ISSN: 2594-6153

Decifrando a Adequabilidade de Habitat Futura de *Megalops atlanticus* à Luz de Ocorrências no Sudeste Brasileiro

João Henrique Alliprandini da Costa[1], Alexandre Rodrigues[2], Flávia F. Petean[3,4]

[1]Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia Aquática, UNESP - Câmpus do Litoral Paulista, São Vicente, SP, Brasil
[2]Laboratório de Biologia e Genética de Peixes, UNESP - Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, SP, Brasil
[3]Instituto Tecnológico de Chascomús, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Universidad Nacional de San Martín. Av. Intendente Marino Km. 8.2 (B7130IWA), Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina
[4]Escuela de Bio y Nanotecnologías, Universidad Nacional de San Martín

E-mail: jh.costa@unesp.br

Resumo: O presente estudo investigou a adequabilidade do habitat da espécie *Megalops atlanticus* na América do Sul sob diferentes cenários climáticos. A espécie, classificada como vulnerável e de ocorrência esporádica no sudeste brasileiro, teve sua distribuição mapeada através de registros no Global Biodiversity Information Facility e variáveis ambientais obtidas do Bio-Oracle. Utilizando o Algoritmo de Máxima Entropia (Maxent), o estudo revelou alta adequabilidade de habitat no norte do continente e sudeste brasileiro. A sobreposição de nicho com os modelos atuais foi alta em ambos os cenários de mudanças climáticas (RCP 2.6 e RCP 8.5), sugerindo pouca alteração para a espécie com base nas variáveis consideradas, reforçando a hipótese de que as ocorrências no sudeste brasileiro são provavelmente dispersões individuais e não uma população estabelecida.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Maxent; dispersão.

Decoding the future habitat suitability of *Megalops atlanticus* in light of rare occurrences in southeastern Brazil

Abstract: The present study investigated the habitat suitability of the species *Megalops atlanticus* in South America under different climatic scenarios. The species, classified as vulnerable and sporadic in southeastern Brazil, had its distribution mapped through records in the Global Biodiversity Information Facility and environmental variables obtained from Bio-Oracle. Using the Maximum Entropy Algorithm (Maxent), the study revealed high habitat suitability in the north of the continent and southeastern Brazi. Niche overlap with current model was high in both climate change scenarios (RCP 2.6 and RCP 8.5), suggesting little change for the species based on the variables considered, reinforcing the hypothesis that occurrences in southeastern Brazil are probably individual dispersals and not an established population.

Keywords: Climate changes; Maxent; dispersal.

Introdução

ISSN: 2594-6153

A espécie *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847, popularmente conhecida como tarpon ou tarpão, tem sua presença tradicionalmente destacada nas águas tropicais do Atlântico Ocidental e Oriental [1, 2]. No entanto, recentemente, essa espécie tem chamado atenção devido a novas ocorrências no sudeste brasileiro, aparecendo em áreas onde é habitualmente considerada rara ou esporádica [1].

É fundamental observar que o tarpão é uma espécie migratória, apesar de sua predominância nas águas tropicais, possui registros até mesmo em Portugal [3]. No entanto, estudos demonstram uma distinção significativa entre a população do Atlântico Ocidental e a da costa africana [4]. Além disso, *M. atlanticus* é classificado como vulnerável pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) [5] e é alvo da pesca artesanal costeira [6]. Notavelmente, existem poucos estudos sobre sua história de vida na América do Sul, com a maioria das pesquisas se concentrando na Flórida, Golfo do México e Bahamas, onde a espécie é de interesse para a pesca recreativa [1, 6].

Objetivos

Objetivamos compreender mais profundamente as razões por trás dos relatos esporádicos da espécie *M. atlanticus* no sudeste brasileiro. Dado que a espécie é predominantemente encontrada nas águas tropicais do Oceano Atlântico, buscamos determinar se essas ocorrências no sudeste são, de fato, registros de dispersões naturais, ainda que atípicas, indicando uma possível região de sumidouro. Alternativamente, investigamos se a adequabilidade do habitat para *M. atlanticus* está sofrendo alterações em virtude das mudanças climáticas, favorecendo sua presença na região sudeste.

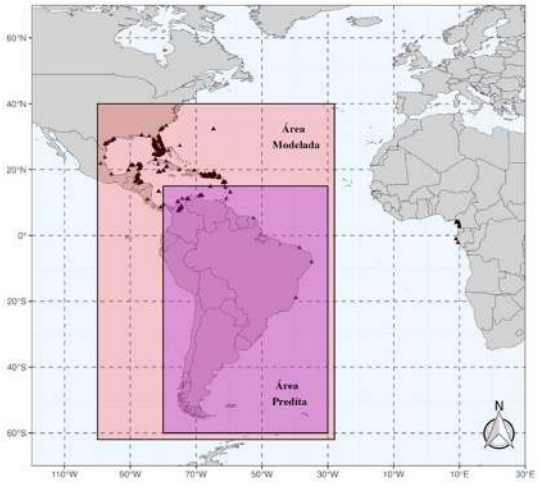
Material e Métodos

Os dados para modelar a distribuição de *M. atlanticus* foram coletados através do banco de dados online Global Biodiversity Information Facility (GBIF.org) [7], incluindo observações humanas e espécimes preservados, sendo selecionado um total de 2965 registros da espécie. A maioria desses registros estão concentrados na costa do Oceano Atlântico Ocidental, em países como Estados Unidos, México, Colômbia e na Região do Caribe. Na costa do Oceano Atlântico Oriental, os principais registros provêm de Camarões e Gabão. Os dados foram limpos para eliminar duplicatas ou registros sem informações de coordenadas e convertidos em graus usando o sistema de referência global WGS84, sobrando um total de 2619 registros. Seis

ISSN: 2594-6153

registros de ocorrência da espécie no sudeste brasileiro foram adicionados manualmente [1, 2]. Variáveis ambientais marinhas foram obtidas do banco de dados global Bio-ORACLE [8], com uma resolução de 5 arcmin e selecionadas com base na disponibilidade para ambas condições: atuais e futuras do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [9]. Foram consideradas as seguintes variáveis em profundidade média: temperatura média e variação de temperatura, e em superfície: variação de salinidade e velocidade média das correntes. A escolha das variáveis foi com base na grande variação de salinidade e de temperatura tolerada pela espécie [1, 2, 10]. A correlação entre as variáveis foi testada pela correlação de Pearson, retendo-se apenas aquelas com valor de correlação inferior a 0,7. A similaridade ambiental entre as variáveis para os períodos de 2090-2100 com as variáveis atuais foi comparada.

Os modelos foram ajustados conforme a distribuição populacional da América do Sul à América do Norte, e foram feitas previsões apenas para a costa da América do Sul (Figura 1), avaliando a adequabilidade de habitat para o tempo atual e dois cenários de mudanças climáticas no período entre 2090 e 2100: leve (RCP 2.6) e severo (RCP 8.5). A técnica de modelagem empregada foi o Algoritmo de Máxima Entropia (Maxent). 6.000 registros de pseudo-ausência foram gerados aleatoriamente dentro da faixa registrada das espécies e os modelos foram testados por meio de réplicas de bootstrap com 30% dos dados, e a adequabilidade final apresentada como a média de cinco modelos gerados. A sobreposição de nicho entre os modelos futuros e atual foram calculadas, variando de 0 (sem sobreposição), até 1 (distribuição idêntica) [11]. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R através do pacote *sdmpredictors* [12] e os códigos disponibilizadas em um repositório do Git Hub (https://github.com/JH-All/Megalops_atlanticus_ENPG).



ISSN: 2594-6153

Figura 1. Distribuição dos registros da plataforma Global Biodiversity Information Facility para *Megalops atlanticus* (triângulos pretos), com o retângulo vermelho representando a área de calibração do modelo e o retângulo roxo a área predita para um cenário de mudanças climáticas futuras.

Resultados

O modelo médio projetado para prever a adequabilidade do habitat de *M. atlanticus* registrou um elevado valor de Área Sob a Curva ROC (AUC = 0,99) e uma Estatística de Habilidade Verdadeira robusta (TSS = 0,96). A importância relativa das variáveis ambientais para o modelo foram as seguintes: temperatura média em profundidade média (63,3%), variação de temperatura em profundidade média (15,4%), variação de salinidade em superfície (4,6%), velocidade média das correntes em superfície (1,6%). As projeções de adequabilidade para o período atual e distintos cenários climáticos não exibiram variações expressivas (Figura 2). As projeções para RCP 2.6 e RCP 8.5 apresentaram alta congruência com o modelo atual, com sobreposições de nicho de 0,93 e 0,86, respectivamente.

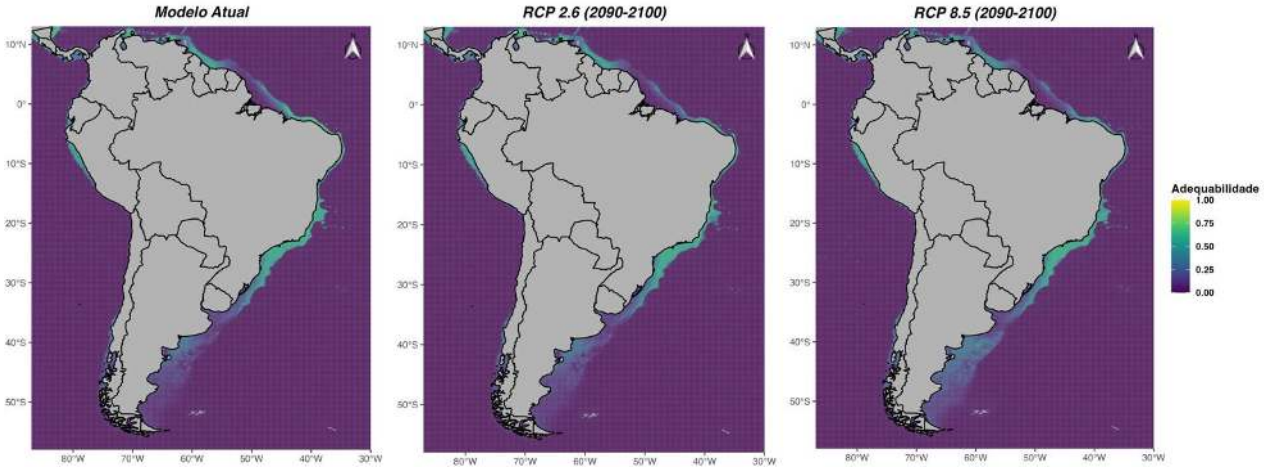


Figura 2. Adequabilidade de habitat de *Megalops atlanticus* na América do Sul para o presente e dois cenários futuros de mudanças climáticas de acordo com IPCC (RCP 2.6 e RCP 8.5).

Discussão

Foi observada uma alta adequabilidade de habitat para *M. atlanticus* no norte da América do Sul e sudeste brasileiro, permanecendo estável apesar de diferentes cenários climáticos. A presença da espécie no sudeste do Brasil parece ser devida a dispersões isoladas ao invés de uma população estabelecida, possivelmente devido às limitações de dispersão ou fatores abióticos de grande importância para a espécie, com a temperatura atuando de forma

ISSN: 2594-6153

relevante para a espécie [10], corroborado pelo que encontramos no modelo, com as duas variáveis de maior importância apresentadas: temperatura média em profundidade média e variação de temperatura em profundidade média. Este cenário corrobora as hipóteses propostas por outros autores de que os espécimes capturados no sudeste brasileiro provêm de indivíduos desgarrados de cardumes após longas migrações [2]. Entretanto, apesar da espécie continuar ocorrendo na região, ainda há lacunas sobre sua história de vida [1]. É importante ressaltar que futuras pesquisas devem considerar também sua presença em estuários, além do ambiente marinho.

Conclusão

Em síntese, *M. atlanticus* demonstrou uma alta adequabilidade de habitat no norte da América do Sul e sudeste brasileiro, corroborando hipóteses anteriores sobre a ocorrência da espécie. Houveram poucas mudanças de adequabilidade para cenários futuros, contudo recomenda-se que próximos estudos considerem a ocorrência da espécie em ambientes estuarinos.

Referências

1. Garrone-Neto D, Rodrigues A. *Megalops atlanticus* Valenciennes, 1847 (Elopiformes, Megalopidae): new records for the state of São Paulo, with comments on its occurrence in the southeastern coast of Brazil, Southwest Atlantic. Check List. 2018 Mar 16;14(2):323-7.
2. Sadowsky V. Ocorrência do "Camarupim": Megalops atlanticus Val., na região lagunar de Cananéia. Boletim do Instituto Oceanográfico. 1958 Jan 1;9(1-2):61-3.
3. Saldanha L, Whitehead PJ. Megalopidae. In Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic. 1990 p. 120-121.
4. McMillen-Jackson AL, Bert TM, Cruz-Lopez H, Seyoum S, Orsoy T, Crabtree RE. Molecular genetic variation in tarpon (*Megalops atlanticus* Valenciennes) in the northern Atlantic Ocean. Marine Biology. 2004 Aug 4;146(2):253–61.
5. Adams A, Guindon K, Horodysky A, MacDonald T, McBride R, Shenker J, Ward R. *Megalops atlanticus*. The IUCN Red List of Threatened Species. 2019.
6. Ault JS. Biology and Management of the World Tarpon and Bonefish Fisheries. 2007 Oct 1.
7. GBIF.org. Global Biodiversity Information Facility. 2023. Available from: https://www.gbif.org.
8. Assis J, Tyberghein L, Bosh S, Verbruggren H, Serrão EA, De Clerck O. Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. Global Ecology and Biogeography. 2017.
9. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors SL, Péan C, Berger S, Caud N, Chen Y, Goldfarb L, Gomis MI, Huang M, Leitzell K, Lonnoy E, Matthews JBR, Maycock TK, Waterfield T, Yelekçi O, Yu R, Zhou B. Climate Change 2021: The Physical

ISSN: 2594-6153

Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. 2021.

10. Geiger SP, Torres JJ, Crabtree RE. Air Breathing and Gill Ventilation Frequencies in Juvenile Tarpon, *Megalops atlanticus*: Responses to Changes in Dissolved Oxygen, Temperature, Hydrogen Sulfide, and PH. Environmental Biology of Fishes. 2000 Oct;59(2):181–90.
11. Warren DL, Glor RE, Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution. Evolution. 2008 Nov;62(11):2868–83.
12. Bosch S, Fernandez S. sdmpredictors: Species Distribution Modelling Predictor Datasets. R package version 0.2.12. 2022.