

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta
dissertação será disponibilizado
somente a partir de 27/03/2028.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**BIOLOGIA TÉRMICA E HÍDRICA DO SAPINHO-PINGO-DE-OURO,
Brachycephalus rotenbergae (ANURA, BRACHYCEPHALIDAE)**

ENORE AUGUSTO MASSONI

Rio Claro – SP

2026

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E
BIODIVERSIDADE**

**BIOLOGIA TÉRMICA E HÍDRICA DO SAPINHO-PINGO-DE-OURO,
Brachycephalus rotenbergae (ANURA, BRACHYCEPHALIDAE)**

ENORE AUGUSTO MASSONI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biotecnologia do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia, Evolução e Biodiversidade.

Orientador: Dr. Denis Otávio Vieira de Andrade

Coorientador: Dra. Georgina Karoline Kosmala

Rio Claro – SP

2026

M421b Massoni, Enore Augusto
Biologia térmica e hídrica do sapinho-pingo-de-ouro,
Brachycephalus rotenbergae (Anura, Brachycephalidae) /
Enore Augusto Massoni. -- Rio Claro, 2026
83 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Denis Otavio Vieira de Andrade
Coorientadora: Georgia Karoline Kosmala

1. Amphibians Physiology. 2. Conservation. 3. Body
temperature Regulation. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Essa pesquisa traz o primeiro estudo sobre a biologia térmica e hídrica de *Brachycephalus rotenbergae*, contribuindo de forma significativa para a compreensão das relações ecológicas entre espécies miniaturizadas e sua relação com macro e microhabitats. Ao identificar parâmetros térmicos e hídricos clássicos, o estudo preenche lacunas importantes sobre a fisiologia de anfíbios de montanha. Esse conhecimento servirá de base e referência não só para futuros estudos sobre a espécie, como também para estudos visando outras espécies aparentadas, vertebrados miniaturizados e espécies de habitat montanhoso. O estudo também traz luz à importância da conservação dos ambientes de altitude da Mata Atlântica como refúgio térmico para espécies frente às mudanças climáticas. Finalmente, os resultados oferecem bases para futuros estudos mecanísticos para avaliar a vulnerabilidade da espécie frente ao aquecimento climático e à intensificação de períodos secos. Dessa forma, esta pesquisa fortalece o uso de dados fisiológicos como ferramenta para decisões de conservação fundamentadas em evidências.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research provides the first study on the thermal and hydric biology of *Brachycephalus rotenbergae*, contributing significantly to the understanding of ecological relationships among miniaturized species and its relationship with macro and micro-habitats. By identifying classic thermal and hydric parameters, the study fills important gaps in the physiology of montane amphibians. This knowledge will serve as a foundation and reference not only for future studies on this species, but also for research on other related species, miniaturized vertebrates, and species from mountainous habitats. The study also sheds light on the importance of conserving Atlantic Forest high-altitude environments as thermal refuges for species in the face of climate change. Finally, the results provide a basis for future mechanistic studies investigating the species' vulnerability to climate warming and the intensification of dry periods. Thus, this research strengthens the use of physiological data as a tool for evidence-based conservation decisions.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

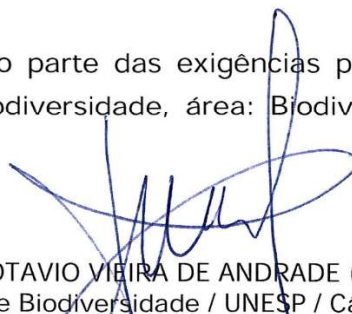
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: *Biologia Térmica e Hídrica do Sapinho-pingo-de-ouro, Brachycephalus rotenbergae (Anura, Brachycephalidae)*

AUTOR: ENORE AUGUSTO MASSONI

ORIENTADOR: DENIS OTAVIO VIEIRA DE ANDRADE

COORDENADOR: COORIENTADORA: GEORGIA KAROLINE KOSMALA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ecologia, Evolução e Biodiversidade, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DENIS OTAVIO VIEIRA DE ANDRADE (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade / UNESP / Câmpus de Rio Claro - IB



Prof. Dr. CELIO FERNANDO BAPTISTA HADDAD (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade / UNESP / Câmpus de Rio Claro - IB



Prof. Dr. JOSE EDUARDO DE CARVALHO (Participação Presencial)
Instituto de Ciências Ambientais / Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

Rio Claro, 27 de março de 2026.

Dedico este trabalho à minha esposa
Georgia, responsável por quem eu sou
hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a minha família, por me permitir chegar até aqui, com saúde, persistência e coragem para atravessar esse processo.

Ao Prof. Dr. Denis O. V. de Andrade, pela orientação ao longo do mestrado, pela confiança no projeto, pelas contribuições científicas, pela paciência nos ajustes e pela liberdade/rigor que ajudaram a amadurecer este trabalho. Obrigado por confiar que um veterinário pudesse fazer o trabalho de um biólogo e pela paciência em escutar termos técnicos que teimei em errar durante os dois anos de mestrado.

À Dra. Georgia Karoline Kosmala, minha esposa, pela parceria dentro e fora da academia, e por ter sido também minha coorientadora, somando discussões, cuidado e rigor científico ao longo de toda esta pesquisa e por segurar as pontas nos dias difíceis e celebrar as pequenas vitórias.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, Prof. Dr. Célio Haddad Prof. Dr. José Eduardo de Carvalho, pelas leituras atentas, sugestões e críticas construtivas que fortaleceram o trabalho e ampliaram minha visão sobre a biologia térmica e hídrica de anfíbios, principalmente o sapinho-pingo-de-ouro.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Evolução e Biodiversidade e à Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita - Campus de Rio Claro, pela estrutura oferecida, pelo suporte acadêmico e pela oportunidade de formação.

À secretaria do programa, Terezinha e Felipe, pela ajuda com prazos, documentos, orientações administrativas e principalmente por solucionar dúvidas em momentos de desespero.

Às agências de fomento e apoios institucionais, em especial a CAPES e ao PROEX, pelo financiamento e apoio que viabilizaram o desenvolvimento deste projeto.

Ao LABEL e aos colegas de laboratório, pela convivência, discussões, ajuda nas rotinas e pelo ambiente de trabalho. Em especial, agradeço a Mariana Routh por toda a ajuda nos campos e experimentos, só quem subiu a Serra do Japi tantas vezes sabe a situação que ficamos.

Ao Projeto Temático “Capacidades E Tolerâncias Fisiológicas Frente A Mudanças Climáticas: Explorando A Dimensão Funcional Em Vertebrados Ectotérmicos”, em especial a Prof. Dra. Kênia Bicego, pelo incentivo e apoio que viabilizaram o desenvolvimento deste projeto.

Aos colaboradores da Unesp, em especial Airton, Fernando e Emydgio, pelo suporte e cafés em momentos de descontração.

Às equipes e instituições que viabilizaram o trabalho de campo, Fazenda Montanhas do Japi, as proprietárias Hanna e Suzana, a bióloga responsável Joyce, pelo apoio logístico, autorizações, segurança e orientação local, principalmente os alertas para tomar cuidado com a onça. Agradecimento especial ao Tommyinho, cachorrinho da propriedade, que sempre ia na frente nas trilhas para verificar se estava tudo seguro!

Às comissões e autorizações éticas e legais, CEUA e SISBIO, pela avaliação e liberação necessárias para a execução do estudo.

Aos meus pais, Isolete e Altevir, pelo apoio emocional e incentivo durante toda essa jornada, mesmo não entendendo direito o que eu fazia.

As nossas cachorrinhas Luga, Mika e Joana, por serem “pausa, rotina e afeto” nos intervalos do trabalho e fazerem companhia em horas de análise de dados e escrita.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho, e que porventura eu não tenha citado nominalmente, mas que fizeram parte desta trajetória.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



**“Even the smallest person frog can
change the course of the future”**

*(Galadriel, Lord of The Rings: Fellowship of
the Ring, 2001).*

RESUMO

Este estudo avaliou de forma integrada alguns parâmetros associados à biologia térmica e hídrica do sapinho-pingo-de-ouro, *Brachycephalus rotenbergae*, espécie miniaturizada e endêmica de floresta semidecidual de altitude, com o objetivo de caracterizar limites fisiológicos, desempenho e o papel do microclima na manutenção do balanço térmico e hídrico. Para avaliar a biologia térmica de *B. rotenbergae*, avaliamos a temperatura preferida (T_{pref}), as Temperaturas Críticas Mínima e Máxima (CT_{min} e CT_{max}) e o desempenho térmico da espécie. A T_{pref} foi 21,38 °C, enquanto a CT_{min} foi 8,25 °C e a CT_{max} foi 30,34 °C. Avaliando o desempenho térmico da espécie, temperatura desempenho ótimo (T_{opt}) variou entre 20,44 e 21,04°C, dependendo da métrica de desempenho avaliada, e os limites inferior e superior da faixa de desempenho 80% (B_{80}) foram de 16,51°C e 25,13°C, respectivamente. Em relação à biologia hídrica, quantificamos as taxas de perda evaporativa de água (PEA) e reidratação (TR), a tolerância à desidratação (TD), além de estimar a resistência da pele à evaporação (R_c). *B. rotenbergae* apresentou PEA de 0,56 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e R_c de 7,28 $\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$; a TR foi de 15,90 $\mu\text{g}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, e a TD foi de 19,07 % de perda da massa corporal. Os dados climáticos históricos revelaram diferenças marcadas no macroclima da região nos últimos 60 anos, com aumento de temperatura e diminuição de chuvas, afetando principalmente a estação reprodutiva da espécie. Avaliando as condições naturais da espécie, a caracterização dos microambientes explorados pela espécie revelou a ocupação de locais com elevada umidade relativa e temperaturas semelhantes entre chão, galho e folhíço, com médias próximas de 20,7– 21,3 °C e RH ~91,6 – 93,0%. A análise dos índices de termorregulação revelou comportamento termoconformador da espécie e quase perfeita congruência entre a preferência térmica da espécie e o microambiente. Concluímos que *B. rotenbergae* possui requerimentos ambientais bastante específicos, particularmente em termos de temperatura e disponibilidade de água. Isso, combinado com sua baixa capacidade de dispersão, o torna altamente vulnerável a perturbações ambientais sejam elas causadas por mudanças climáticas ou outras ações antrópicas.

Palavras-chave: Balanço Hídrico; Termorregulação; Mata Atlântica; Microhabitat; Endêmica.

ABSTRACT

This study evaluated, integratively, several parameters associated with the thermal and water biology of the pumpkin toadlet, *Brachycephalus rotenbergae*, a miniaturized species endemic to high-altitude rainforest, aiming to characterize its physiological limits, performance, and the role of the microclimate in maintaining thermal and water balance. To assess the thermal biology of *B. rotenbergae*, we evaluated the preferred temperature (T_{pref}), the Critical Thermal Minimum and Maximum (CT_{min} and CT_{max}), and the species' thermal performance. The T_{pref} was 21,38 °C, while CT_{min} was 8,25 °C and CT_{max} was 30,34 °C. Assessing the species' thermal performance, the optimal performance temperature (T_{opt}) ranged between 20,44 and 21,04 °C, depending on the performance metric evaluated, and the lower and upper limits of the 80% performance range (B_{80}) were 16,51 °C and 25,13 °C, respectively. Regarding the species hydric biology, we quantified the rates of evaporative water loss (PEA) and rehydration (TR), dehydration tolerance (TD), and estimated the skin resistance to evaporation (R_c). *B. rotenbergae* showed an PEA of 0,56 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and an R_c of 7,28 $\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$; the TR was 15,90 $\mu\text{g}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and the TD was a 19,07% loss of body mass. Historical climate data revealed marked differences in the region's macroclimate over the last 60 years, with an increase in temperature and a decrease in rainfall, mainly during the species' reproductive season. Evaluating the species' natural conditions, the characterization of the microenvironments it explores revealed it occupies sites with high relative humidity and similar temperatures on the ground, branches, and leaf litter, with averages close to 20.7–21.3 °C and RH ~91.6–93.0%. Analysis of thermoregulation indexes revealed the species displays thermoconformatory behavior and an almost perfect congruence between its thermal preference and the occupied microenvironment. We conclude that *B. rotenbergae* has very specific environmental requirements, particularly in terms of temperature and water availability. This, combined with its low dispersal capacity, makes it highly vulnerable to environmental disturbances, whether caused by climate change or other anthropogenic actions.

Keywords: Water balance; Thermoregulation; Atlantic Forest; Microhabitat; Endemic

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
REFERÊNCIAS.....	14
CAPÍTULO 1: BIOLOGIA TÉRMICA DE <i>BRACHYCEPHALUS ROTENBERGAE</i>.....	17
1. INTRODUÇÃO	19
2. MÉTODOS	21
3. RESULTADOS	27
4. DISCUSSÃO	31
5. REFERÊNCIAS.....	34
CAPÍTULO 2: BIOLOGIA HÍDRICA DE <i>BRACHYCEPHALUS ROTENBERGAE</i>	39
1. INTRODUÇÃO	41
2. MÉTODOS	43
3. RESULTADOS	48
4. DISCUSSÃO	51
5. REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO DE HISTÓRICO CLIMÁTICO, DE DISPONIBILIDADE DE MICROHABITAT E DE TERMORREGULAÇÃO EM <i>B. ROTENBERGAE</i>.....	58
1. INTRODUÇÃO	60
2. MÉTODOS	63
3. RESULTADOS	67
4. DISCUSSÃO	71
5. REFERÊNCIAS.....	74
CONCLUSÃO	83

INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é reconhecida mundialmente como um dos 36 *hotspots* de biodiversidade, destacando-se pela excepcional riqueza de espécies e elevado grau de endemismo (Myers *et al.*, 2000, Mittermeier *et al.*, 2004). Contudo, esse bioma sofreu intensa degradação ambiental nos últimos séculos, restando apenas cerca de 12% de sua cobertura original, majoritariamente fragmentada em pequenos remanescentes cercados por paisagens antropizadas (Galindo-Leal & Gusmão-Câmara, 2003; Tabarelli *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2009; Diniz *et al.*, 2021). Apesar dessa redução drástica, a Mata Atlântica ainda abriga aproximadamente 20 mil espécies de fauna e flora, das quais mais de 8 mil são endêmicas (Myers *et al.*, 2000), sendo considerada um dos biomas mais importantes para a herpetofauna brasileira. Estima-se que mais de 400 espécies de anfíbios ocorram nesse domínio, representando o maior grau de riqueza e endemismo entre os biomas do país (Rossa-Feres *et al.*, 2017), além de concentrar a maior parte das espécies de anfíbios atualmente ameaçadas de extinção no Brasil (Silvano & Segalla, 2005).

A diversidade de anfíbios endêmicos da Mata Atlântica encontra-se sob intensa pressão em decorrência da fragmentação e degradação do habitat, da disseminação de patógenos emergentes, como *Batrachochytrium dendrobatidis*, e das mudanças climáticas (Carnaval *et al.*, 2006; Metzger *et al.*, 2009; Gründler *et al.*, 2012; Loyola *et al.*, 2014). Espécies que habitam áreas de altitude são particularmente sensíveis a esses processos, uma vez que elas geralmente estão adaptadas a faixas relativamente estreitas de temperatura e umidade e dependem fortemente de microclimas estáveis (Yang *et al.*, 2021; Hong *et al.*, 2025). Assim, o aumento das temperaturas e as alterações nos regimes pluviométricos causados pelas mudanças climáticas globais, ou mesmo associadas a perturbações de ordem local, podem reduzir significativamente a extensão de habitats adequados nessas regiões, elevando o risco de extinção desses anfíbios (Polato *et al.*, 2018; Kissel *et al.*, 2019; Tchassem *et al.*, 2019; Cordier *et al.*, 2020).

O sapinho-pingo-de-ouro, *Brachycephalus rotenbergae* (Brachycephalidae), pertence a um gênero notório por incluir algumas das menores espécies de anuros do mundo (Hedges *et al.*, 2008; Frost, 2024). A espécie apresenta coloração alaranjada intensa, tamanho corporal extremamente reduzido, com machos medindo entre 13,5

e 15,9 mm e fêmeas entre 16 e 17,7 mm de comprimento rostro-ventral, além de simplificações marcantes em estruturas dos sistemas esquelético, auditivo, cardíaco e pulmonar (Nunes *et al.*, 2021; Medina, 2023). *Brachycephalus rotenbergae* tem hábitos crípticos, baixa capacidade de dispersão e é endêmico de florestas úmidas de altitude da Mata Atlântica do sudeste brasileiro geralmente ocupando áreas acima de 750 m de altitude (Condez *et al.*, 2020; Nunes *et al.*, 2021). Esse conjunto de características indica que essa espécie deve possuir requerimentos ambientais altamente específicos, especialmente em termos de temperatura e disponibilidade de água. Nesse contexto, o conhecimento detalhado da fisiologia térmica e hídrica de *B. rotenbergae* é fundamental para avaliar de forma mais precisa sua vulnerabilidade frente aos cenários de mudanças climáticas previstos para a Mata Atlântica (Carilo Filho *et al.*, 2021). Assim, o objetivo desta dissertação foi estudar parâmetros relevantes da biologia térmica (capítulo 1) e hídrica (capítulo 2) de *B. rotenbergae*, bem como caracterizar as condições térmicas e hídricas de seu habitat (capítulo 3), gerando subsídios para uma avaliação mais robusta de sua vulnerabilidade e para o delineamento de ações de conservação (Bovo *et al.*, 2018).

REFERÊNCIAS

- Bovo, R. P.; Navas, C. A.; Tejado, M.; Valença, S. E.; Gouveia, S. F. Ecophysiology of amphibians: Information for best mechanistic models. *Diversity*, v. 10, n. 4, p. 118, 2018.
- Carilo Filho, L. M.; Carvalho, B. T. de; Azevedo, B. K.; Gutiérrez-Pesquera, L. M.; Mira-Mendes, C. V.; Solé, M.; Orrico, V. G. Natural history predicts patterns of thermal vulnerability in amphibians from the Atlantic Rainforest of Brazil. *Ecology and Evolution*, v. 11, n. 23, p. 16462-16472, 2021.
- Carnaval, A. C. O. D. Q.; Puschendorf, R.; Peixoto, O. L.; Verdade, V. K.; Rodrigues, M. T. Amphibian chytrid fungus broadly distributed in the Brazilian Atlantic Rain Forest. *EcoHealth*, v. 3, n. 1, p. 41-48, 2006.
- Condez, T. H.; Haddad, C. F.; Zamudio, K. R. Historical biogeography and multi-trait evolution in miniature toadlets of the genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 129, n. 3, p. 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*, v. 41, n. 2, p. 233-243, 2020.

Diniz, M. F.; Coelho, M. T. P.; Sánchez-Cuervo, A. M.; Loyola, R. How 30 years of land-use changes have affected habitat suitability and connectivity for Atlantic Forest species. *Biological Conservation*, v. 274, p. 109737, 2022.

Frost, D. R. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2. New York: American Museum of Natural History, 2023. Disponível em: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. Acesso em: 7 dez. 2023.

Galindo-Leal, C.; Câmara, I. de G. (Eds.). *The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook*. Washington; Covelo; London: Island Press, 2003.

Gründler, M. C.; Toledo, L. F.; Parra-Olea, G.; Haddad, C. F.; Giasson, L. O.; Sawaya, R. J.; *et al.* Interaction between breeding habitat and elevation affects prevalence but not infection intensity of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazilian anuran assemblages. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 97, n. 3, p. 173-184, 2012.

Hedges, B.; Duellman, W. E.; Heinicke, M. P. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa*, v. 1737, p. 1-182, 2008.

Hong, F.; Pang, D.; Lin, X.; Huang, W.; Fang, J.; Li, W. Diversity and distribution patterns of amphibians in the Huangshan Mountain Region: the roles of climate and human activities. *Animals*, v. 15, n. 7, p. 938, 2025.

Kissel, A. M.; Palen, W. J.; Ryan, M. E.; Adams, M. J. Compounding effects of climate change reduce population viability of a montane amphibian. *Ecological Applications*, v. 29, n. 2, p. e01832, 2019.

Loyola, R. D.; Lemes, P.; Brum, F. T.; Provete, D. B.; Duarte, L. D. Clade-specific consequences of climate change to amphibians in Atlantic Forest protected areas. *Ecography*, v. 37, n. 1, p. 65-72, 2014.

Medina, A. S. C. *The real secret of the frog's heart: comparative analysis of the cardiorespiratory system of four Brachycephaloidea (Amphibia, Anura), with emphasis in Brachycephalus rotenbergae*. Campinas, SP: [s.n.], 2023. 64 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, 2023.

Metzger, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.

Mittermeier, R. A.; Robles-Gil, P.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J. D.; Brooks, T. B.; Mittermeier, C. G.; Lamoreux, J.; Fonseca, G. A. B. *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Mexico City: CEMEX, 2004.

Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

Nunes, I.; Guimarães, C. S.; Moura, P. H. A. G.; Pedrozo, M.; Moroti, M. T.; Castro, L. M.; Stuginski, D. R.; Muscat, E. Hidden by the name: a new fluorescent pumpkin toadlet from the *Brachycephalus ephippium* group (Anura: Brachycephalidae). *PLoS One*, v. 16, n. 4, p. e0244812, 2021.

Polato, N. R.; Gill, B. A.; Shah, A. A.; Gray, M. M.; Casner, K. L.; Barthelet, A.; *et al.* Narrow thermal tolerance and low dispersal drive higher speciation in tropical mountains. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 49, p. 12471-12476, 2018.

Rossa-Feres, D. D. C.; Garey, M. V.; Caramaschi, U.; Napoli, M. F.; Nomura, F.; Bispo, A. A.; Brasileiro, C. A.; Thomé, M. T. C.; Sawaya, R. J.; Conte, C. E.; Cruz, C. A. G. Anfíbios da Mata Atlântica: lista de espécies, histórico dos estudos, biologia e conservação. *Revisões em Zoologia: Mata Atlântica*, v. 1, p. 237-314, 2017.

Silvano, D. L.; Segalla, M. V. Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 79-86, 2005.

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. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

Tchasse, F. A. M.; Doherty-Bone, T. M.; Kameni, N. M. M.; Tapondjou, N. W. P.; Tamesse, J. L.; Gonwouo, L. N. What is driving declines of montane endemic amphibians? New insights from Mount Bamboutos, Cameroon. *Oryx*, v. 55, n. 1, p. 23-33, 2019.

Yang, S.; Wang, X.; Hu, J. Mountain frog species losing out to climate change around the Sichuan Basin. *Science of the Total Environment*, v. 806, pt. 2, p. 150605, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150605.

CONCLUSÃO

Nossos resultados mostram que *Brachycephalus rotenbergae* apresenta um conjunto de características ecofisiológicas que determinam e limitam sua distribuição: tolerância térmica estreita, baixa tolerância à desidratação, comportamento predominantemente termoconformador e preferência marcada de condições microclimáticas estáveis. Os parâmetros biológicos térmicos e hídricos, quando avaliados em conjunto, indicam que a espécie opera em nichos ambientais estreitos, com pouca margem para compensar variações de temperatura e disponibilidade hídrica fora do intervalo observado em seus microhabitats. A avaliação dos microambientes evidenciou a relevância do folhiço e da estrutura florestal para amortecer extremos térmicos e reduzir estressores hídricos, funcionando como refúgio frente às mudanças macroclimáticas. Somada à limitação de dispersão, essa dependência de microhabitats específicos sugere uma baixa capacidade de realocação para áreas climaticamente mais variáveis, o que potencializa a sensibilidade da espécie a alterações ambientais.

Do ponto de vista de mudanças climáticas e conservação, esse cenário aponta *B. rotenbergae* como um grande potencial de vulnerabilidade ao aumento de temperatura e à intensificação de eventos de seca, especialmente quando associados à degradação da Mata Atlântica e à simplificação do sub-bosque. Assim, estratégias de conservação devem priorizar a manutenção da integridade do microclima florestal, com ênfase na preservação do folhiço, da cobertura arbórea contínua e da conectividade entre fragmentos, além de incorporar parâmetros fisiológicos em avaliações de vulnerabilidade e modelos preditivos de distribuição. Os capítulos apresentados nesse estudo fornecem uma base para a compreensão dos limites térmicos e hídricos de *B. rotenbergae*, mas também de espécies filogenética, morfológica ou ecologicamente similares.