas. O corpo é comprimido lateralmente, com olhos laterais. As nadadeiras tem variação de cor, sendo desde hialinas as mais pigmentadas, a nadadeira caudal tem a base mais escura, escura do que as extremidades. A nadadeira anal com 13–15 raios. Total de espinhos dorsais: 1–3; total de raios dorsais: 6–7; total de espinhos anais 1–3; total de raios anais: 10–14 (Baumgartner et al., 2012; Etnier & Starnes, 1993; Skelton, 1993).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

As primeiras tentativas de introdução da espécie no Brasil aconteceram 1968, através da China, Japão e Hungria. Entretanto, só em 1983 realmente teve a efetividade sua introdução, com o objetivo de cultivo em consócio com outras espécies ou mesmo individualmente (FAO, 2021).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A espécie já foi confirmada em mais de 65 países pelo mundo e ocorre em vários estados brasileiros. Sua presença está associada tanto com a piscicultura, a pesca esportiva (pesque pagas, por exemplo), quanto à ornamentação de espaços (Kolar et al., 2005). Espécie registrada em áreas naturais e artificiais (reservatórios, represas, piscicultura). A carpa prateada está presente nos reservatórios do DNOCS, rio São Francisco, Lago Paranoá, DF, Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim, RS. Espécie presente nos biomas: Mata Atlântica, Cerrado, Campos Sulinos, Caatinga, em área rural e urbana (Latini et al., 2016).

✓ **Reprodução**

Na maioria, os machos entram na idade sexual por volta dos dois anos de idade, já as fêmeas em geral levam três anos. Na natureza em seu habitat original, a espécie reproduz entre o fim do inverno e o início da primavera. Não ocorre a reprodução natural em viveiros (criatórios) sendo necessária a realização da indução hormonal feita com a hipófise da carpa (técnica chamada de hipofização) (Latini et al., 2016; Shireman & Smith, 1983, Skelton, 1993).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

Esta espécie possui guilda trófica fitoplanctófaga (Emater/RS-Ascar, 2018), se alimenta de algas pequenas, e possui um aparelho de filtragem nos arcos branquiais (Etnier & Starnes, 1993). Devido às características do seu aparelho filtrador, sua alimentação é feita com alimentos artificiais, como rações, utilizadas na formula em pó (Emater/RS-Ascar, 2018).

✓ **Comportamento**

Espécie indicada para o policultivo em piscicultura. A espécie possui crescimento de 1.0–1,5 Kg ano em boas condições de manejo em sistemas de criação. A espécie atua no controle de fitoplâncton ao consumir o alimento a espécie utiliza um tipo de aparelho de filtragem especial presentes em seus arcos branquiais. A carpa prateada retira do ambiente os vegetais em excesso. Com isso, a espécie ajuda na melhoria da qualidade da água nos cultivos aquícolas. A espécie também pode ser usada para auxiliar no tratamento de água, de efluentes domésticos e de resíduos da suinocultura (Lima-Junior et al., 2012; Latini et al., 2016).

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

Como relatado através da sua alimentação a base microalgas verdes (fitoplâncton), a carpa prateada pode auxiliar no controle dos excessos de vegetais presentes na água (Ritter et al., 2013). Os teores acima do normal pode diminuir a oxigenação do ambiente e provocar asfixia e levar a mortes de peixes nos cultivos (Hahn & Fugi, 2007). Porém, em ambiente natural equilibrado essa característica pode ser danosa, uma vez que existem as cadeias tróficas com diversos níveis de organização dos seres, e a carpa prateada ambiente natural pode interferir nos elos da base da cadeia alimentar (Ritter et al., 2013).

✓ **Informação Extra**

Na aquicultura é uma espécie com diferentes tipos de opções para o comércio, devido suas características, sendo vendida para alimentação, ornamentação ou para pesque-e-pagues. Estas variadas opções para o cultivo pode coloca-lá em vantagem em relação às demais, e contribuir ainda mais sua introdução no Brasil (Lima-Junior et al., 2012; Latini et al., 2016).

3. *Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845) - Bighead carp



Figura 3. *Hypophthalmichthys nobilis*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Superclasse: Peixes

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cypriniformes

Família: Cyprinidae

Gênero: *Hypophthalmichthys*

Espécie: *Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845)

✓ **Nome Comum**

Carpa Cabeça Grande

✓ **Etimologia**

A origem de seu nome vem do grego, *hipo* = sob; *ophthalmos* = olhos; *ichthus* = peixe; *nobilis*: nobre (Kottelat, 2001).

✓ **Naturalidade (Origem)**

A Carpa Cabeça Grande (*Hypophthalmichthys nobilis*) é uma espécie com origem Asiática, ocorrendo na bacia do rio Amur, entre a fronteira da China e Rússia (<https://www.gbif.org/pt/species/2362489>, 2020).

✓ **Morfologia da espécie**

Peixe relativamente grande, já registrado 112 cm de comprimento padrão e o peso de 21 Kg. A parte superior do corpo tem a cor acinzentada, esverdeada ou castanha escura, mais escura sobre a cabeça. A região ventral tem coloração esbranquiçada ou amarelada. A boca sem barbilhões e cabeça grande (a maior em relação as espécies de carpa congêneres). Suas escamas são bem pequenas e existem de 96–120 escamas na linha lateral, apresenta manchas negras pelo corpo. Total de espinhos na dorsal: 3–3. A margem posterior do último raio simples da dorsal não serrado (Baumgartner, 2012; Kottelat, 2001; Latini et al., 2016).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

A espécie chegou ao Brasil entre os anos 1975 e 1983, e sua introdução no país foi feita pelo Governo Federal (FAO, 2021).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A carpa cabeça grande é uma das espécies mais cultivadas na aquicultura do Brasil. Sua introdução foi justamente para atender piscicultura, onde a espécie pode ser criada em sistema de policultivo. Há registros de ocorrência da espécie desde estado do Rio Grande do Sul a Pernambuco (Latini et al., 2016).

✓ **Reprodução**

Naturalmente, indivíduos desta espécie se reproduzem antes do fim do inverno ou início da primavera. Em piscicultura após o primeiro ano de vida, a espécie está preparada para a reprodução, com o melhor período é entre dois e cinco anos. Uma fêmea pesando entre 1.0–2 Kg, podendo produzir até 100 mil óvulos e fazer três desovas por ano. Os criadores profissionais injetam nos reprodutores hormônios retirado da própria hipófise, o que possibilita o controle da produção de alevinos da espécie. (Kottelat, 2001; Latini et al., 2016).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

A Carpa cabeça grande pertence ao grupo dos filtradores, alimentando de zooplâncton preferencialmente (Emater/RS-Ascar, 2018), e conforme a disponibilidade pode alimentar de fitoplâncton e detritos (Ojaveer et al. 2003).

✓ **Comportamento**

É uma espécie euritérmica (pode suportar uma maior variação de temperaturas), habita na parte (coluna) superior da água e preferencialmente com alto teor orgânico. Não ocorre a reprodução em águas paradas, procurando águas com 1.0–2.0 metros de profundidade e, em ambiente natural, que haja vegetação nas margens (Kottelat, 2001).

Em locais que a temperatura das águas cai no outono, os indivíduos juvenis e adultos se juntam em grandes cardumes e faz o processo de migração em buscas de locais com grande profundidade, onde cessam suas atividades (Latini et al., 2016).

✓ **Potencial efeito no ambiente**

É tida como uma espécie muito eficiente na filtragem, devido aos seus rastros brânquias altamente especializado (Sagi, 1992), os quais ingerem partículas com até 4 microns (tamanho). Na criação em pisciculturas os adultos sobrevivem em águas com características salobras. Essa característica pode ser um diferencial para as espécies ocorrer em diversos locais do Brasil.

4. *Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758 Common carp



Figura 4. *Cyprinus carpio*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Superclasse: Peixes

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cypriniformes

Família: Cyprinidae

Gênero: *Cyprinus*

Espécie: *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

✓ **Nome Comum**

Carpa comum

✓ **Etimologia**

Da língua latim deriva a palavra *Cyprinus*; *cyprinus* (latim) = carpa. *Carpio*;

✓ **Naturalidade (Origem)**

A Carpa comum, hungara (*Cyprinus carpio*) é uma espécie asiática, onde é cultivada há mais de 2000 anos, e com registro de distribuição pela Europa, África (Latini et al., 2016).

✓ **Morfologia da espécie**

No Brasil são criadas as variedades carpa escama, carpa espelho, carpa linha e carpa couro. Espécie possui o corpo alongado e pouco deprimido. A cor é variável, podendo ser a parte superior do corpo acinzentada, ou marrom esverdeado (dorso). Região ventral esbranquiçada, amarelada ou dourada. Sem faixas ou manchas evidentes na lateral do corpo e possui de 32–38 escamas. A boca levemente subterminal, com um par de barbilhões maxilares (mais curtos no lábio superior). Dentes faringianos 5:5 Nadadeira dorsal longa com 17–22 raios com um forte espinho na frente. Nadadeira anal com 6–7 raios (Baumgartner et al., 2012; Kottelat & Freyhof, 2007).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

É uma espécie cultivada Ásia e Oriente Médio há 3.000 anos, na Europa há 600 anos no mínimo (Silva et al., 1983). O primeiro registro da espécie no Brasil foi no ano 1982.

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A espécie mais cultivada no mundo e muito dispersa no Brasil, ocorrendo em pelo menos 15 estados da federação (nos biomas do Pantanal, Floresta Amazônica, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e bioma Costeiro). A capa comum está presente em área natural, ou artificial (lagos e reservatórios) em regiões rural e urbana (Latini et al., 2016).

✓ **Reprodução**

De maio a junho é estabelecido o período reprodutivo, com a desova ocorrendo em locais com baixa profundidade e disponibilidade plantas aquáticas para que os ovos possam se aderir e o embrião desenvolver. Em cada postura a quantidade de ovos liberados por uma fêmea com o peso de 1,0 Kg estima-se em mais de cem mil óvulos de uma a três desovas no período de reprodução (Castagnolli & Cyrino, 1986; Mitra-Nature, 2014).

✓ **Habito alimentar (Guilda trófica)**

A Carpa comum possui guilda trófica omnívora, onde se alimenta de detritos, vegetais, insetos, crustáceos, pequenos moluscos, minhocas e alevinos (Golombieski et al., 2005), com opção de escolha a espécie prefere os invertebrados bentônicos. A anatomia da boca se destaca, a qual é protrátil e terminal. Indivíduos da espécie também possuem dois pares de barbilhos com função sensorial (Baumgartner et al., 2012; Mitra-Nature, 2014). No rio Iguçu, sua alimentação é basicamente feita de vegetais superiores (Hahn et al., 1997).

✓ **Comportamento**

É uma espécie bentônica (vive no fundo do corpo de água). A temperatura influencia no estímulo a desova e alimentação (Tamassia, 1996). A espécie vive preferencialmente em ambientes lênticos, composto de substrato mais fino, com disponibilidade de vegetação e água com temperatura mais alta (Latini et al., 2016). No período do inverno abriga-se no fundo do curso d'água, e em casos, pode se enterrar no substrato presente diminuindo suas atividades enquanto aguarda a primavera (Kottelat & Freyhof, 2007).

✓ **Potencial efeito no ambiente**

É uma espécie comum na piscicultura devido as suas características de rusticidade, resistência a doenças, boa fecundidade e manejo mais simples em relação a outras espécies. Além de tolerar variações de temperatura e na qualidade da água (Casaca & Tomazelli Júnior, 1997). A carpa comum (*Cyprinus carpio*) é uma espécie resistente a baixa disponibilidade de oxigênio dissolvidos na água (OD) resultante de alterações nos padrões de qualidade de água.

5. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) - Nile tilapia



Figura 5. *Oreochromis niloticus*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Perciformes

Família: Cichlidae

Subfamília: Pseudocrenilabrinae

Gênero: *Oreochromis*

Espécie: *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758.

✓ **Nome Comum**

Tilápia do Nilo

✓ **Etimologia**

Oreochromis (Latin), *aurum* = ouro + *chromis* (grego) = um peixe. *Niloticus* = palavra amárico (etíope) que significa “primavera quente” (Trewavas, 1983).

✓ **Naturalidade (Origem):**

A Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie originária rios da costa de Israel e da África (Miranda et al., 2010; El-Sayed, 2006).

✓ **Morfologia da espécie**

Espécie com o corpo comprimida, apresenta listras verticais escuras e regulares na nadadeira caudal (e o pêndulo é igual altura) e também na lateral do corpo. A nadadeira dorsal possui 16–17 espinhos e 11–15 raios flexíveis, a nadeira anal tem 3 espinhos e de 10–11 raios flexíveis, e a nadeira caudal é truncada. A espécie possui cor é verde-prateada em toda a extensão corporal. No primeiro arco branquial existem de 27–33 rastros (Latini et al., 2016; Trewavas, 1983).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

Espécie cultivada em vários países, no Brasil sua criação teve início na década de 1970 (Miranda et al., 2010, Watanabe et al., 2002). O governo brasileiro, através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS importou a espécie, principalmente para cultivo em reservatórios do Nordeste. A introdução da espécie foi estimulada pela fama de pouco ganho de peso da *C. rendalli*, que foi a primeira espécie de tilápia que chegou ao país (Starling, 1993).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

Talvez por ser a espécie mais difundida para criação, a tilápia do Nilo está presente em todas as principais bacias hidrográficas do país. Ocorrendo em ambientes artificiais e naturais dos biomas da Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga e Amazonas. Embora sua presença seja mais notada, principalmente, nas regiões Nordeste e Sudeste (Latini et al., 2016; Starling, 1993).

✓ **Reprodução**

A reprodução das tilápias ocorre dos três aos seis meses de idade dependendo da espécie. Em relação à desova, esta poderá ocorrer mais de quatro vezes por ano. Na época da reprodução o macho delimita um território, se torna mais agressivo defende a área da presença de outros indivíduos (Trewavas, 1983). Ele cava um ninho com a boca, em busca da fêmea, faz exhibições, e normalmente a barriga fica avermelhada. Com o ninho pronto, se alguma fêmea for atraída, ela entrará no ninho e desovará. O macho, na sequencia faz a mesma coisa, e libera o sêmen. Após a fertilização a fêmea, coloca os ovos na sua boca e irá embora. A tilápia-do-Nilo fêmea que protege sozinha dos alevinos, enquanto o macho irá arrumar o ninho e buscará atrair novas fêmeas para reproduzir (Baumgartner, 2012; Latini et al., 2016; Trewavas, 1983).

✓ **Habito alimentar (Guilda trófica)**

Possui guilda trófica omnívoro, alimentando de plâncton, zooplâncton e fitoplâncton, preferencialmente (Starling et al., 2002).

✓ **Comportamento**

A espécie realiza o cuidado parental com eficiência, protegem seus filhos de predadores, onde o macho faz o ninho e corteja a fêmea, após a postura (McKayke et al., 1995; Filho, 2004). A dieta alimentar da Tilápia do Nilo pode variar de acordo com a ontogênia e alterações ambientais e sazonais, sendo assim uma espécie oportunista (Starling et al., 2002).

✓ **Potencial efeito no ambiente**

A espécie é responsável por mais 90% da produção em aquicultura, externamente a África, de onde é originária (Baungartner et al., 2012; Miranda et al., 2010). É uma espécie com grande capacidade introdutiva e pode ser uma ameaça as populações nativas de peixes (Latini et al., 2016).

Possui como características a aceitação nas variações em padrões físico-químicos; tais como a temperatura, salinidade oxigênio dissolvido (OD). Tem dieta ampla, espécie de fácil adaptação, com ótima capacidade reprodutiva onde realizam o cuidado parental de ovos e alevinos (o macho inicia a vigia ao torno do ninho e as fêmeas protegem, na boca, desde os ovos fecundados até quando os filhotes nascerem e nadarem livremente), o tipo de reprodução é semi-permanente e precoce, além de ser resistente a doenças e infecções (El-Sayed, 2006; Latini et al., 2016; Miranda et al., 2010, Trewavas, 1983).

6. *Coptodon rendalli*, (Boulenger, 1897) Redbreast tilapia



Figura 6. *Coptodon rendalli*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Perciformes

Família: Cichlidae

Gênero: *Coptodon*

Espécie: *Coptodon rendalli* (Boulenger, 1897)

✓ **Nome Comum**

Tilápia Rendalli ou Tilápia do Congo

✓ **Etimologia**

Tilapia, nome com origem do dialeto africano Bechuana que significa peixe (Baumgartner et al., 2012).

✓ **Naturalidade (Origem)**

Tilápia Rendalli (*Coptodon rendalli*, Boulenger, 1897) tem sua origem na bacia do Congo, Lago Tanganyika, Lago Malawi, Zambeze e zonas costeiras do delta de Zambeze (Dunz & Schliewen, 2013).

✓ **Morfologia da espécie**

Coloração em tom verde-oliva, apresentando machas escuras transversais ao corpo, com o ventre em cor amarela ou vermelha. A nadadeira dorsal também é verde oliva, apresentando a margem vermelha e branca até cinza escura e com pontos oblíquos. A nadadeira caudal é pontuada na porção dorsal, vermelha ou amarela na porção ventral. Possuem de 15–17 espinhos e 10–13 raios na nadadeira dorsal e três espinhos e 9–10 raios na nadadeira anal (Baumgartneer et al., 2012, Dunz & Schliewen, 2013).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

A Tilápia rendalli foi à primeira espécie de tilápia introduzida no Brasil, chegando ao país no ano de 1950, por uma hidroelétrica de São Paulo, Light, e pela Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, em 1952 para repovoar represas e como alternativa a proliferação de algas macrófitas aquáticas, que entupiam as turbinas de hidrelétricas (Godoy, 1959). Embora seja muito presente no país, sua criação foi desestimulada, devido espécie reproduzir precocemente, diminuindo o ganho de peso, fato negativo para a criação comercial (Latini et al., 2016).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A espécie ocorre em vários locais do país. Existem registros de presença da tilápia rendalli em ambientes naturais dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Pernambuco e Amapá (Latini et al., 2016).

✓ **Reprodução**

É uma espécie ovípara, onde o macho faz o ninho em água limpa, rasas e bem oxigenada. O macho protege o ninho e busca atrair a fêmea para o acasalamento. Após a desova o macho fertiliza os ovos e a fêmea guarda-os na sua boca, onde permanece até uma semana antes do nascimento e o macho deixa o território. O cuidado da fêmea com

os ovos é muito importante, pois os deixa bem oxigenados, protegidos da exposição de bactérias e fungo, além de prevenir de ataques de predadores. O cuidado parental com prole dura de duas a três semanas seguinte ao seu nascimento (Agostinho et al., 2017; Dunz & Schliewen, 2013; Latini et al., 2016).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

É uma espécie generalista, com guilda trófica omnívora, alimentando de vários itens (Abilhoa 2005; Lazzaro, 1991; Starling et al. 2002; Winemiller & Kelso-Winemiller, 2003), conforme suas fases de vida e sazonalidade.

✓ **Comportamento**

A espécie suporta certa variação de temperatura e salinidade na água. Na reprodução busca área de vegetação com água rasas para a desova, e realizar o cuidado parental (Dunz & Schliewen, 2013).

✓ **Potencial efeito no ambiente**

A Tilápia *rendalli* é muito cultivada na aquicultura. Assim como outras espécies de Tilápias, esta pode ser muito prejudicial às populações nativas quando introduzidas. É uma espécie com grande tolerância as variações de qualidade ambiental e pode consumir diversos alimentos e eficiente na reprodução (Latini et al., 2016; Oliveira et al., 2007) tornando perigosa a sua ocorrência em ambientes naturais invadidos.

✓ **Informação Extra**

Dimorfismo sexual: Os machos apresentam as pontas das nadadeiras, dorsal e anal, pontiagudas e mais alongadas, bem visível, já nas fêmeas o formato fica arredondado (Baumgartner et al., 2012; Dunz & Schliewen, 2013).

7. *Oreochromis mossambicus*, (Peters, 1852) - Mozambique tilapia

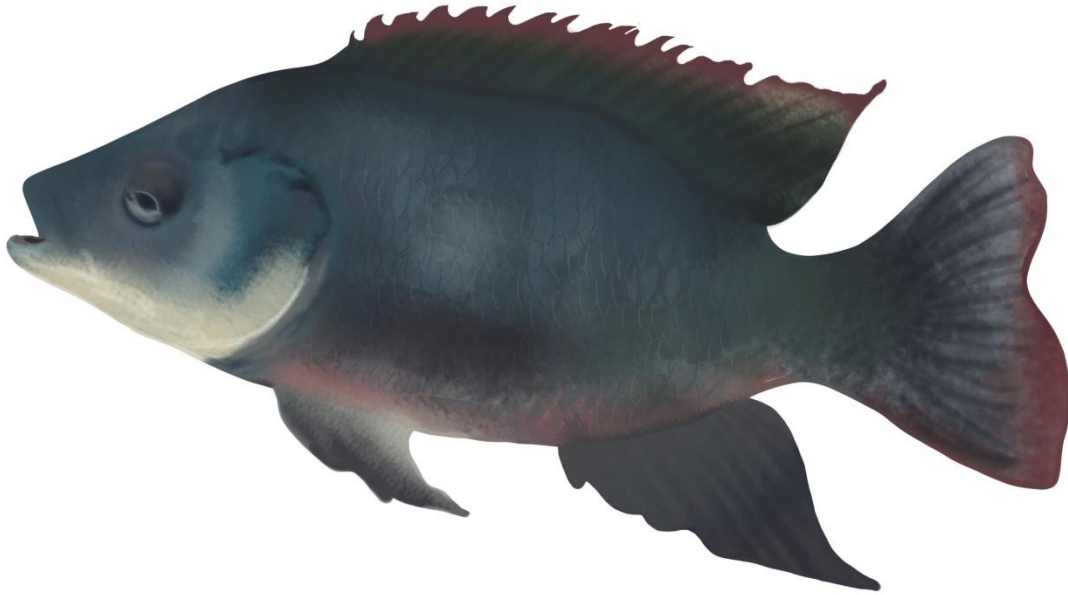


Figura 7. *Oreochromis mossambicus*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ Classificação taxonômica

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Gênero: *Oreochromis*

Espécie: *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852.

✓ Nome Comum

Tilápia de Moçambique

✓ Etimologia

Oreochromis: Latim, aurum = ouro + grego, chromis = um peixe, talvez uma perca
mossambicus: Das palavras gregas *oreos* = das montanhas e *chroma* = cor; *mossambica* descreve a área geográfica, Moçambique, da qual a espécie é nativa. (Trewavas, 1982).

✓ Naturalidade (Origem)

Tilápia de Moçambique (*Oreochromis mossambicus*, Peters, 1852) é uma espécie que tem origem no sudeste da África, do Rio Bushman no Cabo Oriental ao delta do Rio Zambeze (Bruton & Bolt, 1975; Cooper & Harrison, 1992).

✓ **Morfologia da espécie**

Nadadeira dorsal com 15–16 espinhos e 10–13 raios, a nadadeira anal possui três espinhos e 7–12 raios moles. Possui focinho longo, e nos machos são mais pontiagudos, testa com escamas consideravelmente grandes, começando com duas escamas entre os olhos, seguidas por nove escamas até a barbatana dorsal. Os indivíduos machos apresenta o fuchinho pontiagudo, lembrando o bico de pato, devido às mandíbulas alargadas, muitas vezes fazendo com que o perfil superior se torne côncavo (Trewavas, 1982).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

Sem informações sobre o histórico de introdução no Brasil. Há conhecimento de indivíduos híbridos, produzidos a partir da espécie *O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus*, que são chamados de Tilápia vermelha ou vermelha da Flórida (Oliveira et al., 2007).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

De maneira geral as tilápias estão entre as 100 piores espécies introduzidas, também chamadas de alienígenas. Elas estão presentes em mais de 90 países, distribuídos por cinco continentes (Russell et al., 2012; Hasan., et al., 2019). Existem 77 espécies de tilápias descritas e divididas basicamente em três gêneros, sendo eles: *Tilapia*, *Sarotherodon* e *Oreochromis*. Para a espécie *Oreochromis mossambicus* não foi encontrado os dados de distribuição nas bases de pesquisa realizadas consultadas.

✓ **Reprodução**

A desova em lagos ocorre normalmente nas bordas, com fundos arenosos ou lamacentos. O macho faz o ninho e defende o território em busca da parceria para acasalar. O ninho é escavado fazendo uma cova em forma de bacia no centro de seu território, onde a fêmea deposita 100–1700 ovos e o macho os fertiliza. Após a fertilização, a fêmea sozinha incuba os ovos sozinha. Os filhotes eclodem na boca da fêmea após 3–5 dias, dependendo da temperatura. (Lima-Júnior & Latini, 2006;

Trewavas, 1982). Os filhotes são liberados da boca entre 10–14 dias, mas permanecem perto da fêmea e entram na boca se ameaçados até cerca de três semanas de idade. Na fase inicial os filhotes e cardumes de juvenis buscam águas rasas, onde se alimentam durante o dia e a noite procuram águas profundas. As fêmeas criam várias ninhadas durante uma temporada, começando a atividade sexual a partir dos quatro meses de idade. Uma mesma matriz desova mais de quatro vezes no ano. Entretanto, em cultivo nas regiões quente, ocorre desova o ano todo (Oliveira et al., 2007; Trewavas, 1982).

✓ **Habito alimentar (Guilda trófica)**

É uma espécie onívora, sua dieta inclui diversos itens, tais como algas, insetos, além de crustáceos, peixes etc. Sendo também uma espécie tilápia generalista, mas podendo variar o habito conforme a fase de vida. (FAO, 2021. Disponível em <http://www.fao.org/fishery/species/2408/en>).

✓ **Comportamento**

Possui hábitos diurnos principalmente (Skelton, 1993), é uma espécie que pode suportar variações de temperaturas e consegue viver bem em águas salobras, tanto quanto em águas com alta salinidade (Gupta & Acosta, 2004; Moor & Bruton, 1988). Realiza o cuidado parental da prole, a fêmea incuba os ovos, podendo formar cardumes (Bardach et al., 1972; Disponível em <http://www.fao.org/fishery/species/2408/en>).

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

Assim como ocorre como outras espécies de tilápias, sua introdução em ambientes naturais pode afetar drasticamente a biota, e altera padrões físicos químicos da água além de ser vetor de doenças. De maneira geral, as tilápias toleram bem as variações de temperatura e água com pouco oxigênio dissolvido (OD), apresentam grande capacidade reprodutiva e cuidado parental, juntos contribuem muito para o aumento da população em ecossistemas invadidos.

8. *Oreochromis macrochir* (Boulenger, 1912) Longfin tilapia



Figura 8. *Oreochromis macrochir*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Cichliformes

Família: Cichlidae

Gênero: *Oreochromis*

Espécie: *Oreochromis macrochir* (Boulenger, 1912)

✓ **Nome Comum**

Tilápia

✓ **Etimologia**

Oreochromis: Latim, aurum = ouro + grego, chromis = um peixe, talvez uma perca *macrochir*. Do grego "macros" = grande e do grego "cheir" = mão, ou barbatana peitoral em peixes, referindo-se à barbatana peitoral grande (www.fishbase.org).

✓ **Naturalidade (origem)**

Natural do continente Africano, distribuída no trecho alto do rio Zambeze e no rio Congo.

✓ **Morfologia da espécie**

Apresenta nadadeiras peitorais bem longas, podendo chegar a até a nadadeira caudal. A nadadeira dorsal possui entre 15–17 espinhos e de 11–14 raios. O corpo tem coloração esverdeada, prateada, ou amarelada claro, o ventre é esbranquiçado ou amarelado e possui manchas castanhas ou pretas na região temporal, no opérculo abaixo dos olhos. Normalmente a cabeça é maior tamanho nos machos. De 7–8 fileiras de manchas transversais presentes na nadadeira caudal.

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

Município de Porto Seguro (Bahia) no rio Buranhém, sem data. Sem informações.

✓ **Distribuição espacial da espécie, registros em ambientes naturais do Brasil**

Ainda é pouco cultivada no país, sendo criada em tanques rede no rio Grande, município de Barra, no estado da Bahia. Também foi registrada em outros 10 reservatórios na Paraíba.

✓ **Reprodução**

O período reprodutivo vai de setembro a março nas regiões do sul da distribuição original da espécie. Os machos constroem em água rasa e o defende. O ninho é um monte central em forma de vulcão com topo plano ou ligeiramente côncavo. Macho vigia o terreno e busca por parceira, e eles cortejam várias fêmeas em sucessão, e as estas podem acasalar com mais de um macho em um mesmo verão, podendo levar a formação de grandes populações de indivíduos jovens. São construídos vários ninhos, e ao conseguir atrair uma fêmea para a sua cova, daí ambos os peixes nadam para o centro do ninho; a fêmea então deposita seus ovos – cerca de 10–50 por desova – e o macho, possui uma papila genital semelhante a uma borla de aproximadamente 25 mm de comprimento, nada sobre os ovos. A fêmea realiza o cuidado parental. Uma fêmea pode carregar até 1.300 ovos em sua boca; os ovos têm um diâmetro de 3 mm e são de cor castanho-esverdeados; uma fêmea pode reproduzir por várias temporadas, em

intervalos de cerca de cinco semanas; elas buscam abrigo em locais com vegetação no período de reprodutivo. (Disponível em <https://www.fishbase.se/summary/1396>).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

Para se alimentar jovens consomem invertebrados e zooplâncton, mas perdem esta tendência com o avançar da idade, passando alimentar-se preferencialmente de plantas, algas, insetos, crustáceos, sementes, frutos e raízes.

✓ **Comportamento**

Apresenta grande capacidade de reprodução e realiza o cuidado parental da prole, onde a fêmea incuba os ovos e protegem os filhotes na sua boca, garantindo a sobrevivência e contribuindo para o estabelecimento de suas populações. No território de reprodução os indivíduos fazem um tipo ninho, com acúmulo material de sedimentos com a parte superior côncava.

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

Embora não haja informações específica sobre os impactos da introdução desta espécie em água continentais do Brasil. Mas acredita-se que seja parecido com os já relatados para demais espécie congêneres, como sendo fortemente competidora junto às espécies nativas. Possui o habito de resolver o fundo dos ambientes aquáticos para fazer os ninhos, e este processo levar alterações nos padrões físico químico da água. Além de representar perigo em relação ao crescimento populacional, sendo uma espécie que aumenta o número de indivíduos rapidamente em comparação a maioria dos peixes nativos.

9. *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) - North African catfish

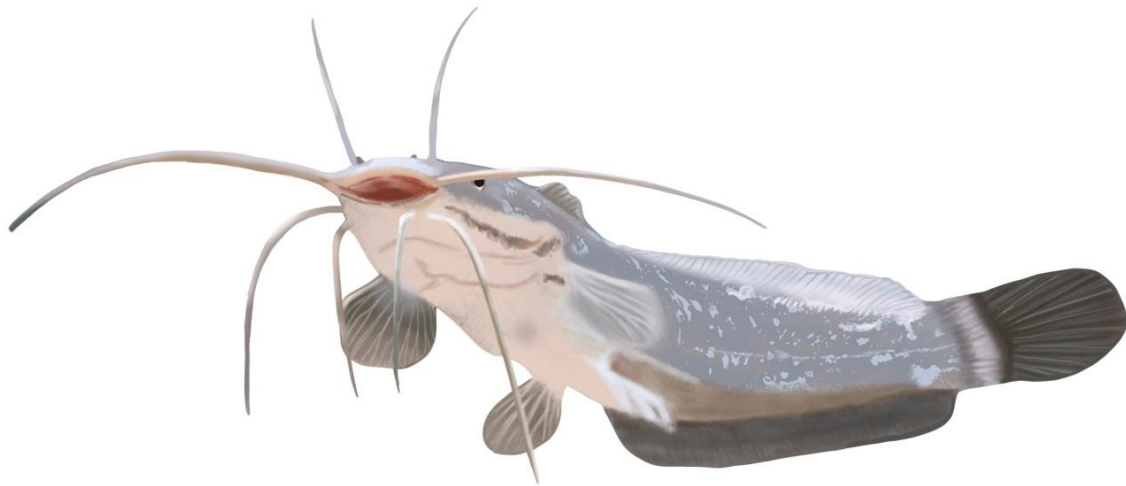


Figura 9. *Clarias gariepinus*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Existem 32 espécies para o Gênero *Clarias* (Teugels, 1986), o táxon *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) está descrito abaixo;

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Siluriformes

Família: Clariidae

Gênero: *Clarias*

Espécie: *Clarias gariepinus* Burchell, 1822.

✓ **Nome Comum**

Bagre Africano

✓ **Etimologia**

Clarias vem do grego *chlaros* = vivido, em referência à capacidade dos peixes de viver por um longo tempo fora da água. *Gariepinus* nomeado em alusão ao rio no qual foi encontrado, rio Gariep na África do Sul.

✓ **Naturalidade (Origem)**

O bagre Africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), família Clariidae, possui origem Asiática, distribuído pelo Sul e Norte da África, Oriente Médio, Israel, Síria e

sul da Turquia (Burgess, 1989; De Graaf & Janssen, 1996). É uma espécie com introdução em outros locais na África, Ásia e Europa (Froese & Pauly, 2020).

✓ **Morfologia da espécie**

O bagre africano tem o corpo no formato anguiliforme (esguios), apresentando nadadeiras dorsal e anal longas, cabeça óssea grande achatada (deprimida) e olhos pequenos e boca larga, terminal com quatro pares de barbilhões (barbilho mandibular externo mais longo do que o par interno), dentes no pré-maxilar e maxilar inferior pequeno, finos e dispostos em várias fileiras (<https://www.fishbase.se/>, 2020; Bruton, 1979; Hee, 1999). A nadadeira dorsal de base translúcida, sem espinhos; nadadeira anal longa sem espinhos, de corpo e base vermelha, borda anterior branca e posterior preta. Outras nadadeiras de base translúcida e corpo vermelho não possuindo nadadeira adiposa (LEP UFRRL 1058. Disponível em <http://r1.ufrj.br/lep/clarias_gariepinus.html> Acesso em 08 de outubro de 2020). Há ocorrências de indivíduos com comprimento médio de até 1,50 m e chegam até 60 Kg.

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

Foi introduzido e disperso de forma irregular no Brasil (Alves, et al. 1999), sua chegada está relacionada a atividade de aquicultura (Nakatani, et al., 2001). Hoje, tem se observado a ocorrência em diversas bacias do Brasil (Braun, et al., 2003). O primeiro registro de ocorrência foi no Córrego Boa Vista, município de Caratinga, Estado de Minas Gerais.

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

No total a espécie ocorreu em oito estados brasileiros, sendo eles, Minas Gerais, Santa Catarina, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás (<http://www.splink.org.br/>. Acesso em 03 de fevereiro de 2020).

✓ **Reprodução**

Melhor época para reprodução é durante o período de cheias, sendo entre julho e dezembro, em seu local de origem, e de novembro e março no Brasil (Latini et al., 2016).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

É uma espécie com hábito alimentar omnívoro, sua dieta é composta por diversos itens alimentares tais como; pequenos alevinos, crustáceos, diversos tipos de insetos, pequenos anfíbios, plantas aquáticas, sementes, frutos dentre outros alimentos (Milli & Teixeira, 2006). A dieta varia de acordo com a disponibilidade do alimento no ambiente (Bruton, 1979).

✓ **Comportamento**

Possui hábito noturno e oportunista (predação). No seu ambiente natural, tais como rios, lagos, lagoas e planícies de águas que pode passar de um local para outro, movendo sobre o solo úmido, em períodos longos de seca (De Graaf & Janssen, 1996).

✓ **Potencial efeito no ambiente**

O bagre africano tem como características ser uma espécie altamente tolerante as pressões ambientais, na piscicultura a espécie pode migrar de um tanque para outro “rastejando” sob solo, seu corpo longo produz muco que permite dispersar facilmente (Donnelly, 1973). Esta espécie tem como característica um órgão acessório do aparelho respiratório, um tipo de pseudopulmões (órgãos arborescentes) permitindo uma respiração aérea, o que lhes garante vantagens em locais com degradação da qualidade ambiental (Burgess, 1989). Além de ser uma espécie que possui ampla opção trófica (Barbieri et al., 2007). Causa grande impacto em ecossistemas nativos reduzindo a biodiversidade, devido ao seu instinto predatório, por se alimentar de qualquer animal, vivo ou morto, que caiba em sua boca.

10. *Ictalurus punctatus*, (Rafinesque, 1818) - Channel catfish



Figura 10. *Ictalurus punctatus*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Siluriformes

Família: Ictaluridae

Gênero: *Ictalurus*

Espécie: *Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818.

✓ **Nome Comum**

Bagre americano, Bagre do Canal

✓ **Etimologia**

Ictalurus: grego, ichtys = peixe + grego, ailouros = gato; *punctatus*: *Ictalurus* (grego) = gato peixe; *punctatus* (latim) = manchado (referindo-se às manchas escuras no corpo) (Hassan-Willians et al., 2007; Page & Burr, 2011).

✓ **Naturalidade (Origem)**

O Bagre americano (*Ictalurus punctatus*) uma espécie originária na bacia do Mississippi, Estados Unidos. É chamado de peixe do canal. Amplamente introduzido na América do Norte, Sul do Canadá, e Nordeste do México (FAO, 1997).

✓ **Morfologia da espécie**

Corpo com cor de oliva ou preto a porção superior, e o ventre branco. Podem apresentar machas escuras laterais e os indivíduos machos mais velhos pode ser um pouco mais preto. Possui cabeça grande e barbilhões ao redor da boca (Hoppe, 2008; Garcia, 1992).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

A espécie foi introduzida intencionalmente no País em 1971 para a atividade de piscicultura. Sem descrição sobre o histórico (Garcia, 1992; Vitule, 2008).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

Existem dados de ocorrência na Lagoa dos Patos, em dois açudes no estado do Ceará e no rio Guaragaçu, no estado do Paraná (Latini et al., 2016; Vitule, 2008).

✓ **Reprodução**

A maturidade sexual da espécie é atingida por volta dos 2–3 anos. As fêmeas fazem a postura dos ovos em buracos, onde ficam incubados, e o local é protegido pelo macho. A temperatura da água que determina o período de incubação e desenvolvimento dos ovos (Page & Burr, 2011).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

É uma espécie onívora, com preferência carnívora, sua dieta é composta de peixes, moluscos, crustáceos bentônicos, gastrópodes, pequenos anfíbios e vegetações aquáticas, secundariamente (Goldstein & Simon, 1999; Wellborn, 1988).

✓ **Comportamento**

É uma espécie com hábito noturno (Page & Burr, 2011), possui papilas gustativas ao longo da superfície externa do seu corpo, com maior presença próxima aos quatro pares de barbilhões no entorno da boca e também interior da cavidade

orofaríngea (Lee, 1991). Grandes quantidades de receptores olfativos altamente especializados (dentro dos poços de suas narinas) que consegue sentir aroma de aminoácidos (sabor da L-alanina e L-arginina; L-aminoácidos) em quantidades equivalentes uma parte por 100 milhões de água.

✓ **Potencial efeito no ambiente**

Além de possuir uma gama de alimentos que compõe sua dieta, guilda omnívoros, o bagre Americano possui olfato e paladar muito bem desenvolvidos, que lhes garante facilidade na procura de alimentos em águas com alta turbidez (Hoppe, 2008; Latini et al., 2016). Estas características indicam que o bagre Americano quando está presente em ambiente natural é um excelente competidor, podendo levar vantagens significativas em relação às espécies nativas (Garcia, 1992; Juliano et al. 1989; Vitule, 2008).

✓ **Informação Extra**

Embora a espécie esteja introduzida em ambientes naturais do Brasil, sua dispersão ainda parece ser ainda restrita em algumas localidades, como relata o trabalho de Cruz-Spindler, et al. 2012 (“First record of the exotic channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) (Siluriformes: Ictaluridae) in the Rio dos Sinos basin, RS, Brazil”), onde ocorreu a captura de indivíduo (fêmea), os autores sugerem que a introdução ocorreu através da atividade piscicultura, escape.

11. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) - Rainbow trout



Figura 11. *Oncorhynchus mykiss*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Classe: Actinopterygii

Ordem: Salmoniformes

Família: Salmonidae

Gênero: *Oncorhynchus*

Espécie: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaun, 1792)

✓ **Nome Comum**

Truta, truta-arco-íris

✓ **Etimologia**

Oncorhynchus: Grego, ônix, -ychos = unha + grego, rhyngchos = focinho. *Oncorhynchus* = focinho em forma de gancho; *mykiss* = um nome vernáculo para a espécie em Kamchatka, Rússia (Hassan-Williams et al., 2007; Page & Burr, 2011).

✓ **Naturalidade (origem)**

América do Norte (Estados Unidos e Canadá), em águas que drenam para o Oceano Pacífico (Page & Burr, 2011).

✓ **Morfologia da espécie**

A coloração varia de acordo com a idade, do ambiente e da condição sexual (no período reprodutivo o macho fica com coloração mais atrativa). Os espécimes de rios são mais escuros em comparação aos lagos (Spillman, 1961). As nadadeiras dorsais com possuem de 10–12 raios e 3–4 espinhos, enquanto a nadadeira anal o número de raios varia entre oito a 12 e três a quatro espinhos e a nadadeira caudal possui 19 raios sem espinhos (Kottelat & Freyhof, 2007; Sartorio, 2003; Welcomme, 1988).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

O primeiro relato da sua chegada ao país é do ano de 1913, na Serra Mantiqueira em Minas Gerais. Também há relatos de introdução feita por empresários no Rio de

Janeiro, que adquiram ovos embrionados da Europa, e resultou em 150 alevinos, os quais foram soltos nos rios do Alto da Boa Vista (Latini et al., 2016; Magalhães et al. 2002) Em 1949, houve escape de alevinos nos rios Jacu Pintado e Bonito. A espécie foi introduzida de maneira oficial no estado de São Paulo, região da Serra da Bocaina, através da Divisão do Instituto de Caça e Pesca do Ministério da Agricultura, com o propósito de explorar seu bom valor de mercado, (gastronômico) e fomentar a pesca esportiva. Em 1950, foi solto uma grande quantidade de alevinos da espécie em rios da Serra da Bocaina e no ano seguinte, 1951, foi constatada a capacidade de a espécie sobreviver e reproduzir em rios de altitude elevada no país. A partir de então, a espécie foi introduzida em diversos rios do país. Na década de 70, foi implantada em Campos do Jordão a primeira truticultura comercial do Brasil (Sozinski, 2004).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

A truta inicialmente foi introduzida inicialmente em rios, com a justificativa de ser um peixe de bom desempenho no mercado de pescado e também por ser uma espécie que atrairia a pesca esportiva pesca. Hoje ela é criada tanto em ambientes naturais ou artificiais. Sobre sua presença na natureza existem registros de ocorrência nas Serras Gaúchas, Serra da Mantiqueira, Serra do Itatiaia, Serra da Bocaina e Serra dos Órgãos. Sua presença está relacionada aos cursos de água de primeira ordem, com boa oxigenação, baixa temperaturas e águas correntes (Latini et al., 2016; Magalhães et al., 2002; Sozinski, 2004).

✓ **Reprodução**

A maturação sexual nos machos ocorre aos dois anos de idade e nas fêmeas aos três anos. A reprodução da truta arco-íris acontece preferencialmente no inverno, sendo os meses de maio a agosto a maior concentração, e neste período os dias são mais curtos e a temperatura da água é mais baixa (temperatura média de 10°C) (Hassan-Williams et al., 2007; Page & Burr, 2011).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

É uma espécie carnívora, consomem diversos tipos de invertebrados aquáticos e terrestres, assim como, os peixes pequenos (Magalhães et al., 2002).

✓ **Comportamento**

A espécie habita rios de águas cristalinas, frias, puras e bem oxigenadas, características de regiões de maior elevação. Para a reprodução a fêmea escava o ninho usando as ondulações do corpo para abertura, sendo este feito em águas correntes com fundo de cascalho ou em água pouco profundas, de baixas temperaturas e com boa oxigenação. Após a fecundação (a fêmea libera o ovócito e o macho o esperma) o macho faz o cuidado em volta (Hassan-Willians et al., 2007; Kottelat & Freyhol, 2007; Page & Burr, 2011).

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

A truta é uma espécie carnívora, de topo de cadeia alimentar, e sua introdução em ambientes naturais é muito perigosa a ictiofauna nativa. Um estudo demonstrou o impacto da introdução de truta em riachos de altitude do Sul País. Sua presença provocou a diminuição da riqueza e abundância da biomassa de espécies de peixes nativos em locais, a exemplo da bacia hidrográfica do rio Silveira, no município de São José dos Ausentes, no Rio Grande do Sul. Desta forma, sugere-se que sua ocorrência leva a diminuição de habitat, competição por parte dos recursos por partes das espécies (Latini et al., 2016; Magalhães et al., 2002; Sozinski, 2004). Outros impactos esperados com a introdução desta espécie na natureza estão relacionados a diminuição da variabilidade genética local e efeitos a médio e longo prazo na redução da imunidade da fauna nativa, entre outros (Sartorio, 2003).

12. *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) - Black bass



Figura 12. *Micropterus salmoides*. (Ilustração: Lucas Richard Ferreira Santos).

✓ **Classificação taxonômica**

Reino: Animalia
Filo: Chordata
Classe: Actinopterygii
Ordem: Perciformes
Família: Centrarchidae
Gênero: *Micropterus*
Espécie: *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)

✓ **Nome Comum**

Achigã, black bass.

✓ **Etimologia**

Micropterus, do grego *micros* = pequeno + grego *pteron* = asa, nadadeira. *Salmoides*: em alusão a trutas e salmões (Page & Burr, 2011).

✓ **Naturalidade (origem)**

É uma espécie nativa da América do Norte, ocorrendo no sul do Canadá e norte dos Estados Unidos (na Baía de Hudson e do rio Mississippi, drenagens do Atlântico da Carolina do Norte até a Flórida), e também ocorre norte do México (Schulz & Leal, 2005; Latini et al., 2016).

✓ **Morfologia da espécie**

A cor é bem variada, sendo tom verde-oliva no dorso, apresentando uma listra preta na lateral, e na região inferior, tons entre amarelo bem claro e branco. Possui boca grande, com o maxilar à frente dos olhos. Possui 10 espinhos na nadadeira dorsal e de 12–14 raios e três espinhos na nadadeira anal e de 10–12 raios, já nadadeira caudal apresenta 17 raios (Gratwicke & Marshall, 2005; Page & Burr, 2011; Spillman, 1961).

✓ **Primeiras ocorrências e histórico da introdução**

O Primeiro registro de introdução da espécie no Brasil data o ano de 1922, no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. Sem histórico (Godoy, 1954).

✓ **Distribuição espacial da espécie e registros em ambientes naturais do Brasil**

É considerada uma espécie cosmopolita, ou seja, está presente praticamente em todas as partes do mundo (em todos os continentes), e com vários relatos de impactos ecológicos relacionados com sua introdução em ambientes naturais em muitos países (pelo menos ocorrendo em 78 países) (Latini et al., 2016; Page & Burr, 2011; Spillman, 1961). No Brasil existem registros nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e no Distrito Federal (Godoy, 1954).

✓ **Reprodução**

A reprodução ocorre em três fases, chamadas de pré-desova, desova e pós-desova. Na época da pré-desova e desova a captura da espécie é mais fácil, e fica mais difícil não período pós-desova. Espécie ovípara. O macho territorialista e fica muito agressivo na época da reprodução. Ele constrói o ninho em locais com funcho lamacentos e de águas relativamente rasas (Billard, 1997; Page & Burr, 2011). Uma mesma fêmea pode visitar vários ninhos e acasalar com vários machos. O macho cuida e ventila os ovos fecundados por cerca de 29 dias, e o nascimento ocorre entre o período da primavera e verão, quando a água estiver com temperatura em torno de 15°C. Nas criações de piscicultura pode haver reprodução a partir de um ano de idade, entretanto, é mais usual ocorre após dois anos. Nos viveiros de reprodução, reproduzem-se naturalmente sem intervenção humana. Sem dimorfismo sexual aparente entre macho e fêmeas (Godoy, 1954; Gross & Sargent, 1985; Latini et al., 2016; Schulz & Growth, 2005).

✓ **Hábito alimentar (Guilda trófica)**

Possui o hábito alimentar carnívoro, alimentando preferencialmente de pequenos peixes, insetos, larvas, rãs e outros seres. Sendo considerada uma espécie predadora voraz, tendo muito agilidade e agressividade na captura do alimento (Aloo & Dadzie, 1995; Garcia-Berthou, 2002).

✓ **Comportamento**

É uma espécie considerada predadora voraz, tendo muito agilidade e agressividade na captura do alimento. O macho é territorialista e protege o ninho, ovos e os filhotes nas primeiras semanas de vida, realizando o cuidado parental (Page & Burr, 2011).

✓ **Potencial efeito no ambiente (perigo)**

Por ser uma espécie de topo de cadeia, sua chegada em ambientes naturais pode causar diversos impactos, pode predar vários peixes ou organismo (com amplas opções) que caibam na sua boca (Latini et al., 2016). Esta espécie é uma das 100 (cem) piores espécies invasoras do mundo (Lowe et al., 2000).

5 - Considerações Finais

A elaboração deste material técnico tem como propósito a divulgação de informações científicas no formato de uma cartilha, para a comunidade em geral, podendo alcançar criadores, pescadores, ribeirinhos, escolas e secretarias de meio ambientes municipais, por exemplo. Esses agentes são de fundamental importância para que haja a preservação ambiental, conservação de espécies nativas de peixes e mantendo sua diversidade.

Um dos principais pontos aqui mostrado envolve as mudanças na lei nº 11.959/09, que dispõe Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura, feita através do projeto lei (PL) 5.989/09. Esta alteração remove as restrições sobre o cultivo de espécies de peixes exóticas e com atributos de invasor. Outro ponto é o Decreto nº 10.576/2020 que possibilita o cultivo de espécies exótica invasora em águas de reservatórios da união, o qual pode representar um grande risco a ictiofauna local. Somada a tomada de decisões atuais, como por exemplo, as mudanças que estão ocorrendo para obtenção de licenças ambientais, vista como um afrouxamento do processo licenciamento, e poderá ser um retrocesso para a aplicação de critérios de avaliação impactos ambientais, e conseqüente espécies exóticas podem ser beneficiadas pela fragilidade do novo processo.

Portanto, este material informativo não visa o fim de atividade de piscicultura, tão pouco condenar todos os parques de piscicultura existentes no Brasil para cultivo em tanque rede ou escavado. Entretanto, visa-se trazer à luz do debate os aspectos que causam controversa dentro ecologia e conservação, mostrando que a introdução de espécies de peixes exóticos invasores pode ter relação direta com ações como solturas irresponsáveis e empreendimentos que foram mal planejados (que permite o escape de peixes), além de evidenciar os retrocessos regulatórios (leis) do ramo (Agostinho et al., 2007; Lima-Junior et al., 2012). Assim, este material poderá servir como um endosso as boas práticas de produção com responsabilidade e segurança ambiental.

Conclui-se que manter o equilíbrio entre a produção de alimentos e a busca da redução dos impactos ambientais da introdução de espécies exóticas invasoras, poderá ajudar na conservação de espécies nativas. E esse é um desafio que vai além do ambiente terrestre, é essencial que haja os devidos cuidados e o manejo correto nos ecossistemas aquáticos naturais. Para isso, é necessário o conhecimento científico e planejamento de ações efetivas de políticas públicas, aliadas as orientações técnicas e divulgação de informações.

6 - REFERÊNCIAS

ABILHOA, V. Ictiofauna, p. 437-456. In: Andreoli, C.V. & C. Carneiro (Ed.). **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba, Grafica Capital Ltda, 500p. 2005.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. **Ciência Hoje**, v. 21, n. 124, p. 36-44. 1996.

AGOSTINHO, A. A. et al. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá (Eduem). 501 p. 2007.

AGOSTINHO, A. A. et al. Nota Técnica: Riscos ambientais do cultivo de tilápia em tanques redes. **Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia**, n.º 124. Londrina, dezembro, 2017.

AGOSTINHO, A. A. et al. Reservoir fish stoking: when one plus one may be less than two. **Natureza & Conservação**, v. 8, p. 103-111, 2010.

ALOO, P. A.; DADZIE, S. Diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides* (LACEPÉDE), in Lake Naivasha, Kenya. **Fish. Manag. Ecol.**, v. 2, p. 43-51, 1995.

ALVES, C. B. N. et al. Presence of the walking Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) (Siluriformes, Clariidae) in Minas Gerais state hydrographic basins, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, n.1, p.259-263, 1999.

Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário 2020. Peixe BR da Piscicultura, p. 1-136, São Paulo, 2020. Disponível em <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/> Acesso em 27 de julho de 2021.

BARBIERI, E; MENDONÇA, J. T PAES, E. T. Ocorrência de espécies exóticas na comunidade do Jairé no rio ribeira de Iguape. **Estud. Biol.** v. 29, n. 67/69, p. 269-276. jul/dez, 2007.

BARDACH, J.E., et al. **Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms**. Wiley-Interscience, New York. 868 p. 1972. Disponível em <<https://fishbase.mnhn.fr/search.php>> Acesso em 12 de dezembro de 2021.

BAUMGARTNER, et al. **Peixes do baixo rio Iguaçu**. Maringá: Eduem, xix, 203p. il.col. Eduem – Editora da Universidade Estadual de Maringá. 2012.

BELLARD, C. et al. Alien species as a driver of recent extinctions. **Biol. Lett.**, v.12, 2016.

BILLARD, R. **Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces**. Lausanne, Delachaux & Niestlé, 192p. 1997.

BLACKBURN, T. M. et al. A proposed unified framework for biological invasions. **Trend in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 7, p. 333-339. 2011.

BRASIL. Decreto nº 10.576, de 14 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos em corpos d'água de domínio da União para a prática da aquicultura. **Diário Oficial da União, p. 7, 15/12/2020**.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União - Seção 1, Página 1, 19/07/2000**.

BRASIL, Lei de Crimes Ambientais, 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 fev 1998. seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 11.959 de 29 de junho de 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 de junho de 2009.

BRAUN, A. S. et al. Registro da Introdução de Clarias gariepinus (SILURIFORMES, CLARIIDAE) na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 101-102, jun. 2003.

BRUTON, M. N.; BOLTT, R. E. Aspects of the biology of Tilapia mossambica Peters (Pisces: Cichlidae) in a natural freshwater lake (Lake Sibaya, South Africa). **Journal of Fish Biology**, v. 7, n. 4, p. 423–445. 1975.

BRUTON, M. N. The food and feeding behaviour of Clarias gariepinus (Pisces, Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with its emphasis on its role as a predator of cichlids. **Transactions of the Zoological Society of London**, v. 35, p. 47-114. 1979.

BURGESS, W. E. **An atlas of freshwater and marine catfishes: a preliminary survey of the Siluriformes**. Neptune City: T.F.H. Publications, 784 p, 1989.

CARVALHO, E. D.; BRITTO, S. G.; ORSI, M. L. O panorama das introduções de peixes na bacia hidrográfica do rio Paranapanema, alto Paraná, Brasil. In: O. Rocha; E. L. G.Espíndola; N. Fenerich-Verani; J. R. Verani; A. C.Rietzler. (Org.). **Espécies invasoras em águas doces: Estudos de caso e propostas de manejo**. 1 ed. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, v. 1, p. 253-274, 2005.

CASACA, J. M.; TOMAZELLI JUNIOR., O. O planejamento da piscicultura no município de Chapecó. **Aquicultura e Pesca**. Florianópolis: EPAGRI, 70p. 1997.

- CASAL, C.M.V. Global documentation of fish introductions: the growing crisis and recommendations for action. **Biological Invasions** Springer. p. 3-11, 2006.
- CASIMIRO, A.C.R. et al. Os impactos das introduções de espécies exóticas em sistemas aquáticos continentais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, v. 38, n. 1, 2010.
- CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J. E. P. Piscicultura nos trópicos, São Paulo, **Manole**, 1986.
- CHARVET, P. et al. Tilapia farming threatens Brazil's Waters. **Science**, v. 371, p. 356. 2021.
- COOPER J. A. G.; HARRISON, T. D. Effects of nesting activities of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) on bank stability in small lagoons. **South African Journal of Science** v. 88, p. 398–401. 1992.
- CRUZ-SPINDLER, S. et al. Primeira ocorrência do exótico bagre do canal, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque 1818), (Siluriformes, Ictaluridae) na Bacia do Rio dos Sinos, RS, Brasil. **Biota Neotrop.** v. 12, n. 3, p. 2012.
- DE GRAAF, G.; JANSSEN, H. **Artificial reproduction and pond rearing of the African catfish *Clarias gariepinus* in sub-Saharan África – A handbook**. FAO Fisheries Technical Paper. Rome. n. 362, 73p, 1996.
- DE OLIVEIRA, E. G., et al. Circular Técnica, 45: Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recria. **Embrapa**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 0104-7633. Teresina, PI. dez, 2007.
- DONNELLY, B. G. Aspects of behaviour in the catfish *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) during periods of habitat desiccation. **Arnoldia** v. 6, n. 9, p. 1-8, 1973.

DUNZ, A. R.; SCHLIEWEN, U. K. Molecular phylogeny and revised classification of the haplotilapiine cichlid fishes formerly referred to as “*Tilapia*”. **Mol. Phylogenet. Evo.** v. 68, n. 1, p.64-80, 2013.

EL SAYED, A. F. M. Tilapia culture. **CABI Publishing**, London. 2006.

EL-SAYED, A. F. M. Reproduction and seeds production. In: EL-SAYED, A. F. M. (Ed) Tilapia culture, London: **CABI Publishing**. p. 70-94. 2006.

EMATER/RS, ASCAR. Orientação para Criação de Carpas. 2018.

ETNIER, D. A.; STARNES, W. C. The fishes of Tennessee. **The University of Tennessee Press**, Knoxville, Tennessee, USA. 1993.

FAO Database on Introduced Aquatic Species. FAO Database on Introduced Aquatic Species, **FAO**, Rome. 1997. Disponível em < <http://www.fao.org/brasil/pt/>> Acesso em 12 de dezembro de 2021.

FAO (2021). Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em < <http://www.fao.org/fishery/fishfinder/en>> Acesso em 31 de agosto de 2021.

FILHO, E. Z. **Piscicultura de espécies exóticas de água doce.** In: POLI, Carlos Rogério et al. Aquicultura: Experiências Brasileiras. Florianópolis: Multitarefa, p.309-336. 2004.

FROESE, R.; PAULY, D. (Editors.) **FishBase: world wide web electronic publication.** Disponível em: <https://www.fishbase.se/search.php> version (12/2019). Acesso em 12 de dezembro de 2021.

GARCIA, J. R. E. Crescimento do *Ictalurus punctatus* (rafenesque, 1820) em quatro densidades de estocagem nas condições climáticas do litoral de Santa Catarina - Brasil. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – Aquicultura. **Dissertação de mestrado.** 60p. 1992.

GARCÍA-BERTHOU, E. G. Ontogenetic diet shifts and interrupted piscivory in introduced largemouth bass (*Micropterus salmoides*). **Internat. Rev. Hydrobiol.**, v. 87, n. 4, p. 353-363, 2002.

GBIF.org (2021). **Global Biodiversity Information Facility, Free and open access to biodiversity** data. Disponível em <<https://www.gbif.org>> Acesso em 23 de novembro de 2020.

GODOY, M. P. Observações sobre a adaptação do Black Bass em Pirassununga, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 14, p. 32-38, 1954.

GOLDSTEIN, R. M.; SIMON, T. P. Toward a united definition of guild structure for feeding ecology of North American freshwater fishes. In Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities (T.P. Simon, ed.). CRC Press, **Boca Raton**, p.123-138. 1999.

GOLOMBIESKI, J. I., et al. Qualidade da água no consórcio de peixes com arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1263-1268, nov-dez, 2005.

GRATWICKE, B. & MARSHALL, B. E. The relationship between the exotic predators *Micropterus salmoides* and *Serranochromis robustus* and native stream fishes in Zimbabwe. **Journal of Fish Biology**, v. 58, n. 1, p. 68-75, 2001.

GROSS, M. R.; SARGENT, R. C. The evolution of male and female parental care in fishes. **American Zoologist**. v. 25, n. 3, p. 807-822, 1985.

GUPTA, M. V.; ACOSTA, B. O. A review of global tilapia farming practices. **Aquacult. Asia**, v. 9, n. 1, p. 7-12, 16. 2004.

HAHN, N. S. et al. Dieta e atividade alimentar de peixes do reservatório de Segredo. Pg 141 – 162. In Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. (eds). **Reservatório de Segredo: Bases ecológicas para manejo**. EDUEM, Maringá. v. 37. 1997.

HAHN, N. S.; FUGI, R. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e conseqüências nos estágios iniciais do represamento. **Revista Oecologia Brasiliensis** v. 11, n. 4, p. 469-480, 2007.

HAJRA, A. Biochemical investigations on the protein-calorie availability in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) from an aquatic weed (*Ceratophyllum demersum* Linn.) in the tropics. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 113-120. 1987.

HASAN et al. First record of the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* Peters, 1852 (Perciformes, Cichlidae), on Kangean Island, Indonesia. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 14, n. 2, p. 207–211, 2019.

HASSAN-WILLIAMS, C. et al. Texas freshwater fishes. **Texas State University-San Marcos: Biology Department/ Aquatic Station**. 2007.

HOLCIK, J. Fish introductions in Europe with particular reference to its Central and Eastern part. **Can. J. Fish and Aquatic Science.**, v. 48, n. 1, p. 13-23. 1991.

HOPPE, R. Avaliação de três arranjos de densidade no cultivo de carpfish americano. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – Aquicultura. **Dissertação de Mestrado**. 26p. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA, Banco de Tabelas Estatísticas**. 2019. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>> Acesso em 04 de abril de 2021.

JULIANO, R. O. et al. The introduction of exotic aquatic species in the Philippines. p. 83-90. In: S.S. De Silva (ed.) Exotic aquatic organisms in Asia. Proceedings of the Workshop on Introduction of Exotic Aquatic Organisms in Asia. Asian Fish. Soc. Spec. Publ. v. 3, 154 p. **Asian Fisheries Society**, Manila, Philippines, 1989.

KOLAR, C. S. et al. Asian Carps of the Genus *Hypophthalmichthys* (Pisces, Cyprinidae) - A Biological Synopsis and Environmental Risk assessment. **U.S. Fish and Wildlife Service**. 183 p. 2005.

KOTTELAT, M.; FREYHOF, J. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, **Cornol and Freyhof**, Berlin. 646 p. 2007. Disponível em < <https://fishbase.mnhn.fr/search.php> > Acesso em 03 de janeiro de 2021.

KOTTELAT, M. Freshwater fishes of northern Vietnam. A preliminary check-list of the fishes known or expected to occur in northern Vietnam with comments on systematics and nomenclature. Environment and Social Development Unit, East Asia and Pacific Region. **The World Bank**. 123 p. 2001. Disponível em < <https://fishbase.mnhn.fr/search.php> > Acesso em 05 de julho de 2021.

KURCHEVSKI, G. et al. SPECIES Introduzidas como vetores de patógenos e parasitas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**. V. 38, n. 1, 2010.

KUBITZA, F. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. **2 ed. Jundiaí: F. Kubitza**, 316p. 2011.

LATINI O. A.; PETRERE, M. JR.. Redution of a native fish fauna by alien species: an example from Braslian fresh-water tropical lakes. **Fish Management Ecology** v. 11, n. 2, p.71-79, 2004.

LATINI, A. O. et al. Espécies Exóticas Invasoras de Águas Continentais no Brasil. Série Biodiversidade 39. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, 791 p. 2016.

LATINI, A. O. et al. Brazil's new fish farming Decree threatens freshwater conservation in South America. **Biological Conservation**, V, 263, 2021.

LAZZARO, X. Feeding convergence in South American and African zooplanktivorous cichlids *Geophagus brasiliensis* and *Tilapia rendalli*. **Environmental Biology of Fishes**, Dordrecht, v. 31, p. 283-293, 1991.

LEE, J.S. **Commercial catfish farming**. Danville, Illinois: Interstate, 330p, 1991.

LIMA-JUNIOR, D. P. et al. Aquicultura, Política e Meio Ambiente no Brasil: Novas Propostas e Velhos Equívocos. **Natureza e Conservação**, v. 10, n. 1, p. 88-91, July, 2012.

LIMA-JÚNIOR, D. P.; LATINI, A. O. E se a aquicultura se expandir no Brasil? **Ciência Hoje**, v. 38, n. 226, p. 58-60, 2006.

LOWE 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), 12pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Update and reprinted version: November 2004.

MAGALHÃES, A. L. B. et al. Ocorrência da truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Pisces: Salmonidae) no alto rio Aiuruóca e tributários, bacia do rio Grande, Minas Gerais, Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 14, p. 35-42., 2002.

MAKINOUCI, S. Criação de carpas em água parada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 67, p. 30-47, 1980.

McKAYKE, K. R. et al. African tilapia in Lake Nicaragua: ecosystem in transition. **BioScience**, v. 45, n. 6, p. 406-411, 1995.

MILLI, P. S. M. & TEIXEIRA, R. L.. Notas ecológicas do bagre-africano, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Teleostei, Clariidae), de um córrego do sudeste do Brasil. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v1 9, p. 45-51, 2006.

MIRANDA, J. Ocorrência da Tilápia do Nilo *oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 na microbacia do Rio Mato Grosso, Saquarema, Estado do Rio de Janeiro. 5, 2010.

MITRA-NATURE: Biodiversidade da Herdade da Mitra. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas-**Ecosystem Functioning and Conservation Group**,

Universidade de Évora. Disponível em www.mitra-nature.uevora.pt. Acesso em 03 de março de 2021.

MOYLE, P. B. & LIGHT, T. Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. **Biological Conservation**, v. 78, p. 149-161, 1996.

NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001.

OJAVEER, E. et al. Fishes of Estonia. Tallinn: **Estonian Academy Publishers**. 2003.

ORSI, M, L.; AGOSTINHO, A, A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. Comunicação Científica. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 2, p. 557 – 560, 1996.

PAGE, L. M.; BURR, B. M. A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Boston: **Houghton Mifflin Harcourt**, 663p. 2011.

Brazilian Journal of Oceanography, v. 62, n. 3, p. 179–186, 2014.

RAHEL, F.J. Homogenization of freshwater faunas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 33, p. 291-315, 2002.

RAHEL, F. J. 2000. Homogenization of fish faunas across the United States. **Science** v. 288, p. 854-856.

RITTER, F. et al. Analysis of economical viability of fish policulture with carp, silver catfish and Nile tilapia as an alternative of the fish farming model in small farms.

Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v. 17, n. 2, p. 27-35, 2013.

RUSSELL, D.J. et al. A review of the biology, ecology, distribution and control of Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) (Pisces: Cichlidae) with particular emphasis on invasive Australian populations. **Rev Fish Biol Fisheries** v. 22, p. 533–554, 2012.

- SAGI, G. The effect of filter feeding fish on water quality in irrigation reservoirs. **Agricultural Water Management**, v. 22, n. 4, p. 369-378, 1992.
- SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 32-49, 2013.
- SARTORIO, A. Tropical adaptation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aliens Newsletter of Invasive Species Specialist Group**, v. 17, p. 30-31, 2003.
- SCHULZ, U. H.; LEAL, M. E. Growth and mortality of black bass, *Micropterus salmoides* (Pisces, Centrarchidae; Lacapède, 1802) in a reservoir in southern Brazil. **Brazil Journal Biology**, v. 65, n. 2, p. 363-369, 2005.
- SHIREMAN, J. V. & SMITH, C. R. Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1884). **FAO Fish. Synop.** n.135, 86 p, 1983.
- SIGLER, W. F.; SIGLER, J. W. Fishes of the Great Basin - **A natural history**. University of Nevada Press, p. 344-347, 1987.
- SILVA, J. W. B. Resultados de um ensaio sobre criação de carpa espelho, *Cyprinus carpio* var. *specularis*, em viveiro do Centro de Pesquisas Ictiológicas do DNOCs (Pente Coste, Ceará, Brasil). **Boletim Técnico DNOCs**, v. 41, n. 1, p. 145-170, 1983.
- SKELTON, P. H. **A complete guide to the freshwater fishes of southern Africa**. Southern Book Publishers. 388 p. 1993.
- SOZINSKI, L. T. W. Introdução da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e suas consequências para a comunidade aquática dos rios de altitude do Sul do Brasil. Porto alegre, **Universidade Federal de Rio Grande do Sul**. Tese de doutorado. 2004.
- SPILLMAN, C. J. Faune de France: Poissons d'eau douce. **Fédération Française des Sociétés Naturelles**, Tome, Paris, v. 65.p. 303 pp., 1961.

STARLING, F.L.R.M. Análise experimental dos efeitos da tilápia do congo (*Tilapia rendalli*) e da carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) sobre a estrutura da comunidade planctônica do lago Paranoá, Brasília (DF). **Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu**, v. 6, p. 144-156, 1993.

TAKAMURA, N. et al. Feeding habits of mixed cyprinid species in a Chinese integrated fish culture pond: change in planktivorous density induces feeding changes in planktivorous carps. **Japanese Journal of Limnology**, Osaka, v. 55, n. 2, p. 131-141, 1994.

TAMASSIA, S. T. J. Carpa comum (*Cyprinus carpio*): produção de alevinos. Florianópolis: EPAGRI, **Boletim Técnico**, v. 76, p. 75, 1996.

TREWAVAS, E. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. London, British. **Natural History**, p.583 pp, 1983.

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

VITULE J.R.S. Introduções de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários, e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível. **Neotropical Biology and Conservation**, v.4, n. 2, p. 111-122, 2009.

VITULE, J. R. S. Distribuição, Abundância e Estrutura Populacional de Peixes Introduzidos no Rio Guaraguaçu, Paranaguá, Paraná, Brasil. Curitiba, Universidade Federal do Paraná – Zoologia. **Tese de doutorado**, p.1-143, 2008.

WATANABE, W. O. et al. Tilapia production systems in the americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, n. 3-4, p.465-498, 2002.

WELCOMME, R. L. International introductions of inland aquatic species. Rome, **FAO Fish. Tec. Papers**, n. 294, 1988. Disponível em <<http://www.fao.org/3/X5628E/X5628E00.htm>> Acesso em 21/01/2021.

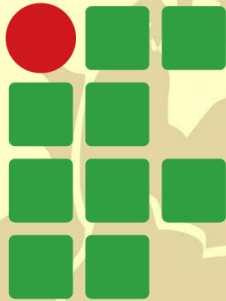
WELLBORN, T. L. Channel Catfish – Life History and Biology. **Southern Regional Aquaculture Center**, n.180. 1988.

WINEMILLER, K. O.; KELSO-WINEMILLER. L.C. Food habits of tilapiine cichlids of the Upper Zambezi River and floodplain during descending phase of the hydrologic cycle. **Journal of Fish Biology**, London, v. 63, p. 120-128, 2003.

ZARET, T. M.; PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. **Science**, v. 182, p. 449-455, 1973.

CONCLUSÃO GERAL

De modo geral, as espécies exóticas invasoras já fazem parte da maioria dos ecossistemas dos brasileiros, mas não é um problema restrito ao Brasil. Entretanto, é extremamente relevante o conhecimento de seus impactos, sejam ambientais, econômicos ou sociais que essas ocorrências provocam. E também as formas de manejo adequadas, uma vez que erradicação total pode ser inviável e/ou complexa. Outro aspecto de suma importância é o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas ao tema, considerando a perda biodiversidade e os todos os prejuízos citados acima. Portanto, as discussões se fazem necessária dentro e fora da academia, abrangendo também população em geral.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiano

Campus
Urutaí

