

Predição dos efeitos das mudanças climáticas sobre a espécie de peixe *Piaractus mesopotamicus*

Predicting climate change on *Piaractus mesopotamicus*

Leonardo da Silva Tomadon
leonardotomadon@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Edivando Vitor do Couto
edivandocouto@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Anielly Galego de Oliveira
Anielly_oliveira@hotmail.com
Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil.

RESUMO

As mudanças climáticas estão acelerando o processo de perda de biodiversidade nos últimos anos, principalmente espécies de água doce. Esses ecossistemas abrigam 10% de todos os animais do planeta e são considerados *hotspots* de biodiversidade. Neste contexto as ferramentas de modelo de nicho ecológico e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) são importantes na conservação de espécies pois podem indicar quais áreas são prioritárias para a conservação, além mapeá-las de forma eficiente. A espécie escolhida para este estudo foi *Piaractus mesopotamicus* popularmente conhecido como pacu. Esta espécie é a segunda espécie nativa do Brasil mais cultivada em cativeiro, porém suas populações em ambientes naturais vem decrescendo ao longo dos anos. Para realizar a modelagem, foram utilizados pontos de ocorrência e variáveis bioclimáticas a eles associadas, e o consenso de diferentes modelos matemáticos foram utilizados para gerar as predições para o presente e para o futuro. Os resultados indicaram que a espécie tem ampla distribuição no rio Paraná, porém as previsões futuras indicam que a espécie vai ter seu habitat restrito aos tributários da margem direita do alto Paraná, aos quais se destacam os rios Paranapanema, Ivaí e Tietê. Portanto as áreas que devem ser considerada prioritárias para a conservação da espécie se distribuem ao longo desses três rios.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação. Áreas prioritárias. Bacia hidrográfica Paraná-Paraguai.

ABSTRACT

Climate change is accelerating the process of biodiversity loss in recent years, especially freshwater species. These ecosystems are home to 10% of all animals on the planet and are considered biodiversity hotspots. In this context, the ecological niche model tools and the Geographic Information System (GIS) are important in the conservation of species because they can indicate which areas are priority for conservation, and map them efficiently. The species chosen for this study was *Piaractus mesopotamicus* popularly known as pacu. This species is the second native species of Brazil most cultivated in captivity, but its populations in natural environments have been decreasing over the years. To perform the modeling, occurrence points and associated bioclimatic variables were used, and the consensus of different mathematical models were used to generate the predictions for the present and for the future. The results indicate that the species has a wide distribution in the Paraná River, but future predictions indicate that the species will have its habitat restricted to tributaries on the right bank of the Paraná highlands, to which the Paranapanema, Ivaí and Tietê rivers stand out. Therefore, the areas that should be considered as priorities for the conservation of the species are distributed along these three rivers.

KEYWORDS: Conservation. Priority areas. Paraná-Paraguay basin.

Recebido: 30 ago. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autorial:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Conforme o quinto relatório emitido pelo Painel Intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC, 2014) nosso planeta irá sofrer mudanças climáticas severas. Isto pode acelerar o processo de perda de biodiversidade para os próximos anos, principalmente em habitats de água doce (WOODWARD et al., 2010).

Esses ecossistemas cobrem apenas 0,1% da superfície terrestre, mas fornecem habitat para aproximadamente 10% de todos os animais (ASSESSMENT, 2005). Muitos riachos e lagos são considerados *hotspots* de biodiversidade, definido por Myers (1988) como a união de uma elevada concentração de espécies e de níveis elevados de destruição de habitat.

Os peixes desempenham diversas funções ecossistêmicas, como transporte de nutrientes em movimentos migratório, porém as mudanças climáticas e as interferências antrópicas têm reduzido às populações naturais (WOOTTON; POWER, 1993; LOPERA-BARRERO et al., 2010).

Dentre essas espécies o *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) conhecido popularmente como pacu, constitui espécie de peixe endêmica da bacia do Paraná-Paraguai. Considerada como espécie migradora de longas distâncias (ALMEIDA, 2003). Trata-se de peixe com um hábito alimentar frugívoro-herbívoro, considerado excelente para o cultivo em sistemas intensivos, sendo o segundo peixe nativo mais cultivado, porém suas populações nativas estão sendo reduzidas ao longo dos últimos anos (LOPERA-BARRERO et al., 2010).

Neste contexto, a modelagem do nicho ecológico pode ser uma ferramenta importante. A projeção dos modelos sobre o espaço geográfico resulta nos chamados mapas de adequabilidade ambiental. Estes mapas indicam em uma escala numérica, áreas de ocorrência de espécie de acordo com as variáveis preditoras utilizadas (DINIZ-FILHO et al., 2009; SILLERO, 2011).

Diante do cenário apresentado, nosso objetivo é prever a distribuição geográfica da espécie *P. mesopotamicus* em cenários futuros de mudanças climáticas na bacia Paraná-Paraguai, a fim de apresentar os futuros refúgios climáticos para a espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica dos rios Paraná-Paraguai abrange a maior parte da região sudeste do Brasil, leste da Bolívia e norte da Argentina. O rio Paraná é considerado o segundo maior da América do Sul (4.695 km) (AGOSTINHO et al., 2008). O rio Paraguai é considerado o quinto mais longo da América do Sul (2.550 km) (BERBERY; BARROS, 2012).

Dados de ocorrência e variáveis bioclimáticas



Os dados de ocorrência foram obtidos em bancos de dados online de coleções biológicas: *SpeciesLink* (<http://www.splink.cria.org.br>), *Global Biodiversity Information Facility* – GBIF (<http://www.gbif.org/>) e o *FishNet2* (<http://www.fishnet2.net/>). Os registros das ocorrências foram mapeados em uma malha geográfica. E a partir disto foi construída uma matriz binária de presença e pseudo-ausência.

As variáveis bioclimáticas, foram: temperatura máxima no mês mais quente, temperatura mínima no mês mais frio, temperatura média anual, precipitação no mês mais úmido, precipitação no mês mais seco, precipitação anual média. As variáveis para o presente foram obtidas da base de dados *WORLDCLIM* (<http://www.worldclim.org/>) e para o futuro a partir de *CCAFS-Climate* (<http://www.ccsfclimate.org/>).

Foram utilizados os modelos de circulação geral: CCSM4 – NCAR; CSIRO – MK3; MIROC5 e MRI. A trajetória de concentração de gases foi baseada na Via Representativa de Concentração (RCP), sendo considerado um cenário moderado (RCP 4.5) e um cenário pessimista (RCP 8.5).

Modelos de nicho ecológico

Quatro modelos de nicho ecológico foram utilizados. Dois deles são métodos baseados em dados de presença apenas, sendo eles: Bioclim (BUSBY, 1991) e a análise de fator de nicho ecológico (ENFA; HIRZEL et al., 2002) e dois são baseados em dados de presença e *background*: Máxima Entropia (Maxent, PHILLIPS et al., 2006) e Algoritmos Genéticos (GARP; STOCKWELL; NOBLE, 1992).

Para contornar a incerteza gerada ao utilizar mais de um modelo, foi utilizada a abordagem de projeção combinada que fornece o resultado do consenso de múltiplos modelos (ARAÚJO; NEW, 2007). Para cada algoritmo utilizado, os dados de ocorrências foram divididos randomicamente em 75% para a calibração e 25% para a validação dos modelos, procedimento repetido 50 vezes. Para a validação foi utilizada a *True Skill Statistic* (TSS) (ALLOUCHE et al., 2006), sendo o limiar de decisão ficado em 0,5.

A modelagem de nicho ecológico foi feito no *software* BioEnsembles (DINIZ-FILHO et al., 2009). A confecção dos mapas foi feito no SIG QGIS® 2.18.

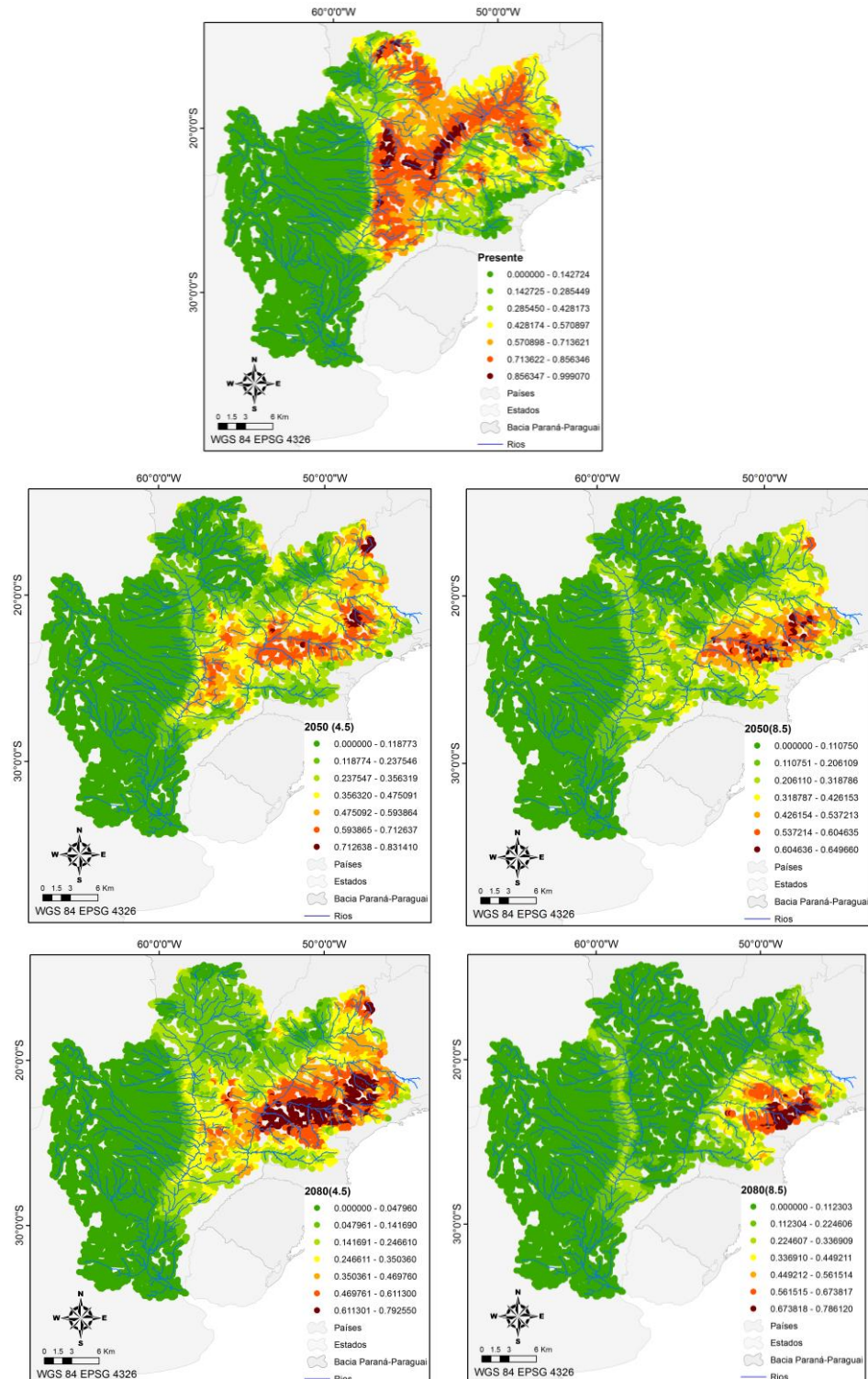
RESULTADO

O banco de dados com os pontos de ocorrência teve um total de 172 registros ocupando 43 células do grid. As predições geradas para as áreas mais adequáveis do presente correspondem à porção do baixo Pantanal, tributários da margem direita do médio Paraguai, tributários da margem esquerda do médio e do alto Paraná (Figura 2).

Para o cenário moderado (RCP 4.5), para os anos de 2050 e 2080, as principais áreas de refúgio climático da bacia Paraná-Paraguai correspondem às porções média e alta dos rios Tietê, rios Corumbá e Capivari, porção alta dos rios Aguapeí e Peixe no estado de São Paulo, sub-bacia do rio Paranapanema na divisa de São Paulo e Paraná, Rio Ivai e baixo Rio Piquiri no estado do Paraná.

Para o cenário pessimista (RCP 8.5), essa perda de áreas climaticamente adequadas aumenta de forma acentuada, concentrando essas áreas nos rios Ivai, Paranapanema, Tietê e Capivari, principalmente nas áreas de cabeceira dos rios.

Figura 1 – Mapa da adequabilidade ambiental da espécie de pacu *Piaractus mesopotamicus* no presente e no futuro, em cenários moderado e pessimista.



Fonte: autoria própria.



DISCUSSÃO

Os resultados obtidos apresentaram uma redução na área adequada climaticamente para a espécie. As áreas que apresentaram os melhores resultados para o presente foram aquelas da margem direita do médio e do alto Paraná, resultados similares ao apresentado por Oliveira (2018), que avaliou toda assembleia de peixes da bacia.

Mudanças na forma de distribuição de outras espécies na bacia Paraná-Paraguai em resposta as mudanças climáticas foram apresentadas por Sumaila et al. (2011), onde essas mudanças predisseram os tributários da margem direita do alto rio Paraná sendo enquadrados na função de refúgio climático, destacando-se entre eles os rios Capivari, Tietê, Paranapanema, Ivaí e Piquiri.

A bacia do Tietê possui alta importância na manutenção da espécie. Porém, ela drena a maior região metropolitana da América do Sul, a grande São Paulo, que concentra níveis altíssimos de poluição em certos trechos, (SMITH et al., 2003; REIS et al., 2006),

O rio Capivari atualmente possui uma baixa diversidade e alta dominância de espécies, observada em função ao corte da mata circundante, entrada de defensivos agrícolas e a inexistência no tratamento dos efluentes (COLLARES, 2000).

Outra bacia que desempenha um papel importante de futuro refúgio climático é a do rio Paranapanema, onde seu canal principal consiste em uma sucessão de barragens (CASTRO, 2003). As barragens interrompem as rotas migratórias e controlam o fluxo hídrico (AGOSTINHO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2015).

Os únicos refúgios climáticos que não possuem barragens são os rios Ivaí e Piquiri, à construção de barragens nesses rios, possui o apelo científico de que sejam mantidos livres de barragens, uma vez que ambos os rios desempenham papel fundamental para a conservação da biodiversidade (AFFONSO, 2015).

CONCLUSÃO

Diante do cenário de mudanças climáticas que nosso planeta já vem experimentando, a conservação da nossa biodiversidade se torna importante, pois ela desempenha papéis e funções ecológicas imprescindíveis nos ecossistemas em que habitam. Dessa maneira estudos em grandes escalas espaciais são essenciais, pois assim conseguiremos identificar e conservar as áreas consideradas prioritárias para as espécies.

Os refúgios climáticos para a espécie na bacia do Paraná-Paraguai tendem a se concentrar na porção alto do rio Paraná, sendo que para a manutenção das espécies medidas devem ser tomadas de prontidão em relação a esses rios, principalmente ao rio Tietê o qual se encontra com uma grande carga de poluição e os rios Ivaí e Piquiri que não possuem barramentos e estão ameaçados por projetos de geração de energia hidrelétrica.



REFERÊNCIAS

AFFONSO, I.P.; AZEVEDO, R.F.; SANTOS, N.L.C.; DIAS, R.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. Pulling the plug: strategies to produce expansion of dams in Brazilian rivers with high-priority for conservation. **Natureza & Conservação**, v. 13, n. 2, p. 199-203, 2015.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 4, p. 255–256. 2004.

AGOSTINHO, A.A.; PELICICE, F.M.; GOMES, L.C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 4, p. 1119-1132, 2008.

ALMEIDA, G.S.C. **Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887)**. 60 f Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade Estadual de São Paulo. 2003.

ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 22, p. 43-47, 2007.

ASSESSMENT, M.E. **Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis**. Washington: World Resources Institute, 2005.

BERBERY, E.H.; BARROS, V.R. The hydrologic cycle of the La Plata basin in South America. **Journal of Hydrometeorology**, v.3, n.6, p. 630-645, 2002.

BUSBY, J.R. **BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system. Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis**. Australia: CSIRO. 1991.

CASTRO, R.M.C.; et al. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do rio Paranapanema, Sudeste e Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 1, BN01703012003.

COLLARES, E.G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do rio Capivari** – SP. 211 f. Dissertação(Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, 2000.



DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M.; RANGEL, T.F.; LOYOLA, R.D.; HOF, C.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ARAÚJO, M.B. Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. **Ecography**, v. 32, n. 6, p. 897-906, 2009.

HIRZEL, A. H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. Ecological-niche factors analysis: how to compute habitat- suitability maps without absence data? **Ecology**, v. 83, p. 2027-2036, 2002.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2014: Synthesis report**. Geneva, Switzerland: Core Writing Team, 2014.

LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; POVH, J.A.; LOPES, T.S.; OLIVEIRA, S.N.; GOMES, P.C. Diversidad genética de *Piaractus mesopotamicus* utilizado em programas de repoblación. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.51-62, 2010.

MYERS, N. Threatened Biotas: "Hot Spots" in tropical forests. **The Environmentalist**, p. 187-208, 1988.

OLIVEIRA, A.G.; SUZUKI, H.I.; GOMES, L.C.; AGOSTINHO, A.A. Interspecific variation in migratory fish recruitment in the Upper Paraná River: effects of the duration and timing of floods. **Environmental Biology of Fishes**, v. 98, p.1327-1337, 2015.

OLIVEIRA, A.G. **Predizendo impactos das mudanças climáticas sobre a diversidade funcional de peixes de água doce: um panorama "down under"**. 111 f. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá. 2018.

PHILLIPS, S.J.; ANDERSON, R.P.; SCHAPIRE, R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

REIS, R.E.; ALBERT, J.S.; DARIOS, F.D.; MINCARONES, M.M.; PETRY, P.; ROCHA, L.A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

SILLERO, N. What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 8, p. 1343-1346, 2011.



SMITH, W.S.; PETRERE Jr., M.; BARRELLA, W. The fish fauna in tropical rivers: The case of the Sorocaba river basin, SP, Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v.51, n. 3-4, 769-782, 2003.

STOCKWELL, D.R.B.; NOBLE, I.R. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. **Mathematics and Computing Simulations**, v. 33, p. 385-390, 1992.

SUMAILA, U.R.; CHEUNG, W.W.L.; LAM, V.W.Y.; PAULY, D.; HERRICK, S. Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. **Nature Climate Change**, v. 1, p. 449-456, 2011.

WOODWARD, G.D.M.; PERKINS, L.E.B. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. **Philosophical transactions of the Royal Society of London**, v.365, p.2093–106, 2010.

WOOTTON, J. T.; POWER, M. E. Productivity, consumers, and the structure of a river food chain. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.90, p.1384-1387, 1993.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica ofertada ao primeiro autor.