

PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLÓGICO 2

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR
MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO
LENIZE BATISTA CALVÃO
(ORGANIZADORES)



PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLÓGICO 2

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR
MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO
LENIZE BATISTA CALVÃO
(ORGANIZADORES)



Editora chefe	
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Roberta Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	2022 by Atena Editora
Projeto gráfico	Copyright © Atena Editora
Bruno Oliveira	Copyright do texto © 2022 Os autores
Camila Alves de Cremo	Copyright da edição © 2022 Atena
Luiza Alves Batista	Editora
Imagens da capa	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelos autores.
Edição de arte	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof^a Dr^a Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágnor Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girelne Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Max Barbosa Oliveira-Junior
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno
Lenize Batista Calvão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964 Proficiência no conhecimento zoológico 2 / Organizadores
José Max Barbosa Oliveira-Junior, Mayerly Alexandra
Guerrero Moreno, Lenize Batista Calvão. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0814-7
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.147221612>

1. Zoologia. 2. Animais. I. Oliveira-Junior, José Max
Barbosa (Organizador). II. Moreno, Mayerly Alexandra
Guerrero (Organizadora). III. Calvão, Lenize Batista
(Organizadora). IV. Título.

CDD 590

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book “**Proficiência no conhecimento zoológico 2**” é composto por quatro capítulos, que abordam temas relevantes como os efeitos de fatores físico-químicos e integridade ambiental na distribuição e diversidade de insetos aquáticos, a biologia, evolução e conservação do anuros endêmicos da Mata Atlântica e, a utilização de abrigos artificiais para morcegos insetívoros como ferramenta conservacionista.

Nesse contexto, o **Capítulo I** avalia o efeito da integridade ambiental sobre a abundância e riqueza de espécies de Odonata (Insecta) em igarapés com diferentes níveis de integridade. Este estudo nos permite compreender a profunda relação de variáveis físico-químicas presentes no meio aquático com os insetos que habitam ali, e o uso potencial de insetos da ordem Odonata como bioindicadores, já que eles respondem rapidamente as alterações ambientais. O **Capítulo II** descreve a biologia e conservação dos fascinantes anuros do gênero *Brachycephalus*, os quais, segundo os autores, constituem um grupo de 38 espécies descritas até a atualidade, todas endêmicas da Mata Atlântica, distribuindo-se do sul do Estado da Bahia ao nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. Sem dúvida, esses organismos permitem refletir sobre a importância da conservação do bioma Mata Atlântica, considerado um dos maiores hotspots de riqueza e biodiversidade do planeta. O **Capítulo III** analisa sobre o crescimento e a condição do Moncholo *Hoplias malabaricus*, durante vários ciclos anuais no pântano Ayapel, bacia do rio San Jorge, Colômbia. Por fim, o **Capítulo IV** verifica se os morcegos insetívoros das famílias Vespertilionidae e Molossidae ocorrentes em região de floresta com araucárias, utilizariam abrigos artificiais ou “*bat house*”. Este trabalho experimental nos permite compreender a importância de implementar abrigos artificiais para proteger os animais das intempéries e predadores em espaços onde os habitats naturais foram fragmentados.

Esse conjunto de artigos publicados pela Atena Editora traz temas atuais e relevantes.

A você leitor e leitora, desejamos uma excelente leitura!

José Max Barbosa Oliveira-Junior
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno
Lenize Batista Calvão

CAPÍTULO 1	1
EFEITO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL SOBRE A COMUNIDADE DE ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA	
Claudiane Lima Costa	
Natalina Corrêa Vasconcelos	
Lenize Batista Calvão	
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno	
José Max Barbosa Oliveira-Junior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216121	
CAPÍTULO 2	15
Os fascinantes anuros do gênero <i>Brachycephalus</i> , biologia e conservação	
Luiz Fernando Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216122	
CAPÍTULO 3	25
RELACIONES LONGITUD-LONGITUD Y LONGITUD-PESO DEL MONCHOLO <i>Hoplias malabaricus</i> EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA	
Glenys Tordecilla-Petro	
Sonia E. Sánchez-Banda	
Xiomara E. Cogollo-López	
Ángel L. Martínez-González	
Fredys F. Segura-Guevara	
Gustavo A. Juris-Torregrosa	
William A. Pérez-Doria	
Jesús Vargas-González	
Charles W. Olaya-Nieto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216123	
CAPÍTULO 4	42
UTILIZAÇÃO DE “BAT HOUSE” POR MORCEGOS INSETÍVOROS EM FLORESTA COM ARAUCÁRIAS	
Rosane Vera Marques	
Fernando de Miranda Ramos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216124	
SOBRE OS ORGANIZADORES	53
ÍNDICE REMISSIVO	54

CAPÍTULO 1

EFEITO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL SOBRE A COMUNIDADE DE ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA

Data de aceite: 01/12/2022

Claudiane Lima Costa

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-PA
<http://lattes.cnpq.br/2859350745554286>

Natalina Corrêa Vasconcelos

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-PA
<http://lattes.cnpq.br/2859350745554286>

Lenize Batista Calvão

Universidade Federal do Pará (UFPA)
Belém-PA
<http://lattes.cnpq.br/2859350745554286>
<https://orcid.org/0000-0003-3428-8754>

Mayerly Alexandra Guerrero Moreno

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-PA
<http://lattes.cnpq.br/0860671218312397>
<https://orcid.org/0000-0002-6767-2966>

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Universidade Federal do Oeste do Pará
(UFOPA)
Santarém-PA
<http://lattes.cnpq.br/2859350745554286>
<https://orcid.org/0000-0002-0689-205X>

RESUMO: Apesar dos insetos aquáticos serem importantes para o funcionamento e manutenção dos ecossistemas, o uso deles ainda está em ascensão nas pesquisas no que diz respeito a monitoramento de ambientes preservados e alterados. Dentre esses insetos, os Odonata tem se destacado como organismos modelos para estudos ecológicos e evolutivos. Conhecidos popularmente como libélulas, esses organismos tem se mostrado excelente ferramenta na avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito da integridade ambiental sobre a abundância e riqueza de espécies Odonata (Insecta) em igarapés com diferentes níveis de integridade. Foram amostrados 40 igarapés no município de Paragominas, localizado no nordeste do estado do Pará, Brasil. Foram coletados 1447 espécimes de Odonata, dos quais 765 foram Zygoptera e 682 espécimes foram Anisoptera. Houve diferença da abundância ($t=4,63$; $p<0,001$) e riqueza de espécies ($t= 4,80$; $p<0,001$) de Anisoptera entre ambientes preservados e alterados. Do mesmo modo houve diferença de abundância e riqueza de espécies de Zygoptera entre os ambientes (abundância: $t=-4,13$; $p<0,001$; riqueza de espécies: $t=$

4,17; $p<0,001$). Não encontramos efeito das variáveis físico-químicas sobre a abundância ($R^2=0,156$; $p=0,191$) e riqueza de espécies ($R^2=0,102$; $p=0,423$) de Anisoptera. As variáveis físico-químicas afetam apenas a abundância ($R^2=0,273$; $p=0,021$) e riqueza de espécies de Zygoptera ($R^2=0,283$; $p=0,018$). Com aumento da temperatura da água há um decréscimo na abundância (inclinação da reta: -7,679; $p=0,001$) e riqueza de espécies (inclinação da reta: -2,135; $p=0,001$) de Zygoptera. Ambientes com nível de integridade alta mostrou que existe uma abundância e riqueza maior da ordem de Zygoptera, já para Anisoptera ocorreu um decréscimo na abundância e riqueza comparado a alto nível de integridade do habitat, e nos ambientes alterados houve um aumento da abundância e riqueza de espécie. Os resultados mostram que apenas condutividade e temperatura da água influenciaram a riqueza da subordem Zygoptera. Em relação à temperatura, indivíduos da ordem Odonata são resistentes a mudanças significativas na temperatura da água. Esses resultados indicam que é importante compreender a profunda relação dos compostos físico-químicos presentes no meio aquático em que os insetos da ordem Odonata habitam.

PALAVRAS-CHAVE: Libélulas, bioindicadores, ecossistemas aquáticos, integridade ambiental.

EFFECT OF ENVIRONMENTAL INTEGRITY ON THE ODONATA COMMUNITY (INSECTA) IN STREAMS IN THE MUNICIPALITY OF PARAGOMINAS-PA

ABSTRACT: Although aquatic insects are important for the functioning and maintenance of ecosystems, their use is neglected in research regarding the monitoring of preserved and altered environments. Among these insects, the Odonata have stood out as model organisms for ecological and evolutionary studies. Popularly known as dragonflies, these organisms have proved to be an excellent tool in assessing the quality of aquatic ecosystems. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of environmental integrity on the abundance and richness of Odonata (Insecta) species in streams with different levels of integrity. 40 streams were sampled in the municipality of Paragominas, located in the northeastern state of Pará, Brazil. A total of 1447 Odonata specimens were collected, of which 765 were Zygoptera and 682 specimens were Anisoptera. There was a difference between Anisoptera abundance ($t = 4.63$, $p < 0.001$) and species richness ($t = 4.80$, $p < 0.001$) between preserved and altered environments. In the same way, there was a difference of abundance and richness of Zygoptera species among the environments (abundance: $t = -4.13$, $p < 0.001$, species richness: $t = -4.17$, $p < 0.001$). We did not find an effect of physical-chemical variables on abundance ($R^2 = 0,156$, $p = 0,191$) and species richness ($R^2 = 0,102$; $p = 0,423$) of Anisoptera. The physical-chemical variables only affect abundance ($R^2 = 0,273$, $p = 0,021$) and richness of Zygoptera species ($R^2 = 0,283$, $p = 0,018$). With increasing water temperature there is a decrease in abundance (slope of the line: -7,679, $p = 0,001$) and species richness (slope of the line: -2,135; $p = 0,001$) of Zygoptera. Environments with high integrity level showed that there is an abundance and greater wealth of the order of Zygoptera, for Anisoptera there was a decrease in abundance and richness compared to a high level of habitat integrity, and in the altered environments there was an increase in abundance and species richness. The results show that only water conductivity and temperature influenced the richness of the suborder Zygoptera. Regarding temperature, individuals of the order Odonata are resistant to significant changes in water

temperature. These results indicate that it is important to understand the deep relation of the physicochemical compounds present in the aquatic environment in which the insects of the order Odonata inhabit.

KEYWORDS: Dragonflies, Bioindicators, aquatic ecosystems, environmental integrity.

1 | INTRODUÇÃO

Apesar dos insetos serem importante para o funcionamento e manutenção do ecossistema, o uso deles está em ascensão nas pesquisas no que diz respeito a monitoramento de ambientes preservados e alterados. Pois, existem insetos considerados importantes que contribui para manutenção da biodiversidade do ecossistema, como predadores, os polinizadores e os que atuam na degradação de matéria orgânica (MUGNAI, NESSIMIAN & BAPTISTA, 2010). A falta de conhecimento sobre os insetos, em especial os insetos aquáticos impossibilitam uma possível avaliação ambiental em áreas preservadas e alteradas. Os insetos são considerados bons bioindicadores ambientais por indicar alterações e responder as variações das condições do habitat.

Entre os insetos, que habitam os ambientes aquáticos, a ordem Odonata tem se destacado como organismos modelos para estudos ecológicos e evolutivos. Os Odonata, conhecidos popularmente como libélulas, são utilizados na avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos (CORBET, 1999), pois esses insetos tem um longo ciclo de vida e são encontrados em abundância nos ambientes aquáticos, além de serem de fácil identificação e responderem rapidamente as alterações ambientais (MIGUEL *et al.*, 2017). A maioria dos representantes dessa ordem habitam todos os tipos de ambientes de água doce, e a composição de espécies pode variar de acordo com as alterações das variáveis ambientais (SILVA *et al.*, 2010; GUILLERMO-FERREIRA & DEL-CLARO 2012; MONTEIRO-JÚNIOR *et al.*, 2013).

A subordem Anisoptera e Zygoptera tem sua distribuição influenciada pelo clima, fatores físico-químicos e integridade ambiental. Indivíduos da subordem Zygoptera geralmente são encontrados em ambientes preservados, com cobertura vegetal densa, como rios e riachos mais estreitos, pois não conseguiram sobreviver em ambientes com grande incidência de luz e calor, já que são de tamanho pequeno (JUEN & DE MARCO, 2012). Por sua vez, os indivíduos de Anisoptera são encontrados em abundância nos ambientes alterados e degradados, como rios e riachos mais largos, necessitam de áreas com incidência de luz pelo fato de serem grandes e robustos, desta forma, a riqueza de espécies desse grupo deve ser maior em ambientes com menor cobertura vegetal (CORBET, 1999).

Em razão dessas exigências ecofisiológicas, diversos estudos têm investigado como a diversidade destes insetos é afetada, seja por alterações na cobertura vegetal (SAMWAYS & STEYTLER, 1996), estado de conservação dos rios (STEWART &

SAMWAYS, 1998), variáveis físicas e/ou físico-químicas (JACOB *et al.*, 1984) e outros fatores fortemente ligados à influência antropogênica (JUEN *et al.*, 2007; OERTLI, 2008; SILVA *et al.*, 2010), tais como o hidroperíodo, concentração de poluentes, condutividade, pH, correnteza, largura, profundidade (JUEN & DE MARCO, 2011), oxigênio dissolvido, temperatura e vazão (CORBET 1999). Isso acontece devido há uma grande variação das exigências ecofisiológicas dentro de cada ordem dessas espécies, o que facilita identificar e diferenciar as atividades distintas entre as duas subordens Anisoptera e Zygoptera.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da integridade ambiental sobre a abundância e riqueza de espécies das subordens de Odonata (Insecta) em igarapés com diferentes níveis de integridade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em 40 igarapés, localizados no município de Paragominas, que fica localizado no nordeste do estado do Pará, Brasil, aproximadamente entre as coordenadas 2° 25' e 4° 09'S e 46° 25' e 48° 54'W (Figura 1). As correntes dos canais variaram de 1 a 3º ordem na escala 1:100,00, segundo Strahler (1957). O clima da região é predominante Tropical úmido, classificado com "Aw" segundo a categoria de Köppen (PEEL *et al.*, 2007). A região apresenta duas estações bem definidas, uma seca curta e outra chuvosa (chuvas inferiores a 60 mm). A temperatura média anual da região é de 27,2 °C, umidade relativa do ar de 81% e precipitação pluviométrica média de 2.000mm/ano (GARDNER *et al.*, 2013).

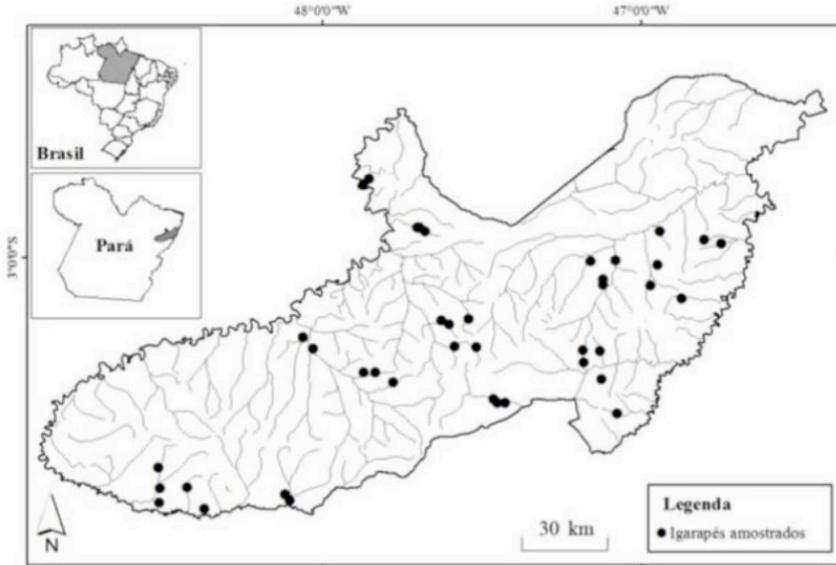


Figura 1: A localização da Rede de drenagem e as distribuições dos 40 igarapés do município de Paragominas Pará, Brasil (adaptado de OLIVEIRA-JUNIOR *et al.*, 2017).

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Coleta de espécimes e procedimentos laboratoriais

As coletas foram feitas em 40 igarapés (riachos), os canais de estudo foram feitos por um coletor para evitar problemas de declividade nos dados, o processo de coleta foram realizados no período de estiagem entre julho a outubro no ano de 2010. A metodologia aplicada foi em formas de varredura fixas, onde foram demarcados trechos de 150 m de todos os riachos, subdivididos em 10 segmentos de 15 metros de comprimento cada.

Os Odonata adultos foram capturados com auxílio de rede entomológica, pois a captura com a rede facilita a análise e identificação visualmente dos insetos realizada em campo. As coletas foram realizadas impreterivelmente entre 10:00 h e 14:00, com permanência de aproximadamente de uma hora em cada loca.

As amostras foram depositadas em envelopes feitos de papel contendo informação dos segmentos e indivíduos de cada coleta para facilitar a identificação. Essa metodologia já tem sido usada com sucesso em outros estudos (JUEN & DE MARCO, 2011; PINTO *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2011; PINTO *et al.*, 2012), mostrando ser eficiente em métodos rápidos de amostragem. Estudos também mostraram que uma maior abundância e riqueza de espécies de adultos e larvas de Odonata podem ser encontradas durante a estação seca (BAPTISTA *et al.*, 2001; FULAN & HENRY, 2007). Para facilitar a identificação dos indivíduos foram utilizadas chaves taxonômicas (BORROR, 1945; BELLE, 1988; GARRISON, 1990; BELLE,

1996; LENCIONI, 2005, 2006; GARRISON *et al.*, 2006; 2010). Os indivíduos coletados de cada área de estudo foram deixados no laboratório para análise.

2.2.2 Índice de Integridade do Hábitat e variáveis físico-químicas

No total, cinco variáveis foram usadas para medir a integridade ambiental: índice de integridade do habitat (IIH) e quatro variáveis físicas e químicas da água.

O Índice de Integridade do Habitat (IIH) de Nessimian *et al.* (2008) é constituído por 12 itens que descrevem as condições ambientais dos igarapés. Esse índice varia em uma escala de 0-1, onde valores mais próximos de um representam sistemas mais íntegros, e valores próximos de zero sistemas alterados.

As variáveis físicas e químicas da água foram medidas em cada igarapé usando uma sonda multiparamétrica U-51 modelo Horiba ®: temperatura da água (°C); condutividade elétrica (µS/cm), oxigênio dissolvido (mg/L) e pH.

2.3 Análise dos dados

Para avaliar a resposta da abundância e riqueza de espécies de Odonata aos diferentes valores obtidos com os IIH (valor final do índice avaliado) foram realizadas regressões lineares simples (ZAR, 1999). Para avaliar o efeito das variáveis físico-químicas sobre a abundância e riqueza de espécies de Odonata foram realizadas regressões lineares múltiplas (ZAR, 1999). Teste T de Student foi utilizado para comparar a abundância e riqueza de espécies de Odonata entre igarapés com diferentes níveis de integridade (ZAR, 1999).

Todas as análises foram realizadas pelas rotinas do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3 | RESULTADOS

3.1 Descrição da comunidade de Odonata

Foram coletados 1447 espécimes de Odonata, distribuídos em 96 espécies e 11 famílias. Pouco mais da metade (765) dos espécimes foram Zygoptera, representando oito famílias (Calopterygidae, Coenagrionidae, Dicteriadidae, Heteragrionidae, Perilestidae e Polythoridae) e 57 espécies. Os outros 682 espécimes foram Anisoptera, representando 39 espécies e três famílias (Aeshnidae, Gomphidae e Libellulidae).

3.2 Efeito da integridade ambiental sobre a comunidade de Odonata

Houve diferença da abundância ($t=4,63$; $p<0,001$) (Figura 2A) e riqueza de espécies ($t= 4,80$; $p<0,001$) (Figura 2B) de Anisoptera entre ambientes preservados e alterados, ambientes alterados apresentam em média 23 indivíduos e quatro espécies de Anisoptera a mais do que ambientes preservados. Do mesmo modo, existiu diferença de abundância

e riqueza de espécies de Zygoptera entre os ambientes (abundância: $t=-4,13$; $p<0,001$; riqueza de espécies: $t=-4,17$; $p<0,001$) (Figura 2C; 2D). Ambientes preservados apresentam em média 17 indivíduos e cinco espécies de Zygoptera a mais do que ambientes alterados.

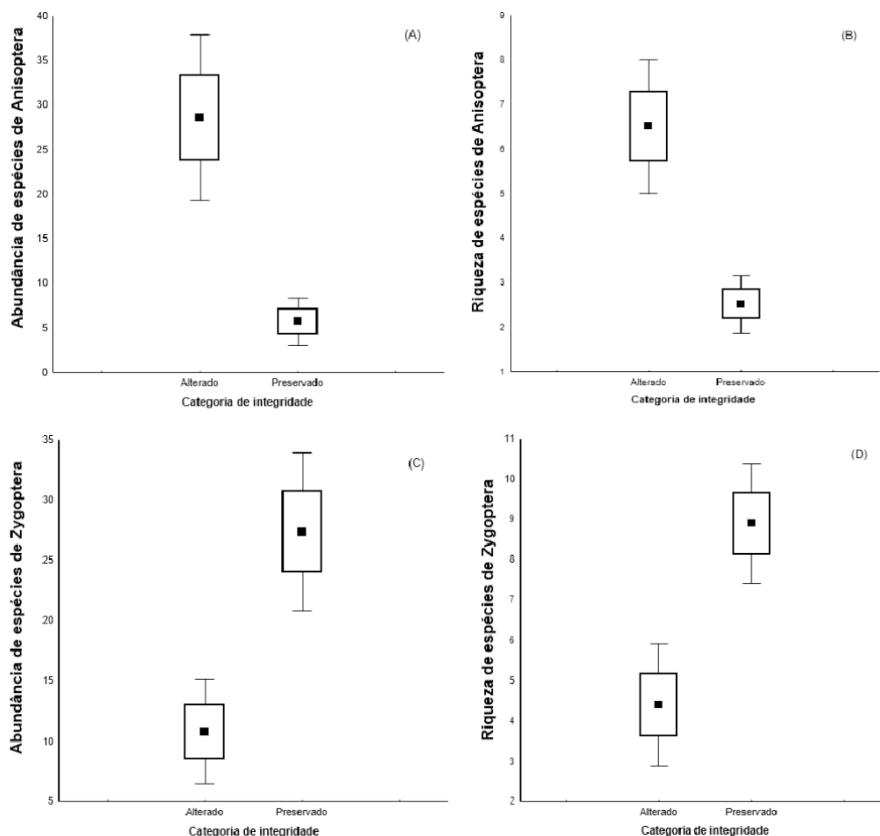


Figura 2: Comparação da (A) abundância, (B) riqueza de espécies de Anisoptera e (C) abundância e (D) riqueza de espécies de Zygoptera entre igarapés com diferentes níveis de integridade.

Encontramos uma relação significativa negativa entre o IIH e abundância ($R^2=0,495$; $p<0,001$) (Figura 3A) e riqueza de espécies ($R^2=0,436$; $p<0,001$) de Anisoptera (Figura 3B), por outro lado encontramos uma relação significativa positiva entre o IIH e abundância ($R^2=0,424$; $p<0,001$) (Figura 3C) e riqueza de espécies ($R^2=0,343$; $p<0,001$) de Zygoptera (Figura 3D).

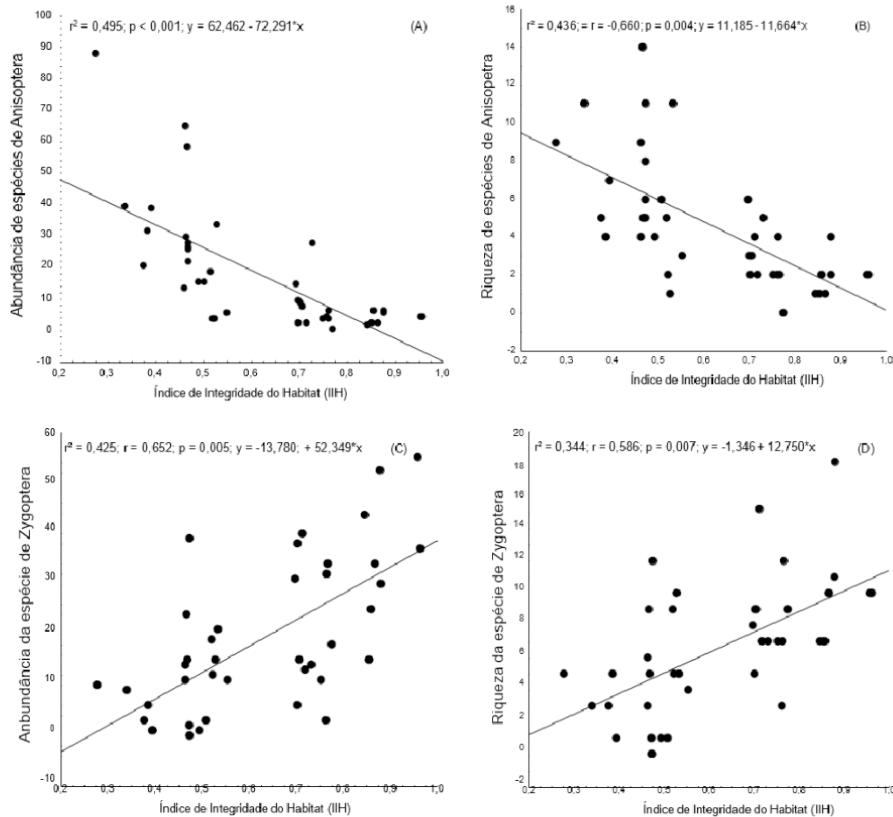


Figura 3: Relação entre o Índice de Integridade do Habitat (IIH) e (A) abundância, (B) riqueza de espécies de Anisoptera e (C) abundância e (D) riqueza da espécie de Zygoptera entre igarapés com diferentes níveis de integridade.

3.3 Efeito de variáveis físico-químicas sobre a comunidade de Odonata

Não encontramos efeito das variáveis físico-químicas sobre a abundância ($R^2=0,156$; $p=0,191$) e riqueza de espécies ($R^2=0,102$; $p=0,423$) de Anisoptera (Tabela 1). As variáveis físico-químicas afetam apenas a abundância ($R^2=0,273$; $p=0,021$) e riqueza de espécies de Zygoptera ($R^2=0,283$; $p=0,018$) (Tabela 1). Com aumento da temperatura da água e na condutividade elétrica há um decréscimo na abundância (inclinação da reta: $-7,679$; $p=0,001$) e riqueza de espécies (inclinação da reta: $-2,135$; $p=0,001$) de Zygoptera (Tabela 1).

Variáveis físico- químicas	Anisoptera								Zyoptera							
	Abundância				Riqueza de espécies				Abundância				Riqueza de espécies			
	Beta	EP	T(35)	p	Beta	EP	T(35)	p	Beta	EP	T(35)	p	Beta	EP	T(35)	p
Temperatura da água	4,006	3,208	1,249	0,220	0,959	0,534	1,795	0,081	-0,915	2,146	-1,198	0,001	-2,135	0,606	-3,519	0,001
Oxigênio dissolvido	-4,165	3,435	-1,212	0,233	-0,923	0,572	-1,612	0,115	0,918	2,416	0,380	0,706	0,184	0,649	0,283	0,778
pH	-1,351	3,319	-0,407	0,686	-0,480	0,553	-0,868	0,391	1,452	2,335	0,621	0,538	0,818	0,628	1,303	0,200
Conduktividade elétrica	2,842	3,121	0,910	0,368	0,302	0,520	0,581	0,564	-7,679	2,257	-3,402	0,001	0,860	0,590	1,456	0,154

Tabela 1 - Resultado da regressão múltipla para abundância e espécies de Anisoptera e Zyoptera com relação às variáveis físico-químicas dos igarapés amostrados. Ep= erro padrão. Valores em negrito representam efeito significativo ao nível de p<0,05.

4 | DISCUSSÃO

4.1 Efeito da integridade ambiental sobre a comunidade de Odonata

Ambientes com nível de integridade alta mostrou que existe uma abundância e riqueza maior da espécie de Zyoptera, pelo fato de serem corpos de água de pequeno porte os ambientes preservados contribuem com as atividades desses insetos, que são sensíveis à alta incidência de luz e as variações ambientais (CORBET, 1999; CORBET & MAY, 2008).

A remoção da vegetação ripária traria impactos negativos sobre essas espécies que necessitam de cobertura vegetal preservada pelo fato desses insetos ficarem em poleiro defendendo melhores áreas para efetuar a cópula e melhor visualização das fêmeas, pois, sua capacidade de vôo é limitada devido suas asas serem pequenas, estreitadas na base, de mesmo formato, portanto sua capacidade dispersiva é restrita dependendo da estrutura do habitat (CORBET, 1999; HECKMAN, 2008; HEISER & SCHMITT, 2010).

Já para Anisoptera ocorreu um aumento na abundância e riqueza comparado a alto nível de integridade do habitat, e nos ambientes alterados houve um aumento da abundância e riqueza de espécie, pois, esses insetos têm corpo maior e termorregulam, ou seja, necessitam da incidência solar para se aquecer antes da atividade (CORBET & MAY, 2008; RESENDE, 2010).

Ditas espécies possuem maiores capacidades de dispersão, evitam as áreas sombreadas (SAMWAYS *et al.*, 2005; WARD & MILL, 2005; REMSBURG *et al.*, 2008) por serem de comportamento (*fliers*) os anisópteros têm asas anteriores e posteriores largas e de diferentes formatos e são melhores em se mover entre ambientes, portanto necessitam de áreas com maior incidência solar, dessa forma a riqueza dessa espécie é maior em

ambientes com menor cobertura vegetal (CORBET, 1999).

4.2 Efeito de variáveis físico-químicas sobre a comunidade de Odonata

Apesar da importância de variáveis físico-químicas da água na determinação dos padrões de distribuição de muitos insetos aquáticos (ZAMORA-MUNÓZ *et al.*, 1993), as variáveis físicas e químicas influenciaram apenas as espécies de Zygoptera. Observações semelhantes foram feitas por Lenat & Crawford (1994) em córregos dos EUA, onde não encontraram relação entre parâmetros físicos e químicos em cursos d'água e estrutura das comunidades de macroinvertebrados. Embora muitos outros trabalhos (e.g., HARDERSEN, 2000; TAKAMURA *et al.*, 1991; WOODCOCK & HURYN, 2007) também enfatizarem que as libélulas muitas vezes não são capazes de refletir a mudanças físico-químicas da água, as mesmas se mostram excelentes indicadoras respondendo à alterações antrópicas e a modificação da estrutura física do curso d'água (GORHAM & VODOPICH, 1992; SAMWAYS & STEYTLER, 1996).

Os resultados obtidos mostram que apenas condutividade e temperatura da água influenciaram a riqueza da subordem Zygoptera, em que com aumento da condutividade ocorreu um aumento na riqueza de Zygoptera. Segundo Ribeiro *et al.* (1998), a condutividade elétrica proporciona um aumento na concentração de seston, que é acompanhado por aumento da produção do fitoplâncton e de macroinvertebrados, o que favorece o surgimento de muitos predadores (devido a maior disponibilidade de alimento), como por exemplo, larvas de Zygoptera.

Em relação a temperatura, indivíduos da ordem Odonata são resistentes a mudanças significativas na temperatura da água (CORBET, 1999). Muitas espécies de Zygoptera são sensíveis aos aumentos de temperatura de água e isso muitas vezes está mais ligado a remoção da vegetação do entorno desses corpos d'água, uma vez que um dos maiores efeitos da remoção desse tipo de vegetação para pequenos cursos d'água é o aumento da temperatura das águas (BARTON *et al.*, 1985) visto que sem a cobertura vegetal a incidência da radiação solar torna-se maior e direta no canal.

Nossos resultados corroboram com o de Silva *et al.* (2010), indicando assim, que a integridade ambiental representa fatores muito mais importantes para estruturação da assembleia de Odonata do que outros parâmetros, como as variáveis físico-químicas da água.

5 | CONCLUSÃO

Os insetos da ordem Odonata coletados em igarapés com diferentes níveis de integridade, mostrou que quanto maior for o nível de integridade do ambiente a abundância e riqueza de espécie de Anisoptera terá um decréscimo, e em ambientes alterados o número dessa espécie é maior. Consequentemente o número de espécie de Zygoptera é

maior em ambientes com integridade alta, e menor em ambientes alterados.

Percebe-se que as variáveis físico-químicas do ambiente não afetaram a abundância e riqueza de espécie de Anisoptera. Com o aumento da temperatura da água verificou-se que afetou apenas a riqueza de espécie de Zygoptera.

Sendo assim, é importante compreender a profunda relação dos compostos físico-químicos presentes no meio aquático em que os insetos da ordem Odonata habitam em áreas com diferentes efeitos das variáveis físico-químicas do habitat e a influência que estes exercem sobre a distribuição.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, D.F., DORVILLÉ, L.F.M., BUSS, D.F., NESSIMIAN, J.L., (2001). **Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river.** *Braz. J. Biol.* 61, 295-394.
- BARTON, D.R.; TAYLOR, W.D. & BIETTE, R.M. (1985). **Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habitat in southern Ontario streams.** *North American Journal Fisheries Management*, 5: 364-377.
- BELLE, J. (1996). **Higher classification of the South-American Gomphidae (Odonata).** *Zoologische Mededelingen*, 70, 298-324.
- BELLE, J. (1988). **A synopsis of the species of Phyllocycla Calvert with description of four new taxa and a key to the genera of the neotropical Gomphidae (Odonata, Gomphidae).** *Tijdschrift voor Entomologie*, 131, 73-102.
- BORROR, D.J. (1945). **A key to the New World genera of Libellulidae (Odonata).** *Annals of Entomological Society of America*, 38, 168-194.
- CORBET, P.S. (1999). **Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata.** Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY, 829p.
- CORBET, P.S. & May, M.L. (2008). **Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum?** A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology*, 11, 155-171.
- CORBET, P.S., (1999). **Libélulas: Comportamento e Ecologia de Odonata.** Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY 829 p.
- FERREIRA-PERUQUETTI, P. S. F. **Odonata (libélulas) do município de Luís Antônio, São Paulo, Brasil: Reação com o solo e riqueza faunística.** 2004. 49 f.
- Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J.M.B, DE MARCO, P., DIAS-SILVA, K., LEITÃO, R.P., LEAL, C.G., POMPEU, P.S., GARDNER, T.A., HIGHS, R.M., JUEN, L. **Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams.** *Limnologica*, 66, 31-39.

FULAN, J.A., HENRY, R., (2007). **Temporal distribution of immature odonata (Insecta) on Eichhornia azurea (Kunth) stands in the Camargo Lake, Paranapanema River, São Paulo.** Rev. Bras. Entomol. 51, 224–227.

GARDNER, T.A., FERREIRA, J., BARLOW, J., ET AL., (2013). **A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales:** the Sustainable Amazon Network. Philos. Trans. R. Soc. B 368, 20120166. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0166>.

GARRISON, R.W. (1990). **A synopsis of the genus Hetaerina with descriptions of four new species (Odonata: Calopterygidae).** Transactions of American Entomological Society, 116, 175-259.

GARRISON, R.W., Von Ellenrieder, N. & Louton, J.A. (2006). **Dragonfly genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera.** The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 368p.

GARRISON, R.W., Von Ellenrieder, N. & Louton, J.A. (2010). **Damselfly genera of the New World.** Baltimore, an illustrated and annotated key to the Zygoptera. The Johns Hopkins University Press, 490p.

GORHAM, C. & D. VEDOPICH. (1992) **effects of acidic pH on predation rates and survivorship of damselfly nymphs,** *Hydrobiologia*. Dordrecht, 242: 51-62.

GUILLERMO-FERREIRA, R.; Del-Claro, K. (2012). **Reproductive behavior of *Acanthagrion truncatum* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae).** *International Journal of Odonatology*, 15: 299-304.

HARDERSEN, (2000). **The role of behavioural ecology of damselflies in the use of fluctuating asymmetry as a bioindicator of water pollution.** *Ecological Entomology*, 25: 45-53.

HECKMAN, C. (2008). **Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata – Zygoptera.** Springer Science, Olympia, WA, 692p.

HEISER, M.; SCHMITT, T. (2010). **Do different dispersal capacities influence the biogeography of the western Palearctic dragonflies (Odonata)?** *Biological Journal of the Linnean Society*, 99: 177-195.

JACOB, U., WALTHER, H., KLENKE, R., (1984). **Larvas de insetos aquáticos como indicadores de limitação Conteúdo mínimo de oxigênio dissolvido – parte II.** *Aquat. Insetos* 6, 185-190.

JUEN, L., CABETTE, H.S.R., DE MARCO, P.JR., (2007). **Odonate assemblage structure in relation to basin and aquatic habitat structure in Pantanal wetlands.** *Hydrobiologia* 579, 125-134.

JUEN, L.; DE MARCO, P.JR. (2011). **Odonate beta diversity in terra-firme forest streams in Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents.** *Insect Conservation and Diversity*, 4: 265-274.

JUEN L.; DE MARCO P. JR. (2012). **Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns.** *Biodiversity and Conservation*, 21: 3507-3521.

LENAT, D.R. & CRAWFORD, J. K. (1994). **Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina piedmont streams.** *Hydrobiologia*, 294 (3): 185-199.

LENCIONI, F.A.A. (2005). **The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide – The Non Coenagrionidae Families.** All Print Editora, São Paulo, 332p.

LENCIONI, F.A.A. (2006). **The Damselflies of Brazil: An Illustrated Guide - Coenagrionidae.** All Print Editora, São Paulo, 419p.

MIGUEL, T.B.; OLIVEIRA-JUNIOR, J.; LIGEIRO, R. & JUEN, L. (2017). **Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality.** Ecological Indicators 1:555–566

MONTEIRO-JÚNIOR, C.S.; COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; JUEN, L. (2013). **Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil,** *International Journal of Odonatology*, 17:1-13.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Technical Books, (2010), 170p.

NESSIMIAN, J.L., VENTICINQUE, E., ZUANON, J., DE MARCO, P.JR., GORDO, M., FIDELIS, L., BATISTA, J.D. & JUEN, L. (2008). **Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams.** Hydrobiologia, 614, 117-131.

OERTLI, B., (2008). **The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats.** In: Córdoba-Aguilar, A. (Ed.), Dragonflies and Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. Oxford University Press, Oxford, pp. 79–95.

PEEL, M.C., FINLAYSON, B.L., MCMAHON, T.A., (2007). **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.** Hydrol. Earth Syst. Sci. 11, 1633–1644.

PINTO, N.S., JUEN, L., CABETTE, H.S.R. & DE MARCO, P.JR. (2012). **Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status.** Neotropical Entomology, 41, 1-9.

PINTO, N.S., OLIVEIRA-JUNIOR, J.M.B., JUEN, L. & CALVÃO, L.B. (2011). **Ocorrência simpátrica de duas formas de *Erythrodiplax fusca* (Rambur, 1842) (Odonata: Libellulidae) no estado de Goiás-Brasil.** Encyclopédia Biosfera, 7, 1-6.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2011). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 20 de março de 2012.

RIBEIRO, J.R.; NESSIMIAN, J.L.; MENDONÇA, E.C. (1998). **Aspectos da distribuição dos Nepomorpha (Hemiptera: Heteroptera) em corpos d'água na restinga de Maricá, estado do Rio de Janeiro.** *Oecologia Brasiliensis*, 5: 113-128.

REIS, E.F., PINTO, N.S., CARVALHO, F.G. & JUEN, L. (2011). **Efeito da integridade ambiental sobre a Assimetria Flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby).** EntomoBrasilis, 4, 103-107.

RESENDE, D.C. (2010). **Residence advantage in heterospecific territorial disputes of *Erythrodiplax* Brauer species (Odonata, Libellulidae).** *Revista Brasileira de Entomologia*, 54, 110-114.

REMSBURG, A.J., OLSON, A.C. & SAMWAYS. M.J. (2008). **Shad alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance.** Journal Insect Behaviour, 21: 460-468.

STRAHLER, A.N., (1957). **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** New Haven: Transactions American Geophysical Union, 38, 913-920.

SANTOS, A. JR., & COSTA CURTA, M. B. (2011). **Dinâmica da composição e cobertura de espécies de macrófitas aquáticas e a escolha de indicadores de impacto ambiental em um rio com ecoturismo.** Ambiência. *Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* 7(3), 535-550.

SAMWAYS, M.J., STEYTLER, N.S., (1996). **Padrões de distribuição de libélula (Odonata) em áreas urbanas e paisagens florestais, e recomendações para a gestão ribeirinha.** Biol. Conservar. 78, 279-288.

SAMWAYS, M.J., TAYLOR, S. & TARBOTON, W. (2005). **Extinction reprieve following alien removal.** *Conservation Biology*, 19, 1329-1330.

STEWART, D.A.B., SAMWAYS, M.J., (1998). **Conservando libélulas (Odonata) relacionamentos conjuntos para a dinâmica dos rios em uma reserva de caça de savana africana.** Conservar. Biol. 12, 683-692.

SILVA, D.P.; DE MARCO, P.JR.; Resende, D.C. (2010). **Adult Odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study.** *Ecological Indicators*, 10: 744-752.

TAKAMURA, K., HATAKEYAMA, S. & SHIRAISHI, H. (1991). **Odonata larvae as an indicator of pesticide contamination.** *Applied Entomology and Zoology*, 26, 321- 326.

TUNDISI, J. G., & TUNDISI, T. M. (2008). **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos.

ZAR, J. H., (1999). Biostatistical Análisis. Printice – Hall, Engle – Wood Cliffs, N. J. 944p.

ZAMORA-MUÑOZ, C., SANCHEZ-ORTEGA, A. & ALBA-TERCEDOR J. (1993). Physico-chemical factors that determine the distribution of mayflies and stoneflies in a high-mountain stream in southern Europe (Sierra Nevada, Southern Spain). *Aquatic Insects*, 15, 11-20.

WARD, L. & MILL, P.J. (2005) Habitat factors influencing the presence of adult *Calopteryx splendens* (Odonata: Zygoptera). *European Journal of Entomology*, 102: 47-51.

WOODCOCK, T.S. & HURYN, A.D. (2007). The response of macroinvertebrate production to a pollution gradient in a headwater stream. *Freshwater Biology*, 52: 177-196.

CAPÍTULO 2

OS FASCINANTES ANUROS DO GÊNERO *Brachycephalus*, BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO

Data de aceite: 01/12/2022

Luiz Fernando Ribeiro

RESUMO: A ação da tetrodotoxina (TTX) é bloquear os canais de sódio nas junções neuromusculares. A TTX é encontrada em bactérias marinhas, vários invertebrados marinhos, baiacus, platelmintos terrestres e anfíbios. Os anfíbios são os únicos vertebrados terrestres que possuem TTX utilizada como defesa química. A origem da TTX nos animais permanece incerta, existindo evidências de síntese endógena, relação simbiótica com bactérias ou uma combinação de ambas. Nos anfíbios que possuem TTX, a toxicidade proporcionada por ela, está relacionada com um mecanismo antipredação. Este mecanismo de defesa normalmente está acompanhado de comportamentos específicos, morfologia e coloração aposemática. As espécies de minisapos do gênero *Brachycephalus* são uma oportunidade para estudar fenômenos de toxicidade e aposematismo. Foi demonstrado que em ao menos três espécies de coloração aposemática deste gênero possuem TTX na pele. Como estas espécies possuem hábito diurno, estas características podem ter a função

de evitar predação. Por outro lado, uma análise preliminar com uma espécie críptica de *Brachycephalus*, revelou apenas resquícios de TTX na pele. A presença ou ausência de TTX na pele de espécies de *Brachycephalus*, pode ter uma relação com a coloração aposemática e críptica. A coloração pode estar relacionada com a quantidade de carotenoides e melanina. O aprofundamento do conhecimento sobre as espécies de *Brachycephalus*, contribui para sua conservação e da Floresta Atlântica. Além disso, *Brachycephalus* pode ser um reservatório genética e fonte de biomoléculas, cuja aplicabilidade para os diversos setores da sociedade humana são inestimáveis.

PALAVRAS-CHAVE: *Brachycephalidae*, biologia, evolução, biodiversidade, mudanças climáticas.

ABSTRACT: The action of tetrodotoxin (TTX) is to block sodium channels at neuromuscular junctions. TTX is known to be found in marine bacteria, many marine invertebrates, puffer fish, terrestrial flatworms and amphibians. Amphibians are the only terrestrial vertebrates that have TTX used as a chemical defense. The origin of TTX in animals remains

unclear, with evidence of endogenous synthesis, symbiotic relationship with bacteria, or a combination of both. In amphibians that have TTX, the toxicity provided by it is related to an antipredation mechanism. This defense mechanism is usually accompanied by specific behaviors, morphology and aposematic coloration. In this sense, the species of miniaturized toadlets of the genus *Brachycephalus* are an opportunity to study phenomena of toxicity and aposematism. It has been shown that at least three species of aposematic coloration of this genus have TTX in the skin. As these species have a diurnal habit and these characteristics may have the function of avoiding predation. On the other hand, a preliminary analysis with a cryptic species of *Brachycephalus* revealed only traces of TTX in the skin. The presence or absence of TTX in the skin of *Brachycephalus* species may be related to aposematic and cryptic color. The color may be related to carotenoids and melanin. The increase in knowledge about the species of *Brachycephalus* contributes to their conservation and the Atlantic Forest. Furthermore, *Brachycephalus* can be a genetic reservoir and source of biomolecules whose applicability to different sectors of human society are invaluable.

KEYWORDS: *Brachycephalidae*, biology, evolution, biodiversity, climate change

O GÊNERO *Brachycephalus*

Brachycephalus são sapos diminutos da família Brachycephalidae e constituem um grupo de 38 espécies descritas até a atualidade. São todas espécies endêmicas da Floresta Atlântica, distribuindo-se do sul do Estado da Bahia ao nordeste do Estado de Santa Catarina, por cerca de 1.700 Km ao longo da Serra do Mar. A maioria das espécies possui seu *habitat* em floresta montana ou alto-montana (matas nebulares), normalmente em topo de montanhas isoladas (Pie *et al.*, 2013; Bornschein *et al.*, 2016; Bornschein, Pie & Teixeira, 2019). Este relevo montanhoso proporciona uma clina altitudinal, aumentando a pluviosidade e diminuindo a temperatura à medida que a altitude aumenta, proporcionando um ambiente altamente específico. A cada 100 m no incremento da altitude, ocorre um aumento de 40 mm da precipitação média anual e o decréscimo de 0,5°C (Bigarella *et al.*, 1978; Roderjan, 1994). Uma clina latitudinal também está presente, com a diminuição da precipitação média anual e da temperatura média anual com o aumento da latitude. À medida que a latitude aumenta a precipitação média anual decresce cerca de 38% e a temperatura média anual decresce cerca de 13% (IAPAR, 1978; São Paulo, 1978; Santa Catarina, 1986; Morellato *et al.*, 2000).

Do total de espécies de *Brachycephalus* conhecidas até o momento, 77% foram descobertas apenas nos últimos 20 anos, relevando uma diversidade notável e acentuando a importância do bioma Atlântico (Frost, 2021). Ribeiro *et al.* (2015) sugeriu uma divisão de grupos fenotípicos úteis para identificação das espécies: (1) grupo *B. didactylus* que inclui espécies com corpo leptodactyliforme e sem hiperossificações. (2) grupo *B. ephippium* que inclui espécies com corpo bufoniforme e com hiperossificações. (3) grupo *B. pernix* que inclui espécies com corpo bufoniforme e sem hiperossificações.

Estes minisapos sofreram um fenômeno evolutivo de miniaturização e inclui alguns

dos menores tetrápodes terrestres conhecidos (Izecksohn, 1971, Estrada & Hedges, 1996, Rittmeyer *et al.*, 2012). De um modo geral, as espécies de *Brachycephalus* variam de 7,4 mm a 18,9 mm de comprimento rostro-cloacal (Folley *et al.*, 2020). Seu *habitat* restringe-se a um ambiente florestado, com cobertura florestal densa. Normalmente vivem em altitudes elevadas da Serra do Mar, dentro dos limites da porção densa da Floresta Atlântica. Cerca de 66% das espécies é conhecida apenas em sua localidade tipo, revelando alto grau de endemismo e alopatria (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016).

Adaptados à vida no chão da floresta, em meio à serapilheira, utilizam quase que exclusivamente a caminhada para se deslocarem. Assim, todas as espécies de *Brachycephalus* apresentam adaptações à esta condição, desenvolvendo redução no número de dedos, artelhos e falanges. Quase sempre apresentam apenas três dedos e três artelhos funcionais e com formas distintas. O dedo número um é reduzido ou ausente e os artelhos um e cinco são muito reduzidos quando estão presentes (Garey *et al.*, 2012). Com relação às falanges, os dedos e artelhos mais reduzidos apresentam uma única falange, como o dedo um, enquanto o terceiro dedo e o quarto artelho, que são os mais desenvolvidos, apresentam três e quatro falanges, respectivamente (e.g. Ribeiro *et al.*, 2005, Ribeiro *et al.*, 2017, Guimarães *et al.*, 2017, Folley *et al.*, 2020).

Uma das características marcantes do grupo é a ausência de fase larvar, apresentando desenvolvimento embrionário direto, a partir do ovo depositado pela fêmea na serapilheira úmida da floresta, dispensando a presença de corpos de água para reprodução (Pombal, 1999, Monteiro *et al.*, 2018). Além disso, os jovens nascem com uma coloração atípica comparada à do adulto. Jovens foram registrados com uma coloração geral castanho-avermelhada para *B. ephippium*, enquanto o adulto possui coloração completamente alaranjada (Pombal, 1999). Os jovens de *B. albolineatus* possuem coloração marrom escuro, com manchas claras acinzentadas e seus adultos são verdes com uma linha branca dorsal (Bornschein *et al.*, 2016). Em *B. acteus* os adultos apresentam coloração geral alaranjada com manchas verdes, mas seus jovens apresentam coloração geral marrom (Monteiro *et al.*, 2018).

Em se tratando da coloração dos adultos, as espécies de *Brachycephalus* exibem multiplicidade de cores, variando desde cores fortemente aposemáticas à extremamente crípticas. Representando espécies aposemáticas, *Brachycephalus pombali* possui coloração completamente alaranjada (Ribeiro *et al.*, 2005), *B. pitanga* possui coloração alaranjada com manchas vermelhas dorsais (Alves *et al.*, 2009), *B. mirissimus* possui coloração alaranjada com uma mancha branca sobre o dorso da cabeça e da coluna vertebral (Pie *et al.*, 2018a). Por outro lado, representando espécies crípticas, *B. brunneus* possui coloração marrom escuro com manchas ventrais alaranjadas (Ribeiro *et al.*, 2005), *B. olivaceus* possui coloração verde escura (Ribeiro *et al.*, 2015), *B. curupira* possui coloração completamente marrom (Ribeiro *et al.*, 2017).

Ao contrário da maioria dos anuros, os *Brachycephalus* exibem hábitos diurnos,

com os machos apresentando atividade vocal durante o dia (Pombal *et al.*, 1994, Verdade *et al.*, 2008, Araújo *et al.*, 2012, Bornschein *et al.*, 2018, Bornschein *et al.*, 2019, Folley *et al.*, 2020). Além disso, algumas espécies podem ser observadas caminhando sobre a serapilheira, mesmo que de modo infrequente, também durante o dia. Foi demonstrado que *B. ephippium* possui uma substância tóxica no tegumento e no fígado denominada ephippiotoxina, similar à TTX (Sebben *et al.* 1986, Pires Jr. *et al.* 2002, 2003, 2005). Para *B. pernix* Pires Jr. e colaboradores (2005) demonstraram a presença no tegumento de uma toxina análoga à TTX. Essas toxinas podem estar associadas ao hábito diurno e à coloração conspícuia dessas duas espécies, funcionando como um mecanismo antipredação. Por outro lado, no mesmo estudo, foi demonstrado que *B. nodoterga* apresenta apenas traços de uma toxina análoga à tetrodotoxina. Esta espécie exibe coloração críptica, o que sugere uma estratégia antipredação distinta. O mesmo ocorre com *B. brunneus*, que apresenta coloração críptica e comportamento de tanatose (Ribeiro *et al.*, 2005), e em um ensaio preliminar apresentou apenas traços de TTX na pele.

Evolução das espécies de *Brachycephalus* na Floresta Atlântica

A Floresta Atlântica é considerada um dos maiores *hotspots* de riqueza e biodiversidade do planeta, abrigando mais de 8.500 espécies endêmicas (Myers *et al.*, 2000). Estima-se que na distribuição original da Floresta Atlântica havia uma grande diversidade de zonas climáticas e formações vegetacionais que se estendiam desde o nordeste brasileiro até algumas regiões a leste do Paraguai e da Argentina (Galindo-Leal & Câmara, 2003). Atualmente mais de 93% dessa cobertura vegetal foi perdida (Myers *et al.*, 2000) e esforços consideráveis têm sido feitos para definir estratégias eficientes e regiões prioritárias para a proteção das áreas remanescentes (Tabareli *et al.*, 2005, Ribeiro *et al.*, 2009). Um dos maiores desafios à conservação de um bioma, tão complexo como a Floresta Atlântica, é compreender os processos que geraram e mantêm a sua biodiversidade (Moritz, 2002, Turchetto-Zolet *et al.* 2013). Acredita-se que tal diversidade pode ter sido gerada devido à uma complexidade de fatores, entre eles flutuações climáticas, durante a época do Pleistoceno e influência amazônica periódica (Behling, 2002, Costa, 2003; Batalha-Filho *et al.*, 2013).

Estudos têm demonstrado a influência de tais flutuações climáticas na geração dos padrões de diversidade de espécies na Floresta Atlântica, resultando na formação de refúgios climáticos e vegetacionais (Vanzolini & Williams, 1970, Cabanne *et al.* 2007; Carnaval & Moritz, 2008; Carnaval *et al.* 2009, 2014). Estes refúgios proporcionaram uma certa estabilidade climática, que serviu como fonte para a posterior recolonização em áreas que tiveram sua diversidade reduzida nos períodos de glaciação. Esta hipótese é corroborada através da distribuição da variabilidade genética de várias espécies da Floresta Atlântica (Carnaval e Moritz, 2008, Carnaval *et al.*, 2009, 2014).

Neste cenário intermitente da Floresta Atlântica durante o Período Quaternário, um número notável de espécies de *Brachycephalus* evoluiu em um tempo relativamente curto. De acordo com Firkowski e colaboradores (2016), analisando a relação filogenética de várias espécies de *Brachycephalus*, as linhagens ancestrais possuíam uma ampla distribuição geográfica em uma época com clima frio e úmido, restringindo-se à florestas de altitudes baixas. Com o decurso do clima se alterando para condições mais quentes, tais linhagens migraram para as demais regiões da floresta expandida, de acordo com sua capacidade adaptativa. Isto inclui as regiões de cume de montanhas. A estabilidade climática que sucedeu, manteve o isolamento nestes cumes, levando ao processo de especiação e como resultado à diversificação. Como reflexo deste processo, na atualidade a maioria da espécies de *Brachycephalus* são encontradas apenas em condições climáticas específicas, possuem endemismo extremo, a maioria das espécies são alopatrícias e ainda demonstram diversidade subestimada (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016, Pie *et al.*, 2019).

Contudo, Pie e colaboradores (2018b) aprofundaram a análise filogenética das espécies de *Brachycephalus* e trouxeram evidências de que a diversificação pode ter iniciado em um tempo mais antigo. Neste sentido é improvável que as linhagens ancestrais permaneceram isoladas nos períodos de estabilidade climática, apenas pelo fato de estarem distribuídas em cumes de montanhas (distribuição conhecida como *sky islands*). Mesmo assim, a hipótese de formação de *sky islands* não está totalmente descartada, pois certas áreas podem ter proporcionado microrefúgios que persistiram com condições ecológicas favoráveis ao isolamento das linhagens ancestrais de *Brachycephalus* (Pie *et al.*, 2018b). A adaptação de anfíbios a um modo de vida independente de corpos d'água e com desenvolvimento direto, pode permitir que as espécies explorem nichos ecológicos ímpares e micro-habitat específicos, como aqueles que conservam umidade. A miniaturização do corpo, como apresentado pelas espécies de *Brachycephalus*, pode favorecer o endemismo extremo, baixa capacidade de dispersão e baixo fluxo gênico interpopulacional (Condez *et al.*, 2020).

Apesar disto, as relações filogenéticas entre as espécies de *Brachycephalus* não representam um grupo monofilético, apesar de permanecerem inconclusivas. As evidências mais recentes indicam que *B. pulex*, a espécie mais setentrional, é a irmã de todas as demais espécies. *Brachycephalus didactylus* é a espécie irmã de todas as espécies do grupo *B. ephippium* (com distribuição biogeográfica norte). *Brachycephalus sulfuratus* é a espécie irmã de todas as espécies do grupo *B. pernix* (com distribuição biogeográfica sulina). Finalmente, *B. hermogenesi* é a espécie irmã de *B. sulfuratus* juntamente com o grupo *B. pernix* (Pie *et al.*, 2018b, Condez *et al.*, 2020, Dos Reis *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021). Ao que tudo indica, a evolução de colonização da Floresta Atlântica pelas espécies de *Brachycephalus* sucedeu do norte em direção ao sul, com a radiação iniciando entre 8 e 7 milhões de anos atrás e com a diversificação das espécies atuais, ocorrendo a menos

de 2,5 milhões de anos (Condez *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021).

Outra característica instigante e que também persiste sem total esclarecimento, é o fato de que os padrões de coloração aposémáticos e crípticos entre as espécies não são compartilhados apenas entre espécies e grupos irmãos (Condez *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021). Por exemplo, a distribuição filogenética dos padrões de coloração sugere que o aposematismo foi perdido na origem de um clado com quatro espécies crípticas, e posteriormente recuperado com a evolução de *B. izecksohni* aposémática (Pie *et al.*, 2018b). De acordo com a reconstrução da cor ancestral, ocorreu uma tendência mais alta de mudança de colorações aposémáticas para colorações crípticas no decorrer da evolução das espécies de *Brachycephalus*. Além disso, o tamanho do corpo aumentado está correlacionado com a coloração aposémática, e, apesar da miniaturização, as espécies maiores adquiriram esta condição como derivada (Condez *et al.*, 2020). Este pode ser um indício que houve uma adaptação em direção ao aumento do tamanho do corpo (em relação às espécies ancestrais), acompanhado da coloração aposémática e defesa química para algumas espécies. A TTX foi detectada em altas concentrações em *B. ephippium*, *B. pitanga* e *B. pernix*, todas aposémáticas (Pires *et al.*, 2005, Tonon *et al.*, 2021). Mesmo assim, diante de relações filogenética controversas, não é possível ainda determinar se a coloração aposémática em *Brachycephalus* representa uma homoplasia ou ancestralidade compartilhada (Lyra *et al.*, 2021).

As espécies de minisapos representantes do gênero *Brachycephalus* são sem dúvida um modelo fascinante para estudos de evolução, diversificação, morfologia e ecologia. Várias áreas de conhecimento ainda permanecem pouco estudadas, sobretudo, suas adaptações específicas ao ambiente onde vivem. Esforços para elucidar estas adaptações são valiosos para acrescentar novas peças no intrincado quebra-cabeça da evolução de *Brachycephalus*.

CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Brachycephalus*

Locais onde ocorrem espécies microendêmicas são prioritárias para a conservação, como espécies do gênero *Brachycephalus* que apresentam distribuição geográfica restrita. Este endemismo extremo é devido a sua adaptação a condições de altitude elevada. Entretanto, os ambientes montanos e alto-montanos do Sul do Brasil vêm sendo degradados. O ambiente de *B. boticario* do Morro do Cachorro (Blumenau-SC), vem sofrendo desmatamento para construção de edificações e torres de comunicação, além do depósito de lixo. *Brachycephalus fuscolineatus* do Morro Braço da Onça (Luiz Alvez-SC), tem tido seu ambiente alterado pelo desmatamento, construção de estradas, plantio de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e uso de agrotóxicos que leva à morte da vegetação nativa. *Brachycephalus mirissimus* (Massaranduba-SC) tem tido seu ambiente alterado pelo desmatamento, plantio de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e palmeira real. As três localidades

não constituem unidades de conservação, o que torna preocupante a perpetuação destas espécies, além das demais do gênero. As alterações dos ambientes registradas suscitam dúvidas quanto à legalidade de algumas ações humanas. Deste modo se faz necessário ações mitigadoras e protecionistas prementes para garantir o futuro das espécies e da biodiversidade dos locais aqui analisados.

Desta forma, compreender as diferentes adaptações ao ambiente de vida das espécies atlânticas, fornece um suporte para traçar estratégias de conservação específicas e direcionadas para aquelas espécies mais vulneráveis. Este é o caso das espécies de *Brachycephalus* que possuem um endemismo extremo (Pie *et al.*, 2013; Bornschein *et al.*, 2016; Bornschein, Pie & Teixeira, 2019). Eleva-se este potencial quando considera-se que várias espécies do gênero *Brachycephalus* são ameaçadas de extinção em diferentes categorias (Bornchein, Pie & Teixeira, 2019; ICMBio, 2022). Além do mais, os anfíbios são reconhecidamente sensíveis às alterações climáticas locais e globais (Schivo *et al.*, 2019; Cordier *et al.*, 2020). Ainda pode-se considerar bastante incipiente estudos que apontem as possíveis consequências da mudança climática sobre anuros. Neste sentido, revelar as espécies de *Brachycephalus* que habitam locais com condições climáticas mais extremas ou mais suscetíveis à sazonalidade, pode apontar prioridade para sua conservação, diante de dados que indicam aquecimento do clima global (Tebaldi *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

- BATALHA-FILHO, H., IRESTEDT, M., FJELDSA, J., ERICSON, P.G.P., SIVEIRA, L.F., MIYAKI, C.Y. Molecular systematics and evolution of the *Synallaxis ruficapilla* complex (Aves: Furnariidae) in the Atlantic Forest. *Mol. Phylogenetics and Evolution*, 67, 86–94. 2013.
- BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Paleogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*. 177, 19–27. 2002.
- BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D., DE MATOS, D.J. & WERNER, A. (Eds.) A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional. Secretaria de Estado do Planejamento. 1978.
- BORNSCHEIN, M.R., FIRKOWSKI, C.R., BELMONTE-LOPES, R., CORRÊA, L., RIBEIRO, L.F., MORATO, S.A.A., ANTONIAZZI-JR, R.L., REINERT, B.L., MEYER, A.L.S., CINI, F.A., PIE, M.R. Geographic and altitudinal distribution of *Brachycephalus* Fitzinger (Anura: Brachycephalidae) endemic to the Brazilian Atlantic Rainforest. *PeerJ*, 4, e2490. 2016.
- BORNSCHEIN, M.R., PIE, M.R. & TEIXEIRA, L. Conservation status of *Brachycephalus* toadlets (Anura: Brachycephalidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest. *Diversity*, 11: 1-29. 2019.
- CABANNE, G.S., SANTOS, F.R., MIYAKI, C.Y. Phylogeography of *Xiphorhynchus fuscus* (Passeriformes, Dendrocolaptidae): vicariance and recent demographic expansion in southern Atlantic Forest. *Biological Journal of the Linnean Society of London*, 91, 73–84. 2007.
- CARNAVAL, A.C., HICKERSON, M.J., HADDAD, C.F.B., RODRIGUES, M.T., MORITZ, C. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest hotspot. *Science*, 323, 785–789. 2009.

CARNAVAL, A.C., MORITZ, C. Historical climate modeling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Biogeography*, 35, 1187–1201. 2008.

CARNAVAL, A.C., WALTARI, E., RODRIGUES, M.T., ROSAUER, D., VANDERWAL, J., DAMASCENO, R., PRATES, I., STRANGAS, M., SPANOS, Z., RIVERA, D., PIE, M.R., FIRKOWSKI, C.R., BORNSCHEIN, M.R., RIBEIRO, L.F., MORITZ, C. Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. *Proceedings of Royal Society of London B*, 281, 1461. 2014.

CONDEZ, T.H., HADDAD, C.F.B., ZAMUDIO, K.L. Historical biogeography and multi-trait evolution in miniature toadlets of the genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 129, 664–686. 2020.

CORDIER, J. M., LESCANO, J. N., RÍOS, N. E., LEYNAUD, G. C., NORI, J. Climate change threatens micro-endemic amphibians of an important South American high-altitude center of endemism. *Amphibia-Reptilia*, 41(2), 233-243, 2020.

COSTA, L.P. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography*. 30, 71–86. 2003.

DUELLMAN, W.R. & TRUEB, L. *Biology of Amphibians*. 2a Edition. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1994, 696 p.

ESTRADA, A.R., HEDGES, S.B. At the lower size limit in tetrapods: a new diminutive frog from Cuba (Leptodactylidae: Eleutherodactylus). *Copeia*, 852–859. 1996.

FICK, S.E. & HIJMANS, R.J. Worldclim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315. 2017.

FIRKOWSKI, C.R., BORNSCHEIN, M.R., RIBEIRO, L.F., PIE, M.R. Species delimitation, phylogeny and evolutionary demography of co-distributed, montane frogs in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 100, 345–360. 2016.

FOLLEY, M., AMARAL, L.C., CARVALHO-E-SILVA, S.P., POMBAL JR., J.P. Rediscovery of the toadlet *Brachycephalus bufonoides* Miranda-Ribeiro, 1920 (Anura: Brachycephalidae) with osteological and acoustic descriptions. *Zootaxa*, 4819 (2), 265–294. 2020.

FROST, D.R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (*Date of access*). 2021. Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>

GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview. In Galindo-Leal, C., Câmara, I.G. (Editors). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. p. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. 2003.

IAPAR. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina. 1978.

ICMBIO. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. 2022. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/salve/>. Acesso em: 20 de Sep. de 2022.

IZECKSOHN, E. Novo gênero e nova espécie de Brachycephalidae do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia, Anura). *Boletim do Museu Nacional, Zoologia*, 280, 1–12. 1971.

MARI, R.B., MURI, G.M., VANNUCCHI, F.S., RIBEIRO, L.F., CORREA, C.N., LIMA, S.K.S., TEIXEIRA, L., SANDRETTI-SILVA, G.J., NADALINE, J.; BORNSCHEIN, M.R. Relationships of mineralized dermal layer of mountain endemic miniature frogs with climate. *Journal of Zoology*, 218 (1), 24-46. 2022.

MONTEIRO, J.P.C., CONDEZ, T.H., GARCIA, P.C.A., COMITI, E.J., AMARAL, I.B., HADDAD, C.F.B. A new species of *Brachycephalus* (Anura, Brachycephalidae) from the coast of Santa Catarina State, Southern Atlantic Forest, Brazil. *Zootaxa*, 4407 (4), 483–505. 2018.

MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.C., ROMERA, E.C.; ZIPPARRO, V.B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. *Biotropica*, 32, 811–823. 2000.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. 2000.

PIE, M.R., FAIRCLOTH, B.C., RIBEIRO, L.F., BORNSCHEIN, M.R., MCCORMACK, J.E. Phylogenomics of montane frogs of the Brazilian Atlantic Forest supports a scenario of isolation in sky islands followed by relative climatic stability. *Biological Journal of the Linnean Society*, 125, 72–82. 2018.

PIE, M.R., MEYER, A.L.S., FIRKOWSKI, C.R., RIBEIRO, L.F. & BORNSCHEIN, M.R. Understanding the mechanisms underlying the distribution of microendemic montane frogs (*Brachycephalus* spp., Terrarana: Brachycephalidae) in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Ecological Modelling*, 250: 165-176. 2013.

POMBAL JR, J.P. Ovoposição e desenvolvimento de *Brachycephalus ephippium* (Spix) (Anura: Brachycephalidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16 (4), 967-976. 1999.

RIBEIRO, L.F., BORNSCHEIN, M.R., BELMONTE-LOPES, R., FIRKOWSKI, C.R., MORATO, S.A.A., PIE, M.R. Seven new microendemic species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from southern Brazil. *PeerJ*, 3, e1011. 2015.

RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F., HIROTA, M.M. Brazilian Atlantic Forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biology Conservation*, 142, 1141–1153. 2009.

RIGOLLO, J.R., ALMEIDA, J.A., ANANIAS, F. Histochemistry of skin glands of *Trachycephalus* aff. *venulosus* Laurenti, 1768 (Anura, Hylidae). *Micron*, 39, 56-60. 2008.

rittmeier, E.N., ALLISON, A., GRÜNDLER, M.C., THOMPSON, D.K., AUSTIN, C.C. Ecological guild evolution and the discovery of the world's smallest vertebrate. *Plos One*, 7, e29797. 2012.

RODERJAN, C.V. O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro Anhangava, Quatro Barras, PR - aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. PhD Thesis, Universidade Federal do Paraná. 1994.

SANTA CATARINA. *Atlas de Santa Catarina*. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Florianópolis. 1986.

SÃO PAULO. *Atlas regional do Estado de São Paulo*. Secretaria de Economia Planejamento, São Paulo. 1978.

SCHIVOA, F., BAUNIB, V., KRUGA, P., QUINTANAA, R.D. Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America. *Applied Geography*, Vol. 103, 70-89, 2019.

SCHOCH, R.R. Evolution of life cycles in early amphibians. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, VOL. 37, 135–162. 2009.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M., BEDÊ, L.C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica Brasileira. IN: *Conservation International*. Brasil. 2005.

TEBALDI, C., RANASINGHE, R., VOUSDOUKAS, M., RASMUSSEN, D.J., VEGA-WESTHOFF, B., KIREZCI, E., KOPP, R.E., SRIVER, R. & MENTASCHI, L. Extreme sea levels at different global warming levels. *Nature Climate Change*, 11, 746–751, 2021.

VANZOLINI, P., WILLIAMS, E.E. South American anoles: geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). *Arquivos de Zoologia*. 19, 1–298. 1970.

ZADUNAISKY, J.Á. & LANDE, M.A. Calcium content and exchange in amphibian skin and its isolated epithelium. *American Journal of Physiology*, 222, 1309–1315. 1972.

CAPÍTULO 3

RELACIONES LONGITUD-LONGITUD Y LONGITUD-PESO DEL MONCHOLO *Hoplias* *malabaricus* EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

Data de submissão: 10/10/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Glenys Tordecilla-Petro

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Institución Educativa Lácides C. Bersal,
Alcaldía municipal de Lorica
<https://orcid.org/0000-0002-7618-8615>

Sonia E. Sánchez-Banda

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Institución Educativa La Draga, Alcaldía
municipal de Ciénaga de Oro
<https://orcid.org/0000-0002-7600-197X>

Xiomara E. Cogollo-López

Semillero de Investigación Biológico
Pesquera-SIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
Laboratorio de Sanidad Acuática y
Calidad de Agua, Departamento de
Ciencias Acuáticas, Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia, Universidad de
Córdoba, Montería, Colombia
<https://orcid.org/0000-0001-9929-4210>

Ángel L. Martínez-González

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0001-9224-1976>

Fredys F. Segura-Guevara

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-9129-984X>

Gustavo A. Juris-Torregrosa

Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA.
Regional Caquetá, Florencia, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-5094-1496>

William A. Pérez-Doria

Servicio Estadístico Pesquero
Colombiano-SEPEC
<https://orcid.org/0000-0001-8150-1197>

Jesús Vargas-González

Laboratorio de Investigación Biológico
Pesquera-LIBP, Departamento de Ciencias
Acuáticas, Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia, Universidad de Córdoba
Lorica, Colombia
<https://orcid.org/0000-0003-3519-2332>

RESUMEN: Se evaluó el crecimiento y condición del Moncholo *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794) durante varios ciclos anuales en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia. Se recolectaron 2407 ejemplares en el período 2006-2010 y la relación longitud-peso y el factor de condición se estimaron con las ecuaciones $WT = kLT^b$ y $k = WT/LT^b$, respectivamente. La talla de los individuos recolectados osciló entre 19.3-0-44.1 cm de longitud total (LT), la talla media de captura fue 32.4 cm LT, el peso total fluctuó entre 62.0-1158.0 gramos (g) y el peso medio de captura fue 397.6 g. Se encontró que la talla media de captura (TMC) estimada es mayor que la talla mínima de captura establecida para la cuenca del río Magdalena, lo que sugiere que la pesquería se estaba desarrollando adecuadamente sin evidencias de sobrepesca sobre el recurso, lo que sí se ha observado recientemente. La relación longitud-peso estimada fue $WT = 0.004 (\pm 0.07) LT^{3.28 (\pm 0.05)}$, $r = 0.95$, $n = 2407$, el factor de condición fue seis veces mayor en aguas bajas (diciembre), con poca correlación con el ciclo hidrológico de la ciénaga, y el coeficiente de crecimiento fue alométrico positivo. Debido a que en los cinco años de estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los factores de condición ni entre los coeficientes de crecimiento estimados, parámetros de la relación longitud-peso, se infiere que la especie en estudio mantuvo su ritmo de crecimiento en el período estudiado, lo que es importante para la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas asentadas en la ciénaga de Ayapel, así como para su preservación en su ambiente natural.

PALABRAS CLAVE: Estado de bienestar, Crecimiento, Seguridad alimentaria, Preservación.

LENGTH-LENGTH AND LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIPS OF MONCHOLO *Hoplias malabaricus* IN THE CIENAGA DE AYAPEL, COLOMBIA

ABSTRACT: The growth and condition of the Moncholo *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794) was evaluated during several annual cycles in the Cienaga de Ayapel, San Jorge river basin, Colombia. In the period 2006-2010, 2407 specimens were collected and the length-weight relationship and the condition factor were estimated with the equations $TW = kTL^b$ and $k = TW/TL^b$, respectively. The size of the collected individuals ranged between 19.3-0-44.1 cm total length (TL), the mean catch length was 32.4 cm TL, the total weight fluctuated between 62.0-1158.0 grams (g) and the mean catch weight was 397.6 g. It was found that the estimated mean catch size (TMC) is greater than the minimum catch size established for the Magdalena river basin, which suggests that its fishery was developing adequately without evidence of overfishing of the resource, which yes it has been observed recently. The estimated length-weight relationship was $TW = 0.004 (\pm 0.07) TL^{3.28 (\pm 0.05)}$, $r = 0.95$, $n = 2407$, the condition factor was six times higher in low water (December), with little correlation with the hydrological cycle

of the cienaga, and the growth coefficient was positive allometric. Due to the fact that in the five years of study no significant statistical differences were found between the condition factors or between the estimated growth coefficients, parameters of the length-weight relationship, it is inferred that the species under study maintained its growth rate in the period studied, which is important for the food security of the human populations settled in the Ciénaga de Ayapel, as well as for their preservation in their natural environment.

KEYWORDS: Welfare state, Conservation. Welfare state, Growth, Food security, Preservation.

1 | INTRODUCCIÓN

El Moncholo *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794) es un pez nativo común en casi todas las cuencas de los ríos Magdalena, que incluye los ríos Cauca y San Jorge, Sinú, Putumayo y Catatumbo (MILES, 1947; DAHL, 1971; GALVIS et al., 1997) y es la única especie de la familia Erythrinidae ampliamente distribuida en casi todas las cuencas de Sur América, mientras que las demás están restringidas a pequeñas áreas (OYAKAWA, 2003).

Tiene el cuerpo comprimido y cilíndrico, boca amplia y mandíbula saliente, la forma de la aleta caudal es redondeada (DAHL, 1971), aleta dorsal larga sin aleta adiposa (GALVIS et al., 1997) y su coloración varía entre pardo oscuro a negro, dependiendo de las condiciones ambientales, la edad y el sexo (DAHL, 1971). Alcanza 46.4 cm de longitud total (LT) y 1218.9 g de peso total en la ciénaga de Ayapel (LIBP, 2013) y 48.1 cm LT (TORDECILLA-PETRO et al., 2005) y 1380.0 g de peso total (OLAYA-NIETO et al., 2004) en la ciénaga Grande de Lorica, lugares en donde es capturado principalmente con trasmallo.

En la ciénaga de Ayapel, consume Peces, el grupo alimentario más frecuente, abundante y con mayor composición por peso, Material vegetal, Insectos, Detritos y Otros (SEGURA-GUEVARA et al., 2013a), por lo que es considerado como un pez carnívoro con tendencia piscívora. Presenta período de desove prolongado que se extiende durante el año, e independientemente del ciclo hidrológico de la ciénaga de Ayapel, talla media de madurez sexual de 30.8 cm LT, ovocitos grandes (SEGURA-GUEVARA et al., 2013b) y fecundidad promedio por desove de 9107 ovocitos (SEGURA-GUEVARA et al., 2016).

Es una especie con importancia comercial en la cuenca del Magdalena-Cauca-San Jorge, cuyo desembarco en puerto fue de 564.3 toneladas entre los años 2006 y 2010 (MADR/CCI, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010), lo que representó el 1.16 % del total de la cuenca. Actualmente su producción llegó a las 1170.5 toneladas entre 2017 y 2021 (DE LA HOZ-M et al., 2017a; DUARTE et al., 2018, 2019a, 2020a, 2021a), lo que corresponde al 2.36% del total desembarcado, un poco más del doble que en el período 2006-2010.

El objetivo de esta investigación fue evaluar su crecimiento y condición durante varios ciclos anuales en la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, Colombia, como contribución al conocimiento de su ciclo de vida, su ordenamiento pesquero, preservación en su ambiente natural y a la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas asentadas en el área de influencia de la ciénaga.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización y descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la ciénaga de Ayapel, ubicada en la parte baja de la cuenca del río San Jorge en jurisdicción del municipio de Ayapel, departamento de Córdoba. Esta ciénaga es el cuerpo de agua más importante en toda la cuenca y funciona como plano inundable y de amortiguación natural, almacenando los excesos producidos por desbordamientos de los ríos San Jorge y Cauca. Su precipitación promedio multianual fluctúa entre 2300 y 2500 mm y el clima varía de ligera a moderadamente húmedo. En la época seca, la ciénaga alcanza profundidades mínimas de 50 a 80 cm, mientras que su profundidad máxima fluctúa entre cinco y siete metros en la época de lluvias (CVS-FONADE, 2004).

2.2 Obtención de las muestras

La información biológica básica se recolectó en el período 2006-2010 en el marco del proyecto de investigación “Estimación de los Parámetros Biológicos Básicos de Peces Comerciales de la Cuenca del Río San Jorge-Fase I”, código FMV-07-08, financiado por la Universidad de Córdoba. Parte de esta información fue recolectada por los integrantes del Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP y el resto por los pescadores en las faenas que efectúan en el área de estudio, quienes la compartieron con el laboratorio.

El sitio de muestreo fue Bocas de Seheve, ubicado en la confluencia del río San Jorge con la ciénaga de Ayapel con las siguientes coordenadas geográficas: 8° 28' N, 75° 03' W. El arte de pesca utilizado fue el trasmallo con longitud de 120-140 m, altura de 2.5 a 3.5 m, diámetro de ojo de malla extendida de 2.5-3.5 pulgadas y tiempo efectivo de pesca de diez a doce horas por faena. Las mediciones realizadas fueron longitud estándar (LS) y longitud total (LT) con un ictiómetro graduado en mm (IK2, Aquatic Biotechnology, España) y peso total (WT) con balanza eléctrica de 5000 ±1 g (CS 5000, Ohaus Corporation, USA).

2.3 Talla media de captura

La información de la captura por tallas se utilizó para estimar la talla media de captura (TMC) mensual, anual (2006, 2007, 2008, 2009 y 2010) y del período 2006-2010, agrupando los datos en intervalos de dos cm y aplicando la metodología de SPARRE & VENEMA (1998).

2.4 Relación lineal (RL)

Se estimó la regresión lineal LS-LT, mensual y anual, aplicando el método de los mínimos cuadrados (RICKER, 1975): $LT = a + b * LS$, en donde LT es la longitud total medida en cm, a es el intercepto de la línea de regresión, b es la pendiente y LS es la longitud estándar medida en cm.

2.5 Relación longitud-peso (RLP)

Es una regresión potencial que relaciona una medida lineal (talla) con una de volumen (peso), y se estimó mensual, anual y para el período 2006-2010 con la ecuación: $WT = k LT^b$ (RICKER, 1975), en donde WT es el peso total del pez en gramos, a es un parámetro de la regresión equivalente al factor de condición (k), LT es la longitud total y b es el coeficiente de crecimiento de la regresión.

2.6 Factor de condición (k)

Se estimó mensual, anual y para el período en estudio, con la ecuación $k = WT/LT^b$ (WEATHERLEY, 1972).

2.7 Análisis estadístico

Todos los valores obtenidos se expresan como promedio (\pm desviación estándar) e intervalos de confianza al 95%. Se aplicó la prueba de normalidad a la distribución de frecuencia de tallas (SPARRE & VENEMA, 1998), se estimaron el coeficiente de variación e intervalos de confianza mensual y anual para las longitudes estándar, total y el peso total, los coeficientes de correlación (r) y determinación (r^2) de las relaciones longitud-longitud y longitud-peso; y se aplicó la prueba t de Student al coeficiente de crecimiento (b) de la relación longitud-peso para evaluar isometría. Luego de evaluar la condición de homocedasticidad, se aplicó análisis de varianza de una vía al factor de condición y coeficiente de crecimiento estimados para cada relación longitud-peso. Por último, se evaluó al factor de condición de la especie en estudio vs la variación temporal del comportamiento hidrológico de la ciénaga de Ayapel.

3 | RESULTADOS

Se recolectaron 2407 ejemplares en el período estudiado, de los cuales 1578 fueron hembras, 816 machos y 13 indiferenciados. En la Tabla 1 se muestra el crecimiento en longitud alcanzado anualmente (2006, 2007, 2008, 2009, 2010) y en el período 2006-2010, en donde la longitud estándar osciló entre 15.6 (marzo 2007) y 37.0 (febrero 2007) con promedio \pm desviación estándar de 26.0 ± 2.4 cm, intervalo de confianza (IC) al 95% de 0.10 cm y coeficiente de variación (CV) de 9.2%; la longitud total fluctuó entre 19.3 (marzo 2007) y 44.1 (junio 2008) con promedio \pm desviación estándar de 32.3 ± 2.9 cm, IC de 0.11 cm y CV de 8.9%, frecuencia de tallas normalmente distribuida y talla media de captura estimada en 32.4 cm LT (Figura 1). Dado que las variaciones son menores al 30%, se infiere que las tallas (LS, LT) analizadas son homogéneas, aunque se encontró dimorfismo sexual a la talla.

Años	n	Rango de tallas (cm)				Relación lineal				
		LS (cm)	Prom.	DS	LT (cm)	Prom.	DS	a ± IC	b ± IC	r
2006	432	21.3 - 34.0	26.5	2.3	25.8 - 41.5	32.2	2.8	0.67 ± 0.59	1.19 ± 0.02	0.98
2007	308	15.6 - 37.0	25.5	2.4	19.3 - 41.5	31.2	2.8	2.39 ± 0.60	1.13 ± 0.02	0.99
2008	546	21.2 - 36.8	27.5	2.1	26.3 - 44.1	33.3	2.6	1.10 ± 0.36	1.18 ± 0.01	0.99
2009	569	21.0 - 34.0	26.9	2.2	25.6 - 41.8	32.9	2.6	1.15 ± 0.42	1.18 ± 0.02	0.99
2010	552	18.5 - 33.5	25.3	2.4	22.5 - 41.7	31.0	2.9	1.02 ± 0.42	1.19 ± 0.02	0.99
2006-2010	2407	15.6 - 37.0	26.8	2.4	19.3 - 44.1	32.3	2.9	1.36 ± 0.20	1.17 ± 0.01	0.99

Tabla 1. Información básica de tallas y parámetros de crecimiento de la relación lineal para sexos combinados de Moncholo *Hoplias malabaricus* en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010. n es el número de individuos, Prom. es el promedio, DS es la desviación estándar, a, b son el intercepto y pendiente de la regresión, IC es el intervalo de confianza y r es el coeficiente de correlación.

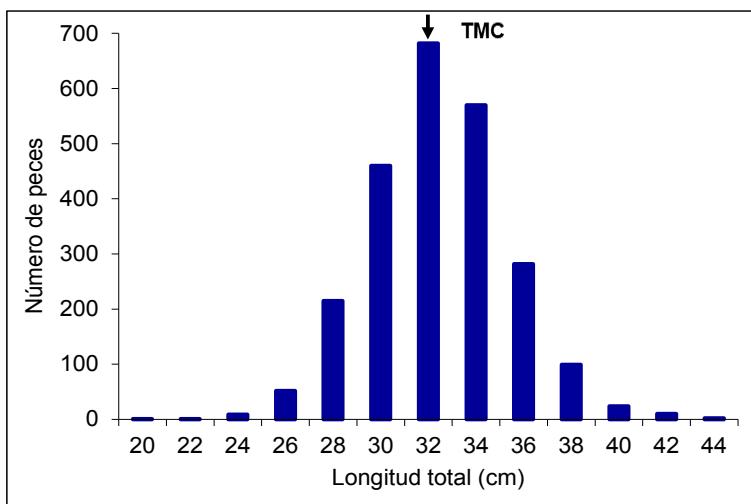


Figura 1. Distribución de frecuencias de tallas de Moncholo en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010.

Las regresiones lineales longitud estándar-longitud total (LS-LT) por sexo en el período de estudio se estimaron con la información básica de tallas y parámetros de crecimiento de la Tabla 1:

$$LT = 1.31 (\pm 0.26) + 1.17 (\pm 0.01) LS, r = 0.99, n = 1578 \text{ (hembras)}$$

$$LT = 1.49 (\pm 0.32) + 1.16 (\pm 0.01) LS, r = 0.99, n = 816 \text{ (machos)}$$

$$LT = 1.36 (\pm 0.20) + 1.17 (\pm 0.01) LS, r = 0.99, n = 2407 \text{ (ambos sexos, Figura 2).}$$

En la regresión longitud estándar-longitud total sexos combinados se observó similitud numérica entre las pendientes estimadas (Tabla 1), con coeficientes de correlación estadísticamente significativos ($p < 0.05$) de acuerdo con el tamaño de la muestra. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las pendientes de las regresiones ($F = 1.904$; $p > 0.05$; $gl = 40$).

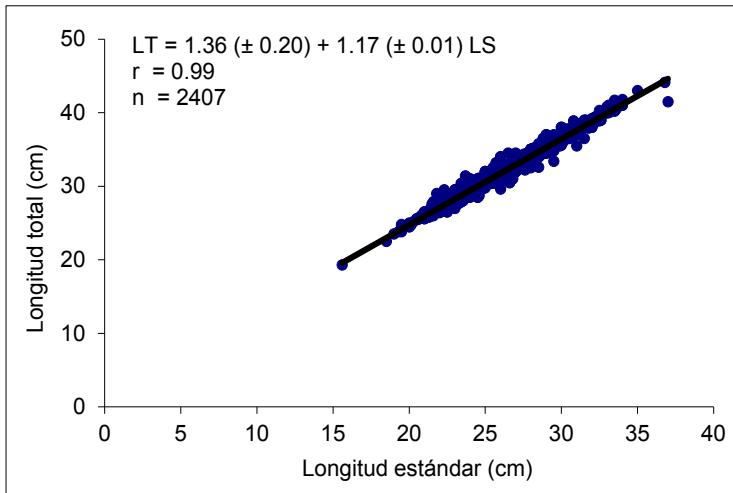


Figura 2. Relación longitud estándar-longitud total para sexos combinados de Moncholo en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010.

El crecimiento en peso total anual y del período en estudio se observa en la Tabla 2, fluctuando entre 62.0 g (marzo 2007) y 1158.0 g (junio 2008) con promedio \pm desviación estándar de 396.6 ± 125.1 g, intervalo de confianza al 95% de 5.0 g, coeficiente de variación del 31.5%, frecuencia de pesos normalmente distribuida y peso medio de captura de 397.6 g (Figura 3). Como el coeficiente de variación es mayor del 30% se infiere que el peso total es heterogéneo, lo que se observa solo en los años 2007 y 2010 al compararlo anualmente.

Los parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso también se presentan en la Tabla 2. El valor del factor de condición (k) durante el período en estudio fue 0.004, el cual osciló entre 0.006 (2007, 2009) y 0.008 (2010), sin encontrarse diferencias estadísticas significativas entre ellos ($F = 0.6144$; $p > 0.05$; $gl = 40$). El valor anual de k para hembras y machos en el período fue 0.005 y 0.004, respectivamente. Por su parte, el coeficiente de crecimiento (b) fue 3.28, fluctuando entre 3.09 (2010) y 3.19 (2007), también sin diferencias estadísticas significativas ($F = 0.6079$; $p > 0.05$; $gl = 40$).

Años	n	Longitud total (cm)			Peso total (g)			Relación longitud-peso		
		Rango	Prom	DS	Rango	Prom.	DS	k \pm IC	b \pm IC	r
2006	432	25.8 - 41.5	32.2	2.8	175.0 - 889.0	354.5	104.8	0.007 \pm 0.14	3.11 \pm 0.09	0.96
2007	308	19.3 - 41.5	31.2	2.8	62.0 - 889.0	343.9	103.5	0.006 \pm 0.16	3.19 \pm 0.10	0.96
2008	546	26.3 - 44.1	33.3	2.6	208.0 - 1158.0	465.6	124.9	0.007 \pm 0.13	3.16 \pm 0.08	0.95
2009	569	25.6 - 41.8	32.9	2.6	182.0 - 916.0	441.1	117.6	0.006 \pm 0.14	3.18 \pm 0.09	0.95
2010	552	22.5 - 41.7	31.0	2.9	130.0 - 885.0	344.5	107.8	0.008 \pm 0.11	3.09 \pm 0.08	0.96
2006-2010	2407	19.3 - 44.1	32.3	2.9	62.0 - 1158.0	396.6	125.1	0.004 \pm 0.07	3.28 \pm 0.05	0.95

Tabla 2. Información básica de talla, peso y parámetros de crecimiento de la relación longitud total-peso total para sexos combinados de Moncholo en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010. k es el factor de condición, b es el coeficiente de crecimiento.

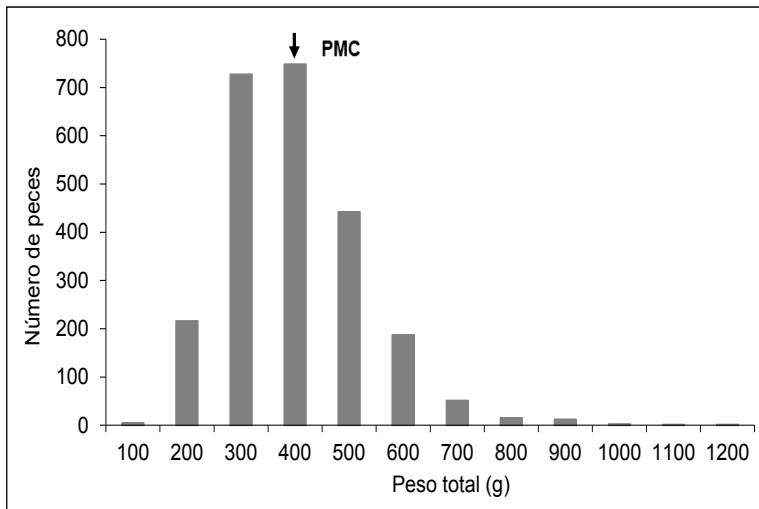


Figura 3. Distribución de frecuencias de pesos de Moncholo en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010.

El test de student ($p < 0.05$) confirmó que todos fueron alométricos positivos ($b > 3.0$), incluso el del período, lo cual significa que los incrementos en pesos fueron más rápidos que los incrementos en tallas, de acuerdo con TRESIERRA & CULQUICHICÓN (1993). El valor anual de b para hembras (3.24) y machos (3.34) del período también fue alométrico positivo.

Con las estimaciones del factor de condición y el coeficiente de crecimiento se construyeron las relaciones longitud-peso anuales y del período 2006-2010 (Tabla 2) para hembras, machos y sexos combinados, en donde todos los coeficientes de correlación son altos y estadísticamente significativos ($p < 0.05$) como consecuencia de la asociación entre las variables estudiadas. En todos los casos, se confirmó la premisa de la relación inversa existente entre el coeficiente de crecimiento (b) y el factor de condición.

Las regresiones longitud total-peso total estimadas para el período 2006-2010 fueron:

$$WT = 0.005 (\pm 0.08) LT^{3.24 (\pm 0.06)}, r = 0.94, n = 1578 \text{ (hembras)}$$

$$WT = 0.004 (\pm 0.12) LT^{3.32 (\pm 0.08)}, r = 0.95, n = 816 \text{ (machos)}$$

$$WT = 0.004 (\pm 0.07) LT^{3.28 (\pm 0.05)}, r = 0.95, n = 2407 \text{ (sexos combinados)} \text{ (Figura 4)}$$

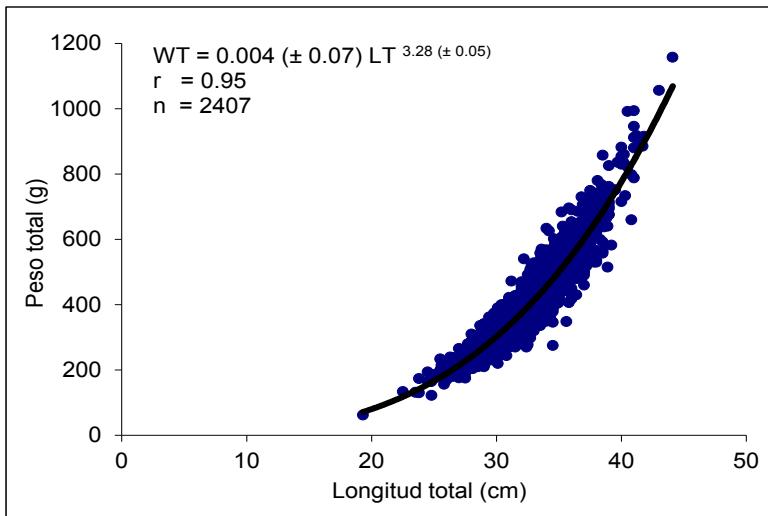


Figura 4. Relación longitud-peso de Moncholo en la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010.

Los niveles promedio mensuales de la ciénaga de Ayapel entre 2006-2010 se presentan en la Figura 5. Estos niveles fluctuaron entre 2.70 m (marzo) y 5.65 m (septiembre), mientras que el factor de condición osciló entre 0.0022 en septiembre (aguas descendentes) y 0.0134 en diciembre (aguas bajas). Contrastando estas dos variables, se encontró que el factor de condición descendió mientras bajaba el nivel de las aguas de la ciénaga entre diciembre y febrero, fue alternante en aguas ascendentes (marzo-mayo), con correlación inversa en aguas altas (junio-agosto) porque disminuía aunque el nivel de la ciénaga seguía aumentando, y alternante cuando el nivel de las aguas de la ciénaga disminuía en aguas descendentes (septiembre-noviembre); lo que sugiere que este parámetro aumentó y disminuyó independientemente del nivel alcanzado por las aguas de la ciénaga de Ayapel en gran parte del período de estudio.

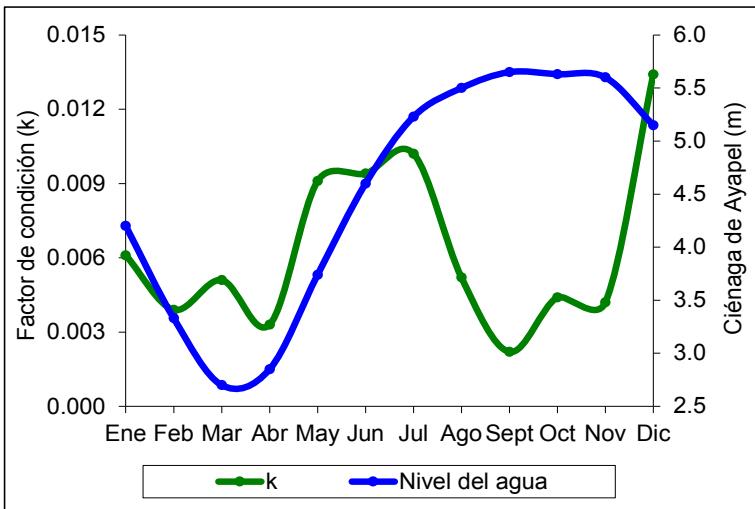


Figura 5. Factor de condición de Moncholo vs régimen hidrológico de la ciénaga de Ayapel en el período 2006-2010.

4 | DISCUSIÓN

El dimorfismo sexual a la talla encontrado en este trabajo se debe a los ejemplares hembras alcanzan tallas mayores que los machos, confirmándose estadísticamente el predominio de un sexo sobre el otro. Las diferencias en la tasa de crecimiento entre hembras y machos pueden estar relacionadas con las proporciones corporales, que pueden traducirse en dimorfismo sexual debido a sus estrategias reproductiva, trófica y de comportamiento, y al patrón de gasto de energía en el mantenimiento corporal (ORSI & SHIBATTA, 1999). VAZZOLER (1996) afirma que en peces la dominancia de hembras en las clases de talla más grandes ocurre porque ellas presentan una mayor tasa de crecimiento que los machos.

La talla media de captura estimada en este trabajo (32.4 cm LT, 26.5 cm LS) es mayor que las tallas reportadas para la especie en la cuenca del río Magdalena por MADR/CCI, 2006 (26.0 cm LS), MADR/CCI, 2007 (25.9 cm LS), DE LA HOZ-M et al., 2015 (24.8 cm LS), DE LA HOZ-M et al., 2017b (24.4 cm LS), aunque menor que la informada por MADR/CCI, 2009 (27.4 cm LS). De acuerdo con SEGURA-GUEVARA et al. (2011), estas diferencias entre las diferentes TMCs estimadas pueden deberse, principalmente, a la ubicación de las áreas geográficas estudiadas y a la distancia entre ellas, al crecimiento de la población de peces, porque este puede aumentar o disminuir de un año a otro; a la selectividad del arte de pesca utilizado, porque no fueron los mismos en los diferentes trabajos; a la presión pesquera ejercida sobre el recurso; al cambio en la dinámica hídrica del sistema río-ciénaga, a las condiciones ambientales que presenta la cuenca y al número de individuos colectados, el cual osciló desde pocas muestras hasta numerosas como en

este trabajo (n =2407).

De igual forma, la TMC estimada es mayor que la talla mínima de captura establecida por INDERENA (1971) para la cuenca del río Magdalena (25.0 cm LS, 30.6 cm LT), notándose que apenas el 27.5% de los individuos (n =661) presenta tallas menores a dicha norma; lo que sugiere que la pesquería se estaba desarrollando adecuadamente y no había evidencias de sobrepesca sobre el recurso.

Sin embargo, ya en el año 2010 el 54.9% de los individuos capturados en la pesquería de la cuenca estaba por debajo de la talla media de madurez sexual MADR-CCI (2010). Más tarde, DE LA HOZ-M et al. (2015) plantean que el porcentaje de individuos con talla menor a la talla media de madurez alcanzó el 48,7%. DE LA HOZ-M et al. (2017b) informan que las especies *Hoplias malabaricus* y *Sorubim cuspicaudus* se encuentran en una situación intermedia en términos de presión pesquera, porque sus capturas con varios tipos de artes de pesca exceden el 60% de individuos inmaduros, lo que compromete la capacidad de renovación de estas poblaciones ícticas; situación que se presentó nuevamente en el año 2018 (DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ (2018); lo que evidencia un problema de sobrepesca sobre el recurso.

Las relaciones talla-peso (RLPs) se usan comúnmente para estimar el peso a partir de la talla de las muestras de peces porque la medición directa de este parámetro puede llevar mucho tiempo en el campo (SINOVČIĆ et al., 2004), y también pueden proporcionar información importante sobre las variaciones en la condición y la aptitud en un hábitat y, junto con otros datos, sobre el crecimiento, la mortalidad y el stock (FROESE, 2006; MEHANNA & FAROUK, 2021). Esta relación puede cambiar estacionalmente y entre años, y puede verse afectada por muchos factores (DE GIOSA et al., 2014; JISR et al., 2018), lo que puede tener implicaciones para la determinación de una RLP representativa.

Así mismo, la relación entre la longitud y el peso difiere entre las especies de peces según la forma del cuerpo, y dentro de la misma especie según la condición (robustez) de cada pez. Las RLPs no son constantes a lo largo del año y sus parámetros pueden variar significativamente debido a la disponibilidad del alimento y a factores biológicos, temporales y de muestreo (MEHANNA & FAROUK, 2021). Por tales razones, el factor de condición es un índice muy usado en el estudio de la biología de los peces (LIMA-JUNIOR & GOITEIN, 2006), porque ofrece información sobre su estado fisiológico a partir del concepto de que individuos con mayor peso a una talla dada están en mejor condición (BAGENAL & TESCH, 1978).

El factor de condición, o estado de bienestar estimado para sexos combinados es seis veces menor en septiembre, al inicio de las aguas descendentes, que en diciembre, en aguas bajas (0.0022 vs 0.0134), lo que podría estar asociado al aumento de la probabilidad de captura de presas al disminuir la profundidad del agua de la ciénaga, o que la especie en estudio no responda a la disponibilidad de alimento en aguas ascendentes, altas o descendentes con un aumento en el consumo de presas, y por ende de su factor de

condición, al ser un pez con desove parcial a lo largo del año (OLAYA-NIETO et al., 2012), que –además- presenta cuidado parental a cargo de los machos, lo que hace que su ritmo de alimentación disminuya bastante (COGOLLO-BULA et al., 2001).

Por otra parte, el factor de condición anual estimado en el período 2006-2010 ($k = 0.004$) es menor que todos los reportados para la especie en Colombia, y se encuentra fuera del rango (0.009-0.092) según DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ, 2018; DUARTE et al., 2019b, 2020b, 2021b; HERNÁNDEZ-SERNA et al., 2014; MADR-CCI, 2006, 2007, 2009, 2010 y TORDECILLA-PETRO et al, 2021 (Tabla 3), por lo que, lógicamente -por defecto- también está por debajo del promedio \pm intervalo de confianza al 95% de dichos registros, cuyo valor es 0.031 ± 0.012 .

Talla (cm)	k	b	n	r	Fuente
LS	0.010	3.015	397	0.95	MADR-CCI, 2006
LT	0.0192	2.8284	928	0.94	MADR-CCI, 2006
LS	0.0597	2.6622	858	0.90	MADR-CCI, 2007
LS	0.0559	2.653	892	0.89	MADR-CCI, 2007
LS	0.018	3.063	423	0.96	MADR-CCI, 2009
LS	0.033	2.826	299	0.92	MADR-CCI, 2009
LS	0.015	3.083	515	0.94	MADR-CCI, 2010
LS	0.055	2.658	819	0.86	MADR-CCI, 2010
LS	0.028	2.869	193	0.98	HERNÁNDEZ-SERNA ET AL., 2014
LT	0.09155	2.396	385	0.85	DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ, 2018
LT	0.01295	2.964	133	0.97	DE LA HOZ-M & MANJARRÉS-MARTÍNEZ, 2018
LS	0.0169	2.87	2066	0.96	DUARTE ET AL., 2019b
LS	0.026	2.928	1064	0.97	DUARTE ET AL., 2020b
LS	0.033	2.859	994	0.98	DUARTE ET AL., 2020b
LS	0.016	3.089	669	0.97	DUARTE ET AL., 2021b
LT	0.009	3.08	5383	0.96	TORDECILLA-PETRO ET AL., 2021
LT	0.004	3.28	2407	0.95	ESTE TRABAJO, 2022

Tabla 3. Parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso sexos combinados de *H. malabaricus* en Colombia.

Con relación al coeficiente de crecimiento estimado (3.28) es mayor que los reportados en la Tabla 3, encontrándose por fuera del rango (2.396-3.089), por lo que también -por exceso- está por encima del promedio \pm intervalo de confianza al 95%, cuyo valor es 2.87 ± 0.10 ; lo que confirmó la premisa de la relación inversa existente entre este

parámetro y el factor de condición.

5 | CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en esta investigación muestran que el Moncholo es un pez de mediano tamaño, con talla media de captura mayor que la talla mínima de captura establecida para la cuenca del río Magdalena, lo que sugiere que la pesquería se estaba desarrollando adecuadamente y no había evidencias de sobrepesca sobre el recurso, lo que sí se ha observado recientemente en la cuenca. El crecimiento de la especie en estudio fue alométrico positivo, observándose poca correlación entre el ciclo hidrológico de la ciénaga y su estado de bienestar, parámetro que fue seis veces mayor en aguas bajas. Debido a que en los cinco años de estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los factores de condición ni entre los coeficientes de crecimiento estimados, parámetros de la relación longitud-peso, se infiere que la especie en estudio mantuvo su ritmo de crecimiento en el período estudiado, lo que es importante para la seguridad alimentaria de las poblaciones humanas asentadas en la ciénaga de Ayapel, así como para su preservación en su ambiente natural.

AGRADECIMIENTOS

A los pescadores artesanales y a los comercializadores de pescado de la ciénaga de Ayapel, cuenca del río San Jorge, a los tesistas-investigadores del Laboratorio que colaboraron en esta investigación y a la Universidad de Córdoba, por la financiación recibida.

REFERENCIAS

- BAGENAL TB, TESCH FW. **Age and growth.** In: Bagenal TB (ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p101-136, 1978.
- BLOCH ME. **Der malabarische hecht.** Naturgeschichte des Ausländische Fische v. 8: 149-150, 1794.
- COGOLLO-BULA A, RODRÍGUEZ-PEROZA B, OLAYA-NIETO CW, MERCADO-SILGADO J. **Conducta reproductiva del Moncholo, *Hoplias malabaricus*, en condiciones naturales.** Bogotá: Memorias VI Simposio Colombiano de Ictiología. p28, 2001.
- CVS-FONADE. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del río Sinú. Capítulo 1. Montería: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS)–Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE). Convenio 192026. 2004.
- DAHL G. **Los peces del norte de Colombia.** Bogotá: Inderena. 391p, 1971.

DE GIOSA M, CZERNIEJEWSKI P, RYBCZYK A. **Seasonal changes in condition factor and weight-length relationship of invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) from Leszczynskie Lakeland, Poland.** Adv Zool 1-7, 2014.

DE LA HOZ-M J, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Parámetros biológico-pesqueros obtenidos a partir de la información colectada en las diferentes cuencas y litorales del país durante el período julio-diciembre de 2018.** Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. 50p, 2018.

DE LA HOZ-M J, DUARTE LO, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas en aguas marinas y continentales de Colombia. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas.** Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 36p, 2015.

DE LA HOZ-M J, DUARTE LO, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales e industriales de Colombia entre marzo y diciembre de 2017.** Informe técnico. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. 84p, 2017a.

DE LA HOZ-M J, BUSTAMANTE C, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Análisis de la estructura de tallas de captura de las principales especies ícticas explotadas por las pesquerías artesanales de Colombia durante el período marzo-diciembre de 2017.** Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). 38p, 2017b.

DUARTE LO, DE LA HOZ-M J, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Análisis de los desembarcos pesqueros artesanales registrados en las cuencas y litorales de Colombia (julio-diciembre de 2018).** Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 52p, 2018.

DUARTE LO, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L, REYES-ARDILA H. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales e industriales de Colombia entre febrero y diciembre de 2019.** Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 95p, 2019a.

DUARTE LO, DE LA HOZ-M J, MARTÍNEZ J, RODRÍGUEZ J, MANJARRÉS-MARTÍNEZ L. **Parámetros biológico-pesqueros obtenidos a partir del monitoreo de los desembarcos de las pesquerías artesanales de Colombia efectuado durante el período febrero-diciembre de 2019.** Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP. 38p, 2019b.

DUARTE LO, CUERVO C, VARGAS O, GIL-MANRIQUE B, CUELLO F, DE LEÓN G, et al. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2020.** Informe técnico. Santa Marta: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)-Universidad del Magdalena. 154p, 2020a.

DUARTE LO, RODRÍGUEZ J, TARAZONA D, GIL-MANRIQUE B, TEJEDA K, ISAZA E, et al. **Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas por las pesquerías artesanales en aguas marinas y continentales de Colombia durante el año 2020. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas.** Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP-Universidad del Magdalena. 67p, 2020b.

DUARTE LO, CUERVO C, VARGAS O, GIL-MANRIQUE B, CUELLO F, DE LEÓN G, et al. **Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2021.** Informe técnico. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)-Universidad del Magdalena. 146p, 2021a.

DUARTE LO, MARTÍNEZ A, RODRÍGUEZ J, TARAZONA D, GIL-MANRIQUE B, TEJEDA K, et al. **Aspectos biológico-pesqueros de especies capturadas por las pesquerías artesanales en aguas marinas y continentales de Colombia durante el año 2021. Relaciones biométricas e indicadores basados en tallas.** Informe técnico. Informe técnico. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP-Universidad del Magdalena. 87p, 2021b.

FROESE R. **Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations.** J Appl Ichthyol v. 22: 241–253, 2006.

GALVIS G, MOJICA JI, CAMARGO M. **Peces del Catatumbo.** Bogotá: Asociación Cravo Norte. 118p, 1997.

HERNÁNDEZ-SERNA A, MÁRQUEZ-VELÁSQUEZ V, CARVAJAL-QUINTERO JD, GULFO A, GRANADO-LORENCIO C, JIMÉNEZ-SEGURA LF. **Length-weight relationships of 38 fish species of the Magdalena River floodplain lakes.** v. 30 (3): 549-551, 2014.

INDERENA. **Resolución No. 025 del 27 de enero de 1971.** Bogotá: Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables-INDERENA. 3p, 1971.

JISR N, YOUNES G, CAROL SUKHN, EL-DAKDOUKI MH. **Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon.** Egypt J Aquat Res v. 44: 299–305, 2018.

LIBP. **Base de datos biológicos pesqueros en la cuenca del río San Jorge.** Lorica: Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Departamento de Acuicultura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba. 2013.

LIMA-JUNIOR SE, GOITEIN R. **Fator de condição e ciclo gonadal de fêmeas de *Pimelodus maculatus* (Osteichthyes, Pimelodidae) no rio Piracicaba (sp, Brasil).** Bol Inst Pesca v. 32 (1): 87-94, 2006.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2006. Informe técnico nacional.** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 138p, 2006.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2007. Informe técnico nacional** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 154p, 2007.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2008. Informe técnico regional cuencas del Magdalena, Sinú y Atrato.** Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. 70p, 2008.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2009. Informe técnico nacional.** Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. 125p, 2009.

MADR-CCI. **Pesca y Acuicultura Colombia 2010. Informe técnico nacional.** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Corporación Colombia Internacional. Bogotá: Corporación Colombia Internacional. 160p, 2010.

SAHAR F. MEHANNA SF, FAROUK AE. **Length-weight relationship of 60 fish species from the Eastern Mediterranean Sea, Egypt (GFCM-GSA 26)**. *Front Mar Sci* 8:625422, 2021.

MILES C. **Peces del río Magdalena**. Bogotá: Ministerio de Economía Nacional, Sección de Piscicultura, Pesca y Caza. 214p, 1947.

OLAYA-NIETO CW, TORDECILLA-PETRO G, SÁNCHEZ-BANDA S, BRÚ-CORDERO SB, SEGURA-GUEVARA FF. **Relación longitud-peso y factor de condición del Moncholo (*Hoplias malabaricus* Bloch, 1794) en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia**. Ibagué: XXXIX Congreso Nacional de Ciencias Biológicas. *Rev Asoc Col Cienc Biol* v. 16 (2): 289, 2004.

OLAYA-NIETO CW, SEGURA-GUEVARA FF, TORDECILLA-PETRO G, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ Á, APPELDOORN RS. **Estimación de los parámetros biológicos básicos de peces comerciales de la cuenca del río San Jorge–Fase I**. Informe final. Lorica: Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. 100p, 2012.

ORSI ML, SHIBATTA OA. **Crescimento de *Schizodon intermedius* Garavello and Britski (Osteichthyes, Anostomidae) do río Tibagi (Sertanópolis, Paraná)**. *Rev Bras de Zool* v. 13 (3): 701-707, 1999.

OYAKAWA OT. **Family Erythrinidae (Trahiras)**. In: REIS RE, KULLANDER SO, FERRARIS CJ Jr. (eds.). *Checklist of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul-EDIPUCRS. p238-240, 2003.

RICKER WE. **Computation and interpretation of biological statistics of fish population**. *J Fish Res Board Can* v. 191: 1-382, 1975.

SEGURA-GUEVARA FF, CONTRERAS ML, OLAYA-NIETO CW. **Relación longitud-peso de la Cachana (*Cynopotamus atratoensis*) en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia**. *Acta Biol Colomb* v. 16 (1): 77-89, 2011.

SEGURA-GUEVARA FF, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, ARELLANO-PADILLA JJ, TORDECILLA-PETRO G, OLAYA-NIETO CW. **Ecología trófica del Moncholo (*Hoplias malabaricus*) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Bogotá: Memorias XII Congreso Colombiano de Ictiología. p77, 2013a.

SEGURA-GUEVARA FF, OLAYA-NIETO CW, PÉREZ-DORIA WA, LÓPEZ-CORRALES HJ, BLANCO-LÓPEZ N, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, et al. **Ecología reproductiva del Moncholo (*Hoplias malabaricus*) en la ciénaga de Ayapel, sistema río San Jorge**. Bogotá: Memorias XII Congreso Colombiano de Ictiología. p45, 2013b.

SEGURA-GUEVARA FF, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ ÁL, OLAYA-NIETO CW. **Feeding habits of Moncholo *Hoplias malabaricus* in the Ciénaga de Ayapel, Sinu River System**. New Orleans: Book of Abstracts Joint Meeting of Ichthyologists and Herpetologists. p560, 2016.

SINOVČIĆ G, FRANIČEVIĆ M, ZORICA B, ČIKEŠ-KEČ V. **Length-weight and length-length relationships for 10 pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia)**. *J Appl Ichthyol* v. 20 (2): 156–158, 2004.

SPARRE P, VENEMA SC. **Introduction to tropical fish stock assessment**. Part 1. Manual. Rome: FAO Fisheries Technical Paper v. 306.1 (Rev. 2): 407p, 1998.

TORDECILLA-PETRO G, SÁNCHEZ-BANDA S, OLAYA-NIETO C.W. **Crecimiento y mortalidad del Moncholo (*Hoplias malabaricus*), en la Ciénaga Grande de Lorica**. Rev. MVZ Córdoba v. 10 (2): 623-632, 2005.

TORDECILLA-PETRO G, SÁNCHEZ-BANDA SE, SEGURA-GUEVARA FF, MARTÍNEZ-GONZÁLEZ AL, SOLANO-PEÑA DC, VARGAS-GONZÁLEZ J, et al. **Crecimiento y condición del Moncholo *Hoplias malabaricus* en la ciénaga Grande de Lorica, Colombia**. En: Tópicos integrados de zoología 3. OLIVEIRA-JUNIOR JMB, CALVÃO LB (eds.). Ponta Grossa: Atena. p27-42, 2021.

TRESIERRA AE, CULQUICHICÓN ZG. **Biología pesquera**. Trujillo: Concytec. 432p, 1993.

VAZZOLER AEAM. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: EDUEM. 169p, 1996.

WEATHERLEY A. **Growth and ecology of fish populations**. London: Academic Press. 293p, 1972.

CAPÍTULO 4

UTILIZAÇÃO DE “BAT HOUSE” POR MORCEGOS INSETÍVOROS EM FLORESTA COM ARAUCÁRIAS

Data de submissão: 08/09/2022

Data de aceite: 01/12/2022

Rosane Vera Marques

Unidade de Assessoramento Ambiental,
Gabinete de Assessoramento Técnico,
Ministério Público do Estado do Rio
Grande do Sul
Porto Alegre, RS, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0938580153323941>

Fernando de Miranda Ramos

Eng. Eletricista

RESUMO: Bat houses são estruturas construídas pelo homem apropriadas para abrigar morcegos, sendo utilizadas como abrigos artificiais para morcegos insetívoros em locais onde há interesse na permanência desses animais devido aos serviços ecossistêmicos que oferecem. O objetivo desse trabalho foi verificar se morcegos insetívoros ocorrentes em região com Floresta com Araucárias utilizariam este tipo de abrigo. Construímos uma bat house com base nas especificações da Bat Conservation International com madeira compensada medindo 80 cm de altura, 53 cm de largura e 2,5 cm de profundidade, protegida contra chuva e umidade com verniz pinelado na madeira pelo lado de fora. A bat house foi instalada na margem

de açude orientada para nordeste fixada em poste de luz a 4,6 m de altura na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil (29°23'45,6"S 50°22'54,0"W). Altitude média: 930 m. Vegetação nativa de Floresta Ombrófila Mista (Floresta com araucárias), plantações de pinheiros nativos (*Araucaria angustifolia*) e silvicultura de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp. As observações perduraram entre maio de 2010 e novembro de 2015. Indivíduos solitários ou pequenos grupos de até sete indivíduos de morcegos das famílias Vespertilionidae e Molossidae utilizaram o abrigo durante a noite para descansar entre as atividades de forrageamento ou mesmo durante o dia todo. Em temperaturas mais baixas, os morcegos permaneciam letárgicos, enquanto em temperaturas mais elevadas, passavam a ter seus comportamentos normais. A bat house permitiu a observação de morcegos, serviu de abrigo temporário e pode ser considerada como ferramenta conservacionista, pois pode ser utilizada em locais com poucos abrigos naturais, protegendo estes animais de intempéries e predadores.

PALAVRAS-CHAVE: Abrigos artificiais, casinha para morcegos, Chiroptera, Molossidae, Vespertilionidae.

BAT HOUSE USE BY INSECTIVOROUS BATS IN BRAZILIAN PINE TREES FOREST

ABSTRACT: Bat houses are devices made by man to shelter bats. These artificial shelters are used by insectivorous bats and they are installed in places where people want the ecosystem services that these animals can provide. The objective of this study was check if insectivorous bats from Brazilian Pine Trees Forests could use this kind of shelter. We have made a bat house according Bat Conservation International specification with plywood, 80 cm tall, 53 cm wide and 2,5 cm depth, protected against rain and moisture with varnish on the outside. The bat house was installed on a lake shore with its front part turned to northeast, suspended in a ligh pole 4,6 m high in São Francisco de Paula National Forest, RS, Brazil (29°23'45,6"S 50°22'54,0"W). Mean altitude: 930 m Vegetation: Mixed Rain Forest (High Altitude Atlantic Forest), native pine plantation (*Araucaria angustifolia*) and silviculture of the exotic species *Pinus* sp and *Eucalyptus* sp. The observations endured between may/2010 and november/2015. Lonely individuals or little groups up until seven bats of families Vespertilionidae and Molossidae used this shelter during the night to rest between foraging activities or during all day. In low temperatures, bats stayed lethargic, but in higher temperatures, they started their normal behavior. The bat house allowed to watch the bats, it was a temporary shelter and it can be considered a conservationist tool, because it can be used in places with few natural shelters, protecting these animals from inclement weather and predators.

KEYWORDS: Artificial shelters; bat box, Chiroptera, Molossidae, Vespertilionidae.

1 | INTRODUÇÃO

Morcegos são animais de extrema relevância para os ecossistemas onde habitam, inclusive, realizando serviços ecossistêmicos que trazem benefícios ao homem (ANCILLOTTO *et al.*, 2022; CLEVELAND *et al.*, 2006; KUNZ *et al.*, 2011; BOYLES *et al.*, 2011; MAINE & BOYLES, 2015; PEDRO *et al.*, 2020; PUIG-MONTSERRAT, *et al.*, 2020). Bat houses são utilizadas como abrigos artificiais para morcegos insetívoros em locais onde há interesse na permanência desses animais devido aos serviços ecossistêmicos que oferecem. Estes abrigos artificiais são utilizados para proporcionar proteção a morcegos com objetivos conservacionistas, especialmente, em áreas com pouca oferta de abrigos, mesmo que não sejam utilizados como colônia maternidade e cada colônia pode utilizar mais de um abrigo (RACEY & ENTWISTLE, 2003). Instituições que se dedicam à conservação de morcegos incentivam a população em geral a instalarem bat house ou bat box de diferentes formatos e tamanhos, sendo disponibilizadas informações básicas sobre este assunto ao público em geral (BAT CONSERVATION TRUST, 2022).

Contudo, há a necessidade de serem observadas as condições destes abrigos artificiais para evitar prejuízos aos morcegos como super-aquecimento (CRAWFORD & O'KEEFE, 2021)

O objetivo desse trabalho foi verificar se morcegos insetívoros ocorrentes em

Floresta Ombrófila Mista utilizariam este tipo de abrigo.

2 | MATERIAL E MÉTODO

Construímos uma bat house com base nas especificações da Bat Conservation International (www.batcon.org/about-bats/bat-houses/) (TUTTLE & HENSLEY, 2000) com madeira compensada medindo 80 cm de altura, 53 cm de largura e 2,5 cm de profundidade, com área habitável em seu interior de 64 cm de altura e 45,6 cm de largura e área de pouso logo abaixo com 15 cm de altura e 51 cm de largura. A área de pouso foi revestida com sombrite por dentro para permitir melhor apoio às unhas dos pés e polegar dos morcegos no momento do pouso. A bat house foi protegida contra chuva e umidade com verniz pincelado na madeira pelo lado de fora e recebeu proteção contra chuva nas partes vulneráveis (Fig. 1 a 3).



Fig. 1: Vista frontal da bat house



Fig. 2: Vista lateral da bat house



Fig. 3: Vista inferior da bat house



Fig. 4: Instalação da bat house fixada em poste de luz na margem de açude

A bat house foi instalada na margem de açude (Fig. 4) orientada para nordeste, para apanhar o sol da manhã, fixada em poste de luz a 4,6 m de altura na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil (29°23'45,6"S 50°22'54,0"W), unidade de conservação de uso sustentável, localizada no Planalto das Araucárias, no nordeste do Rio Grande do Sul em altitude média de 930 m. A vegetação florestal nativa é constituída por Floresta Ombrófila Mista (= Floresta com araucárias) e plantações de pinheiros nativos *Araucaria angustifolia* e silvicultura de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp. O clima é subtropical úmido de planalto sem período seco e com chuvas distribuídas ao longo do ano (AB'SÁBER, 2003). As temperaturas externas ao abrigo máxima e mínima foram medidas com termômetro digital.

As observações diretas da bat house foram feitas com auxílio de filmadora Sony zero lux para não perturbar os morcegos com iluminação e não afetar seu comportamento natural. A obtenção das imagens foram realizadas 191 vezes quinzenalmente no período de maio/2010 a janeiro/2017.

Na noite do dia em que a bat house foi instalada (06/05/2010), soltamos em seu interior cinco *Eptesicus furinalis* e oito *Molossus molossus*, que viviam em telhado de casa próxima, marcados com anilhas numeradas metálicas com abas presas em seus antebraços (Autorização SISBIO nº 26654-1).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os morcegos que foram soltos no interior da bat house não retornaram para este abrigo posteriormente, provavelmente, por fidelidade ao abrigo prévio. Em 20/02/2012, indivíduos não anilhados começaram a utilizar este abrigo, conforme Tabela 1.

Período	Ausência	Vespertilionidae	Molossidae
05/2010 a 01/2012	X		
Verão, outono, inverno/2012		1 a 3 indivíduos	
Primavera/2012		1 a 3 indivíduos	1 indivíduo
Verão a outono/2013			7 indivíduos
Inverno/2013 a maio/2015			1 a 3 indivíduos
Junho a outubro/2015			1 indivíduo
Novembro/2015 a 2016	X		

Tabela 1: Períodos com ausência e presença de morcegos insetívoros no interior da “bat house”

Vespertilionideos utilizaram a bat house durante o verão, outono e inverno/2012 (um a três indivíduos). O abrigo era utilizado durante a noite como local de descanso entre

vôos para captura de insetos, a utilização diurna foi observada somente em 18/03/2012. Na primavera de 2012, um molossídeo passou a compartilhar o abrigo e, a partir do verão de 2012/13 até o verão de 2016, somente molossídeos utilizaram a bat house. No máximo, sete indivíduos ocuparam o abrigo no verão de 2012/13 e outono de 2013, inclusive com filhote em recrutamento ainda sendo amamentado apesar de ter tamanho semelhante ao da fêmea adulta e ser capaz de voar. Molossídeos utilizaram este abrigo nos períodos noturno e diurno como abrigo permanente, provavelmente, sendo vantajoso porque precisam de locais altos para se atirarem antes de voar.

A temperatura mais baixa registrada com permanência de molossídeos no interior do abrigo foi $-0,7^{\circ}\text{C}$ no inverno/2014 (temperatura mais baixa registrada no período do estudo foi $-5,1^{\circ}\text{C}$ no inverno/2012, sem presença de morcegos) (Tabela 2). Até a temperatura de 8°C , os morcegos permaneciam letárgicos no interior da bat house, enquanto, a partir de 14°C , passavam a ter movimentos ágeis e interações sociais.

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Ausência	Letárgicos	Ativos	Comportamento social
$-5,1^{\circ}\text{C}$ a $-0,8^{\circ}\text{C}$	X			
$-0,7^{\circ}\text{C}$ a 8°C		X		
9°C a 13°C			X	
$> 14^{\circ}\text{C}$				X

Tabela 2: Temperatura do ar externo ao abrigo em relação à ausência e presença de morcegos no interior do abrigo e seu comportamento

Os morcegos permaneciam pendurados no fundo da bat house (Fig. 5 e 6) e caminhavam para baixo até próximo da entrada e área de pouso ao anoitecer, quando saiam voando (Fig. 8) um a um após terem se coçado (Fig. 7) e arrumado o pelo com as unhas dos pés. Antes de voar, um filhote já com tamanho semelhante à fêmea mamava (Fig. 9 e 10). Os comportamentos dos morcegos demonstravam interações sociais harmônicas, sem registros de estresse. A partir de junho/2015, somente um molossídeo foi observado na bat house e, a partir de novembro/2015, nenhum morcego foi observado no local durante o período do estudo.



Fig. 5: Molossídeo dormindo solitariamente no interior de bat house



Fig. 6: Grupo de molossídeos descansando no interior de bat house



Fig. 7: Molossídeo se coçando com um dos pés antes de voar no início da noite



Fig. 8: Molossídeo saindo voando da bat house



Fig. 9: Fêmea de molossídeo bocejando enquanto filhote bem desenvolvido mama



Fig. 10: Filhote bem desenvolvido mamando

Aparentemente, não houve problemas com super-aquecimento do abrigo artificial, pois o comportamento dos morcegos se apresentou normal.

4 | CONCLUSÃO

Por mais de três anos, a bat house foi utilizada como abrigo, proporcionando proteção contra intempéries e predadores e permitindo observações comportamentais. Em locais onde há escassez de abrigos naturais, a instalação e manutenção de “bat houses” pode ser uma estratégia para atrair morcegos insetívoros que terão condições de descansar entre as capturas de insetos nas proximidades. Agroecossistemas poderiam ser beneficiados por esta estratégia de incremento no controle populacional de insetos. Além disto, bat house pode ser um instrumento de educação ambiental, pois permite observações de morcegos sem afetá-los negativamente.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

ANCILLOTTO, L.; RUMMO, R.; AGOSTINETTO, S.; TOMMASI, N.; GARONNA, A.P.; BENEDETTA, F.; BERNARDO, U.; GALIMBERTI, A.; RUSSO, D. Bats as suppressors of agroforestry pests in beech forests. **Forest Ecology and Management**, v. 522 n.120467 18 aug. 2022. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120467>

BAT CONSERVATION TRUST Bat box information pack 2022. Disponível em: <http://cdn.bats.org.uk> Acesso em: 6 set. 2022.

BOYLES, J.G.; CRYAN, P.M.; McCACKEN, G.F.; KUNZ, T.H. Economic importance of bats in agriculture. **Science**, v. 332 p.41-42. 1 apr. 2011. <http://doi.org/10.1126/science.1201366>

CLEVELAND, C.J.; BETKE, M.; FEDERICO, P.; FRANK, J.D.; HALLAM, T.G.; HORN, J.; LÓPEZ Jr., J.D.; McCACKEN, G.F.; MEDELLÍN, R.A.; MORENO-VALDEZ, A.; SANSONE, C.G.; WESTBROOK, J.K.; KUNZ, T.H. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. **Front. Ecol. Environ.**, v.4, n.5 p.238-243. 2006.

CRAWFORD, R.D.; O'KEEFE, J.M. Avoiding a conservation pitfall: considering the risks of unsuitably hot bat boxes. **Conservation Science and Practice**, 2021;3:e412 2021. <http://doi.org/10.1111/csp.2.412>

KUNZ, T.H.; TORREZ, E.B.; BAUER, D.; LOBOVA, T.; FLEMING, T.H. Ecosystem services provided by bats. **Annals of the New York Academy of Sciences**, n. 1223, p.1-38. 2011. ISSN 0077-8923 <http://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>

MAINE, J.J.; BOYLES, J.G. Bats initiate vital agroecological interactions in corn. **PNAS**, v. 112, n. 40, p. 12438-12443. 6 oct. 2015. <http://doi.org/10.1073/pnas.1505413112>

PUIG-MONTSERRAT, X.; FLAQUER, C.; GÓMEZ-AGUILERA, N.; BURGAS, A., MAS, M.; TUNEU, C.; MARQUÉS, E.; LÓPEZ-BAUCELLS, A. Bats actively prey on mosquitoes and other deleterious insects in rice paddies: Potential impact on human health and agriculture. **Pest Manag. Sci.**, <http://doi.org/10.1002/ps.5925> 20 may 2020.

RACEY, P.A. & ENTWISTLE, A.C. Conservation Ecology of Bats. *In: KUNZ, T.H.; FENTON, M.B. (orgs) Bat Ecology*. Chicago: The University Chicago Press, 2003. p. 680-743.

RODRIGUEZ-SAN PEDRO, A.; ALLENDES, J.L.; BELTRÁN, C.A.; CHAPERON, P.N.; SALDARRIAGA-CÓRDOBA, M.M.; SILVA, A.X.; GREZ, A.A. Quantifying ecological and economic value of pest control services provided by bats in a vineyard landscape of central Chile. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 302, n. 107063 2020. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107063>

TUTTLE, M.D. & HENSLEY, D.L. **The Bat House Builder's Handbook** Austin: Bat Conservation International. 35p. 2000.

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR - Possui Pós-doutorado pela Universidade do Algarve (UAlg). Doutor em Zoologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestre em Ecologia e Conservação pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Especialista em Perícia e Auditoria Ambiental, Direito Ambiental, Licenciamento Ambiental, Educação Ambiental, Engenharia Ambiental e Indicadores de Qualidade, Zoologia, Ecologia e Ensino Remoto, Ensino a Distância e Metodologias Ativas. Licenciado em Ciências Biológicas pela Faculdade Araguaia (FARA). É professor Adjunto III da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA). Membro do corpo editorial dos periódicos *Arthropoda* (MDPI), *Journal of Biology and Life Science* (Macrothink Institute), Enciclopédia Biosfera e Oecologia Austrais (Brasil). Revisor de diversos periódicos nacionais e internacionais. Tem experiência em entomologia, insetos aquáticos, Odonata (libélulas), bioindicadores, ecologia e conservação de água doce, biomonitoramento, integridade ambiental, avaliação de impacto ambiental, efeitos antropogênicos, padrões de distribuição de espécies, ciência cidadã. Links do organizador: Lattes | Orcid | Scopus | Publons | ResearchGate

MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO - Doutoranda em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Pará, Brasil. Mestre em Educação com ênfase em Pesquisa pela Universidade Externado de Colômbia. Licenciatura em Biologia pela Universidade Pedagógica Nacional da Colômbia. Extenso percurso como docente, orientadora pedagógica e formação de professores em diversas instituições de ensino superior. Possui experiência no desenvolvimento de projetos de pesquisa. Links da organizadora: Lattes | Orcid

LENIZE BATISTA CALVÃO - Possui Pós-doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e em Ecologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutora em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Mestra em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Faculdade Araguaia (FARA). Possui experiência com avaliação de impactos antropogênicos em sistemas hídricos, utilizando a ordem Odonata (Insecta) como grupo biológico resposta. Atualmente desenvolve estudos avaliando a integridade de sistemas hídricos de pequeno porte na região amazônica, também utilizando a ordem Odonata como grupo resposta, com o intuito de buscar diretrizes eficazes para a conservação dos ambientes aquáticos. Links da organizadora: Lattes | Orcid | ResearchGate

A

- Abrigos artificiais 42, 43
Abundância 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Anisoptera 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Anuros 15, 17, 21
Araucárias 42, 46

B

- Bat house 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52
Bioindicadores 2, 3, 53
Biologia 15, 41, 53
Brachycephalus 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

C

- Chiroptera 42, 43
Coloração 15, 17, 18, 20
Conservação 3, 15, 18, 20, 21, 24, 43, 46, 53

D

- Diversidade 3, 16, 18, 19

E

- Ecossistemas aquáticos 1, 2, 3
Espécies 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 53

F

- Floresta 15, 16, 17, 18, 19, 23, 42, 44, 46

I

- Igarapés 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Insetos aquáticos 1, 3, 10, 12, 53
Integridade ambiental 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 13, 53

L

- Libélulas 1, 2, 3, 10, 11, 14, 53

M

- Molossidae 42, 43, 46
Morcego 47

O

Odonata 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 53

R

Riqueza 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18

V

Vespertilionidae 42, 43, 46

Z

Zygoptera 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLÓGICO 2

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLÓGICO 2

www.atenaeditora.com.br 
contato@atenaeditora.com.br 
[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 
www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

