HERPETOLOGIA BRASILEIRA

ISSN: 2316-4670

Volume 4 - Número 2 - julho de 2015



SOCIEDADE BRASILEIRA DE HERPETOLOGIA

HERPETOLOGIA BRASILEIRA

Uma Publicação da Sociedade Brasileira de Herpetologia

INFORMAÇÕES GERAIS

A revista eletrônica *Herpetologia Brasileira* é quadrimestral (com números em março, julho e novembro) e publica textos sobre assuntos de interesse para a comunidade herpetológica brasileira. Ela é disponibilizada apenas online, na página da Sociedade Brasileira de Herpetologia; ou seja, não há versão impressa em gráfica. Entretanto, qualquer associado pode imprimir este arquivo.

SEÇÕES

Notícias da Sociedade Brasileira de Herpetologia: Esta seção apresenta informações diversas sobre a SBH e é de responsabilidade da diretoria da Sociedade.

Notícias Herpetológicas Gerais: Esta seção apresenta informações e avisos sobre os eventos, cursos, concursos, fontes de financiamento, bolsas, projetos, etc., de interesse para nossa comunidade.

Notícias de Conservação: Esta seção apresenta informações e avisos sobre a conservação da herpetofauna brasileira ou de fatos de interesse para nossa comunidade.

Dissertações & Teses: Esta seção apresenta as informações sobre as dissertações e teses sobre qualquer aspecto da herpetologia brasileira defendidas no período.

Resenhas: Esta seção apresenta textos que resumem e avaliam o conteúdo de livros de interesse para nossa comunidade.

Trabalhos Recentes: Esta seção apresenta resumos breves de trabalhos publicados recentemente sobre espécies brasileiras, ou sobre outros assuntos de interesse para a nossa comunidade, preferencialmente em revistas de outras áreas.

Mudanças Taxonômicas: Esta seção apresenta uma lista descritiva das mudanças na taxonomia da herpetofauna brasileira, incluindo novas espécies e táxons maiores, novos sinônimos, novas combinações e rearranjos maiores.

Métodos em Herpetologia: Esta seção apresenta descrições e estudos empíricos relacionados aos diversos métodos de coleta e análise de dados, representando a multidisciplinaridade da herpetologia moderna.

Ensaios & Opiniões: Esta seção apresenta ensaios históricos e biográficos, opiniões sobre assuntos de interesse em herpetologia, descrições de instituições, grupos de pesquisa, programas de pós-graduação, etc.

Notas de História Natural: Esta seção apresenta artigos curtos que, preferencialmente, resultam de observações de campo, de natureza fortuita, realizadas no Brasil ou sobre espécies que ocorrem no país. Os artigos não devem versar sobre **(1)** novos registros ou extensões de área de distribuição, **(2)** observações realizadas em cativeiro ou **(3)** aberrações morfológicas.

Obituários: Esta seção apresenta artigos avisando sobre o falecimento recente de um membro da comunidade herpetológica brasileira ou internacional, contendo uma descrição de sua contribuição para a herpetologia.

Editores Gerais:	Marcio Martins Magno Segalla
Notícias da SBH:	Fausto Barbo Giovanna G. Montingelli
Notícias Herpetológicas Gerais:	Cinthia Aguirre Brasileiro Paulo Bernarde
Notícias de Conservação:	Luis Fernando Marin Débora Silvano Yeda Bataus
Dissertações & Teses:	Giovanna G. Montingelli
Resenhas:	José P. Pombal Jr. *(anfíbios)* Renato Bérnils *(répteis)*
Trabalhos Recentes:	Ermelinda Oliveira
Mudanças Taxonômicas:	José A. Langone *(anfíbios)* Paulo C. A. Garcia *(anfíbios)*
Métodos em Herpetologia:	Camila Both Denis Andrade Felipe Grazziotin Felipe Toledo
Ensaios & Opiniões:	Julio C. Moura-Leite Luciana Nascimento Teresa Cristina Ávila-Pires
Notas de História Natural:	Cynthia Prado Marcelo Menin Marcio Borges-Martins Mirco Solé Paula Valdujo Ricardo Sawaya
Obituários:	Francisco L. Franco Marinus Hoogmoed
Contato para Publicidade:	Magno Segalla

Sociedade Brasileira de Herpetologia

www.sbherpetologia.org.br

Presidente:	Marcio Martins
1º Secretário:	Fausto Erritto Barbo
2º Secretário:	Thais Barreto Guedes
1º Tesoureiro:	Vivian Carlos Trevine
2º Tesoureiro:	Rachel Montesinos
Conselho:	Taran Grant, José Perez Pombal Júnior, Magno Vicente Segalla, Ulisses Caramaschi, Teresa Cristina Ávila-Pires.

© Sociedade Brasileira de Herpetologia

Diagramação:	Airton de Almeida Cruz
Foto da Capa:	*Phasmahyla cochranae,* Bertioga, SP (Foto: Magno Segalla).

HERPETOLOGIA BRASILEIRA

Uma Publicação da Sociedade Brasileira de Herpetologia

ÍNDICE

Notícias Herpetológicas Gerais 19

Notícias de Conservação 21

Dissertações & Teses 23

Resenhas 24

Trabalhos Recentes 26

Métodos em Herpetologia 28

Ensaios & Opiniões 35

Notas de História Natural 60

Obituários 65



Helicops angulatus, São Luiz, MA (Foto: Fábio Maffei).

A Sociedade Brasileira de Herpetologia recebeu a mensagem transcrita abaixo do Dr. Jean-Marc Hero, Secretário Geral do World Congress of Herpetology (www.worldcongressofherpetology.org). Tal iniciativa é responsável pela organização dos congressos mundiais de herpetologia e agora pretende ampliar sua atuação pela formação de uma rede global de herpetólogos. A SBH já é afiliada a essa iniciativa e seu presidente faz parte de seu Executive Committee (período de 2012-2016). Como a mensagem trata de assuntos de interesse da comunidade brasileira de herpetólogos, a SBH decidiu reproduzir a mensagem nessa seção. (*SBH*)

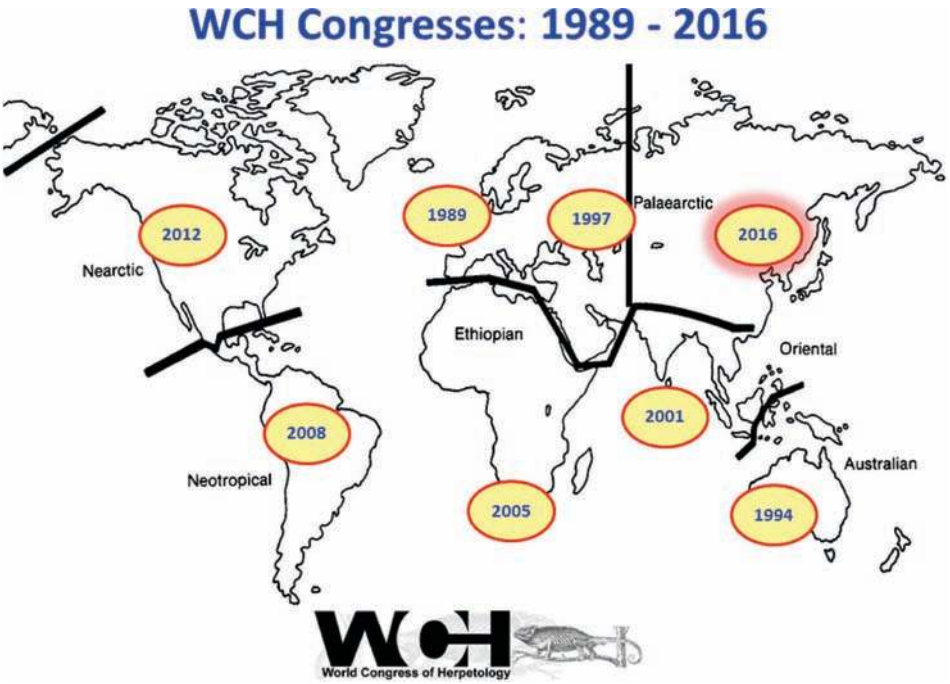


Figure 1: Years and regional locations of the WCH congresses hosted between 1989 and 2012. The 8th WCH congress will be held in Hangzhou, China between the 16-21 August in 2016.

WCH: DEVELOPING A GLOBAL COMMUNICATION NETWORK FOR HERPETOLOGISTS

The World Congress of Herpetology (WCH) is an international organisation whose primary goal is: **"to promote international interest, collaboration and co-operation in herpetology".** To date this has been achieved by successfully hosting seven world congresses in locations around the world (Fig. 1). The 8th WCH will be hosted in Hangzhou, China and will complete the location of these meetings in all zoogeographic regions of the world.

In addition to providing this important role, we are now inviting herpetologists around the world to join an exciting new WCH initiative to develop a global communication network for herpetologists. The objective is to provide a global framework linking individual herpetologists, with local, national, and regional herpetological societies around the world, using an integrated email, www sites, and social media network.

The WCH Global Communication Network for Herpetologists has been initiated to provide a rapid form of communication among herpetologists around the world, linking students, professors, and professional herpetological organisations through the World Congress of Herpetology (Fig. 2).

Affiliated organisations form an important role within the WCH constitution (Fig. 3) and can facilitate opportunities to connect individual herpetologists around the globe. To promote regional participation in WCH activities, affiliated organisations are encouraged to nominate a member to represent their organization and region on the WCH International Herpetological Committee.

The global WCH communication network will disseminate information about:

- Local and national herpetology labs, and organizations, located within each region;
- Local, national, regional, and WCH conferences and workshops in herpetology;

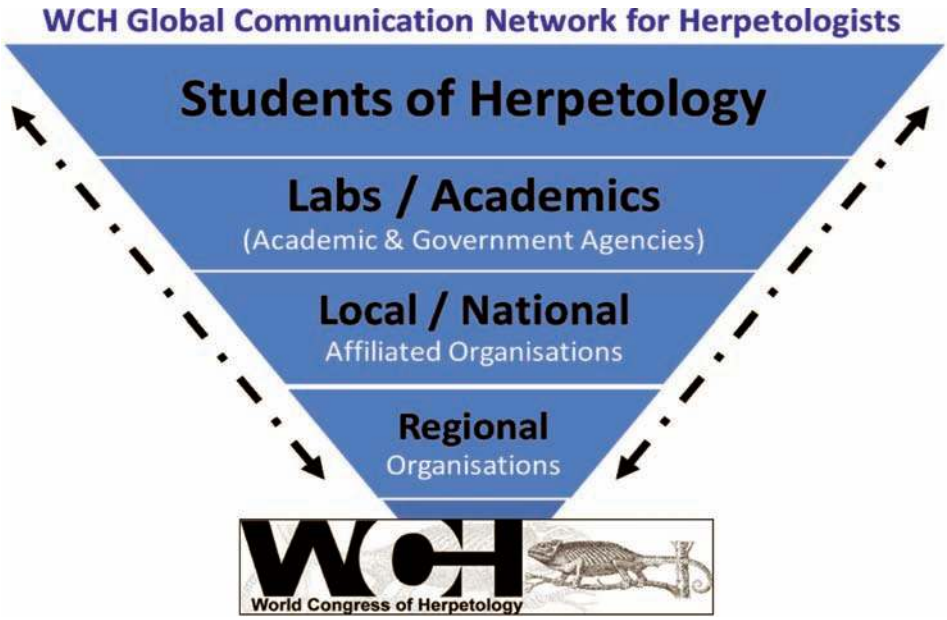


Figure 2: A conceptual model for developing the WCH Global Communication Network for herpetologists. Individuals can link directly via Facebook and other social media, and organisations can share web pages and email list servers.

WCH Constitution: ARTICLE 7. AFFILIATED ORGANIZATIONS

The Executive Committee, at its discretion, may confer upon particular international, transnational, national, and regional societies or associations of herpetologists in any country the status of an Affiliated Organization. The governing body of each such organization is thereby eligible to submit to the Executive Committee, at least three months prior to a congress, one nomination for membership of the International Herpetological Committee. Affiliated Herpetological Organisations will be listed on the WCH website with links to their website where appropriate. No other rights are conferred upon an Affiliated Organization. The Executive Committee, at its discretion, may withdraw the status of an Affiliated Organization.

Figure 3: An extract from the WCH constitution outlining the role of "Affiliated Organizations".

- Studentships, scholarships, and volunteer opportunities for students in herpetology;
- Career opportunities such as postgraduate scholarships, postdoctoral positions, jobs for herpetologists;
- Research activities that have an international perspectives and global participation.

The WCH communication network will engage with affiliated individuals and organizations using all opportunities available. Current media include:

1 Active links between websites, including both organizations and individual labs organized within regions, via an interactive global map on the WCH website (www.worldcongressofherpetology.org);
2 Reciprocal sharing of logos on our respective websites;
3 Linking Facebook pages via the WCH Facebook page; (https://www.facebook.com/pages/World-Congress-of-Herpetology/141951465828807).
4 Actively disseminate information using social media networks (*e.g.*, WCH Twitter hashtag: # WCHerpetol);
5 Provide email notifications to individual herpetologists around the world, distributing through individual, local and regional email list-servers.

In my role as WCH Secretary General, I would like to personally invite individuals and organizations to join this network, and where possible, encourage your local organisation to become "Affiliated" with the World Congress of Herpetology.

If your organisation joins this exciting new initiative, I would also invite your organization to appoint a "WCH Representative" to provide an active link between WCH and your organisation. The primary role of the nominated WCH Representative would be to share and pass on information from your society membership to the WCH and vice-versa (through a regional hub). The WCH Representative will be a direct link for communication and will mediate the flow of information to the broader community, and ensure that only relevant professional information is transmitted in either direction. The WCH Representative would organise and nominate regional candidates for other WCH initiatives such as the "WCH awards in Herpetology, and the WCH Hall of Fame". WCH Representatives are encouraged to nominate for positions on the WCH committees, and attend WCH meetings (Fig. 4).

Please consider this invitation as an inclusive opportunity to internationalize and strengthen herpetology. I look forward to engaging with individuals and organization representatives to develop a WCH communication network linking herpetologists around the world.

Professor Jean-Marc Hero
Secretary General for the World Congress of Herpetology
Environmental Futures Research Institute, School of Environment, Griffith University, Australia
Email: m.hero@griffith.edu.au



Figure 4: First advertisement for the 8th World Congress of Herpetology to be held in Hangzhou, China between 15th and 22nd of August 2016.

WORKSHOPS SOBRE COMÉRCIO DE ANFÍBIOS

Foram realizados nos dias 12 e 13 de março de 2015, concomitantemente em Singapura e nos Estados Unidos, dois encontros internacionais para a discussão do grave problema envolvendo o comércio de anfíbios. Os eventos foram organizados por *Amphibian Survival Alliance, Animal Welfare Institute, Defenders of Wildlife* e Zoológico de Singapura e contaram com a presença de pesquisadores, especialistas em comércio internacional de animais e representantes de organizações governamentais e não-governamentais. Foram identificadas as principais ameaças, as espécies que se encontram sob maior pressão do comércio (doméstico e internacional) e propostas ações com o objetivo de diminuir o impacto desse tipo de atividade sobre populações naturais. Dentre as principais ameaças, encontra-se a captura de anfíbios para alimentação e para a criação como animais de estimação.

Os especialistas também sugeriram atualizações ou inclusão de novas espécies na listagem dos táxons ameaçados nos Apêndices do CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna*) e propuseram ações de conservação para as espécies prioritárias, incluindo o fortalecimento de legislações nacionais, aumento na fiscalização e cumprimentos das leis existentes e monitoramento das tendências e impactos do comércio. Por fim, também foram discutidos os possíveis impactos da proliferação de doenças (como quitridiomicose) causadas pela comercialização (legal e ilegal) e propostas ações visando diminuir este tipo de ameaça. (*LFM*)



Paricipantes das reuniões.

O GRUPO DE ESPECIALISTAS EM ANFÍBIOS DA IUCN E A ALIANÇA PARA A SOBREVIVÊNCIA DOS ANFÍBIOS AGORA TÊM PÁGINA DA INTERNET CONJUNTA

As duas principais iniciativas globais para a conservação dos anfíbios agora se uniram em uma única página da Internet: www.amphibians.org. O Grupo de Especialistas em Anfíbios da IUCN (ASG/IUCN) é uma rede global de voluntários formada por especialistas que fornecem seu tempo e conhecimento para contribuir com a conservação dos anfíbios, com base sólida em conhecimentos científicos. Por exemplo, o ASG/IUCN é responsável pelos anfíbios na lista vermelha mundial da IUCN. O grupo conta com mais de 500 membros de 40 regiões ou países, garantindo assim o caráter global de suas iniciativas. Já a Aliança para a Sobrevivência dos Anfíbios (ASA) visa (1) evitar a extinção de espécies, (2) coordenar ações de conservação ao redor do mundo, (3) manter ou melhorar, quando possível, o estado de conservação das espécies, (4) conservar e, quando possível, aumentar a rede de áreas protegidas importantes para anfíbios, (5) construir uma rede de parcerias envolvendo tomadores de decisão necessários para a conservação efetiva dos anfíbios, (6) assessorar os tomadores de decisão com base nos melhores dados científicos disponíveis, (7) ajudar, por meio dos anfíbios, a conservar uma biodiversidade mais ampla e melhorar a qualidade de vida das populações humanas e (8) educar e inspirar as pessoas com a vida maravilhosa dos anfíbios e seu papel



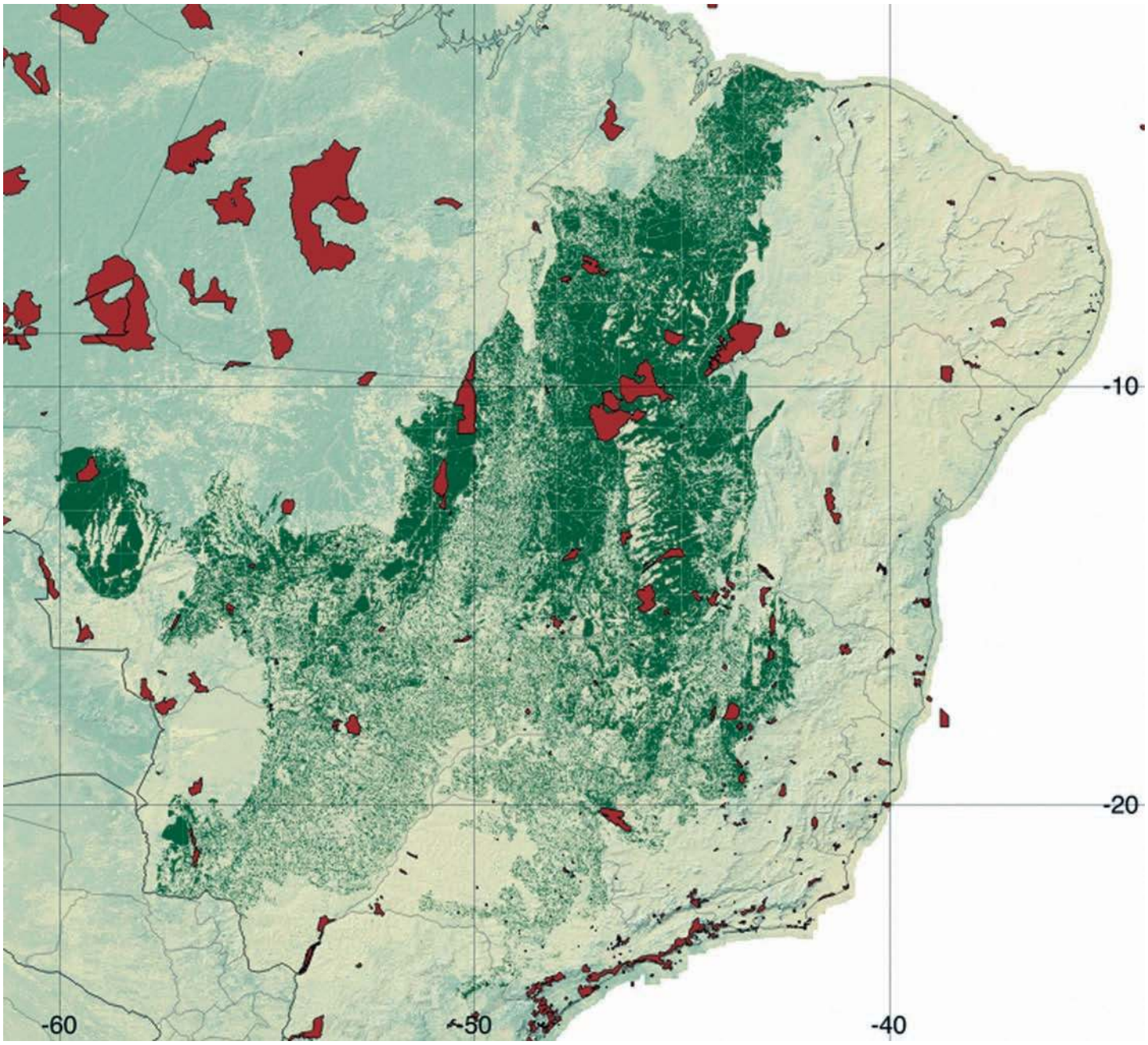


na manutenção de ecossistemas saudáveis. Se você tem interesse em conservação de anfíbios, vale a pena conferir a página conjunta do ASG/IUCN e da ASA. (*MM*)

TRABALHO MOSTRA QUE UCS DE USO SUSTENTÁVEL SÃO POUCO EFETIVAS PARA A CONSERVAÇÃO NO CERRADO

Um trabalho que acaba de ser publicado na revista Natureza e Conservação (13: 35-40, 2015), de autoria de Renata D. Françoso (da UnB) e colaboradores, mostra que, no Cerrado, as taxas de perda de vegetação nativa nas unidades de conservação de uso sustentável (como as Áreas de Proteção Ambiental) são iguais àquelas observadas em áreas não protegidas. Ou seja, as UCs de uso sustentável não têm servido para proteger a biodiversidade que elas contêm. Por outro lado, os autores mostraram que as taxas de perda de vegetação nativa em UCs de proteção integral é significativamente menor do que em áreas não protegidas. Como apenas 3% do Cerrado é coberto por UCs de proteção integral, ainda falta muito para o Brasil atingir a meta de 17% de áreas protegidas para o Cerrado, como estipulado pela Convenção para a Diversidade Biológica. Assim, é urgente a criação de novas UCs de proteção integral no Cerrado, de forma a garantir a conservação de sua biota. (*MM*)

Mapa mostrando os remanescentes de vegetação nativa do Cerrado (em verde escuro) e as UCs de proteção integral já existentes (em vermelho escuro). É fácil notar que ainda falta muito para que a meta de 17% estipulada pela Convenção para a Diversidade Biológica seja atingida.



Remanescentes de vegetação do Cerrado (em verde escuro) e unidades de conservação de proteção integral (em vermelho).

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

Instituto de Biociências

Mestrado – 2015

Data da Defesa/Aprovação: 26 de maio de 2015
Programa de Pós-Graduação: Zoologia
Nome: Carolina Nisa Ramiro
Título: Biologia reprodutiva de três espécies simpátricas de lagartos da família Gymnophthalmidae na região das Dunas do Rio São Francisco, BA
Orientador: Miguel Trefaut Rodrigues

Doutorado – 2015

Data da Defesa/Aprovação: 22 de março de 2015
Programa de Pós-Graduação: Zoologia
Nome: Marco Aurélio de Sena
Título: Filogenia e evolução dos Tropidurus do grupo torquatus (Squamata: Tropiduridae)
Orientador: Miguel Trefaut Rodrigues

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA/ MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI – MPEG

Mestrado – 2015

Defesa/Aprovação: 11 de maio de 2015
Programa de Pós-Graduação: Zoologia
Nome: Ana Paula Vitória da Conceição Costa
Título: Variação geográfica em *Kentropyx calcarata* Spix, 1825 (Reptilia: Teiidae) e status taxonômico de *Kentropyx vittata* (Schinz, 1822)
Orientador: Teresa C. S. Avila Pires

Doutorado – 2015

Defesa/Aprovação: 30 de março de 2015
Programa de Pós-Graduação: Zoologia
Nome: Annelise Batista D'Angiolella
Título: Diversificação morfológica e molecular em lagartos Dactyloidae sul-americanos
Orientador/Co-Orientador: Teresa C. S. Avila Pires/Ana Carolina Carnaval

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP

Campus de Rio Claro

Doutorado – 2015

Data da Defesa/Aprovação: 22 de maio de 2015
Programa de Pós-Graduação: Zoologia
Nome: Rafael Parelli Bovo
Título: Fisiologia térmica e balanço hídrico em anfíbios anuros
Orientador/Co-Orientador: Denis Otávio Vieira de Andrade/Carlos Arturo Navas

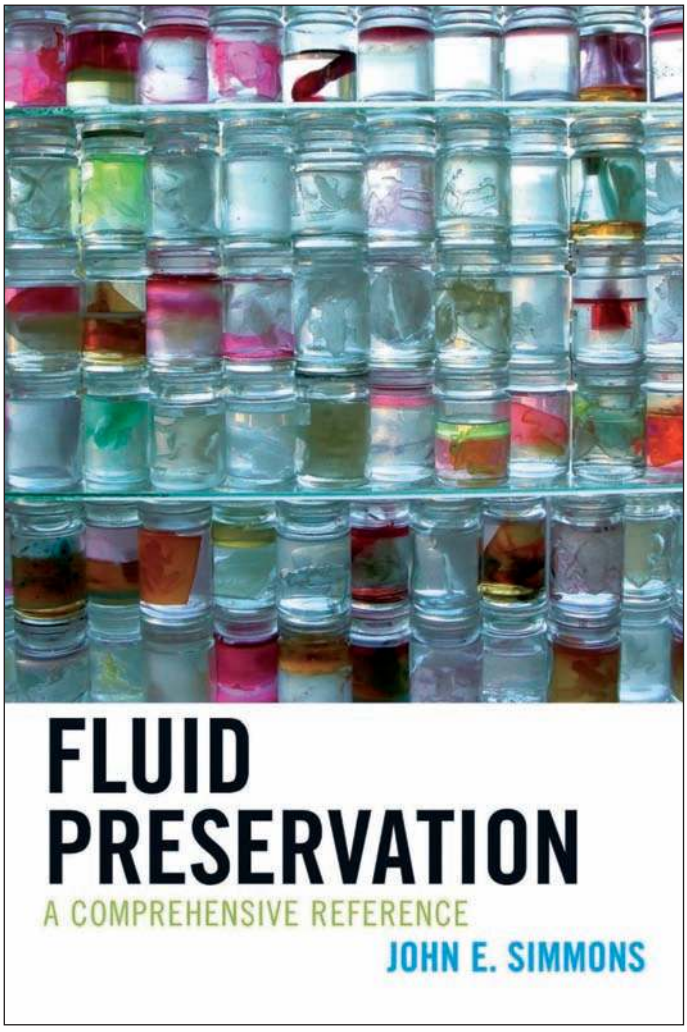


Hemiphractus helioi - **Foto:** Paulo Bernarde.

Simmons, J. E. 2014. Fluid Preservation: a comprehensive reference. Rowman & Littlefield, Plymouth. 347p.

"Se os coletores entenderem como os espécimes são processados e utilizados nos museus, eles os prepararão melhor. Se os usuários de coleções souberem como os animais são coletados e fixados em campo, eles farão melhor uso dos espécimes. Se todos nós entendermos como coleções são gerenciadas, os espécimes serão melhor utilizados e preservados para o futuro" (Simmons, 2002, p. v).

A passagem acima ressalta a importância do domínio das técnicas de fixação e preservação de exemplares, bem como do uso adequado das coleções para a sua longevidade e, consequentemente, do conhecimento a elas associado. No entanto, como o próprio autor ressalta, nossa compreensão sobre o tema é ainda muito incipiente e, apesar do grande volume de informações disponível na literatura, as técnicas de preparação e preservação de exemplares vêm sendo repassadas ao longo dos anos basicamente na forma de tradição oral. Assim, apesar do rigor aplicado à maioria dos procedimentos científicos, as técnicas de preparação e preservação são, frequentemente, desempenhadas sem parâmetros bem definidos ou repetidas cegamente, sem bases empíricas e sem a devida reflexão. Por este motivo, John E. Simmons, um dos mais engajados pesquisadores sobre coleções de história natural, há décadas dedica-se à publicação de artigos e livros que visam melhor esclarecer e padronizar as diversas técnicas relacionadas à curadoria de coleções.



Com formação em Sistemática e Ecologia e mestrado em Administração Histórica e Estudos Museológicos, Simmons foi, por mais de trinta anos, gerente de coleções da California Academy of Sciences e do Biodiversity Research Center (Universidade do Kansas). Atualmente é presidente da Museologica, empresa que presta consultoria a coleções e museus, curador adjunto do Earth and Mineral Sciences Museum and Art Gallery da Penn State University e professor responsável por disciplinas relacionadas a curadoria na Kent State University, Juniata College e Universidad Nacional de Colombia.

Em *Fluid Preservation: a comprehensive reference,* Simmons discorre minuciosamente sobre a preservação em meio líquido, apresentando o histórico do tema e suas principais técnicas com o intuito de "sintetizar informações presentes na literatura e tradição oral (...) para ajudar as pessoas a melhor cuidarem de suas coleções, tornar os espécimes mais úteis, proporcionar uma base para futuras pesquisas sobre preservação, encorajar o desenvolvimento de melhores técnicas de preservação, e criar um contexto para a diagnose e solução de problemas relacionados à preservação" (Simmons, 2014, p. xii).

Esteticamente o livro é bem produzido, encadernado em capa dura, com letras de tamanho confortável para a leitura e com figuras que, apesar de serem em preto e branco, são nítidas e informativas. À primeira vista, o número de páginas (cerca de 350) pode impressionar. No entanto, o texto é escrito de forma objetiva e os temas tratados em cada capítulo são apresentados em curtas subseções, facilitando a busca por questões específicas em consultas posteriores. Além disso, o livro é organizado em três partes, das quais apenas a primeira (com cerca de 140 páginas) é ocupada por texto, dividindo-se em seis capítulos: (1) a história da preservação em meio líquido; (2) fixação; (3) preservação; (4) efeitos de fixadores e preservativos nos espécimes; (5) gerenciando coleções em meio líquido; e (6) coleções em meio líquido como patrimônio cultural.

No primeiro capítulo o autor apresenta um extenso histórico sobre a preservação em meio líquido, resgatando citações sobre a utilização dos mais diversos fluidos e incluindo os primeiros registros conhecidos da utilização de elementos atualmente considerados corriqueiros, como etanol e formaldeído.

No segundo e terceiro capítulos são definidos os processos de fixação e preservação, incluindo uma revisão sobre as opções de fixadores e preservativos atualmente disponíveis no mercado, acompanhados de avaliações sobre sua eficiência. No capítulo 2, destacam-se as considerações sobre os sais mais adequados para realizar o tamponamento de formaldeído e, também, os resultados de estudos sobre a relação entre a velocidade de penetração de um fluido fixador e sua eficiência. No capítulo 3, o autor descreve o modo de transferência do espécime do fixador para o líquido preservativo em etapas, como acondicionar exemplares em meio líquido e reduzir sua evaporação, além de descrever as diferentes técnicas de preservação de amostras para extração de DNA.

O quarto capítulo traz considerações sobre os efeitos que os fixadores e líquidos preservativos podem ter sobre os exemplares, incluindo a mudança de tamanho e biomassa, a perda de coloração, a transferência de componentes do espécime para o fluido, e a retirada de componentes do papel e da tinta que compõem o rótulo.

O quinto capítulo é dedicado ao gerenciamento de coleções em meio líquido, trazendo luz a alguns problemas enfrentados e sugerindo soluções. Neste capítulo o autor discute as melhores formas de se preparar fluidos fixadores e preservativos, como verificar seu pH e maneiras de tratar exemplares desidratados ou atacados por fungos. Além disso, o autor comenta a utilização de diferentes materiais para o armazenamento e rotulagem de espécimes e chama atenção para a temperatura e umidade ideais para coleções em meio líquido. A primeira deve ser baixa o suficiente para reduzir a evaporação do fluido preservativo (em geral álcool), mas não a ponto de polimerizar resquícios de formaldeído dispersos no fluido, enquanto a segunda deve ser baixa o suficiente para evitar a proliferação de fungos e bactérias. Simmons recomenda ainda que a proporção entre o volume de fluido e o volume de espécimes seja de sete para três e que os frascos que os acondicionam sejam completados até 90% do seu volume em fluidos baseados em etanol e até 95% para fluidos baseados em água (como formol), de modo a permitir a expansão dos fluidos (em caso de aumento de temperatura) sem comprometer a integridade do recipiente, que apresenta menor capacidade de dilatação.

No último capítulo da primeira parte, o autor descreve o hábito de colecionar itens, provavelmente existente desde os primórdios da humanidade, e discute a preservação em meio líquido em seus contextos histórico e cultural. São incluídos comentários sobre a preservação de animais em bebidas alcóolicas destinadas ao consumo como, por exemplo, a adição de larvas de insetos ao mescal (bebida típica do México), o consumo do álcool em que foram preservados exemplares da família Bufonidae durante rituais de Vodu em Nova Orleans e a utilização de serpentes e ervas em bebidas alcóolicas com fins medicinais em alguns países da Ásia. É apresentada, inclusive, a receita de um drink a base de Jack Daniels e Cointreau que, apesar de se chamar *snakebite,* não envolve a utilização de serpentes. No mesmo capítulo são citados também elementos da cultura popular, como os livros *The Whisperer in Darkness* (Lovecraft, 1930), *O Silêncio dos Inocentes* (Harris, 1988) e *Mr. Smithson´s Bones* (Conroy, 1993) em que um assassino esconde um vidro contendo a cabeça de uma de suas vítimas preservada em álcool em uma das prateleiras da coleção de anêmonas do museu de História Natural do Smithsonian Institution: "Eu a pus em um grande vidro e o guardei nos fundos de uma prateleira na área de armazenamento de invertebrados. (...) Ela está com as anêmonas do mar. Eu virei o rosto de Rebecca para a parede, de modo que tudo o que se pode ver são os seus cabelos. Ficou parecida com uma anêmona, eu achei" (Conroy, 1993, p. 185).

A segunda parte do livro, com cerca de 50 páginas, compila mais de mil referências sobre o tema, as quais o autor começou a organizar em 1987, divididas em duas extensas listas: uma para referências citadas no texto e tabelas, e outra para referências que o autor revisou, mas não cita no livro.

A sua terceira parte é composta por cerca de 140 páginas dedicadas a vinte e três tabelas que facilitam a rotina de gerenciamento de coleções ao compilar e apresentar de forma prática e de fácil consulta informações úteis como, por exemplo: lista em ordem alfabética de técnicas de preservação em meio líquido publicadas (Tabela 1); cronologia da introdução de novas técnicas (Tabela 2) e produtos químicos (Tabela 8); sumário de fatores que, a longo prazo, afetam a qualidade de espécimes preservados em meio líquido (Tabela 7); critérios (características desejadas) para a utilização de líquidos preservativos (Tabela 12); sumários de efeitos induzidos pelo uso de diferentes fixadores e preservativos em invertebrados (Tabelas 13 e 14) e vertebrados (Tabelas 15 e 16); características de recipientes para o armazenamento de espécimes em meio líquido (Tabela 19); substratos e tintas recomendadas para a preparação de rótulos e etiquetas (Tabela 21); técnicas de reidratação de espécimes preservados em meio líquido (Tabela 22); tratamentos e hábitos que não são recomendados para espécimes preservados em meio líquido (Tabela 23).

Como o próprio autor ressalta, o livro não substitui as inúmeras publicações existentes sobre o tema, de modo que, para se ter acesso aos detalhes de cada técnica, ainda devem ser consultadas as referências originais. No entanto, ao compilar tantas informações, o livro se torna um ótimo veículo inicial para pesquisas sobre o assunto, sanando a maior parte das dúvidas e necessidades cotidianas e apontando uma vasta bibliografia para aqueles que desejam se aprofundar mais em temas específicos.

À venda por 95 dólares, o livro pode ser considerado essencial para todos que são responsáveis por coleções em meio líquido. Além disso, a leitura (mesmo que apenas de algumas partes sobre o bom uso de exemplares) é recomendável para todos que consultam coleções científicas em via líquida. Em concordância com o trecho destacado no primeiro parágrafo desta resenha, se todos os usuários frequentes de coleções lessem algumas partes fundamentais deste livro, a vida útil dos exemplares seria muito mais longa.

REFERÊNCIAS

Conroy, R. T. 1993. Mr. Smithson's bones: a mistery at the Smithsonian. St. Martin's Press, New York.

Harris, T. 2008. O silêncio dos inocentes. Editora Record, Rio de Janeiro.

Lovecraft, H. P. 2012. Great tales of terror. Fall River Press, New York.

Simmons, J. E. 2002. Herpetological collecting and collections management. Revised edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. *Herpetological Circular,* Nº 31, 1-153.

Manoela Woitovicz Cardoso e **Pedro H. Pinna**
Gerentes de Coleções
Setor de Herpetologia, Departamento de Vertebrados
Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro
Quinta da Boa Vista, Rio de Janeiro
CEP 20940-040
Website: www.herpetologia-mn.com
E-mail: manoelawcardoso@gmail.com; pedropinna@mn.ufrj.br

Ruggeri, J., A. V. Longo, M. P. Gaiarsa, L. R. V. Alencar, C. Lambertini, D. S. Leite, S. P. Carvalho-e-Silva, K. R. Zamudio, L. F. Toledo & M. Martins. 2015. Seasonal variation in population abundance and chytrid infection in stream-dwelling frogs of the Brazilian Atlantic forest. *PLoS ONE,* 10(7): e0130554. doi: 10.1371/journal.pone.0130554

Declínios enigmáticos de populações de anfíbios foram descritos pela primeira vez para o Brasil no final da década de 1980 e as populações afetadas incluíam várias espécies de riacho (das famílias Hylodidae and Cycloramphidae). Àquela época, a existência do fungo patogênico *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) ainda não era conhecida e, por isso, as causas atribuídas a esses declínios eram a poluição, a fragmentação de habitats e os eventos climáticos raros. Hoje sabemos que várias linhagens de *Bd* vêm infectando os anuros da Mata Atlântica por mais de um século, embora não haja registros de declínios tendo o *Bd* como a principal causa. Com base nesse contexto, os autores estudaram a variação temporal na abundância e na infecção por *Bd* em populações de três espécies comuns nos riachos da região de Picinguaba, Ubatuba, SP: *Hylodes asper, H. phyllodes* e *Cycloramphus boraceiensis*. Foram realizadas buscas visuais-auditivas ao longo de transeções padronizadas em quatro riachos, ao longo de quatro anos. A abundância dos anuros foi correlacionada a flutuações de variáveis climáticas que, por sua vez, estão relacionadas à probabilidade de infecção por *Bd*. A probabilidade de infecção foi maior em *C. boraceiensis,* uma espécie noturna, do que nas duas espécies de *Hylodes,* que são diurnas, o que indica que a atividade noturna pode facilitar a transmissão de *Bd* ou aumentar a suscetibilidade dos hospedeiros. Os autores concluem que, apesar da persistência de longo prazo do *Bd* no Brasil, alguns hospedeiros mantêm populações viáveis com infecções variáveis ao longo das estações. Assim, a persistência futura do *Bd* face às mudanças climáticas dependerá do efeito relativo dessas mudanças no recrutamento dos anuros e na proliferação do patógeno. (*MM*)

Boback, S. M., K. J. McCann, K. A. Wood, P. M. McNeal, E. L. Blankenship and C. F. Zwemer. 2015. Snake constriction rapidly induces circulatory arrest in rats. *Journal of Experimental Biology,* 218: 2279-2288.

Várias serpentes são bem conhecidas por sua capacidade de imobilizar e matar suas presas por constrição. Entretanto, ainda não sabemos exatamente como a pressão da constrição incapacita e acaba por matar as presas. A hipótese mais comum na literatura é que a constrição impediria a respiração e, assim, a presa seria morta por sufocamento. Mas no início da década de 1990, o herpetólogo e médico anestesiologista David Hardy chamou a atenção para o tempo curto no qual as presas constringidas são mortas (que seria incompatível com a hipótese de sufocamento) e sugeriu que a morte ocorreria por parada circulatória. Os autores do presente trabalho retomaram essa questão examinando a função cardiovascular de ratos anestesiados antes, durante e depois de serem constringidos por *Boa constrictor,* de forma a examinar os efeitos da constrição na função circulatória da presa. Os resultados mostraram, pela primeira vez, as respostas fisiológicas da presa à constrição e corroboraram a hipótese de que esse comportamento induz a uma morte rápida da presa devida a parada circulatória, como sugerido por David Hardy há mais de 20 anos. (*MM*)

Benard, M. F. 2015. Warmer winters reduce frog fecundity and shift breeding phenology, which consequently alters larval development and metamorphic timing. *Global Change Biology,* 21: 1058-1065.

Uma das respostas fenológicas bem documentadas às mudanças climáticas é a ocorrência adiantada de eventos reprodutivos na primavera. Embora essas mudanças sejam comuns, suas consequências para indivíduos e populações raramente foi estudada. O autor aborda essa questão usando observações feitas durante vários anos (2006 a 2012) em seis populações de *Rana sylvatica* que ocorrem próximo ao extremo meridional da distribuição da espécie. Invernos mais quentes foram associados a reprodução adiantada e redução na fecundidade das fêmeas. A pluviosidade no inverno não afetou a data de início da reprodução, mas foi correlacionada com a fecundidade. Não foi encontrada associação entre a reprodução adiantada e a sobrevivência dos girinos ou a massa dos mesmos no momento da metamorfose. Mas a reprodução adiantada foi associada a um atraso no desenvolvimento dos girinos. Esse atraso foi explicado por uma correlação entre a data de reprodução e a temperatura durante o desenvolvimento dos girinos. Invernos mais quentes levaram a reprodução adiantada que, por sua vez, foi associada a temperaturas mais baixas após a reprodução, que retardaram o desenvolvimento dos girinos. Entretanto, o atraso no desenvolvimento dos girinos não foi completamente compensado pelo adiantamento da reprodução: para cada 2 dias de adiantamento da reprodução, a média da data de metamorfose foi adiantada em 1 dia apenas. Estudos anteriores mostraram que a metamorfose adiantada está associada a maior crescimento e sobrevivência após a metamorfose, o que indica que a reprodução adiantada tem efeitos benéficos para populações dessa espécie. (*MM*)

Holleley, C. E., D. O'Meally, S. D. Sarre, J. A. Marshall Graves, T. Ezaz, K. Matsubara, B. Azad, X. Zhang & A. Georges. 2015. Sex reversal triggers the rapid transition from genetic to temperature-dependent sex. *Nature,* 523: 79-82.

A determinação do sexo em animais é incrivelmente plástica. Os vertebrados apresentam estratégias contrastantes que variam do controle genético total (determinação genotípica do sexo) à determinação ambiental do sexo (por exemplo, determinação do sexo dependente de temperatura). Análises filogenéticas indicam transições evolutivas frequentes entre a

determinação genotípica e a determinação ambiental. Supõe-se que essas transições envolvam um sistema genotípico que se torna sensível à temperatura, com a determinação sexual ocorrendo por interações entre os genes e o ambiente. A maioria dos modelos que tentam decifrar essas transições invocam o papel de reversões de sexo. A reversão de sexo ainda não foi demonstrada para amniotas, embora ocorra em peixes e anfíbios. Os autores relatam, pela primeira vez, um caso de reversão de sexo em um réptil, o lagarto australiano *Pogona vitticeps* (Agamidae), na natureza. Além disso, os autores usam animais com o sexo revertido para induzir experimentalmente uma rápida mudança de determinação de sexo genotípica para determinação dependente de temperatura. É possível que os répteis tenham uma capacidade de enfrentar e compensar as mudanças climáticas maior do que se imagina. Um alto grau de flexibilidade no modo de determinação do sexo poderia ser uma arma poderosa, e até agora ignorada, no arsenal de respostas evolutivas a climas imprevisíveis. (*MM*)

Bellini, G. P., A. R. Giraudo, V. Arzamendia & E. G. Etchepare. 2015. Temperate snake community in South America: Is diet determined by phylogeny or ecology? *PLoS ONE,* 10(5): e0123237. doi: 10.1371/journal.pone.0123237

Comunidades são sistemas complexos e dinâmicos que mudam com o tempo. A questão central para a compreensão de como comunidades são estruturadas é: o que determina a organização de uma comunidade no tempo e no espaço? Este estudo avalia pela primeira vez o impacto de fatores ecológicos e filogenéticos na dieta de serpentes neotropicais em região subtropical-temperada da América do Sul. Os autores também verificaram a sua relação com os aspectos morfológicos e ambientais para entender a história natural e ecologia das comunidades. Foi considerada uma área de 800.000 ha, ao leste da Argentina, região do Chaco, caracterizado por um mosaico de vegetação variando de savanas e campos úmidos a florestas subtropicais-temperadas e uma grande variedade de zonas úmidas. Os dados de dieta foram obtidos pela análise de 1.966 espécimes de 25 espécies de serpentes pertencentes a 15 gêneros que representam as famílias Viperidae, Elapidae, Colubridae e Dipsadidae. Os resultados apontam para um efeito filogenético que explicaria a maioria das variações na dieta. A dieta das comunidades de serpentes em áreas temperadas da América do Sul estaria associada com eventos passados na história evolutiva do grupo que moldou os hábitos alimentares atuais das espécies nestas comunidades. O clado com a maior variabilidade foi Dipsadinae, que apresenta dieta diversificada. (*MEO*)

Benício, R. A., D. C. Lima & M. G. Fonseca, 2015. Species richness of reptiles in a Caatinga area in northeastern Brazil. Gaia Scientia. Vol. 9(1): 89-94

Os autores apresentam resultados do primeiro inventário a longo prazo de répteis do bioma Caatinga (sentido estrito), no estado do Piauí. Em cinco anos (2007 a 2011) foram registradas 28 espécies de répteis (26 Squamata – 13 lagartos, 12 serpentes e um anfisbena; um quelônio e um crocodiliano). A maioria das espécies (n = 21; 75%) tem distribuição geográfica ampla, no entanto, algumas espécies são típicas do bioma Caatinga ou têm distribuição restrita a região Nordeste do Brasil (n = 7; 25%). Todas as espécies registradas neste estudo já foram registradas para a Caatinga e a riqueza média de espécies encontrada é semelhante a outros estudos realizados para Caatinga em áreas dos estados do Ceará, Paraíba e Pernambuco. No entanto, a curva de acumulação de espécies em função do tempo (em anos), obtida a partir da incidência de espécies para as amostras quantificáveis (procura visual), não alcançou a assíntota no fim do esforço de amostragem, indicando que pode haver espécies ainda não registradas. Apesar de nos últimos anos vários estudos terem sido realizados no estado do Piauí, regiões de Caatinga ainda estão subamostradas e estudos adicionais, de longo prazo, devem ser realizados nesse bioma exclusivamente brasileiro. (*MEO*)



Dactyloa transversalis, **Machadinho D'Oeste, RO - Foto:** Daniel Velho.

Uso de criobolas para criopreservação de *Batrachochytrium dendrobatidis*

Marcio Hipolito[1], Danielle C. Dias[2], Carolina Lambertini[3,4], Ana M. Cristina R. P. F. Martins[1], Cinthia R. Oliveira[2], Claudia M. Ferreira[2] e Luís Felipe Toledo[4]

[1] *Instituto Biológico, APTA – SAA, Laboratório Interinstitucional de Sanidade em Aquicultura (LISA). Avenida Conselheiro Rodrigues Alves, 1.252, Vila Mariana, CEP 04014-002, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: hipolito@biologico.sp.gov.br*

[2] *Instituto de Pesca, APTA – SAA. Avenida Francisco Matarazzo, 455, Água Branca, CEP 05501-900, São Paulo, SP, Brasil.*

[3] *Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. Rua Monteiro Lobato, 255, Cidade Universitária, CEP 13083-862, Campinas, SP, Brasil.*

[4] *Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Laboratório de História Natural de Anfíbios Brasileiros (LaHNAB). Rua Monteiro Lobato, 255, Cidade Universitária, CEP 13083-862, Campinas, SP, Brasil. E-mail: toledolf2@yahoo.com*

Diversas técnicas foram estabelecidas e são amplamente utilizadas para conservação de culturas de fungos microscópicos (Smith, 1983; Morris *et al.,* 1988; Hoffmann, 1990; Boyle *et al.,* 2003; Diogo *et al.,* 2005; Lambertini *et al.,* 2013). Contudo, o aprimoramento destas técnicas é fundamental para evitar uma possível atenuação, contaminação ou mesmo alterações genômicas das linhagens cultivadas e preservadas (Boyle *et al.,* 2003). Para *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*), um fungo patógeno de anfíbios, existem protocolos e adaptações para sua criopreservação tanto em ultrafreezer (-80°C) como em nitrogênio líquido (Longcore, 2000; Boyle *et al.,* 2003; Lambertini *et al.,* 2013). Porém, é possível que as técnicas vigentes possam ser substituídas por alternativas mais simples e rápidas que permitam, por exemplo, dispensar o preparo de substâncias crioprotetoras e minimizar o tempo de trabalho laboratorial. Assim, sugerimos a utilização de criobolas como metodologia alternativa para a criopreservação de cepas do *Bd* em ultrafreezer (-80°C) e argumentamos sobre possíveis vantagens de sua utilização frente os protocolos já conhecidos (Longcore, 2000; Boyle *et al.,* 2003; Lambertini *et al.,* 2013).

Protocolo para criopreservação com criobolas

1. **Preparo dos cultivos.** Para a criopreservação devem ser utilizadas culturas puras de *Bd,* inoculadas em meio sólido composto por triptona a 1% (Vieira e Toledo, 2012), por 7 dias de incubação a 17°C em estufa BOD. A viabilidade do fungo é confirmada com a visualização de colônias típicas com zoosporângios globosos e zoósporos ativos se movimentando junto a estas colônias. Após este procedimento, adiciona-se 1,5 mL de água destilada esterilizada em cada placa, agita-se levemente, lavando-se toda a superfície da placa que deve ser deixada em repouso por 30 minutos para a liberação dos zoósporos na água.
2. **Congelamento com criobolas.** Após esta primeira etapa, raspa-se a superfície da placa com alça em "L" e 1 mL deste lavado deve ser transferido para os tubos de criopreservação [utilizamos os tubos da marca "AES Laboratories/France® (cryobilles/cryobeads)"], cobrindo todas as criobolas, conforme orientação do fabricante, agitando-se vigorosamente e deixando o conteúdo em repouso por 10 minutos para impregnar as criobolas. Após esse período, retira-se e descarta-se o excesso do líquido, no maior volume possível. A seguir, armazena-se os tubos em ultra-freezer a -80°C (Fig. 1A).
3. **Reativação.** Para a reativação das cepas criopreservadas, retira-se uma criobola do tubo referente à cepa a ser testada com o auxílio de uma pinça esterilizada, insere-se a mesma em um criotubo (1,5 mL) e aquece-se a 43°C em banho-maria por 45 segundos. Pode-se também realizar o mesmo procedimento sem este aquecimento. A seguir, aloca-se a criobola na superfície de uma placa com meio de cultura triptona 1% previamente preparada e pressiona-se levemente para sua adesão ao meio (Fig. 1B). Sela-se a placa com filme plástico ou Parafilm®, incuba-se em estufa B.O.D. à temperatura de 17°C e aguarda-se o crescimento. A temperatura de incubação pode variar dentro da faixa de crescimento ótimo do fungo que é de 17 a 23°C (Piotrowski *et al.,* 2004).

Considerações sobre o método

O uso de criobolas para preservação e transporte de microrganismos vem se intensificando (Hamon *et al.,* 2011; Domelier *et al.,* 2006; Braun & Sutherland, 2004). Segundo Asha *et al.* (2005), as criobolas (geralmente 25 por tubo) são preenchidas por um líquido de criopreservação e os organismos se aderem facilmente aos grânulos porosos de sua superfície podendo ser removidos individualmente para inoculação. Estes autores desenvolveram estudos sobre o armazenamento e criopreservação da bactéria *Clostridium difficile* em criobolas e afirmam que este material apresentou a mesma eficiência que os métodos convencionais. No Laboratório Interinstitucional de Sanidade em Aquicultura da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, foram realizados experimentos com a finalidade de verificar a eficiência das criobolas para criopreservação e a elaboração de protocolos sobre sua utilização e reativação de cepas de *Bd.* Após 3 e 4 dias de incubação já se notava o crescimento das colônias típicas do *Bd* junto às criobolas e a atividade dos zoósporos. Assim, foi constatada a viabilidade das colônias

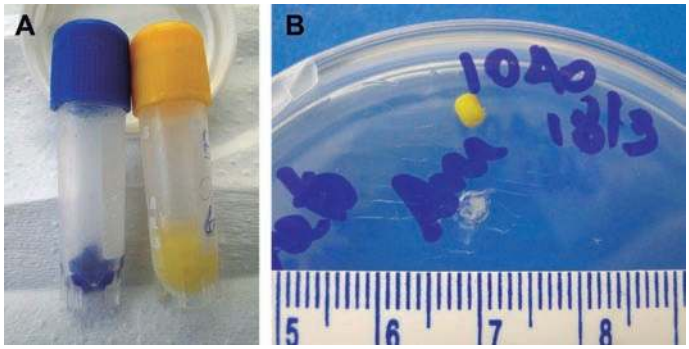


Figura 1: Criotubos contendo criobolas (assim como fornecidos pelo fabricante) (A) e uma criobola sobre meio de cultura sólido (B). As cores das criobolas somente auxiliam na organização da coleção, mas são iguais e possuem as mesmas propriedades.

criopreservadas. Após 7 dias de cultivo, nas mesmas condições de incubação, a cultura foi repicada em outras placas com meio de cultura mostrando-se viável. Com ou sem aquecimento, houve recuperação das amostras.

O alvo de qualquer método de manutenção é preservar a viabilidade e principalmente proporcionar estabilidade genética do microrganismo ao isolamento, pelo maior tempo possível, evitando assim a ocorrência excessiva de mutações que alterem suas características originais (Boyle *et al.,* 2003; Diogo *et al.,* 2005). Além disso, procura-se adequar a escolha de uma técnica de conservação baseando-se nas particularidades do agente, nas características do próprio método a ser aplicado, nos custos de manutenção da técnica, da importância do acervo e principalmente na capacidade laboratorial e disponibilidade de equipamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPESP (Fundação de Apoio à Pesquisa no Estado de São Paulo – Processos: 2011/50009-9; 2011/51694-7) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Processos: 405285/2013-2; 302589/2013-9; 307017/2012-5) por financiamentos e bolsa de produtividade.

REFERÊNCIAS

Asha, N. J.; Fawley, N. W.; Freeman, J. e M. H. Wilcox. 2005. Increase rate of DNA recovery from United Kingdom Epidemic *Clostridium difficile* PCR ribotype 1 strains cryogenically. *Journal of Clinical Microbiology,* 43(11): 5794-5795.

Boyle, D. G.; A. D. Hyatt; P. Daszak; L. Berger; J. E. Longcore; D. Porter; S. G. Hengstberger e V. Olsen. 2003. Cryo-archiving of *Batrachochytrium dendrobatidis* and other chytridiomycetes. *Disease of Aquatic Organisms,* 56: 59-64.

Braun, P. e J. P. Sutherland. 2004. Predictive modelling of growth and enzymatic synthesis and activity by a cocktail of *Yarrowia lipolytica, Zygosaccharomyces bailii* and *Pichia anômala. Food microbiology,* 21(4): 459-467.

Diogo, H. C.; A. Sarpieri e M. C. Pires. 2005. Fungi preservation in distilled water. *Anais Brasileiro de Dermatologia,* 80(6): 591-594.

Domelier, A. S.; Mee-Marquet, N. V.; Grandet, A.; Mareghetti, L.; Rosenau, A. e R. Quentin. 2006. Loss of Catabolic Function in *Streptococcus agalactiae* Strains and Its Association with Neonatal Meningitis. *Journal of Clinical Biology,* 44(9): 3245-3250.

Hamon, E.; Horvatovich, P.; Izquierdo, E.; Bringel, F.; Marchioni, E.; Werner, D. e S. Ennahar. 2011. Comparative proteomic analysis of *Lactobacillus plantarum* for the identification of the key proteins in bile tolerance. *Biomedcentral Microbiology,* (11): 63.

Hoffmann, P. 1990. Cryopreservation of fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 7, 92-94. Technical Information Sheet No. 5.

Lambertini, C.; D. Rodriguez; F. B. Brito; D. S. Leite e L. F. Toledo. 2013. Diagnóstico do fungo quitrídio: *Batrachochytrium dendrobatidis. Herpetologia Brasileira,* 2(1): 12-17.

Longcore, J. E. 2000. Recognizing, isolating, and culturing *Batrachochytrium dendrobatidis* from amphibians. *Integrated research challenges in Enviromental Biology.* Fevereiro 2012, http://irceb.asu.edu/amphibians/pdf/IsolatingBatrach.doc.

Morris, G. J.; D. Smith e G. E. Coulsonl. 1988. A comparative study of the changes in the morphology of hyphae during freezing and viability upon thawing for twenty species of fungi. *Journal of General Microbiology,* 134: 2897-2906.

Piotrowski, J. S.; S. L. Annis e J. E. Longcore. 2004. Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis,* a chytrid pathogen of amphibians. *Mycologia,* 96(1): 9-15.

Smith, D. 1983. Cryoprotectants and the cryopreservation of fungi. *Transactions of the British Mycological Society,* 80(2): 360-363.

Vieira, C. A. e L. F. Toledo. 2012. Isolamento, cultivo e armazenamento do fungo quitrídio: *Batrachochytrium dendrobatidis. Herpetologia Brasileira,* 1(1): 18-19.



Phyllomedusa burmesteri, **Caraça, MG - Foto:** José Pombal Jr.

Tratamento de anfíbios infectados pelo fungo quitrídio do gênero *Batrachochytrium*

Luiz Fernando Moreno[1,2], Paula Morão[1], Luís Felipe Toledo[1]

[1] *Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Animal, Laboratório de História Natural de Anfíbios Brasileiros (LaHNAB). Rua Monteiro Lobato, 255, Cidade Universitária, CEP 13083-862, Campinas, SP, Brasil.*
[2] *E-mail: lfmoreno.lima@gmail.com*

INTRODUÇÃO

Opções para tratamento de anfíbios infectados por *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) ou *B. salamandrivorans* (*Bs*) já existem e são de extrema importância para conservação de espécies em declínio (*e.g.,* Daly *et al.,* 2008; Woodhams *et al.,* 2011; Blooi *et al.,* 2015). Além da própria preservação de espécies em ambiente natural, o tratamento também é utilizado para desinfecção de animais submetidos a experimentos laboratoriais (*e.g.,* Becker *et al.,* 2014), ou mesmo para desinfecção de animais de estimação, animais expostos em zoológicos, ou mesmo anfíbios comercializados por ranários.

Nos últimos anos diversos tratamentos foram propostos e utilizados (revisões em Berger *et al.,* 2010; Baitchman e Pessier, 2013). Neste contexto, surge a dúvida de qual o melhor tratamento para cada propósito. Assim, realizamos aqui uma revisão dos tratamentos atuais, agrupando-os pelos métodos: químicos, físicos ou biológicos.

Métodos químicos

Os tratamentos químicos consistem na aplicação de substâncias químicas, geralmente através de banhos (Fig. 1), com propriedades antifúngicas, dentre as quais, a mais utilizada é o itraconazol (Forzán *et al.,* 2009; Tamukai *et al.,* 2010; Brannely *et al.,* 2012; Jones *et al.,* 2012; Une *et al.,* 2012; Georoff *et al.,* 2013; Hardy *et al.,* 2015). O itraconazol, na maioria das vezes, elimina a infecção, mas em alguns casos pode causar danos colaterais, como despigmentação cutânea (Garner *et al.,* 2009) ou mesmo levar o anfíbio ao óbito (Woodhams *et al.,* 2012). Para evitar a toxicidade do itraconazol recomenda-se administrar doses bastante diluídas, repetindo o tratamento ao longo de dias consecutivos (Brannely *et al.,* 2012; Jones *et al.,* 2012; Becker *et al.,* 2014). Como alternativas ao itraconazol, há uma gama de outras substâncias que podem ser administradas (Tabela 1). No entanto, nem todas possuem eficácia comprovada quanto à eliminação da infecção.

Métodos físicos

Os métodos físicos de tratamento consistem em elevações de temperatura do ambiente no qual os anfíbios estão (Woodhams *et al.,* 2003; Chatfield *et al.,* 2011; Geiger *et al.,* 2011). Esta estratégia visa expor o quitrídio (tanto *Bd* como *Bs*) em condição subótima quanto à faixa de crescimento máximo, entre 17 e 25°C para *Bd* (Piotrowski *et al.,* 2004) e entre 15 e 20°C para *Bs* (Blooi *et al.,* 2015). As temperaturas podem variar de 25 a 37°C e o tempo de exposição pode variar entre 1 e 98 dias. Esses tratamentos podem não curar a infecção de todos os indivíduos tratados (Chatfield *et al.,* 2011; Geiger *et al.,* 2011), mas são alternativas com menor custo e menos tóxicas que os métodos químicos (Tabela 1).

Métodos biológicos

Tratamentos biológicos consistem na inoculação de microrganismos probióticos na pele dos anfíbios, que produzem



Figura 1: Banho de itraconazol sendo aplicado em um grupo de *Adelphobates galactonotus* no Zoológico de São Paulo. Créditos: Cybele Lisboa/Zoo SP.

Tabela 1: Métodos (químicos, físicos e biológicos) utilizados para o tratamento de *Batrachochytrium dendrobatidis* e *B. salamandrivorans* (apenas um método indicado na coluna comentário). Os estágios de vida (girino, juvenil, adulto) se referem a anuros; para Caudata os tratamentos reportados foram sempre para pós-metamórficos. Cura se refere ao sucesso de cura do tratamento.

MÉTODO	ESTÁGIO DE VIDA	TRATAMENTO	DURAÇÃO DO TRATAMENTO	CURA	COMENTÁRIO	REFERÊNCIA
Métodos químicos						
Azul de Metileno	Girino	3 mg/l nos 3 primeiros dias e 6 mg/l nos 3 últimos dias	6 dias	Não	Tratamento não teve efeito	McInnes, 1999
Cloranfenicol	Adulto	Banho em solução de 10 mg/l; 5 mg de pomada	5 dias	Sim	Baixo número de indivíduos testados	Bishop *et al.*, 2009
Cloridrato de Benzalconio	Juvenil	1 mg/l; banho	3 a 7 dias	Não	—	Berger *et al.*, 2009
Fluconazol	Juvenil	25 mg/l; banho	3 a 7 dias	Não	—	Berger *et al.*, 2009
Formalina com verde-malaquita	Adulto	0,007 ml/l; banho de 24 h	8 dias (4 banhos em dias alternados)	Sim	Comumente usado em peixes, ideal para organismos aquáticos.	Parker *et al.*, 2002
General Tonic®	Girino	0,625 ml/l	7 dias	Não	Diminuição na carga de infecção, mas não curou.	Geiger e Schmidt, 2013
Itraconazol	Adulto	0,01% em solução aquosa; banho	14 dias (7 banhos em dias alternados)	Sim	Sem efeitos colaterais aparentes.	Tamukai *et al.*, 2010
Itraconazol	Adulto	0,01% em solução de Ringer; banho de 10 min	4 dias	Não	Prevalência nos indivíduos tratados menor do que nos não tratados (após 5 semanas). Itraconazol causou redução na taxa de crescimento dos indivíduos tratados.	Hardy *et al.*, 2015
Itraconazol	Adulto	0,01% em solução salina a 0,6%; banho de 5 min	11 dias	Sim	Sem efeitos colaterais.	Forzan *et al.*, 2008
Itraconazol	Adulto	0,01% em solução de Ringer; banho	14 dias	Sim	21,9% dos animais tratados se re-infectaram.	Georoff *et al.*, 2013
Itraconazol	Adulto	100 mg/l nos primeiros 3 dias, 5 mg/l nos 6 dias seguintes e 50 mg/l no último dia	10 dias	Sim	Dosagem reduzida.	Jones *et al.*, 2012
Itraconazol	Adulto	100 mgl/l, em solução com água de lago, banho de 5 min	11 dias	Não	—	Woodhams *et al.*, 2012
Itraconazol	Adulto	100 mgl/l, em solução com água de lago, banho de 5 min	5 dias	Não	—	Woodhams *et al.*, 2012
Itraconazol	Girino	0,5 a 1,5 mg/l; banho de 5 min	7 a 21 dias	Sim	Ocorreu despigmentação da pele dos girinos tratados.	Garner *et al.*, 2009
Itraconazol	Juvenil	0,0025% em solução de Ringer; banho de 5 min	6 dias	Sim	Dosagem reduzida com poucos dias de tratamento foi eficiente e diminuiu os efeitos de toxicidade do Itraconazol.	Brannely *et al.*, 2012
Itraconazol	Juvenil	100 mg/l em solução salina; banho de 5 min	3 dias	Não	Tratamento interrompido no 3º dia porque os animais morreram.	Woodhams *et al.*, 2012
Itraconazol	Juvenil	100 mg/l em solução salina a 0,6%; banho de 5 min	11 dias	Sim	—	Nichols *et al.*, 2000
Itraconazol	Salamandras	0,01% em solução com água dos tanques em que as salamandras eram criadas; banho de 5 min/dia	10 dias	Sim	No 5º dia de tratamento os animais estavam curados, sem reincidência.	Une *et al.*, 2012
Mandipropamid® – derivado de fenilglicinamidass e mandelamidas	Girino	Doses de 0.01 a 4 mg/l testadas		Não	—	Woodhams *et al.*, 2012
Nitrato de Miconazol	Juvenil	100 mg/l em solução salina a 0,6%; banho de 5 min	8 dias	Sim	Apresentou efeitos colaterais.	Nichols *et al.*, 2000
PIP Pond Plus® – mistura de bactérias probióticas indefinidas (*Bacillus* sp.), enzimas e 0,5 a 2,4% de isopropanol	Girino	25, 50 e 100 ul	7 dias	Não	—	Woodhams *et al.*, 2012
Plistopur® – Fosfato de cobre, acriflavinaHCl e P-clorofenoxetol	Girino	Banho	3 dias	Não	Animais morreram de 6 a 28 dias após a metamorfose.	Banks e McCracken, 2002

MÉTODO	ESTÁGIO DE VIDA	TRATAMENTO	DURAÇÃO DO TRATAMENTO	CURA	COMENTÁRIO	REFERÊNCIA
Steriplant® – 99,96% de água potável e 0,04% de oxidantes (NaOCl–, ClO_2, $NaClO_3$, O_3)	Girino	5 ppm, 10 ppm (5 ppm no 1º dia + 5 ppm no 2º dia) e 15 ppm (5 ppm adicionados por dia, até o 3º dia)	7 dias	Não	—	Woodhams *et al.,* 2012
Sulfato de Cobre	Adulto	1 mg/l; banhos de 30 min durante 3 dias alternados	18 dias	Não	Diagnosticado erroneamente como *Basidiobolusranarum*	Groff *et al.,* 1991
Tiofanato-metilo	Girino	0,6 mg/l	—	Sim	Além de curar a infecção pode facilitar o crescimento e desenvolvimento dos girinos.	Hanlon *et al.,* 2012
Tribrissen® – Trimetroprima e sulfadiazina	Juvenil	1 g/l; banho de 5 min	11 dias	Não	Tempo até a morte retardada pelo tratamento; carga de infecção baixa nos sobreviventes, observado por histologia aos 63 dias pós-infecção.	Nichols *et al.,* 2000
Métodos físicos						
Temperatura	Adulto	30°C	10 dias	Sim	27 de 28 indivíduos testados curados.	Chatfield *et al.,* 2011
Temperatura	Adulto	30°C durante a noite e 35°C nas 24 h seguintes	2 dias	Não	—	Woodhams *et al.,* 2012
Temperatura	Adulto	32°C	5 dias	Sim	—	Retallick e Miera, 2007
Temperatura	Girino	26 a 29°C	5 dias	Não	Curou a infecção na maior parte dos girinos. Pode ter ocorrido cura espontânea.	Geiger *et al.,* 2011
Temperatura	Juvenil	37°C por 8 horas	2 dias	Sim	Os animais sobreviveram 5 meses após o tratamento.	Woodhams *et al.,* 2003
Temperatura	Juvenil	27°C	98 dias	Não	—	Berger *et al.,* 2004
Temperatura	Salamandra	25°C	10 dias	Sim	Tratamento para *B. salamandrivorans*	Blooi *et al.,* 2015
Métodos biológicos						
Janthinobacteriumlividum	Adulto	$1{,}1 \times 10^7$ células	—	Não	—	Becker *et al.,* 2012
Pedobactercryoconitis	Adulto	$1{,}57 \times 10^8$ células, banho em água de lago	2 horas	Não	Esta bactéria não persistiu na pele do anuro.	Woodhams *et al.,* 2012
Peptídeos antimicrobianos isolados da pele de *Pelophylaxesculentus*	Juvenil	Banho de 2 min em 1 ml de solução a 400 ug/ml	1 dia	Não	—	Woodhams *et al.,* 2012
Violaceína (produzido pela bactéria *Janthinobacteriumlividum*)	Juvenil	$3{,}94 \times 10^8$ células	30 min de inoculação bacteriana + 48 h para colonização da pele pelas bactérias	Sim	—	Harris *et al.,* 2009

metabólitos capazes de inibir o crescimento de *Bd,* e na aplicação de peptídeos antimicrobianos isolados da pele de anfíbios resistentes ao *Bd.* Candidatos ao desenvolvimento de um probiótico geralmente são escolhidos entre a microbiota cultivável presente em hospedeiros tolerantes ao quitrídio, devendo ter a capacidade de inibir o crescimento de *Bd* ou de repelir o patógeno, tanto *in vitro,* quanto em um contexto ambiental, levando em consideração o ciclo de vida dos anfíbios. Além disso, devem ter a habilidade de resistir às defesas imunes do hospedeiro e se estabelecer entre a microbiota para contribuir na defesa antifúngica *in vivo,* sem causar danos ao anfíbio (Bletz *et al.,* 2013; Woodhams *et al.,* 2014). Em um contexto ambiental, o probiótico ideal deve ter efeitos mínimos fora da pele do hospedeiro e formar um sistema de auto-disseminação entre hospedeiro e ambiente (Bletz *et al.,* 2013).

Uma das bactérias que podem ser inoculadas na pele do anfíbio a ser tratado é *Janthinobacterium lividum* (Harris *et al.,* 2009). Esta bactéria é parte da microbiota residente da pele, mas quando se encontra em alta densidade produz um metabólito secundário (violaceína) capaz de inibir o crescimento de *Bd* (Brucker *et al.,* 2008) (Tabela 1). Além desta substância, outros dois metabólitos produzidos por bactérias, o 2,4-diacetilfloroglucinol e o indol-3-carboxaldeído, se mostraram eficientes em repelir zoósporos de *Bd* em experimento *in vitro* (Lam *et al.,* 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se escolher um método para tratar *Bd* e *Bs* deve-se levar em consideração diversos fatores, como a espécie de anfíbio, uma vez que as espécies podem possuir tolerâncias distintas (Lips *et al.,* 2003; Daszak *et al.,* 2004), a cepa de quitrídio, as quais podem apresentar virulências distintas (Farrer *et al.,* 2011) e o estágio de desenvolvimento do hospedeiro, uma vez que girinos, indivíduos recém-metamorfoseados e adultos apresentam diferenças em seus modos de vida (Wells, 2007) e diferenças quanto à susceptibilidade ao quitrídio (Bradley *et al.,* 2002). Este último caso é notório, dado que a maioria dos estudos foi realizada somente com adultos (Tabela 1).

Não há um tratamento ideal, devendo-se escolher o tratamento caso-a-caso. Por fim, os tratamentos aqui apresentados não são mutuamente exclusivos, isto é, podemos utilizar combinações entre tratamentos e cada combinação pode ter uma eficácia distinta (ver Woodhams *et al.,* 2014). Finalmente, o tratamento escolhido pode não eliminar por completo a infecção. Assim, recomendamos um exame pós-tratamento (ver métodos de diagnóstico em Lambertini *et al.,* 2013) para certificar-se de que a doença foi eliminada ou atenuada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Cybele Lisboa e ao Zoológico de São Paulo por conceder a fotografia utilizada no trabalho, à Denis O. V. Andrade e C. Guilherme Becker pela leitura de versões prévias do texto, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) por financiamento e bolsa de produtividade concedidos à L. Felipe Toledo (processos nº 405285/2013-2 e302589/2013-9, respectivamente), uma bolsa de iniciação científica (PIBIC) concedida a Paula Morão e à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado concedida a Luiz F. Moreno.

REFERÊNCIAS

Baitchman, E. J. e A. P. Pessier. 2013. Pathogenesis, diagnosis, and treatment of amphibian chytridiomycosis. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice,* 16: 669-685.

Banks, C. e H. McCracken. 2002. Captive management and pathology of sharp snouted day frogs, *Taudactylus acutirostris,* at Melbourne and Taronga zoos. *Em:* Queensland Frog Society, Queensland Museum. 2002. Frogs in the community. Proceedings of the Brisbane Symposium 13-14 February 1999. Natrass, A. E. O., Brisbane, Australia: 94-102.

Becker, M. H., R. N. Harris, K. P. Minbiole, C. R. Schwantes, L. A. Rollins-Smith, L. K. Reinert, R. M. Brucker, R. J. Domangue e B. Gratwicke. 2011. Towards a better understanding of the use of probiotics for preventing chytridiomycosis in Panamanian golden frogs. *Ecohealth,* 8: 501-506.

Becker, C. G., D. Rodriguez, L. F. Toledo, A. V. Longo, C. Lambertini, D. T. Corrêa, D. S. Leite, C. F. B. Haddad e K. R. Zamudio. 2014. Partitioning the net effect of host diversity on an emerging amphibian pathogen. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences,* 281: 20141796.

Berger, L., R. Speare, H. Hines, G. Marantelli, K. R. McDonald, L. F. Skerratt e M. J. Tyler. 2004. Effect of season and temperature on mortality in amphibians due to chytridiomycosis. *Australian Veterinary Journal,* 82: 434-438.

Berger, L., R. Speare, G. Marantelli e L. F. Skerratt. 2009. A zoospore inhibition technique to evaluate the activity of antifungal compounds against *Batrachochytrium dendrobatidis* and unsuccessful treatment of experimentally infected green tree frogs (*Litoria caerulea*) by fluconazole and benzalkonium chloride. *Research in Veterinary Science,* 87: 106-110.

Berger, L., R. Speare, A. Pessier, J. Voyles e L. F. Skerratt. 2010. Treatment of chytridiomycosis requires urgent clinical trials. *Diseases of Aquatic Organisms,* 92: 165.

Bradley, G. A., P. C. Rosen, M. J. Sredl, T. R. Jones, and J. E. Longcore. 2002. Chytridiomycosis in native Arizona frogs. *Journal of Wildlife Diseases,* 38: 206-212.

Bishop, P. J., R. Speare, R. Poulter, M. Butler, B. J. Speare, A. Hyatt, V. Olsen e A, Haigh. 2009. Elimination of the amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* by Archey's frog *Leiopelma archeyi. Diseases of Aquatic Organisms,* 84: 9-15.

Bletz, M. C., A. H. Loudon, M. H. Becker, S. C. Bell, D. C. Woodhams, K. P. Minbiole e R. N. Harris. 2013. Mitigating amphibian chytridiomycosis with bioaugmentation: characteristics of effective probiotics and strategies for their selection and use. *Ecology letters,* 16: 807-820.

Blooi, M., A. Martel, F. Haesebrouck, F. Vercammen, D. Bonte e F. Pasmans. 2015. Treatment of urodelans based on temperature dependent infection dynamics of *Batrachochytrium salamandrivorans. Scientific Reports,* 5: 8037.

Brannelly, L. A., C. L. Richards-Zawacki e A. P. Pessier. 2012. Clinical trials with itraconazole as a treatment for chytrid fungal infections in amphibians. *Diseases of Aquatic Organisms,* 101: 95.

Brannelly, L. A. 2014. Reduced itraconazole concentration and durations are successful in treating *Batrachochytrium dendrobatidis* infection in amphibians. *Journal of Visualized Experiments,* 85: e51166-e51166.

Brucker, R. M., R. N. Harris, C. R. Schwantes, T. N. Gallaher, D. C. Flaherty, B. A. Lam e K. P. Minbiole. 2008. Amphibian chemical defense: antifungal metabolites of the micro symbiont *Janthinobacterium lividum* on the salamander *Plethodon cinereus. Journal of Chemical Ecology,* 34: 1422-1429.

Chatfield, M. W. e C. L. Richards-Zawacki. 2011. Elevated temperature as a treatment for *Batrachochytrium dendrobatidis* infection in captive frogs. *Diseases of aquatic organisms,* 94: 235-238.

Daly, G., P. Johnson, G. Malolakis, A. Hyatt e R. Pietsch. 2008. Reintroduction of the Green and Golden Bell Frog *Litoria aurea* to Pambula on the south coast of New South Wales. *Australian Zoologist,* 34: 261-270.

Daszak, P., A. Strieby, A. A. Cunningham, J. E. Longcore, C. C. Brown e D. Porter. 2004. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. *Herpetology Journal,* 14: 201-207.

Farrer, R. A., L. A. Weinert, J. Bielby, T. W. Garner, F. Balloux, F. Clare, J. Bosch, A. A. Cunningham, C. Weldon, L. H. Preez, L. Anderson, S. L. K. Pond, R. Shahar-Golan, D. A. Henk e M. C. Fisher. 2011. Multiple emergences of genetically diverse amphibian-infecting chytrids include a globalized hypervirulent recombinant lineage. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* 108: 18732-18736.

Forzán, M. J., H. Gunn e P. Scott. 2008. Chytridiomycosis in an aquarium collection of frogs: diagnosis, treatment, and control. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine,* 39: 406-411.

Garner, T. W. J., G. Garcia, B. Carroll e M. C. Fisher. 2009. Using itraconazole to clear *Batrachochytrium dendrobatidis* infection, and subsequent depigmentation of *Alytes muletensis* tadpoles. *Diseases of Aquatic Organisms,* 83: 257-260.

Geiger, C. C., E. Küpfer, S. Schär, S. Wolf e B. R. Schmidt. 2011. Elevated temperature clears chytrid fungus infections from tadpoles of the midwife toad, *Alytes obstetricans. Amphibia-Reptilia,* 32: 276-280.

Geiger, C. C. e B. R. Schmidt. 2013. Laboratory tests of antifungal agents to treat tadpoles against the pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis. Diseases of Aquatic Organisms,* 103: 191-197.

Georoff, T. A., R. P. Moore, C. Rodriguez, A. P. Pessier, A. L. Newton, D. McAloose e P. P. Calle. 2013. Efficacy of treatment and long-term follow--up of *Batrachochytrium dendrobatidis* PCR-positive anurans following itraconazole bath treatment. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine,* 44: 395-403.

Groff, J. M., A. Mughannam, T. S. McDowell, A. Wong, M. J. Dykstra, F. L. Frye eR. P. Hedrick. 1991. An epizootic of cutaneous zygomycosis in cultured dwarf African clawed frogs (*Hymenochirus curtipes*) due to *Basidiobolus ranarum. Journal of Medical and Veterinary Mycology,* 29: 215-223.

Hanlon, S. M., J. L. Kerby e M. J. Parris. 2012. Unlikely remedy: Fungicide clears infection from pathogenic fungus in larval southern leopard frogs (*Lithobates sphenocephalus*). *PLoS ONE,* 7: e43573.

Hardy, B. M., K. L. Pope, J. Piovia-Scott, R. N. Brown e J. E. Foley. 2015. Itraconazole treatment reduces *Batrachochytrium dendrobatidis* prevalence and increases overwinter field survival in juvenile Cascades frogs. *Diseases of Aquatic Organisms,* 112: 243-250.

Harris, R. N., R. M. Brucker, J. B. Walke, M. H. Becker, C. R. Schwantes, D. C. Flaherty, B. A. Lam, D. C. Woodhams, C. J. Briggs, V. T. Vredenburg e K. P. Minbiole. 2009. Skin microbes on frogs prevent morbidity and mortality caused by a lethal skin fungus. *The ISME journal,* 3: 818-824.

Jones, M. E., D. Paddock, L. Bender, J. L. Allen, M. D. Schrenzel e A. P. Pessier. 2012. Treatment of chytridiomycosis with reduced-dose itraconazole. *Diseases of Aquatic Organisms,* 99: 243-249.

Lam, B. A., D. B. Walton e R. N. Harris. 2011. Motile zoospores of Batrachochytrium dendrobatidis move away from antifungal metabolites produced by amphibian skin bacteria. *Ecohealth,* 8: 36-45.

Lambertini, C., D. Rodriguez, F. B. Brito, D. S. Leite e L. F. Toledo. 2013. Diagnóstico do fungo quitrídio: *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Herpetologia Brasileira,* 2(1): 12-17.

Lips K. R., J. D. Reeve e L. R. Witters. 2003. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology,* 17: 1078-1088.

McInnes K. 1999. An investigation into the treatment of chytrid fungus in the larval stages of Australian amphibians. Tese de doutorado, Deakin University, Melbourne, Australia.

Nichols, D. K., E. W. Lamirande, A. P. Pessier e J. E. Longcore. 2000. Experimental transmission and treatment of cutaneous chytridiomycosis in poison dart frogs (*Dendrobates auratus* and *Dendrobates tinctorius*). *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians and International Association for Aquatic Animal Medicine Joint Conference:* 42-44.

Parker, J. M., I. Mikaelian, N. Hahn e H. E. Diggs. 2002. Clinical diagnosis and treatment of epidermal chytridiomycosis in African clawed frogs (*Xenopus tropicalis*). *Comparative Medicine,* 52: 265-268.

Piotrowski, J. S., A. S. Annis e J. E. Longcore. 2004. Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis,* a chytrid pathogen of amphibians. *Mycologia,* 96: 9-15.

Retallick, R. W. e V. Miera. 2007. Strain differences in the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis* and non-permanent, sub-lethal effects of infection. *Diseases of Aquatic Organisms,* 75: 201.

Tamukai, K., Y. Une, A. Tominaga, K. Suzuki e K. Goka. 2011. Treatment of spontaneous chytridiomycosis in captive amphibians using itraconazole. *Journal of Veterinary Medical Science,* 73: 155-159.

Une, Y., K. Matsui, K. Tamukai e K. Goka. 2012. Eradication of the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in the Japanese giant salamander *Andrias japonicus*. *Diseases of Aquatic Organisms,* 98: 243-247.

Wells, K. D. 2007. The Ecology and Behavior of Amphibians. The University of Chicago Press, Chicago, Estados Unidos, 1148 pp.

Woodhams, D. C., R. A. Alford e G. Marantelli. 2003. Emerging disease of amphibians cured by elevated body temperature. *Diseases of Aquatic Organisms,* 55: 65-67.

Woodhams, D. C., J. Bosch, C. J. Briggs, S. Cashins, L. R. Davis, A. Lauer, E. Muths, R. Puschendorf, B. R. Schmidt, B. Sheafor e J. Voyles. 2011. Mitigating amphibian disease: strategies to maintain wild populations and control chytridiomycosis. *Frontiers in Zoology,* 8: 8.

Woodhams, D. C., C. C. Geiger, L. K. Reinert, L. A. Rollins-Smith, B. Lam, R. N. Harris, C. J. Briggs, V. T. Vredenburg e J. Voyles. 2012. Treatment of amphibians infected with chytrid fungus: learning from failed trials with itraconazole, antimicrobial peptides, bacteria, and heat therapy. *Diseases of Aquatic Organisms,* 98: 11.

Woodhams, D. C., H. Brandt, S. Baumgartner, J. Kielgast, E. Küpfer, U. Tobler, L. R. Davis, L. R. Benedikt, R. Schmidt, C. Bel, S. Hodel, R. Knight e V. McKenzie. 2014. Interacting symbionts and immunity in the amphibian skin mucosome predict disease risk and probiotic effectiveness. *PLoS ONE,* 9: e96375.



Hypsiboas prasinus, **Ponta Grossa, PR - Foto:** Magno Segalla.

Trazendo a biologia de girinos para o século 21: resultados e metas do Primeiro Workshop Internacional sobre Girinos

Denise de C. Rossa-Feres[1], Matthew Venesky[2], Fausto Nomura[3], Paula C. Eterovick[4], Maria Florencia Vera Candioti[5], Marcelo Menin[6], Flora A. Juncá[7], Luis C. Schiesari[8], Célio F. B. Haddad[9], Michel V. Garey[10], Luciano A. dos Anjos[11], Richard Wassersug[12,13]

[1] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia e Botânica. Rua Cristovão Colombo, 2.265, Jadim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil.*
[2] *Department of Biology, Allegheny College, 520 N Main St, Meadville, Pennsylvania 16335, U.S.A.*
[3] *Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Departamento de Ecologia. Rodovia Goiânia-Nerópolis, km 5, Sítio Itatiaia, CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.*
[4] *Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC). Avenida Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, CEP 30535-610, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
[5] *CONICET. Crisóstomo Álvarez 722, 4000 San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.*
[6] *Universidade Federal do Amazonas (FAM), Departamento de Biologia. Avenida Rodrigo Otávio, 3.000, Coroado, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil.*
[7] *Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil.*
[8] *Universidade de São Paulo (USP), Escola de Artes Ciências e Humanidades, Gestão Ambiental. Rua Arlindo Bettio, Vila Guaraciaba, CEP 03828-000, São Paulo, SP, Brasil.*
[9] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia. Avenida 24 A, 1.515, Jardim Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.*
[10] *Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). A/C Parque Tecnológico Itaipu, Avenida Tancredo Neves, 6.731, Conjunto B, CEP 85867-970, Foz do Iguaçú, PR, Brasil.*
[11] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Biologia e Zootecnia. Rua Monção, 226, Zona Norte, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.*
[12] *Sir Charles Tupper Medical Building, Department of Medical Neuroscience, Dalhousie University, 6299 South St, Halifax, Nova Scotia B3H 4R2, Canada.*
[13] *Department of Urologic Sciences, Gordon & Leslie Diamond Care Centre, University of British Columbia, 2329 West Mall, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4, Canada.*

APRESENTAÇÃO

Girinos são tão comuns e frequentes quanto pouco conhecidos, seja em relação a taxonomia, comportamento ou a história natural. Apesar do Brasil abrigar a maior diversidade de anuros do mundo, com quase mil espécies conhecidas (Segalla *et al.,* 2014), os girinos de muitas espécies ainda são desconhecidos. Esse problema não é exclusivo do Brasil. No começo do século, aproximadamente ⅔ das quase 3.300 espécies de anuros com estágio larval não tinham seus girinos descritos (McDiarmid & Altig, 1999). A proporção de espécies neotropicais com girinos livre-natantes ainda não descritos é estimada em cerca de 40% (Provete *et al.,* 2012).

Como essa fase do ciclo de vida complexo dos anuros é particularmente pouco estudada nos neotrópicos, grandes e importantes lacunas de conhecimento em fisiologia, morfologia, comportamento e ecologia são facilmente detectadas. O histórico das pesquisas com girinos no Brasil revela uma predominância de estudos descritivos sobre morfologia, história natural e padrões de distribuição temporal e espacial (Andrade *et al.,* 2007). Apenas recentemente estudos sobre processos em comunidades começaram a incluir girinos (Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015) e os estudos filogenéticos cada vez mais incluem caracteres larvários (Haas, 2003; Frost *et al.,* 2006).

Estudos descritivos formam a base de todo conhecimento biológico e embasam hipóteses sobre processos ecológicos e evolutivos. Entretanto, considerando a extensa e heterogênea paisagem brasileira, a maioria dos estudos descritivos sobre estrutura de comunidades ainda são restritos a escalas geográficas locais (*e.g.,* Vasconcelos *et al.,* 2009; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). Para prever os impactos de alterações no uso e cobertura da terra e de mudanças climáticas sobre os anuros em escalas espaciais amplas, precisamos inicialmente identificar os padrões existentes nos diferentes biomas e ecossistemas associados, ou seja, precisamos compreender e diferenciar variação natural das decorrentes de respostas às alterações nas paisagens causadas por atividades antrópicas. Estudos experimentais complementam nosso conhecimento sobre história natural, pois possibilitam testes de hipóteses. Entretanto, estudos de natureza experimental são raros no Brasil (Rossa-Feres *et al.,* 2011), a despeito do fato que girinos constituem um importante sistema-modelo em ecologia experimental já há cerca de meio século (revisão em Wilbur, 1997).

Para compreender o destino dos anuros no Brasil e proteger sua grande diversidade natural, necessitamos de estudos experimentais que explorem processos ecológicos em várias escalas espaciais. Estes estudos são fundamentais para nosso avanço em direção a uma ecologia preditiva e para estabelecer planos efetivos de conservação dos anuros (Rossa-Feres *et al.,* 2011). Porém, é necessário salientar que os estudos descritivos continuam necessários, pois muito pouco sabemos acerca, por exemplo, da biologia e do comportamento dos girinos.

Nesse contexto, o primeiro "Tadpoles International Workshop" foi realizado em 16 e 17 de março de 2015, na UNESP de São José do Rio Preto, SP. Sua finalidade foi reunir especialistas nessa fase da vida dos anuros para compartilhar informações e *insigths* por meio de palestras e discussões. Questões importantes em biologia e ecologia de girinos foram exploradas, como: (1) Em que o conhecimento sobre girinos pode contribuir para entendermos a diversidade de anuros no Brasil? (2) Qual o grau de variação morfológica inter

e intra-específica em girinos? (3) Qual a relação entre morfologia, filogenia e ecologia em comunidades de girinos? (4) O que dificulta o avanço nas pesquisas experimentais com girinos no Brasil e os estudos em escalas geográficas mais amplas? (5) Como doenças, parasitas e alterações no uso e cobertura da terra estão impactando comunidades de girinos no Brasil? (6) Quais os principais processos evolutivos e ecológicos que estruturam comunidades de girinos em diferentes biomas brasileiros? (7) Em que esse conhecimento pode contribuir para a capacidade preditiva de respostas às mudanças climáticas e de uso da terra?

Obviamente, questões como essas são complexas e englobam diferentes áreas do conhecimento. Nossa intenção, portanto, foi a de estabelecer um fórum para a discussão de conceitos e ideias aplicadas aos girinos, o qual evidenciou a importância dos estudos desta fase de vida dos anuros para o corpo teórico da zoologia e outras ciências, como ecologia e biogeografia. É nossa expectativa que a discussão iniciada neste Workshop possa ser um catalisador para a formação de programas de pesquisa multidisciplinares em biologia e ecologia de girinos. A seguir, apresentamos um breve resumo das palestras apresentadas.

RESUMOS DAS PALESTRAS

Eles não parecem sapos e não parecem peixes; então porque os girinos são desse jeito?

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canadá

Nesta palestra eu apresentei os girinos e sua diversidade. Primeiro eu explorei os recursos comuns de larvas de anuros que os distinguem de peixes e rãs. A seguir, eu examinei as adaptações dos girinos para respiração de ar, alimentação e natação. Estas adaptações foram exploradas considerando a necessidade dos girinos terem um bom desempenho na água, ainda que, rapidamente, completem a metamorfose e tornem-se animais terrestres.

Girinos são obrigatoriamente metamórficos e tem uma existência transitória no ambiente aquático. Eles precisam metamorfosear-se rapidamente pois, como indivíduos em transição, não são eficazes nem na natação nem em saltar. O fato de possuírem uma cauda sem vértebras permite uma rápida metamorfose e lhes confere grande flexibilidade. Isso significa que eles tem grande aceleração angular, o que facilita a fuga de predadores.

O disco oral dos girinos tem função não somente na alimentação, mas também na respiração de ar. Quando um girino abre sua boca na superfície da água, o disco oral é simultaneamente projetado para a frente ao redor da boca, evitando que a água entre. Isso permite aos girinos aspirarem o ar rapidamente, reduzindo o período de tempo que permanecem na superfície, logo, sob o risco de ataque de predadores aéreos. Os dentes labiais dos girinos tanto ancoram o disco oral em uma superfície durante o forrageio quanto ajudam na raspagem da superfície, produzindo uma suspensão de material que é aspirado para dentro da boca durante a alimentação.

Embora a forma de um girino, com corpo globoso e cauda achatada, intuitivamente pareça ser menos eficiente do que a forma mais simples dos peixes, a modelagem dinâmica de fluidos mostra que essa forma não é necessariamente ineficiente. Ela permite o desenvolvimento de membros posteriores sem um aumento substancial na resistência, que os girinos iriam sofrer se tivessem que desenvolver membros posteriores tendo o formato de um peixe. A posição característica onde os membros posteriores se desenvolvem, num recuo na parte posterior do corpo e na base da cauda, é uma zona de "água morta". Enquanto ela permite o desenvolvimento dos membros sem adicionar muita resistência, funciona como uma zona de segurança, de onde é difícil para os girinos eliminar ou impedir a fixação de parasitas aquáticos. Isto pode explicar porque muitos parasitas nematóides penetram nos girinos por esta parte do corpo.

Coisas estranhas e maravilhosas sobre girinos.

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canadá

Não é óbvio como os girinos conseguem gerar tanta pressão nem nadar tão rápido considerando o quão macias e flexíveis são suas caudas. Além disso, a natação dos girinos é caracterizada por uma série de oscilações laterais na região do focinho, que intuitivamente parecem tornar a natação pouco eficiente. No entanto, a cauda flexível dos girinos facilita a execução de pequenos giros e uma grande aceleração angular. As oscilações de grande amplitude no focinho significam que os girinos são mudando de direção o tempo todo, enquanto nadam em linha reta. Assim, as oscilações laterais podem tornar o seu caminho imprevisível, ajudando a evitar ataques de predadores.

Em velocidades modestas (< 5 Hz para os girinos de *Lithobates*) a cauda pode agir como um chicote quando os girinos nadam em linha reta, não havendo necessidade de produzir ondas de contração muscular ao longo da cauda. Entretanto, em velocidades maiores (> 6 Hz) é necessária a ativação muscular, para proporcionar a rigidez postural que controla (isto é, limita) excessivas deflexões laterais. A extremidade da cauda dos girinos auxilia na locomoção, mas por causa da pequena quantidade de músculo, não proporciona muito impulso. Antes, a extremidade da cauda pode agir passivamente, como a cauda de uma pipa, para controlar a deformação lateral excessiva.

A extremidade da cauda dos girinos também pode atuar como um chamariz para atrair ataques de predadores para longe do corpo, onde os mesmos seriam letais. Alguns girinos podem apresentar extremidades da cauda coloridas e brilhantes em habitats com grande concentração de predadores.

Por último, as nadadeiras da cauda dos girinos são viscoelásticas, o que significa que quando eles são esmagados por predadores aquáticos do tipo senta-e-espera, tais como náiades de libélula, elas podem esticar e rasgar facilmente, permitindo

que o girino se afaste com perda mínima de tecido. Ainda sob outras condições de pressão, as nadadeiras podem ser rígidas e pouco elásticas. Testes biomecânicos das nadadeiras da cauda dos girinos de *Lithobates* da América do Norte mostraram que as nadadeiras são mais rígidas em alta velocidade, como seria de se esperar quando os girinos precisam escapar da perseguição por um predador que nade rápido.

Como construir um girino: variações espaciais e temporais durante a ontogenia inicial dos anuros.

Maria Florencia Vera Candioti,
CONICET, Tucumán, Argentina

O desenvolvimento inicial nos anuros é extremamente interessante porque, nesta etapa, começam a se desenvolver estruturas tipicamente larvais (por ex., o disco oral) e aparecem estruturas exclusivas e transitórias, que geralmente desaparecem perto da eclosão e, portanto, não têm influência nos planos corporais da larva e adulto. Faço, nesta apresentação, um resumo dos resultados obtidos por nosso grupo de trabalho relativo à estudos comparativos em vários destes caracteres. 1) O disco oral em Leiuperinae. Nossos estudos mostram que a variação interespecífica das configurações orais das larvas pode ser o resultado de vias de desenvolvimento diferentes, mas também de mudanças heterocrônicas em vias compartilhadas; comparamos estes resultados com larvas de outras famílias com configurações similares e com larvas que possuem fórmulas dentarias maiores e menores. 2) Variações estruturais e mudanças na sequência de desenvolvimento das glândulas adesivas, glândulas de eclosão, brânquias externas e ciliação corporal. Como em estudos prévios, nossos resultados também mostram grandes variações nestes caracteres (por ex., tipos morfogenéticos de glândulas adesivas, número de pares de brânquias externas, persistência da ciliação) em diferentes níveis taxonómicos (interespecífico, inter-familiar), em muitos dos casos, relacionados com aspectos ecológicos (modo de ovoposição, local de desenvovimento dos embriões). 3) A cauda em Brachycephaloidea. Os poucos estudos comparativos da estrutura e ontogenia da cauda em embriões de desenvolvimento direto, mostram mudanças nas taxas de desenvolvimento e no arranjo espacial das aletas relativo ao eixo muscular da cauda, nas espécies de pelo menos duas famílias do clado. 4) Desenvolvimento de novidades. O estudo comparativo da ontogenia inicial de caracteres de modo convergente em algumas linhagens (*p. ex.,* ventosas abdominais, apêndices cutâneos) pode revelar restrições funcionais e de desenvolvimento, ou identificar alternativamente, soluções morfológicas diferentes para funções similares.

A grande variação no desenvolvimento dos girinos e das estruturas embrionárias elucidada até o momento indica a necessidade de investigar a variação em grupos pouco conhecidos e sugere que um estudo mais aprofundado destas estruturas em outros táxons pode ajudar a avançar a nossa compreensão sobre a influência da filogenia e da ecologia na variação no desenvolvimento dos girinos.

Diversidade da helmintofauna de anfíbios e as suas implicações para estudos de conservação.

Luciano Alves dos Anjos,
UNESP – Ilha Solteira, SP

Embora a maior diversidade de espécies biológicas no nosso planeta esteja concentrada nas regiões tropicais, as biotas dessas áreas tropicais ainda são relativamente subamostradas. Soma-se a este, o fato que o número de organismos recém descobertos está desaparecendo mais rapidamente do que o número de descrições de novos organismos. Dentro do grupo de espécies pouco amostradas destacamos os helmintos parasitas de anfíbios, que representam um verdadeiro "zoológico invisível", uma vez que os parasitas representam uma "diversidade oculta" dentro da diversidade que estamos acostumados a ver "a olho nú". Apenas uma pequena parte desta diversidade de parasitas é de importância médica ou veterinária, o restante constitui uma parte importante da biodiversidade em todos os ecossistemas, contribuindo para a manutenção da diversidade local de hospedeiros e das funções ecossistêmicas. Além disso, por estarem intimamente relacionados à biologia e ecologia dos seus hospedeiros, atuam na regulação de populações e comunidades biológicas. Embora o Brasil apresente a maior diversidade mundial de anfíbios com mais de 940 espécies descritas, a fauna de helmintos associada é conhecida para apenas cerca de 60 a 80 espécies de anuros.

A fauna parasitária associada a girinos é praticamente desconhecida no Brasil. Espécies de anfíbios que utilizam corpos d'água em alguma fase do seu ciclo de vida, para reprodução ou forrageamento, estão mais susceptíveis à infecção por helmintos, principalmente os trematódeos digenéticos, cujas larvas infectam os girinos. Aspectos da biologia e ecologia do anuros tais como modo reprodutivo, tipos de larvas e habitat estão intimamente relacionados com a helmintofauna associada. Por sua vez, essa helmintofauna é dependente da comunidade local de hospedeiros e das condições e qualidade ambiental à qual essa comunidade está exposta. A interação entre helmintos e anfíbios representa um excelente modelo de estudos para avaliar estresse ambiental, conservação das espécies envolvidas e mesmo aspectos históricos e biogeográficos dos anfíbios envolvidos.

Integrando biologia dos organismos e ecologia de populacões no estudo da quitridiomicose em anfíbios.

Matthew D. Venesky,
Allegheny College, Meadville PA, USA

Patógenos infecciosos emergentes acarretam custos tremendos sobre a vida selvagem, a saúde humana e a sociedade. Em particular, fungos patogênicos têm causado alguns dos maiores eventos de mortalidade nos tempos modernos e representam uma ameaça desproporcionalmente maior para a biodiversidade vegetal e animal do que qualquer outro grupo de agentes patogênicos. O fungo quitrídio dos anfíbios (*Batrachochytrium dendrobatidis;* "Bd") é de grande preocupação porque é o agente causal de centenas de declínios populacionais

e extinções de anfíbios. Em girinos, Bd infecta unicamente as peças queratinizadas do aparelho oral e provoca deformidades e perda de dentículos, que podem levar a uma redução nos atributos associados com sobrevivência (por exemplo, o crescimento e as taxas de desenvolvimento).

Em girinos bentônicos (*Bufo americanus*) e nectônicos (*Hyla versicolor*) as infecções por *Bd,* e a subsequente perda de dentículos, levam o disco oral de girinos a escorregar para fora da superfície onde estão se alimentando, impedindo-os de forragearem de forma eficiente. Isso resulta em redução do consumo de alimentos em ambas as espécies, o que algumas vezes é evidente ao longo da maior parte do período de desenvolvimento dos girinos. Além disso, o consumo de alimentos é linearmente correlacionado com a intensidade de infecção por *Bd,* e girinos com maiores taxas de infecção consomem menos alimento do que girinos com menores taxas de infecção.

Em comunidades de girinos, as espécies diferem em sua resistência ao *Bd,* em parte porque as espécies se comportam de forma diferente e também porque há variação no número de peças bucais queratinizadas. Para testar como esta variação afeta o resultado dessa infecção, demonstrei que um girino filtrador (*Gastrophryne carolinensis,* que não possui peças bucais queratinizadas) remove zoósporos de Bd da água, enquanto que um girino que se alimenta raspando algas de substratos (*Bufo terrestris,* que tem muitas peças bucais queratinizadas) não remove zoósporos. Além disso, girinos de *B. terrestris* apresentaram as taxas mais altas de infecção por *Bd.* Devido a estas diferenças biológicas, quando girinos de *G. carolinensis* foram mantidos em comundiades de duas ou três espécies, eles diluiram a intensidade de infecção por *Bd.* Em contrapartida, sempre que girinos de *B. terrestris* foram mantidos nas mesmas comunidades, eles amplificaram a intensidade de infecção por *Bd.* Os dados de campo de prevalência de Bd ao longo do continente norte-americano revelam padrões similares aos dos experimentos de laboratório, indicando que os resultados são robustos e ecologicamente relevantes.

Além disso, estudos recentes sobre infecção por Bd em girinos indicam que a evolução dessa doença é dependente de condições do hospedeiro. Em um experimento de laboratório, demonstrei que a quantidade de proteína na dieta pode ter grande impacto sobre os atributos imunológicos do hospedeiro e que os girinos alimentados com uma dieta pouco proteica têm baixa resistência ao *Bd.* Estes resultados ressaltam a importância de testar a evolução das doenças sob uma variedade de configurações ecológicas, e reforçam a necessidade de vincular as condições do hospedeiro com parâmetros fisiológicos/imunológicos quando estudamos doenças infecciosas.

Diversidade de girinos no Brasil.

Michel Varajão Garey,
Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, PR

O que sabemos a respeito da diversidade de girinos no Brasil? Atualmente, são conhecidas 1.026 espécies de anfíbios no Brasil, das quais 988 pertencem à ordem Anura. A riqueza de anuros entre os diferentes biomas não é uniforme. O bioma que abriga a maior riqueza de anuros é a Mata Atlântica, seguida da Amazônia, depois Cerrado, Caatinga, Pampas e, por fim, o Pantanal. Nos biomas maios ricos em espécies de anuros (Mata Atlântica e Amazônia) encontramos também o maior numero de espécies com modos reprodutivos independentes de corpos d'água (por exemplo, famílias Brachycephalidae e Craugastoridae). No Brasil, 793 espécies possuem girinos aquáticos, das quais apenas 495 espécies (62%) tem os girinos formalmente descritos.

O que sabemos a respeito da distribuição dos girinos no Brasil? Atualmente sabemos que fatores bióticos e abióticos influenciam a distribuição da riqueza e a composição das assembleias de girinos. Fatores abióticos (características ambientais), como o tipo de ambiente (lêntico ou lótico), atuam como filtros ecológicos influenciando a seleção de habitat das espécies e, consequentemente, influenciam a riqueza e composição das espécies que irão ocorrer nesses ambientes. Diversos estudos têm esclarecido como as características estruturais do habitat influenciam a riqueza e composição das assembleias de girinos. Os principais filtros parecem ser o hidroperíodo e a cobertura de dossel. Entretanto, outros fatores como a quantidade de vegetação aquática, diversidade de microhabitats e características físico-químicas da água também parecem ser importantes em algumas assembleias. Além disso, o arcabouço teórico recentemente fornecido pela teoria de metacomunidades possibilitou detectar a influência de fatores espaciais (*e.g.,* distância entre corpos d'água) na estruturação das assembleias. O número de estudos realizados à luz da teoria de metacomunidades envolvendo assembleias de girinos tem aumentando significativamente, o que tem ajudado a compreender o papel de fatores relacionados ao nicho e a processos neutros na distribuição espacial dos girinos.

Com base em tudo o que foi exposto, qual é o futuro dos estudos envolvendo as assembleias de girinos? Um importante desafio a ser enfrentado é entender como os processos de deriva, seleção, dispersão e especiação geram e mantêm os padrões de riqueza e composição de espécies. As abordagens fundamentadas na ecologia funcional e filogenética são importantes, e a pesquisa nessas áreas está aumentando e pode nos ajudar a compreender melhor o que origina e regula a estrutura de comunidades de girinos. Entretanto, existe uma grande escassez de estudos com essas abordagens em assembleias de girinos. A união dessas ferramentas em análises de metacomunidades parece ser um futuro promissor dentro da ecologia de comunidades e sustenta a expectativa de um avanço na nossa compreensão sobre ecologia de comunidades de girinos.

Fatores espaciais e ambientais determinando a estrutura de comunidades de girinos na Amazônia Central: efeitos da escala e do habitat.

Marcelo Menin,
Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM

A estrutura de comunidades de girinos pode ser afetada por fatores bióticos (*p. ex.,* competição, predação), abióticos (*p. ex.,*

características físicas e químicas da água, estrutura das poças, hidroperíodo), temporais (*p. ex.,* sazonalidade das variáveis climáticas), espaciais (a localização e a distância dos corpos d'água) e históricos (processos biogeográficos, os quais formam o *pool* regional de espécies). Características físicas e químicas da água (*p. ex.,* pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido), são consideradas importantes determinantes para comunidades de organismos aquáticos em geral e especificamente influenciam comunidades de girinos. A condutividade elétrica e a temperatura influenciam comunidades de girinos que vivem em bancos de macrófitas em lago da Amazônia. Em estudo recente na mesma área, o número de poças e a largura da área inundável pelos riachos de florestas de terra firme foram fortemente relacionados à riqueza de espécies.

Como os girinos são presas para uma variedade de espécies de vertebrados e invertebrados, os predadores também podem afetar a estrutura da comunidade de girinos em diferentes habitats aquáticos. Na Amazônia Central, estudos conduzidos em poças encontradas nas margens dos riachos indicaram que as comunidades de girinos são reguladas pelas comunidades de predadores. Por outro lado, a densidade de predadores não foi um fator biótico importante quando estudos foram conduzidos em escala espacial mais ampla, tanto em poças de florestas de terra firme quanto em lagos. De acordo com os estudos conduzidos na Amazônia Central, a influência de predadores sobre a riqueza e composição de espécies nas comunidades de girinos permanece indefinida, mas pode estar relacionada à escala espacial e às diferenças entre os habitats estudados.

Portanto, precisamos promover avanços no entendimento dos padrões e processos que atuam na estrutura das comunidades de girinos na Amazônia. Uma abordagem integrativa combinando diversidade filogenética e funcional pode ajudar a compreender melhor a importância da composição de espécies em termos evolutivos, aumentando as chances que medidas de conservação baseadas neste conhecimento possam ser efetivas para a proteção da diversidade de anfíbios na Amazônia.

Girinos de ecótones semiáridos.

Flora Acuña Juncá,
Universidade Estadual de Feira de Santana,
Feira de Santana, BA

A região semiárida do Brasil tem uma área de mais de 982.000 km^2 e abrange 1.133 municípios. A vegetação inclui diferentes formações, principalmente de Caatinga, mas também ocorrem áreas de florestas, campos rupestres e cerrados. Nessas áreas, a precipitação não ultrapassa 800 mm. No estado da Bahia, cuja extensão é cerca de 560.000 km^2, o semiárido representa a principal porção, embora haja um percentual menor de Mata Atlântica a leste. Em ambas as formações, Caatinga ou Mata Atlântica, o conhecimento da fase larval dos anuros pode representar um diferencial para o reconhecimento da riqueza das espécies locais. Na Mata Atlântica, os adultos de muitas espécies são de dossel, sendo de difícil coleta, enquanto que na caatinga, muitas espécies tem reprodução explosiva, e os adultos desaparecem dos ambientes de reprodução em seguida. Nos dois casos, os girinos são de acesso mais fácil. Entretanto, o reconhecimento taxonômico das larvas de anuros é ainda incipiente.

Em outro contexto, voltado a ambientes semiáridos da região Nordeste do Brasil, destaca-se a imprevisibilidade e heterogeneidade dos ambientes aquáticos. Estas duas características poderiam determinar a riqueza de espécies e os ecomorfotipos de girinos associados. Então, para aumentar o conhecimento taxonômico e ao mesmo tempo iniciar um estudo sobre ecomorfotipos e condições ecológicas associadas aos girinos de ambiente semiárido, deu-se início a um estudo no município de Maracás, estado da Bahia. Foram amostrados 30 ambientes aquáticos e coletados girinos e predadores potenciais. A metodologia de coleta e medidas morfológicas foi padronizada segundo protocolos do projeto SISBIOTA Girinos. Foram tomadas 18 medidas em, no mínimo, cinco girinos de cada espécie. Foram reconhecidas 24 espécies distribuídas em seis famílias. Através de uma análise de componentes principais (PCA), foram reconhecidos 7 ecomorfotipos: carnívoro (1 espécie), macrófago (3 espécies), nectônico (6 espécies), raspador de suspensão (2 espécies), raspador (2 espécies), filtrador de suspensão (1 espécie) e bentônico (10 espécies). Bentônico foi o ecomorfotipo mais diverso e foi possível separar, através do PCA, quatro subtipos. As características morfológicas que diferenciaram esses subtipos foram largura da musculatura e comprimento da cauda, e altura das nadadeiras. Dois subtipos puderam ser relacionados a ambientes rasos, um subtipo a ambientes fundos e um subtipo ao ambiente de correnteza. Nos 30 pontos amostrais, o número de espécies variou de 1 a 8 e o número de ecomorfotipos de 1 a 6. Entretanto, a heterogeneidade da vegetação, o número de predadores, a profundidade e área do corpo d'água não explicaram a riqueza de espécies ou o número de ecomorfotipos presentes. Outros fatores, portanto, poderiam estar envolvidos na determinação do número de espécies ou ecomorfotipos.

Anuros isolados em um mundo superpovoado: quanta ocupação humana eles podem suportar?

Paula Cabral Eterovick,
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Belo Horizonte, MG

Declínios populacionais de anfíbios ocorrem em todo o mundo, sendo suas principais causas relacionadas a atividades humanas que promovem destruição/fragmentação de habitats, tais como agricultura, pecuária, mineração, queimadas e desenvolvimento urbano. O Brasil é o país mais rico no mundo em espécies de anfíbios, porém suas regiões de maior riqueza estão sofrendo altas taxas de degradação de habitats. No entanto, existem poucos relatos confiáveis de declínios de anfíbios. Sendo assim, é importante que sejam desenvolvidos métodos capazes de detectar deterioração da saúde das populações de anfíbios antes que declínios severos ocorram.

Com este propósito, nós testamos o uso de medidas de assimetria flutuante (AF) em girinos e anuros adultos, assim como

estimativas de heterozigosidade para detectar stress de origem antrópica nas populações. Nossa hipótese é que uma maior ocupação humana na paisagem resultaria em condições mais estressantes para anfíbios anuros. O estudo foi conduzido da Cadeia do Espinhaço no sudeste do Brasil, usando como modelo a perereca endêmica *Bokermannohyla saxicola* (Hylidae).

Os níveis de AF de girinos e adultos diferiram significativamente entre localidades, porém não houve relação entre os níveis de AF e as alterações causadas pela ocupação humana na paisagem. A heterozigosidade, por outro lado, foi inversamente relacionada a AF em anuros adultos, tendendo a diminuir com o aumento da ocupação humana na paisagem. Nossa principal conclusão foi que a heterozigosidade reduzida pode ter como causa a ocupação humana (entre outras causas) e é relacionada a AF, indicando altos níveis de stress em populações de *Bokermannohyla saxicola*.

Girinos como organismos modelo para compreender as consequências do uso e manejo da terra sobre a biodiversidade.

Luis Cesar Schiesari,
Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

A conciliação da produção agrícola com a conservação da biodiversidade dependerá de aumentar o valor de paisagens agrícolas como habitat e/ou como matriz de dispersão para a biodiversidade. Para isso precisamos entender melhor como o uso e manejo da terra influencia a biodiversidade. Propomos que girinos (e organismos cercando girinos em teias alimentares aquáticas) constituem um excelente sistema de estudo para avaliar as consequências do uso e manejo da terra para a biodiversidade. Na verdade, por mais de 40 anos larvas de anfíbios têm sido utilizadas como sistemas-modelo em ecologia de comunidades pela sua tratabilidade experimental, e pela possibilidade de manipulação em condições de laboratório, mesocosmos, e campo. Mais recentemente, larvas de anfíbios se tornaram sistemas-modelo em estudos ecotoxicológicos (e. g., FETAX), e em estudos na interface da ecologia e da ecotoxicologia.

Nós conduzimos amostragens de habitat e comunidades biológicas em corpos d´água lênticos distribuídos ao longo de gradientes de intensidade de uso da terra no interior de São Paulo (Floresta Atlântica Estacional Semi-Decídua/cerradão < pastagens < canaviais) e nas Cabeceiras do Xingu (Floresta de Transição Cerrado/Mata Amazônica < pastagens < plantações de soja). O sistema de estudo compreendeu algas como produtores, girinos como consumidores e organismos focais, e peixes e insetos aquáticos como predadores. Simultaneamente, conduzimos experimentos em laboratório, mesocosmos e campo manipulando o mesmo sistema de estudo para entender melhor os vetores de alteração ambiental responsáveis pelos padrões observados em campo. Documentamos um forte sinal de uso e manejo da terra sobre a diversidade de girinos. No entanto, este sinal foi muito diferente em terras convertidas para cana-de-açúcar e para soja. Canaviais foram empobrecidos em relação ao cerrado, mas abrigaram várias espécies de girinos e insetos, sendo portanto permeáveis e/ou funcionando como habitat para ao menos uma fração da biodiversidade aquática. Em contraste, relativo à floresta, campos de soja foram enriquecidos em espécies de anfíbios mas desprovidos de insetos. Estes efeitos ocorreram porque a conversão da terra efetivamente criou habitats pela compactação do solo, e porque a pesada aplicação de pesticidas afeta predadores invertebrados mais do que girinos. Mesmo assim, experimentos de laboratório manipulando ovos, embriões e larvas demonstraram efeitos letais e subletais de pesticidas e fertilizantes nitrogenados mesmo quando manipulados nas doses de aplicação recomendadas pelos fabricantes. A resposta da fauna de anfíbios ao uso e manejo da terra aparenta ser influenciada por 1) características regionais como fitofisionomia, estrutura do solo e sazonalidade, 2) características ambientais no nível da paisagem como estrutura e tipo da paisagem, e intensidade de uso da terra, e 3) a identidade e atributos das espécies representadas na comunidade.

Ecomorfologia de girinos e morfometria geométrica.

Fausto Nomura,
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

A origem e o significado da diversidade morfológica de girinos têm despertado a curiosidade de herpetólogos desde os trabalhos de Orton (1943) e Starrett (1973), entre outros. Entretanto, apenas partir do trabalho de Altig & Johnston (1989) que o conceito de ecomorfologia foi introduzido no vocabulário de qualquer pesquisador que trabalhe com girinos. Neste artigo, os autores definiram diversas guildas ecomorfológicas, que hoje são utilizadas como uma forma de classificar tipos morfológicos em girinos mas sem o cuidado, como sugerido pelos autores, de se verificar a devida correspondência da forma com alimentação, hábito etc. Isso pode originar diversos erros relacionados a suposições errôneas sobre os hábitos (alimentares, de ocorrência etc.) dos girinos que, consequentemente, podem contaminar estudos ecológicos, biogeográficos e de investigação de outros padrões.

Existem diferentes abordagens para a exploração das relações ecomorfológicas entre organismos, mas enfatizei as abordagens para descrição da variação morfológica entre indivíduos (ou populações, espécies etc.): a morfometria tradicional (contagens, comprimento, largura etc.), índices ecomorfológicos (razões entre comprimentos etc.) e a morfometria geométrica (conjunto de coordenadas). Aparentemente, a morfometria tradicional tende a superestimar a influência de efeitos filogenéticos, enquanto a morfometria geométrica é mais precisa. Os índices ficariam no meio do caminho. Entretanto, a morfometria geométrica é muito sensível a variação morfológica, sendo mais precisa para registrar variações pequenas do que grandes mudanças morfológicas (por exemplo, a torção da boca em *Phasmahyla,* a ausência de narinas em Microhylidae ou espiráculos em posição ventral). Independentemente da técnica, também existem algumas dificuldades para se gerar e testar hipóteses tendo como base a ecomorfologia, como a dificuldade

de se representar alguns comportamentos para os quais ainda não existem estruturas morfológicas especializadas e para representar a plasticidade fenotípica.

Girinos nos trópicos: o que sabemos e o que podemos aprender nas próximas décadas?

Considerando o conhecimento atual sobre girinos neotropicais, o Workshop foi encerrado com uma Discussão Aberta intitulada "Lacunas no conhecimento sobre girinos neotropicais: quais são as questões mais importantes a serem respondidas nos próximos 10 anos?". Nessa Discussão, os participantes, os palestrantes e a audiência do Workshop (Fig. 1) objetivaram identificar questões importantes que pudessem orientar e estimular os estudos sobre girinos nos próximos 10 anos. Foram selecionados dois temas gerais – "Biologia" e "Ecologia de Comunidades". Cada tema foi discutido, separada e independentemente, por dois grupos, que ao final se reuniram para identificar os temas mais fortes e comuns que surgiram. Ao final, o grupo completo se reuniu para rever as recomendações.

As perguntas apresentadas aqui foram identificadas como de importância fundamental para o avanço do nosso conhecimento sobre biologia e ecologia de comunidades de girinos no Brasil. Com o objetivo de contextualizar os problemas detectados, apresentamos uma fundamentação resumida para as questões e problemas que identificamos em cada tema.

Tema Biologia de Girinos

Fundamentação

O estudo comparativo do desenvolvimento, qua analisa a relação entre táxons de vertebrados, tem uma história que remonta 150 anos atrás (*i.e.,* Haeckel, 1874). Entretanto, essa abordagem comparativa alcançou um pico nas décadas recentes, conforme a biologia do desenvolvimento focou cada vez mais em espécies modelo (*e.g.,* "peixe-zebra"). Desde a década de 1930, *Xenopus laevis* (*e.g.,* Dickinson & Sive, 2006; Nieuwkoop & Faber, 1956; Weisz, 1945) tem sido "o sapo modelo" e a biologia do desenvolvimento dessa espécie é muito melhor conhecida que a de muitas outras espécies.

Devido ao renovado interesse na relação entre evolução e desenvolvimento (*e.g.,* Gould, 1977; Hanken & Thorogood, 1993), mudanças no tempo de desenvolvimento (heterocronia) são reconhecidas agora como um determinante da variação morfológica entre espécies (revisão em Richard, 1995). De fato, há um crescente reconhecimento que a diversidade morfológica de girinos de diferentes espécies pode ser atribuída



Participantes do primeiro "Tadpoles International Workshop", realizado em 16 e 17 de março de 2015, na UNESP de São José do Rio Preto, SP.

a mudanças em suas trajetórias ontogenéticas. Infelizmente, entretanto, o início do desenvolvimento de girinos é bem estudado em poucas espécies e apenas para poucos sistemas anatômicos (*e.g.,* Bell & Wassersug, 2003; De Bavay, 1993; Duellmann & Trueb, 1986; Dziminski & Anstis, 2004; Hall *et al.,* 1997). De modo ompreensível, muitos estudos têm focado na morfologia externa, que é mais conspícua (*e.g.,* Nokhbatolfoghahai & Downie, 2005, 2007, 2008; Nokhbatolfoghahai *et al.,* 2006; Chipman *et al.,* 2000). Sabemos agora que a variação interespecífica, por exemplo, na configuração do disco oral e na estrutura da cauda, podem ser resultado de novas vias de desenvolvimento, bem como de mudanças heterocrônicas (Salica *et al.,* 2011; Vera Candioti *et al.,* 2011; Goldberg *et al.,* 2012; Goldberg & Vera Candioti, no prelo). Além disso, estamos cada vez mais cientes da grande complexidade anatômica das estruturas internas, como a cavidade bucal e o condrocrânio das larvas dos anuros. Isso ampliou a lista de caracteres anatômicos que podem ser utilizados para diferenciar girinos de diferentes táxons, os quais, por sua vez, são adequados para estudo de desenvolvimento.

A clássica abordagem "caráter por caráter" em estudos comparativos de desenvolvimento de girinos (*e.g.,* "Essa espécie tem um desenvolvimento truncado do disco oral.") pode agora ser ampliada em estudos integrativos, que empregam abordagens multivariadas para revelar a trajetória do desenvolvimento da forma geral de algumas, senão de todas, estruturas dos girinos. Essa abordagem possibilitou perguntar, entre outras coisas, se há truncamento equivalente em características larvais que correspondam a mudanças, por exemplo, no disco oral. De forma semelhante, é possível agora quantificar a relação das mudanças nas formas com as mudanças no tamanho e idade dos girinos ao longo do seu desenvolvimento (*e.g.,* perguntando "As larvas truncadas são também menores e mais novas?").

Novas técnicas sofisticadas, tais como a reconstrução 3D e CT scan, estão disponíveis para complementar as dissecações (por exemplo, de Haas *et al.,* 2014). Esta contemporânea abordagem "evo-devo" (evolutionary developmental biology), e as novas ferramentas analíticas para estudar mudança na forma, podem ser aplicadas não só para o desenvolvimento inicial dos anuros, mas também para estudar a metamorfose. Isso possibilita, cada vez mais, explorar como a ontogenia inicial das larvas resulta não apenas nas características dos girinos, mas também nas características dos anuros adultos (por exemplo, Fabrezi & Quinzio, 2008).

Uma área que merece mais atenção é a avaliação da relação entre as estruturas anatômicas das larvas de anuros e suas respectivas funções. Devido ao pequeno tamanho e à velocidade com que os girinos se locomovem, o comportamento das larvas dos anuros tem sido de difícil documentação, não apenas no campo (onde muitas espécies possuem coloração críptica e se escondem na vegetação), mas também em laboratório. Entretanto, ferramentas recentes como equipamentos videográficos de alta velocidade, ficaram muito mais baratos em comparação a décadas passadas, de forma que mais pesquisadores podem obter esses equipamentos. Dessa forma, tem se tornado cada vez mais viável para os biólogos capturar e estudar ações complexas como, por exemplo, a movimentação das estruturas do disco oral cuja velocidade não pode ser acompanhada a olho nu (Deban & Olson, 2002; Venesky *et al.,* 2013).

Apesar de girinos de diferentes espécies serem frequentemente caracterizados por tipos ecomorfológicos (McDiarmid & Altig, 1999), esse esquema de classificação não é refinado e baseia-se em dados ecológicos limitados como, por exemplo, se os girinos ocorrem sobre o fundo do corpo d'água ou na coluna d'água. Dessa forma, girinos de muitas espécies acabam sendo enquadrados no mesmo tipo ecomorfológico, o que pouco contribui para a compreensão sobre como girinos de diferentes espécies partilham o ambiente aquático. Ainda é necessário que muito mais seja feito para entender a ecologia comportamental no ambiente natural dos girinos. Para que isso aconteça, precisamos conhecer mais sobre a história natural dos girinos. Por exemplo, não podemos continuar assumindo que o local de um corpo d'água onde os girinos são encontrados corresponde necessariamente ao habitat ideal. Ao invés disso, a pressão dos predadores pode ter restringido os girinos à região marginal do corpo d'água, impondo, além disso, variações no seu deslocamento e na atividade de alimentação ao longo do ciclo diário, como sugerido por Warkentin (1992).

Recentemente, tem sido demonstrado que muitas espécies exibem plasticidade fenotípica na presença de estressores, como parasitas, toxinas e predadores. Os girinos de algumas espécies podem mudar de forma e/ou coloração, assim como de comportamento quando expostos a estressores ambientais (Relyea, 2001). Isso levou às questões apresentadas a seguir, sobre a fisiologia sensorial dos girinos. O que está claro é que nem todas as espécies são sensíveis ou respondem da mesma maneira aos vários estressores. Para resolver essa questão e entender porque algumas espécies são mais sensíveis e plásticas, precisamos desenvolver mais estudos comparativos sobre a fisiologia sensorial, morfologia funcional, toxicologia e biologia de doenças em girinos.

O Brasil, com sua exuberante diversidade de anuros pré e pós-metamórficos, se destaca como um dos melhores lugares do planeta para estudar não apenas a diversidade no desenvolvimento dos anuros bem como sua ecologia, considerando a crescente lista de estressores que ameaçam globalmente os anuros.

Problema/Lacuna 1: Desconhecimento sobre as vias de desenvolvimento que contribuem para a grande diversidade morfológica dos girinos e as características dos girinos que influenciam seu desempenho funcional

1) Como as vias de desenvolvimento explicam/determinam a diversidade morfológica em girinos?
2) Como a diversidade morfológica se relaciona com o desempenho funcional?
3) Como podemos melhorar a identificação taxonômica da fase larval, e como podemos padronizar e fazer descrições completas?
4) Quais sistemas ecomorfológicos estão sujeitos a plasticidade? Quais são as bases biológicas que contribuem para que girinos de algumas espécies tenham maior plasticidade que outros?

Problema/Lacuna 2: Quase ausência de conhecimento sobre performance fisiológica e respostas dos girinos de espécies neotropicais a diferentes estressores

5) Como as mudanças ambientais impactam a performance dos girinos e por meio de quais mecanismos fisiológicos?
6) Como a interação sinergística entre diferentes estressores afeta os girinos?
7) Por que as espécies respondem de modo diferente a condições de estresse e por que algumas são ameaçadas enquanto outras são mais resistentes?
8) Quais são os mecanismos sensoriais usados pelos girinos para evitar estressores? Como eles percebem os estressores?

Tema Ecologia de Comunidades

Fundamentação

Até por volta do final da década de 90, os estudos em ecologia de comunidades eram dominados pela perspectiva do nicho como o único conjunto de processos estruturando comunidades, perspectiva essa originada e fundamentada no princípio da similaridade limitante (*e.g.,* MacArthur & Levins, 1967; Diamond, 1975). Duas novas perspectivas ampliaram o escopo e a abordagem dos estudos nessa área (revisão em Cavender-Bares *et al.,* 2009 e HilleRisLambers *et al.,* 2012): o avanço na obtenção e disponibilização de dados filogenéticos (*e.g.,* Cadle & Greene, 1993; Webb *et al.,* 2002) e a teoria neutra da diversidade (Hubbell, 2001). Enquanto restritos aos processos relacionados à teoria do nicho (Hutchinson, 1957; MacArthur & Levins, 1967; Chase & Leibold, 2003), que incluem interações bióticas e abióticas tais como a habilidade competitiva das espécies, os efeitos da predação e de variáveis do habitat atuando como filtros ambientais (Keddy, 1992; Weiher & Keddy, 1995), os resultados obtidos eram fortemente contingentes aos organismos e seus ambientes específicos (Lawton, 1999; Vellend, 2010). A inclusão de dados filogenéticos, considerando eventos de especiação, adaptação, extinção e dispersão, que conjuntamente deram origem às linhagens representadas nas comunidades, possibilitou introduzir a perspectiva evolutiva na compreensão dos processos de estruturação das comunidades (Cadle & Greene, 1997; Leibold *et al.,* 2010; Mouquet *et al.,* 2012). A teoria neutra da biodiversidade (Hubbell, 2001) expandiu o foco dos estudos para além do habitat local, ao considerar processos como dispersão entre habitats e eventos estocásticos, só possíveis de serem analisados numa escala espacial mais ampla.

Esse avanço foi acompanhado pelo rápido desenvolvimento de uma miríade de ferramentas estatísticas (*e.g.,* Leibold & Mikkelson, 2002; Webb *et al.,* 2008; Presley *et al.,* 2010; Maddison & Maddison, 2011; Pavoine *et al.,* 2011; Ulrich, 2012; Ulrich *et al.,* 2012), incluindo novos softwares desenvolvidos na última década (*e.g.,* Rangel *et al.,* 2010; Dallas, 2014). Essas ferramentas possibilitaram a aplicação desse novo escopo teórico em estudos empíricos e, atualmente, avaliar a influência relativa dos processos históricos, neutros e relacionados ao nicho está no centro dos debates em ecologia de comunidades (*e.g.,* Cavender-Bares *et al.,* 2009, Howeth & Leibold, 2010; HilleRisLambers *et al.,* 2012). Além do forte cunho teórico, possibilitando desvendar regras de formação de comunidades (Diamond, 1975; Chase & Leibold, 2003; Ulrich *et al.,* 2010; Pavoine *et al.,* 2011), essa recente e expandida abordagem também fornece informações fundamentais para orientar planos de manejo e conservação, podendo direcionar o foco das ações em âmbitos locais, de paisagem e, inclusive, macroecológicos.

Entretanto, a aplicação dessas métricas não possibilitou a detecção de um padrão sobre a influência relativa de processos baseados no nicho, filogenéticos e neutros na estruturação de comunidades e, pelo menos para os anuros, os resultados são conflitantes (*e.g.,* Parris, 204; Iop *et al.,* 2013; Melo *et al.,* 2014; Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). Apesar de poucos estudos sobre estruturação de comundiades de anuros terem sido desenvolvidos no Brasil, os resultados diferentes podem estar indicando uma associação contingente de determinados processos com biomas ou sistemas ecológicos específicos (*e.g.,* riachos ou poças, áreas preservadas ou alteradas, formações abertas ou de floresta) ou representar uma questão de escala espacial (Leibold *et al.,* 2004; Swenson *et al.,* 2007). Em uma escala espacial mais restrita, os principais processos que atuam na distribuição das espécies são os relacionados ao nicho (Hutchinson, 1957) e os processos neutros, principalmente relacionados a capacidade de dispersão das espécies (Hubbell, 2001). Entretanto, com o aumento da escala espacial considerada, torna-se maior a influência de processos de dispersão na estrutura das comunidades, uma vez que a distância limita a dispersão das espécies (Hubbell, 2001; Ng *et al.,* 2009; Astorga *et al.,* 2012).

Tão importante quanto investigar a existência de padrões ou, por outro lado, buscar compreender a variação nos processos que regulam as comunidades, é a percepção que, a despeito da crescente complexidade e refinamento das análises, a interpretação dos resultados é fortemente fundamentada no conhecimento biológico do pesquisador. Longe de ser uma falha, isso evidencia a importância de investir na diminuição da lacuna de conhecimento sobre história natural e biologia de anuros nas regiões tropicais.

De fato, a escassez de informações acerca da história natural das espécies é uma das grandes dificuldades encontradas em estudos de ecologia de comunidades de anuros, assim como em sua conservação (Verdade *et al.,* 2012; Toledo *et al.,* 2014), principalmente no que se refere ao estágio larval. A digitalização de dados vem acelerando o progresso científico e criando oportunidades como um amplo acesso aos dados, conexão de informações sobre tópicos tais como localização geográfica, espécimes testemunho, categorias de ameaça, sequências genéticas (*e.g.,* Hajibabaei *et al.,* 2007; IUCN, 2015; Ellwood *et al.,* 2015). A informação disponível sobre história natural de anfíbios se encontra dispersa na literatura (*e.g.,* Lima & Eterovick, 2003; Lima *et al.,* 2014a, b), mas atualmente não existe uma base de dados eletrônica específica para organizar, padronizar e comparar dados de história natural. Assim como dados sobre história natural de girinos, dados de distribuição geográfica das espécies são particularmente importantes para se prever como as ameaças vigentes às populações de anfíbios podem afetá-las (Hof *et al.,* 2011).

Uma das principais causas de mortalidade em populações animais são as doenças infecciosas emergentes (Daszak *et al.,* 2000). Estas doenças são preocupantes especialmente para espécies em declínio populacional, que ocupam localidades com deterioração ou perda de habitat ou que apresentam distribuição restrita (Daszak *et al.* 2000). Essas características tornam as populações de anfíbios especialmente vulneráveis a doenças emergentes, uma vez que muitas populações têm distribuição espacial restrita e sofrem com a perda e degradação de habitat (Duellman & Trueb, 1986). Como consequência, os anfíbios são considerados como o mais ameaçado dos grupos de vertebrados, sendo considerados de especial atenção para esforços de conservação.

Certamente essa vulnerabilidade não é resultado apenas das doenças infecciosas emergentes, mas uma conjunção de muitas causas, incluindo perda e modificação de habitat, cujos efeitos são difíceis de serem separados. Uma vez que os anfíbios, devido ao seu ciclo de vida bifásico, estão expostos a estressores aquáticos e terrestres, os girinos são um importante elo para se entender os declínios populacionais e a perda de diversidade. Sem compreender como as ameaças interagem umas com as outras e com os estágios de vida dos anfíbios nós não podemos gerar teorias ecológicas mais precisas que possam explicar e predizer os padrões de perda de espécies (Blaustein & Kiesecker, 2002).

Esta complexidade de causas que resulta no declínio global de populações de anfíbios já é conhecida, mas poucos programas de pesquisa são planejados para investigar as ameaças aos anfíbios em uma abordagem multivariada, geralmente se concentrando em um único fator (Blaustein & Kiesecker, 2002). A abordagem univariada comumente empregada no estudo das ameaças à diversidade de anfíbios oferece pouco poder preditivo (Blaustein & Kiesecker, 2002). Nesse contexto, modelos de distribuição de espécies podem ajudar a prever áreas ecologicamente adequadas para diferentes espécies e com diferentes objetivos como, por exemplo, o estabelecimento de espécies invasoras (*e.g.,* Franklin, 2010; Nori *et al.,* 2011) e o efeito de patógenos e das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies.

Dessa forma, conhecer a distribuição espacial das espécies é fundamental, pois sua distribuição está intimamente relacionada tanto à distribuição dos habitats adequados quanto à habilidade de migração das espécies (Toledo *et al.,* 2014), que pode variar entre os estágios larval e adulto (Eterovick *et al.,* 2009). Entretanto, ainda são raros os estudos que determinem componentes específicos do habitat (como um microambiente específico para o desenvolvimento do girino), os quais são reconhecidos apenas em escalas muito pequenas (Sinclair *et al.,* 2010). Do mesmo modo, estudos abordando a estrutura genética de anuros neotropicais são ainda incipientes (*e.g.,* Eterovick *et al.,* 2009; Nascimento, 2013), assim como o esclarecimento do papel de girinos e anuros adultos no fluxo gênico (Eterovick *et al.,* 2009). Isso dificulta a compreensão dos efeitos de diferentes atividades humanas sobre as populações de anfíbios via interferência em seus padrões de migração.

Finalmente, uma questão biológica que tem fascinado os ecólogos e biólogos evolucionistas por muitas décadas (Via *et al.,* 1995) é a plasticidade fenotípica dos girinos. Plasticidade fenotípica é uma mudança induzida pelo ambiente em uma característica do organismo (Via *et al.,* 1995). A análise da plasticidade fenotípica foi impulsionada com o artigo seminal de Wilbur & Collins (1973) sobre os fatores que influenciam o crescimento, desenvolvimento e metamorfose dos girinos. Desde então, a plasticidade fenotípica em girinos está bem documentada e pode ocorrer em resposta a uma variedade de condições ambientais, incluindo o hidroperíodo das poças (Denver *et al.,* 1998), competidores (Relyea, 2002a), predação (Relyea, 2002b), parasitas (Venesky *et al.,* 2013a), e em relação à disponibilidade de alimento (de Sousa *et al.,* 2014). Assim, a plasticidade nesses e em outros atributos fenotípicos e comportamentais dos girinos levanta as seguintes questões: será que os girinos se encaixam perfeitamente em guildas ecomorfológicas (Altig & Johnson, 1989) ou os girinos exibem maior flexibilidade para se desenvolver em mais condições ambientais diferentes do que nós acreditamos atualmente?

Na América do Sul, particularmente no Brasil, girinos apresentam enorme diversidade em sua morfologia, e ocorrem nos mais diversos tipos habitats, desde poças, brejos e riachos em áreas abertas e de floresta. Nesses habitats, os girinos podem ocupar diferentes posições na coluna d'água, podem também se desenvolver em água acumulada em epífitas (*e.g., Phyllodytes luteolus;* Eterovick, 1999), enterrados na areia do fundo de riachos (*Vitreorana uranoscopa;* Heyer, 1985), em depressões em troncos de árvores (*e.g., Osteocephalus oophagus;* Schiesari *et al.,* 1996) ou mesmo em filme d'água escorrendo sobre rochas ao longo de riachos, como os girinos semiterrestres do gênero *Thoropa* (Bokermann, 1965). No entanto, são poucos os estudos comparativos sobre o grau de plasticidade entre os girinos da América do Sul, sobre como isso influencia a seleção de habitat (ou micro-habitat), e quais as consequências do seu desenvolvimento em um habitat "sub-ótimo". Compreender essas e outras questões relacionadas com a plasticidade fenotípica dos girinos e sua preferência por habitat requer primeiro uma compreensão da função dos diversos fenótipos em cada espécie e entre diferentes espécies. Depois de se ter uma melhor compreensão de um fenótipo particular, os pesquisadores precisarão conduzir experimentos de manipulação, delineados para compreender se e como esses fenótipos mudam em diferentes configurações ambientais. Por último, os investigadores deverão medir as consequências para a aptidão de atributos plásticos e como eles se relacionam aos ambientes heterogêneos onde os girinos se desenvolvem.

Os pesquisadores estão começando a aplicar essa abordagem em estudos de alimentação de girinos. Na primeira de uma série de experiências, Venesky *et al.* (2013b) utilizaram uma abordagem padronizada para descrever a diversidade de cinemáticas orais em girinos de seis espécies de hilídeos, com diferentes aparatos orais e pertencentes a diferentes guildas alimentares. Com base nestes resultados iniciais, este grupo de investigação manipulou a posição do alimento na coluna d'água (de Sousa *et al.,* 2014) e também a temperatura da água (de Sousa *et al.,* 2015), para compreender a plasticidade na cinemática do comportamento alimentar dos girinos. O fato de que os girinos têm flexibilidade na sua alimentação juntamente com

o fato de que eles também têm melhor desempenho em certas condições ambientais (de Sousa *et al.,* 2014; de Sousa *et al.,* 2015) sugere que eles são capazes de viver em vários ambientes, mas que seu desempenho é melhor em alguns ambientes em comparação com outros. Futuros projetos de pesquisa que explicitamente testem essas hipóteses são necessários para compreender plenamente a relação entre a plasticidade fenotípica dos girinos e a seleção de habitat.

Problema/Lacuna 1: Carência de informações sobre (1) história natural das espécies de anuros (especialmente no estágio larval) e (2) informações para manutenção de girinos em cativeiro, necessárias para possibilitar a elaboração de um protocolo padronizado de criação

1 Qual é o melhor modo de tornar dados de história natural de mais fácil acesso?
2 Como promover a criação de uma base de dados de história natural nacional/internacional associada aos números de tombo nos museus, que inclua dados sobre período de reprodução, número de ovos, tempo de desenvolvimento, redes tróficas, habilidades de dispersão, tipo de ambientes ocupados etc.?
3 Qual é a habilidade de dispersão dos anuros neotropicais? [Apesar da dispersão ocorrer principalmente na fase pós-metamórfica, essa informação é fundamental para a compreensão de processos que moldam comunidades de girinos e para projetos que visem sua conservação.]

Problema/Lacuna 2: Conflitos em dados ecológicos sobre girinos na América do Sul e ausência de informação sobre os processos de escolha de habitat

4) Parece existir diferentes processos estruturadores de comunidades em diferentes locais e regiões biogeográficas e em diferentes escalas espaciais. Existirão regras gerais?
5) Podemos conectar comportamento e morfologia? Quando se trata de comportamento, a identidade das espécies é importante ou o que importa são os grupos funcionais?
6) Por que os anfíbios escolhem os habitats onde ocorrem? O que determina um habitat preferencial de uma espécie?
7) Quais são as consequências para anuros de escolher um habitat subótimo para o desenvolvimento dos girinos?

Possíveis caminhos para responder as questões acima

O conjunto das questões levantadas na Discussão Aberta indica a necessidade de desenvolver:

1. Um banco de dados com informações sobre história natural, associado a um sistema de verificação e validação dessas informações, disponível para a comunidade científica (*i.e.,* segundo a filosofia *open access*). Nós sugerimos a construção de um banco de dados online, onde os pesquisadores possam inserir dados (inclundo videos) publicados ou de domínio/conhecimento pessoal, a exemplo dos sites AmphibiaWeb e Encyclopedia of Life. Mas, nesse caso, o site seria direcionado apenas para informações sobre história natural, as quais devem ser reunidas, padronizadas e validadas por uma equipe antes de serem disponibilizadas.
2. Um programa para obtenção de dados sobre processos estruturadores de comunidades em múltiplas escalas espaciais. O foco deve estar na padronização de protocolos de coleta e de delineamento experimental, possibilitando abordar essa questão em diferentes biomas, de forma que comparações significativas possam ser feitas.
3. Pesquisas experimentais mais controladas sobre interações biológicas de espécies tropicais, empregando protocolos padronizados para manutenção de girinos de diferentes famílias em cativeiro, objetivando testar predições, pois a maior parte das teorias sobre o tema é fundamentada exclusivamente em sistemas temperados.

Esta claramente não é uma lista completa da pesquisa que pode ser desenvolvida com girinos no Brasil na próxima década, mas todas representam percepções construídas ao longo do evento e agregam contribuições dos diversos pesquisadores presentes, que acreditam que um substancial avanço nestas áreas pode ser feito nos próximos dez anos. Reconhecemos que as questões apresentadas aqui têm amplo escopo e não podemos realisticamente esperar que sejam respondidas para os anuros no Brasil em apenas uma década. No entanto, são perguntas claramente focais e, se direcionarmos nosso foco em respondê-las, avanços substanciais poderão ser alcançados nos próximos dez anos.

A pesquisa nessas áreas pode contribuir muito para nos ajudar a compreender e preservar os anuros no Brasil. Mas, com verbas limitadas para pesquisa, pesquisadores e equipes precisarão colaborar para conseguir abordar estes temas complexos e abangentes. O Workshop Internacional sobre Girinos representou um primeiro passo integrando a pesquisa sobre girinos no Brasil, abordando áreas importantes para pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

A realização do Tadpoles International Workshop (TIW) foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: 466169/2014-0). Os resultados apresentados no TIW foram obtidos em pesquisas financiadas por diversas agências de fomento: Edital SISBIOTA (FAPESP: 2010/52321-7 e CNPq: 563075/2010-4, para DCRF, FN, FJ, LCS, MM e MVG), FAPESP (Procs. 2013/50741-7, 2011/51724-3, 2008/57939-9, respectivamente para CFBH, DCRF e LCS), Programa de Pós-Graduação em Zoologia da UEFS (FAJ), CONICET – Fundación Miguel Lillo e PICT/2011-1524 (MFVC), Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio/MCT/CNPq e Fapeam (MM) e Natural Science and Research Council of Canada – NSERC (RJW e MDV). DCRF agradece a Lilian S. O. de Melo, Mainara X. Jordani, Rodolfo M. Pellinson e Fabiane S. Annibale pela ajuda com bibliografia e revisão do texto. Os seguintes pesquisadores são Bolsistas de Produtividade em Pesquisa CNPq: CFBH, DCRF, PCE, FAJ e MM.

REFERÊNCIAS

Almeida, A. P., D. J. Rodrigues, M. V. Garey e M. Menin. 2015. Tadpole richness in riparian areas is determined by niche-based and neutral processes. *Hydrobiologia,* 745: 123-135.

Altig, R. e G. F. Johnson. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs,* 3: 81-109.

Andrade, G. V., P. C. Eterovick, D. C. Rossa-Feres e Schiesari, L. 2007. Estudos sobre girinos no Brasil: histórico, conhecimento atual e perspectivas; pp. 123-145. *In:* L. B. Nascimento, e M. E. Oliveira (Eds.), Herpetologia no Brasil II. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte.

Astorga, A., J. Oksanen, M. Luoto, J. Soininen, R. Virtanen e T. Muotka. 2012. Distance decay of similarity in freshwater communities: do macro-and microorganisms follow the same rules? *Global Ecology and Biogeography,* 21(3): 365-375.

Blaustein, A. R., M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: Lessons from the global decline of amphibian population. *Ecology Letters,* 5: 597-608.

Bokermann, W. C. A. 1965. Notas sobre as espécies de *Thoropa* (Fitzinger, Amphibia, Leptodactylidae). *Anais da academia Brasileira de Ciências,* 37(3/4): 525-537.

Cadle, J. E. e Greene, H. W. 1993. Phylogenetic patterns, biogeography and the ecological structure of neotropical snake assemblage; pp. 281-293. *In:* R. E. Ricklefs, e D. Schluter (Eds.), Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press, Chicago.

Cavender-Bares, J., K. H. Kozak, P. V. A. Fine e S. W. Kembel. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters,* 12: 693-715.

Chase, J. M. e M. A. Leibold. 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. University of Chicago Press, Chicago, 212p.

Dallas, T. 2014. Metacom: An R package for the analysis of metacommunity structure. *Ecography,* 37: 402-405.

Daszak, P., A. A. Cunningham e A. D. Hyatt. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science,* 287: 443-449.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, M. D. Venesky, D. C. Rossa-Feres, T. L. Pezzuti, G. V. Andrade e R. J. Wassersug. 2014. Flexible feeding kinematics of a tropical carnivorous anuran tadpole. *Journal of Zoology,* 293: 204-210.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, D. C. Rossa-Feres, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, R. J. Wassersug e M. D. Venesky. 2015. Differential effects of temperature on the feeding kinematics of the tadpoles of two sympatric anuran species. *Journal of Experimental Zoology Part A:* Ecological Genetics and Physiology, early view. doi: 10.1002/jez.1941.

Denver, R. J., N. Mirhadi e M. Phillips, M. 1998. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: response of *Scaphiophus hammondii* tadpoles to habitat desiccation. *Ecology,* 79: 1859-1872.

Diamond, J. M. 1975. Assembly of species communities; pp. 342-444. *In:* M. L. Cody, e J. M. Diamond (Eds.). Ecology and evolution of communities, Harvard University Press, Cambridge.

Ellwood, E. R., B. A. Dunckel, P. Flemons, R. Guralnick, G. Nelson, G. Newman, S. Newman, D. Paul, G. Riccardi, N. Rios, K. C. Seltmann e A. R. Mast. 2015. Accelerating the digitization of biodiversity research specimens through online public participation. *BioScience,* 65: 383-396.

Eterovick, P. C. 1999. Use and sharing of calling and retreat sites by *Phylodytes luteolus* in a modified enrironment. *Journal of Herpetology,* 33: 17-22.

Eterovick, P. C., G. M. Yazbeck, J. A. Dergam e E. Kalapothakis. 2009. Small scale population structure in the treefrog *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964) (Anura, Hylidae). *South America Journal of Herpetology,* 4: 235-244.

Franklin, J. 2010. Moving beyond static species distribution models in support of conservation biogeography. *Diversity and Distribution,* 6: 321-330.

Frost, D. R., T. Grant, J. Faivovich, C. F. B. Haddad, R. H. Bain, A. Haas, R. O. de Sá, A. Channing, M. Wilkinson e W. C. Wheeler. 2006. *The Amphibian tree of life. Bulletin of the American Museum of Natural History,* 297: 1-370.

Haas, A. 2003. Phylogeny of frogs as inferred from primarily larval characters (Amphibia: Anura). *Cladistics,* 19: 23-89.

Hajibabaei, M., G. C. A. Singer, P. D. N. Hebert e D. A. Hickey. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics,* 23: 167-172.

Heyer, W. R. 1985. Taxonomic and natural history notes on frogs of the genus *Centrolenella* (Amphibia: Centrolenidae) from southeastern Brasil and adjacent Argentina. *Papéis Avulsos de Zoologia,* 36: 1-21.

HilleRisLambers, J., P. B. Adler, W. S. Harpole, J. M. Levine e M. M. Mayfield. 2012. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics,* 43: 227-248.

Hof, C., M. B. Araújo, W. Jetz e C. Rahbek, C. 2011. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature,* 480: 516-521.

Howeth, J. G. e M. A. Leibold. 2010. Species dispersal rates alter diversity and ecosystem stabillity in pond metacommunities. *Ecology,* 91: 2727-2741.

Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University, Princeton, 448 pp.

Hutchinson, G. E. 1957. The multivariate niche. Cold Spring Harbor Symp. *Quantitative Biology,* 22: 415-421.

Iop, S., V. M. Caldart, T. G. Dos Santos e S. Z. Cechin. 2012. What is the role of heterogeneity and spatial autocorrelation of ponds in the organization of frog communities in southern Brazil. *Zoological Studies,* 51: 1094-1104.

IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1.* <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 01 June 2015.

Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science,* 3: 157-164.

Lawton, J. H. 1999. Are there general laws in ecology? *Oikos,* 84: 177-192.

Leibold, M. e G. Mikkelson, G. 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos,* 97: 237-250.

Leibold, M. A., M. Holyoak, N. Mouquet, P. Amarasekare, J. M. Chase, M. F. Hoopes, R. D. Holt, J. B. Shurin, R. Law, D. Tilman, M. Loreu e A. Gonzalez. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters,* 7: 601-613.

Leibold, M., E. Economo e P. Peres-Neto. 2010. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. *Ecology Letters,* 13: 1290-1299.

Lima, N. G. S. e P. C. Eterovick. 2013. Natural history of Ameerega flavopicta (Dendrobatidae) on an island formed by the Três Marias hydroelectric reservoir in southeastern Brazil. *Journal of Herpetology,* 47: 480-488.

Lima, N. G. S., A. S. B. Gontijo e P. C. Eterovick. 2014a. Breeding behaviour of *Bokermannohyla nanuzae* (Anura: Hylidae) at an Atlantic Forest site in southeastern Brazil. *Journal of Natural History,* 48: 1439-1452.

Lima, R. C. L., J. E. M. Dias, N. G. S. Lima, P. F. Torres e P. C. Eterovick. 2014b. Escape response of tadpoles of two species of *Bokermannohyla* (Anura, Hylidae) to simulated threat. *Journal of Herpetology,* doi: 10.1670/12-225.

MacArthur, R. H. e R. Levins. 1967. Limiting similarity convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist,* 101: 377-385.

Maddison, W. e D. Maddison. 2011. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis, version 2.5. 2007. Disponível em: http://mesquiteproject.org/mesquite/download

McDiarmid, R. W. e R. Altig. 1999. Introduction: the tadpole arena. 1-6 pp. *In:* R. W. McDiarmid, e R. Altig (Eds.). Tadpoles: the biology of anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago.

Melo, M., F. Fava, F., H. A. Pinto e F. Nomura. 2014. Are assemblages of aquatic-breeding anurans (Amphibia) niche structured or neutral? *Biotropica,* 46: 608-614.

Mouquet, N., V. Devictor, C. N. Meynard, F. Munoz, L. F. Bersier, J. Chave, P. Couteron, A. Dalecky, C. Fontaine, D. Gravel, O. J. Hardy, F. Jabot, S. Lavergne, M. Leibold, D. Mouillot, T. Munkemuller, S. Pavoine, A. Prinzing, A. S. L. Rodrigues, R. P. Rohr, E. Thebault e W. Thuiller. 2012. Ecophylogenetics: advances and perspectives. *Biological Reviews,* 87: 769-785.

Nascimento, A. C. A. 2013. Filogeografia de *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964), anuro endêmico da Cadeia do Espinhaço. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Ng, I. S. Y., C. M. Carr e K. Cottenie. 2009. Hierarchical zooplankton metacommunities: Distinguishing between high and limiting dispersal mechanisms. *Hydrobiologia,* 619: 133-143.

Nori, J., J. N. Urbina-Cardona, R. D. Loyola, J. N. Lescano e G. C. Leynaud. 2011. Climate change and american bullfrog invasion: what could we expect in South America? *PLoS ONE,* 6: e25718.

Orton, G. L. 1944. Studies on the systematic and phylogenetic significance of certain larval characters in the Amphibia Salientia. Dissertation, University of Michigan.

Parris, K. M. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography,* 27: 392-400.

Pavoine, S.; E. Vela, S. Gachet, G. Bélair e M. B. Bonsall. 2011. Linking patterns in phylogeny, traits, abiotic variables and space: a novel approach to linking environmental filtering and plant community assembly. *Journal of Ecology,* 99: 165-175.

Prado, V. H. M. e D. C. Rossa-Feres. 2014. The influence of niche and neutral processes on a neotropical anuranmetacommunity. *Austral Ecology,* 39: 540-547.

Presley, S. J., C. L. Higgins e M. R. Willig. 2010. A comprehensive framework for he evaluation of metacommunity structure. *Oikos,* 119: 908-917.

Provete, D. B., M. V. Garey, F. R. Silva e M. X. Jordani. 2012. Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. North-Western *Journal of Zoology,* 8: 823-826.

Provete, D. B., T. Gonçalves-Souza, M. V. Garey, I. A. Martins e D. C. Rossa-Feres. 2014. Broad-scale spatial patterns of canopy cover and pond morphology affect the structure of a Neotropical amphibian metacommunity. *Hydrobiologia,* 734: 69-79.

Rangel, T. F., A. F. Diniz-Filho e L. M. Bini. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography,* 33: 46-50.

Relyea, R. A. 2002a. Competitor-induced plasticity in tadpoles: Consequences, cues, and connections to predator-induced plasticity. *Ecological Monographs,* 72: 523-540.

Relyea, R. A. 2002b. Local population differences in phenotypic plasticity: Predator-induced changes in wood frog tadpoles. *Ecological Monographs,* 72: 77-93.

Rossa-Feres, D. C., R. J. Sawaya, J. Faivovich, J. G. R. Giovanelli, C; A. Brasileiro, J. Alexandrino e C. F. B. Haddad. 2011. Anfíbios do Estado de São Paulo, Brasil: conhecimento atual e perspectivas. *Biota Neotropica,* 11: 47-66.

Schiesari, L. C., B. Grillitsch e C. Vogl. 1996. Comparative morphology of phytotelmonous and pond-dwelling larvae of four Neotropical treefrog species (Anura, Hylidae, *Osteocephalus oophagus, Osteocephalus taurinus, Phrynohyas resinifictrix, Phrynohyas venulosa*). *Alytes,* 13: 109-139.

Segalla, M. V., U. Caramaschi, C. A. G. Cruz, T. Grant, C. F. B. Haddad, J. A. Langone e P. C. A. Garcia. 2014. Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira,* 3: 37-48.

Sinclair, S. J, M. D. White e G. R. Newell. 2010. How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? *Ecology and Society,* 15: 8, url: www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art8

Starret, P. H. 1973. Evolutionary patterns in larval morphology, pp. 251-271. *In:* J. L. Vial (Ed.). Evolutionary biology of the anurans, Contemporary research on major problems. Columbia University Press, New York.

Swenson, N. G., B. J. Enquist, J. Thompson e J. K. Zimmerman. 2007. The influence of spatial and size scale on phylogenetic relatedness in tropical forest communities. *Ecology,* 88: 1770-1780.

Toledo, L. F., C. G. Becker, C. F. B. Haddad e K. R. Zamudio. 2014. Rarity as an indicator of endangerment in neotropical frogs. *Biological Conservation,* 179: 54-62.

Ulrich, W. 2012. Niche – a FORTRAN program for metacommunity analysis. V. 1.0. Disponível em: www.home.umk.pl/~ulrichw/?Research:Software:Niche

Ulrich, W., M. Piwczyński, F. T. Maestre e N. J. Gotelli. 2012. Null model tests for niche conservatism, phylogenetic assortment and habitat filtering. *Methods in Ecology and Evolution,* 3: 930-939.

Vasconcelos, T. S., T. G. Santos, D. C. Rossa-Feres e C. F. B. Haddad. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology,* 87: 699-707.

Vellend, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology,* 85: 183-206.

Venesky, M. D., S. M. Hanlon, K. Lynch, M. J. Parris e J. R. Rohr. 2013a. Optimal digestion theory does not predict the effect of pathogens on intestinal plasticity. *Biology Letters,* 9: 20130038

Venesky, M. D., D. C. Rossa-Feres, F. Nomura, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, V. T. T, de Sousa, C. V. Anderson e R. J. Wassersug. 2013b. Comparative feeding kinematics of tropical hylid tadpoles. *Journal of Experimental Biology,* 216: 1928-1937.

Verdade, V. K., P. H. Valdujo, A. C. Carnaval, L. Schiesari, L. F. Toledo, T. Mott, G. V. Andrade, P. C. Eterovick, M. Menin, B. V. S. Pimenta, C. Nogueira, C. S. Lisboa, C. D. de Paula e D. L. Silvano. 2012. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. *Alytes,* 29: 27-42.

Via, S., R. Gomulkiewicz, G. Dejong, S. M. Scheiner, C. D. Schlichting e P. H. Vantienderen. 1995. Adaptive phenotypic plasticity – consensus and controversy. *Trends in Ecology and Evolution,* 10: 212-217.

Webb, C. O., D. D. Ackerly, M. McPeek e M. Donoghue. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 33: 475-505.

Webb, C. O., D. D. Ackerly e S. W. Kembel. 2008. Phylocom: software for the analysis of phylogenetic community structure and trait evolution. *Bioinformatics,* 24: 2098-2100.

Weiher, E. e P. A. Keddy. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. *Oikos,* 74: 159-164.

Wilbur, H. M. e J. P. Collins. 1973. Ecological aspects of amphibian metamorphosis. *Science,* 182: 1305-1314.

Wilbur, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex system in temporary ponds. *Ecology,* 78: 2279-2302.



Phyllomedusa vaillantii, **Porto Velho, RO - Foto:** Sérgio Muniz.

Taking tadpole biology into the 21st century: a consensus paper from the First Tadpoles International Workshop

Denise de C. Rossa-Feres[1], Matthew Venesky[2], Fausto Nomura[3], Paula C. Eterovick[4], Maria Florencia Vera Candioti[5], Marcelo Menin[6], Flora A. Juncá[7], Luis C. Schiesari[8], Célio F. B. Haddad[9], Michel V. Garey[10], Luciano A. dos Anjos[11], Richard Wassersug[12,13]

[1] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia e Botânica. Rua Cristovão Colombo, 2.265, Jadim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil.*
[2] *Department of Biology, Allegheny College, 520 N Main St, Meadville, Pennsylvania 16335, U.S.A.*
[3] *Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Departamento de Ecologia. Rodovia Goiânia-Nerópolis, km 5, Sítio Itatiaia, CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.*
[4] *Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC). Avenida Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, CEP 30535-610, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
[5] *CONICET. Crisóstomo Álvarez 722, 4000 San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.*
[6] *Universidade Federal do Amazonas (FAM), Departamento de Biologia. Avenida Rodrigo Otávio, 3.000, Coroado, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil.*
[7] *Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil.*
[8] *Universidade de São Paulo (USP), Escola de Artes Ciências e Humanidades, Gestão Ambiental. Rua Arlindo Bettio, Vila Guaraciaba, CEP 03828-000, São Paulo, SP, Brasil.*
[9] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia. Avenida 24 A, 1.515, Jardim Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.*
[10] *Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). A/C Parque Tecnológico Itaipu, Avenida Tancredo Neves, 6.731, Conjunto B, CEP 85867-970, Foz do Iguaçú, PR, Brasil.*
[11] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Biologia e Zootecnia. Rua Monção, 226, Zona Norte, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.*
[12] *Sir Charles Tupper Medical Building, Department of Medical Neuroscience, Dalhousie University, 6299 South St, Halifax, Nova Scotia B3H 4R2, Canada.*
[13] *Department of Urologic Sciences, Gordon & Leslie Diamond Care Centre, University of British Columbia, 2329 West Mall, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4, Canada.*

INTRODUCTION

Although tadpoles are common, frequently encountered vertebrates, their natural history is poorly known. Despite the fact that Brazil harbors the highest anuran diversity in the world, with almost a thousand known species (Segalla *et al.,* 2014), the larvae of many species remain undescribed. The problem is not unique to Brazil. At the turn of the century, approximately ⅔ of almost 3,300 anuran species with a larval stage lacked tadpole descriptions (McDiarmid & Altig, 1999). The proportion of neotropical anurans with free-swimming larvae that are not described is estimated to be around 40% (Provete *et al.,* 2012).

Since the larval phase of the anuran life cycle is particularly poorly studied in the Neotropics, there are large and important gaps in our knowledge of tadpole physiology, morphology, behavior, and ecology. The history of tadpole research in Brazil reveals a predominance of descriptive studies, focusing on morphology, natural history, and patterns of temporal and spatial distribution (Andrade *et al.,* 2007). Recently though studies on community processes have begun to include tadpoles (Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015) and phylogenetics studies increasingly included larval characters (Haas, 2003; Frost *et al.,* 2006)

Descriptive studies are at that base of all biological knowledge and underlie hypothesis about ecological and evolutionary processes. However Brazil has a large and heterogeneous landscape, whereas most descriptive studies about tadpole community structure are restricted to local scales (*e.g.,* Vasconcelos *et al.,* 2009; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). In order to predict the impact on anurans of changes in land use and land cover-and also climate change-on the larger scale we need, at first, to identify patterns in different biomes and associated ecosystems; *i.e.,* we need to understand and distinguish the natural variation from that originated by anthropic changes to the landscape. Experimental studies complement our knowledge of natural history by mean of hypothesis testing. However, experimental studies with tadpoles in Brazil are rare (Rossa-Feres *et al.,* 2011). This is despite the fact that tadpoles have been an important model-system in experimental ecology for close to half a century (reviewed in Wilbur, 1997).

To understand the fate of anurans in Brazil and protect their natural diversity, we need experimental studies that comprehensively explore ecological processes on several spatial scales. Such studies are fundamental to predicting ecology and establish effective conservation plans for anurans (Rossa-Feres *et al.,* 2011). Nevertheless, descriptive studies of anuran larvae continue to be needed because so little is known about basic tadpole biology.

With these facts in mind, the first "Tadpoles International Workshop" was held on 16 and 17 March 2015, UNESP in São José do Rio Preto. The purpose was to bring specialists on the larval phase of the anuran life cycle together to share information and insights through lectures and discussions. Certain major questions in tadpole biology were explored. These included: (1) How can knowledge about tadpoles help us understand anuran diversity in Brazil? (2) What is the relative intra- and interspecific morphological variation in tadpoles? (3) What is the relationship between morphology, phylogeny and ecology of tadpoles? (4) What hampers advances in experimental research with tadpoles in Brazil particularly on large geographic scales? (5) How do diseases, parasites, changes in land use and land

cover impact tadpole communities in Brazil? (6) What are the main evolutionary and ecological processes that structure tadpole communities in different Brazilian biomes? (7) How can this knowledge aid our ability to predict the impact of changes in climate and land use on anuran populations?

Obviously questions like these are complex and cross many disciplines. Thus our aim was to establish a forum to discuss concepts and ideas applied to tadpoles, which highlight the importance of this life stage for anurans to theoretical zoology and other sciences, such as ecology and biogeography. It is our hope that the discussion initiated at this Workshop will be a catalyst for multidiscipline research on tadpole biology. Following we present a brief summary of the Tadpoles Workshop' lectures.

LECTURE SUMMARIES

They don't look like frogs and they don't look like fish; so why are tadpoles built like that?

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canada

In this talk I introduce tadpoles and tadpole diversity. I first explore common features of anuran larvae that distinguish them from both fish and frogs. I then examine adaptations of tadpoles for air-breathing, feeding, and swimming. These adaptations are explored in the context of the need for tadpoles to both function well in water, yet metamorphose rapidly into a terrestrial animal.

Tadpoles are obligatorily metamorphic and have a transient existence in the aquatic environment. They need to metamorphose rapidly since individuals in transition are neither efficient at swimming nor hopping. Having a tail without vertebrae permits rapid metamorphosis. It also makes the tadpoles very flexible. That means that they have high angular acceleration, which facilitates escaping from predators.

The tadpole oral disc functions not only in feeding, but in air-breathing. When a tadpole opens its mouths at the water's surface, the oral disc is concurrently projected forward, surrounding the mouth to prevent water from coming in. This helps tadpoles draw in air rapidly and reduce the amount of time they are at the surface and at risk of attack from aerial predators.

The labial teeth of tadpoles both anchor the mouth to a surface during grazing and help rack the surface to produce a suspension of material that is sucked into the mouth during feeding.

Although the tadpole shape, with a globose body and a flattened tail, intuitively looks less efficient than the more streamlined shape of fishes, fluid dynamic modelling shows that that shape is not necessarily inefficient. That shape allows for the development of hind limbs without a substantial increase in drag, which they would experience, if they were shaped like fishes and still had to develop hind limbs in preparation for a terrestrial existence. The characteristic position of the developing hind limbs, in the recess behind the body and at the base of the tail, is a "dead water" zone. While it permits limb development without much added drag, it acts as a safety zone where aquatic parasites are difficult for tadpoles to shake off. This may explain why many trematode parasites enter tadpoles in that part of their body.

Weird and wonderful things about tadpoles.

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canada

It is not obvious how tadpoles can generate much thrust nor swim fast given how soft and flexible their tails are. Also tadpole swimming is characterized by a lot of lateral oscillation at the snout, which intuitively looks inefficient. However the flexible tails of tadpoles facilitate small turning radii and high angular acceleration. The high amplitude oscillations at the snout mean that tadpoles are essentially changing direction all the time while swimming in an overall straight line. Thus the lateral deflections of their snouts make their path unpredictable and aid in dodging predator attacks.

At modest speeds (< 5 Hz for large *Lithobates* larvae) the tail can act like a whip, when the tadpole swims in a straight line, and there need not be travelling waves of muscle contraction going down the full tail. However, at higher speeds (> 6 Hz) muscle activation is necessary to provide postural stiffness to control (*i.e.,* to limit) excessively lateral deflections. The tadpole tail tip thus assists in locomotion, but not because the small amount of muscle in it provides much thrust. Rather the tail tip can act passively, like the tail of a kite, to control excessive lateral deflection.

The tadpole tail tip can also act as a lure to draw predator attacks that are unavoidable away from the head where they would be lethal. Certain tadpoles can acquire brightly coloured tail tips when in water with high predator concentrations.

Lastly, tadpole tail fins are viscoelastic, which means that when they are pinched by sit-and-wait aquatic predators, such as a dragonfly larvae, they can stretch and tear easily allowing the tadpole to pull away with minimum tissue loss. Yet under other loading conditions, the fin can act stiff and inelastic. Biomechanical testing of the tail fins of North American *Lithobates* larvae show that the fin is stiffest at high speeds, just as one would expect it to be when the tadpole must escape being chased by a fast swimming predator.

How to build a tadpole: spatial and temporal variations during the early ontogeny of anurans.

Maria Florencia Vera Candioti,
CONICET, Tucumán, Argentina

In the early development of anuran larvae structures appear that are distinct for tadpoles (*e.g.,* oral disc) but there are also exclusive transitory structures that disappear just after hatching and thus have no presence in the larval or adult body

plan. In this lecture results from comparative studies about these characters were presented. 1) Oral disc of Leiuperinae larvae. Our studies show that interspecific variation of oral configuration in larvae from this leptodactylid subfamily can be caused by novel development pathways as well as by heterochronic changes in shared developmental pathways; this results are compared with larvae from other families, and with larvae that exhibit smaller and larger labial formulae. 2) Structural variations and changes in developmental sequence of adhesive glands, hatching glands, external gills, and body ciliation. Our results show wide variations in these characters (*e.g.,* gland morphogenetic types, pairs of external gills, persistence of body ciliation) at several taxonomic levels (*e.g.,* interspecific, interfamilial), often related to ecological aspects (*e.g.,* oviposition mode, site where embryos develop). 3) The tail in Brachycephaloidea. A few studies on the structure and ontogeny of the tail in embryos with direct development reveal differences in growth rates and in the spatial arrangement of the fins regarding the muscular axis of the tail, in species from at least two families. 4) Development of novelties. The comparative study the early ontogeny of characters that appear in convergence in some anuran lineages (*e.g.,* abdominal suckers) may reveal functional and developmental restrictions, or alternatively identify different morphological solutions for similar functional needs.

The large variation in development of tadpole and embryonic structures elucidated to date indicates the need to investigate the variation in little-known groups, and suggests that further study of these structures in other taxa can help advance our understanding about the influence of phylogeny and ecology on the variation in the development of tadpoles.

Diversity of helminth fauna of amphibians and their implications for conservation studies.

Luciano Alves dos Anjos,
UNESP, Ilha Solteira, PR

Although the greatest diversity of biological species is situated in the tropics, biota in these regions is subsampled. In addition, the number of newly discovered organisms is decreasing faster than new organisms are described. Within the group of poorly sampled species are amphibian helminth parasites, which can be considered as an "invisible zoo", since parasites represent a "hidden diversity" within the visible diversity of the "naked eye". Only a small part of this diversity is of medical or veterinary importance. The rest however play an important role in regulating biodiversity of all ecosystems. Such parasites help maintain local diversity of hosts and ecosystem function. As well as being intimately related to the biology and ecology of their hosts, they act as regulators of amphibian populations and communities. Although Brazil has nearly a thousand anuran species, the associated helminth fauna is known for only 60 to 80 anuran species.

The parasite fauna associated with tadpoles is practically unknown in Brazil. Amphibian species that depend on water bodies for reproduction or foraging at some stage of their life cycle are more susceptible to helminth infections, especially digenetic trematodes that infect tadpoles. Anuran biological and ecological features, such as reproductive modes, larvae type, and habitat are closely related to the associated helminth fauna. In turn, the helminth fauna depends on host local communities and environmental quality and conditions. The interaction between helminths and anuran larvae represents an excellent model for evaluating environmental stresses, species conservation, and historical and biogeographical aspects of the amphibians hosts.

Integrating organismal biology and population ecology to study amphibian chytridiomycosis.

Matthew D. Venesky,
Allegheny College, Meadville PA, USA

Emerging infectious pathogens place tremendous burdens on wildlife, human health, and society. In particular, fungal pathogens have caused some of the largest mortality events in modern times and pose a disproportionately greater threat to plant and animal biodiversity than any other pathogen group. The amphibian chytrid fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis;* "Bd") is of great concern because it is a causal agent of hundreds of amphibian population declines and extinctions. In tadpoles, *Bd* only infects the keratinized mouthparts and causes mouthpart deformities and tooth loss, both of which can lead to a reduction in traits associated with survival (*e.g.,* growth and developmental rates).

In benthic (*Bufo americanus*) and nektonic (*Hyla versicolor*) tadpoles, *Bd* infections, and the subsequent loss of teeth, cause the mouths of tadpoles to slip off the surface in which they are feeding, preventing them from efficiently foraging. This results in reduced food consumption in both species, which sometimes is evident throughout much of the tadpole's developmental period. In addition, food consumption scales linearly with *Bd* infection intensity, where tadpoles with higher infection intensities consume less food than tadpoles with lower infections.

In communities of tadpoles, species should vary in their resistance to *Bd,* in part because species behave differently and they vary in the number of keratinized mouthparts they have. To test how this variation affects disease outcomes, I demonstrated that a filter-feeding tadpole (*Gastrophryne carolinensis,* which lacks keratinized mouthparts) remove *Bd* zoospores from the water whereas an algal-scraping tadpole (*Bufo terrestres,* which have many keratinized mouthparts) do not remove zoospores. In addition, tadpoles of *B. terrestris* carried the highest *Bd* infections. Because of these biological differences, when tadpoles of *G. carolinensis* were raised in two- or three-species communities, they diluted their *Bd* infection intensity. In contrast, whenever tadpoles of *B. terrestris* were raised with the same communities, they amplified *Bd* infection intensity. Field data of *Bd* prevalence from the continental United States of America reveal similar patterns as the laboratory experiments, indicating the results are robust and ecologically relevant.

Lastly, recent research on *Bd* in tadpoles indicates that disease outcomes are dependent on host condition. In a laboratory experiment, I demonstrated that the quantity of dietary protein can have profound impacts on host immunological traits and that tadpoles fed a low protein diet have poor resistance to *Bd*. These findings underscore the importance of testing disease outcomes under a variety of ecological settings and reinforce our need to link host condition with physiological/immunological parameters when we study infectious diseases.

Tadpoles diversity in Brazil.

Michel Varajão Garey,
Universidade Federal da Integração Latino-Americana,
Foz do Iguaçu, PR

What do we know about tadpole diversity in Brazil? Currently 1,026 amphibian species are recognized in Brazil of which 988 belong to the order Anura. Anuran richness in different biomes is not uniform. The Atlantic Forest biome harbors the highest anuran richness, followed by the Amazon, Cerrado, Caatinga, Pampas and, finally, Pantanal. In the biomes with the highest anuran richness, there is the highest richness of species with reproductive modes independent of water (*e.g.,* Brachycephalidae and Craugastoridae families). In Brazil 793 anuran species have aquatic tadpoles, but only 495 species, of which 62% are formally described.

What do we know about tadpole distribution in Brazil? Biotic and abiotic factors influence richness and the composition of tadpole assemblages. Abiotic factors, such as environment type (lentic or lotic), influence habitat selection; they act as ecological filters and, as a consequence, influence richness and the composition of tadpole communities in these environments. Several studies involving tadpole assemblages have highlighted how habitat structural characteristics influence tadpole assemblages. The main filters seem to be hydroperiod and canopy cover. However other factors, such as the amount of aquatic vegetation, microhabitats diversity and water properties, seem to be important for some assemblages. Besides, we know that spatial factors (*e.g.,* distance between water bodies) are also important in structuring assemblages, within the context of metacommunity theory. Studies in metacommunity theory that involve tadpole assemblages have increased significantly, and are important for comprehend the role factors related to niche and neutral processes have in controlling tadpole distribution.

Based on what was reviewed above, what is the future of tadpole assemblages studies? An important challenge that remains is to understand how processes-drift, selection, dispersion and speciation-generate and maintain species richness and composition patterns. Approaches grounded in functional ecology and phylogenetics are important, and research in those areas is increasing and may help us better understand what determines tadpole community structure. However there is a paucity of such studies applied to tadpole assemblages. Research in those areas combined with metacommunity analyses holds the promise of advancing our understanding of tadpole community ecology.

Spatial and environmental factors mediating the structure of tadpole communities in central Amazonia: effects of habitat scale.

Marcelo Menin, Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM

The structure of tadpole communities can be affected by biotic (*e.g.,* competition and predation), abiotic (*e.g.,* water quality, pond structure, hydroperiod), temporal (*e.g.,* seasonality of climatic variables), spatial (the location and distance of water bodies), and historical (biogeographic processes, which form the regional pool of species) factors. Water quality (*e.g.,* pH, electrical conductivity, and dissolved oxygen) is considered an important determinant of for aquatic communities in general and specifically influences tadpole assemblages. Electrical conductivity and temperature were found to affect tadpoles living among floating meadows macrophytes in a lake. The number of ponds and the valley width (the floodplain area along the margins of streams) strongly relate to tadpole species richness in a more recent study.

Since tadpoles are prey for a variety of vertebrate and invertebrate species, predators can determine the structure of tadpole assemblages in different aquatic habitats. In Central Amazonia, studies conducted in streamside ponds and isolated ponds indicate that tadpole assemblages are often regulated by predator assemblages. Conversely, predator density was not a major biotic factor when other studies were conducted on a broader spatial scale, either in upland forests ponds or in lakes. According to studies conducted in Central Amazonia, the influence of predators on species richness and the composition of tadpole assemblages remains unclear, but may relate to spatial scale and differences between habitats. Integrative approaches in phylogenetics and functional diversity can help us understand the importance of species composition in terms of evolutionary history and ecological convergence, This, in turn, may increase the chances that conservation measures, based on this knowledge, will be effective in protecting amphibian diversity in the Amazon forest.

Tadpoles from semiarid ecotones.

Flora Acuña Juncá,
Universidade Estadual de Feira de Santana,
Feira de Santana, BA

Brazil's semiarid region has an area of over 982,000 km² and covers 1,133 cities. Vegetation includes forest areas, rocky grasslands, and Cerrado, but the principal vegetation is Caatinga. Annual precipitation in these areas does not exceed 800 mm. In Bahia state, with an extension of almost 560,000 km², semiarid represents the main portion, although

a percentage of Atlantic Forest remains in the east. In both formations, Caatinga or Atlantic Forest, knowledge of anuran larval diversity can be used as a differential to recognize species richness. In Atlantic Forest, adults of most species live in canopy cover, hampering the collection of individuals, while in Caatinga many species have explosive reproduction so, adults disappear just after they reproduce. On the other hand, tadpoles are easily accessed in both regions. However, taxonomic recognition of anuran larvae is still incipient.

In another context, in semiarid environments of Northeastern region of Brazil, the unpredictability and heterogeneity of aquatic environments stand out. These characteristics could determine species richness and associated tadpole ecomorphotypes. So, in order to increase taxonomic knowledge and, at the same time, to initiate studies on ecomorphotypes and ecological conditions associated to tadpoles from semiarid environments, a study was conducted in Maracás, Bahia.

Tadpoles and their predators were collected in thirty aquatic habitats. Methodologies for collecting and morphological measurements were standardized following the SISBIOTA-Tadpoles protocols (FAPESP/CNPq). Eighteen measurements were taken from at least five tadpoles from each species in stages 35-38. There were 24 species from 6 anuran families identified overall. Through a principal component analysis (PCA), 7 ecomorphotypes were recognized: carnivorous (1 species), macrophage (3 species), nektonic (6 species), suspension-rasper (2 species), rasper (2 species), suspension-filter (1 species) and benthic (10 species). As benthic was the most diverse ecomorphotype, it was possible to discriminate, through PCA, 4 additional subtypes. These were determined by the width of the tail musculature, length of the tail, and tail fin height. Two subtypes were related to shallow environment, one subtype to deep ponds and a third subtype to running water. The number of species varied from 1 to 8 and the number of ecomorphotypes from 1 to 6 in all 30 sampled habitats. However vegetation heterogeneity, number of predators, water body depth and area did not explain the species richness or the number of ecomorphotypes found. Thus other factors may be involved in determining species assemblages.

Isolated frogs in a crowded world: how much human occupancy can they stand?

Paula Cabral Eterovick,
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

Amphibian population declines are widespread; the main causes are human related and include habitat fragmentation due to agriculture, mining, fires, and urban development. Brazil is the richest country in the world in terms of species of amphibians and Brazilian regions with the greatest amphibian diversity are experiencing relatively high rates of habitat destruction. Yet so far there are relatively few reports of amphibian declines. It is important, though, to have research methods able to detect deterioration in population health before severe declines occur.

In this regard, we examined fluctuating asymmetry (FA) of anuran larvae and adults, as well as heterozygosity estimates to detect anthropogenic stress. We hypothesized that greater human occupancy in the landscape might result in more stressful conditions for amphibians. We conducted this study at the Espinhaço mountain range in southeastern Brazil, using as a model an endemic hylid species, *Bokermannohyla saxicola*.

We found tadpole and adult frog FA levels to differ among localities, but no relationship between human modification of the landscape and FA levels. However, heterozygosity was inversely related to FA in adult frogs, and heterozygosity tended to decrease with increasing human occupancy in the landscape. Our major finding was that reduced heterozygosity could be caused by human occupancy (among other causes) and related to increased fluctuating asymmetry, indicating higher levels of stress in populations of *Bokermannohyla saxicola*.

Tadpoles as model organisms for understanding the consequences of land use and land management on biodiversity.

Luis Cesar Schiesari,
Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

Reconciling agricultural production and biodiversity conservation will depend on increasing the value of productive landscapes as habitat and/or dispersal matrix for biodiversity. We therefore need a better understanding of how agricultural land use and land management influences biodiversity. We argue that tadpoles (and organisms surrounding tadpoles in freshwater food webs) constitute an excellent study system for assessing the impact of land use and land management on biodiversity. In fact, for over 40 years amphibian larvae have been used extensively as model systems in community ecology due to their tractability and amenability to realistic manipulations in laboratory, mesocosms, and field conditions. More recently amphibian larvae have became model organisms in ecotoxicological studies (*e.g.,* FETAX), and in studies at the interface between ecology and ecotoxicology.

We conducted biodiversity and habitat surveys of lentic water bodies distributed across gradients in land use intensity in the rural state of São Paulo (*i.e.,* seasonal Atlantic Forest/cerrado forest < pastures < sugarcane plantations) and in the upper Xingu Basin (transitional Amazonian broadleaf/cerrado forest < pastures < soybean plantations). The study system was comprised of algae as producers, amphibian larvae as consumers and the focal organisms, plus fishes and aquatic insects as predators. Simultaneously, we conducted experiments in the laboratory, mesocosms, and field. In those settings we manipulated the same study system to test what environmental drivers might be mediating biodiversity changes observed in the field. We documented a strong signal of land use and land management on tadpole biodiversity. However, this signal was strikingly different in lands converted to sugarcane and soybean. Sugarcane fields were impoverished relative to cerrados, but supported tadpoles and insects from several species. This

confirmed that those landscapes were permeable and functioning as habitat for some freshwater fauna. In contrast, relative to forest, soybean fields were enriched in amphibians, but devoid of insects. This occurred because land conversion effectively creates lentic habitats by increasing soil compaction, but heavy pesticide application affects invertebrate predators more than amphibians. Nevertheless, laboratory experiments manipulating eggs, embryos, and larvae demonstrated lethal and sublethal effects of pesticides and nitrogen fertilizers even at application doses recommended by the manufacturer.

The response of the amphibian fauna to land use seems to be influenced by: 1) environmental attributes at the regional level, such as phytophysiognomy, soil structure and seasonality, 2) environmental attributes at the landscape level, such as landscape structure and type, and intensity of land management, and 3) the identity and traits of the species represented in the community.

Ecomorphology of tadpoles and geometric morphometry.

Fausto Nomura,
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

The origin and meaning of morphological diversity in tadpoles has aroused curiosity of herpetologists since studies by Orton (1943), Starrett (1973) and others. However, only in 1986 was the ecomorphology concept introduced in the vocabulary of researchers of tadpoles (following Altig and Johnston (1989). Those authors defined several morphological guilds that are currently used to classify morphological types in tadpoles. However the proper matching of form with feeding, habitats, or other aspects are not always well established. This may result in mistaken suppositions about tadpole habits (such as feeding or occurrence) and, as a consequence, may affect studies that try to find ecology and biogeography patterns.

There are various approaches to exploring ecomorphological relationships among organisms; in this lecture the focus was on those that emphasize morphological variation among individuals, populations, and species. Traditional morphometry (*e.g.,* counting, measuring dimensions), ecomorphological indices (*e.g.,* proportion between lengths) and geometric morphometry (set of Cartesian coordinates that represent the shape configuration). Traditional morphometry tends to overestimate the influence of phylogenetic effects, whereas geometric morphometry is more precise. However, geometric morphometry is sensitive to morphological variation so, it is more precise when variation is low (for example, the twist of the mouth in *Phasmahyla,* the absence of nostrils in Microhylidae, or having spiracles in the ventral position). Ecomorphological indices are intermediate to these two.

Regardless of the techniques used to assess morphological variation, there remain difficulties in generating testable hypothesis with ecomorphology as a basis. Challenges include representing phenotypic plasticity and behaviors for which there are no specialized morphological structures.

Tadpoles in the Tropics: What do we know and what can we learn in the next decade or so?

Considering our current knowledge about Neotropical tadpoles, the Workshop concluded with an Open Discussion titled: "Knowledge gaps about Neotropical tadpoles: What are the most important questions that should be answered in the next 10 years?" In this Discussion the speakers and the Workshop' attendees (Fig. 1) aimed to identify the important questions that could guide and stimulate studies with tadpoles in the next 10 years. Two general themes were selected: "Tadpoles Biology" and "Community Ecology". Each one was discussed separately and independently by two groups, which then came together to identify the strongest and commonest themes that had emerged. At the end, the full group convened to review the recommendations.

The questions presented were identified as of fundamental importance to advancing our knowledge of tadpole biology and community ecology in Brazil. Aiming to provide a basic grounding to the problems detected, we present a succinct framework/scientific background associated with questions and problems that we identified in each theme.

Tadpoles Biology Theme

Background

The comparative study of development, undertaken to understand the relationship between vertebrate taxa, has a history going back some 150 years (*i.e.,* Haeckel, 1874). However this comparative approach plateaued in recent decades as developmental biology increasingly focused in on model species (*e.g.,* "the chicken", the "zebra fish"). Since the 1930s *Xenopus laevis* (*e.g.,* Dickinson & Sive, 2006; Nieuwkoop & Faber, 1956; Weisz, 1945) has been the "model frog" and its developmental biology better known by far than that of any other species.

Thanks to renewed interest in the relation between evolution and development (*e.g.,* Gould, 1977; Hanken & Thorogood, 1993) changes in developmental timing (heterochrony) are now recognized as a determinant of morphological variation among species (reviewed in Richardson, 1995). Indeed there is now a growing appreciation that the morphological diversity among tadpoles of different species can be traced to changes in their ontogenetic trajectories. Sadly however, the early development of frogs is well studied for but a handful of species and attention has been given to a very limited number of anatomical systems (*e.g.,* Bell & Wassersug, 2003; De Bavay, 1993; Duellmann & Trueb, 1986; Dziminski & Anstis, 2004; Hall *et al.,* 1997). Most investigations have understandably been on conspicuous external morphological traits (*e.g.,* Nokhbatolfoghahai & Downie, 2005, 2007, 2008; Nokhbatolfoghahai *et al.,* 2006; Chipman *et al.,* 2000). We now know that interspecific variation in, for example, oral disc configurations and tail structure can be the product of novel developmental pathways, as well as of heterochronic changes (Salica *et al.,* 2011; Vera Candioti *et al.,* 2011; Goldberg *et al.,* 2012; Goldberg & Vera Candioti, in press). Additionally, we have become increasingly aware of

an enormous amounts of anatomical complexity in internal structures, for instance, in the buccal cavity and chondrocrania of anuran larvae. This has expanded the list of anatomical features that can be used to distinguish tadpoles of different taxa, which, in turn, are amenable to developmental study.

The classic "character by character" approach to comparative studies in tadpole development (*e.g.,* "This species has a truncated development of the oral disc.") can now be extended into integrated studies that use a multivariate approach to reveal the developmental trajectory of overall shape of parts, if not all, of tadpoles. With this approach it is now possible to ask, for example, if there is concordant truncation in other larval features that match with changes in, say, the oral disc. One can similarly now quantify the relationship of changes in shape with changes in the size and age of tadpoles through their development (*e.g.,* asking "Are truncated larvae also smaller or younger?").

Additional new and sophisticated techniques, such as 3D reconstructions and CTscan, are available to complement dissections (*e.g.,* Haas *et al.,* 2014). This contemporary evo-devo approach, and the new analytical tools for studying change in shape, can be applied not only to early anuran development, but also to metamorphosis. As such, it is increasingly possible to explore how the early ontogeny of larvae leads to, not just the features of mature tadpoles, but also the features of adult anurans (*e.g.,* Fabrezi & Quinzio, 2008).

What stands out as an area in need of much greater attention is the link between the anatomical structure of anuran larvae and their function. Because of their small size and the speed at which tadpoles move, the behavior of most anuran larvae has been hard to document, not just in the field (where many are cryptically colored and hidden in vegetation), but even in the laboratory. However recently tools, such as high-speed videographic equipment, have become more than an order of magnitude cheaper than just a decade ago. This means that more researchers can afford such equipment. It is increasing feasible for biologists to capture and study the intricate actions of, for example, tadpole mouthparts that move too fast to be witnesses by the naked eye (Deban & Olson, 2002; Venesky *et al.,* 2013).

Although tadpoles of different species are often categorized by ecomorphological type (McDiarmid & Altig, 1999), this classificatory scheme is not particularly refined and is based on rather limited ecological data, such as whether the tadpoles are found on the bottom or in the water column of a pond. Tadpoles of too many species fall into the same ecomorphological type. This gives us little understanding about how tadpole of different species partitioning the aquatic environment. More needs to be done to understand tadpole behavioral ecology in the field. For this to happen, we need to know more about the fundamental natural history of tadpoles. For example, we cannot continue to assume that where tadpoles are found in a



Attendees of the first "Tadpoles International Workshop", held in 16 and 17 March, 2015, at the UNESP, São José do Rio Preto, SP, Brazil.

pond is necessarily their optimal habitat. Rather predator pressure may have pushed them into marginal habitats and feeding activities and locations may vary across a daily cycle, as has been suggested by Warkentin (1992).

We have learned in recent years that many species exhibit phenotypic plasticity in the presence of stressors such as parasites, toxins, and predators. The larvae of some species can change their shape and/or color, as well as their behavior when exposed to environmental stressors (Relyea, 2001). This has led to the questions listed here about tadpole sensory physiology. What is clear is that not all species have the same sensitivity or responsiveness to various stressors. To sort this out and understand why some species are more sensitive and more plastic, we need far more comparative studies in tadpole sensory physiology, functional morphology, toxicology, and disease biology.

Brazil, with its luxurious diversity of pre and post metamorphic anurans, stands out as one of the best places on the planet for studying not just the diversity of anuran development about the diversity of their ecology in the context of the growing list of stressors that are threatening anurans globally.

Problem 1: Lack of information about the developmental pathways that account for tadpole morphological diversity and the features of tadpoles that influence their functional performance.

1) How do developmental pathways explain/determine morphological diversity in tadpoles?
2) How does morphological diversity of tadpoles relate to their functional performance?
3) How can we improve taxonomic identification of larval stages, and how can we standardize and make descriptions complete?
4) Which ecomorphological systems are most subject to plasticity? What are the biological factors that account for why tadpoles of some species to be more plastic than others?

Problem 2: Lack of knowledge on tadpole physiological performance and response to different stressors.

5) How does environmental change impact tadpole performance and through which physiological mechanisms?
6) What is the synergistic interaction among different stressors that affect tadpoles?
7) Why do species respond differently to stressful conditions and why are tadpoles of some species threatened whereas others are resistant?
8) What are the sensory mechanisms used by tadpoles to detect and avoid stressors?

Community Ecology Theme

Background

Until around the late 1990s, studies in community ecology were based on the niche perspective as the only set of processes structuring communities, and this perspective was created and supported by the limiting similarity principle (*e.g.,* MacArthur & Levins, 1967; Diamond, 1975). Two new perspectives expanded the scope and approaches in this area (see Cavender-Bares *et al.,* 2009 and HilleRisLambers *et al.,* 2012): progress in obtaining and providing phylogenetic data (*e.g.,* Cadle & Greene, 1993; Webb *et al.,* 2002) and the neutral theory of biodiversity (Hubbell, 2001). The niche theory (Hutchinson, 1957; MacArthur & Levins, 1967; Chase & Leibold, 2003) includes biotic and abiotic interactions such as competitive ability of species, predation and habitat variables effects acting as environmental filters (Keddy, 1992; Weiher & Keddy, 1995). While our comprehension of community assembly was restricted to the niche based processes, the results were contingent to organisms and/or specific environments (Lawton, 1999; Vellend, 2010). The inclusion of phylogenetic data, considering speciation, adaptation, extinction, and dispersion events, which together gave rise to the lineages represented in communities, introduced an evolutionary perspective to the structure communities (Cadle & Greene, 1997; Leibold *et al.,* 2010). The neutral theory of biodiversity (Hubbel, 2001) expanded such studies beyond the local habitat, taking into consideration dispersion among habitats and stochastic events, which could be analyzed only on large spatial scales.

This progress was followed by the development of several new statistical tools (*e.g.,* Leibold & Mikkelson, 2002; Webb *et al.,* 2008; Presley et al, 2010; Maddison & Maddison, 2011; Pavoine *et al.,* 2011; Ulrich, 2012; Ulrich *et al.,* 2012; Rangel *et al.,* 2010; Dallas, 2014). These tools, in turn, enabled researchers to apply new theories to empirical studies and evaluate the relative influence of historical, neutral, and niche-based processes at the center of community ecology (*e.g.,* Cavender-Bares *et al.,* 2009; Howeth & Leibold, 2010; HilleRisLambers *et al.,* 2012). In addition to the strong theoretical nature, which illuminates rules for community assembly (Diamond, 1975; Chase & Leibold, 2003; Ulrich *et al.,* 2010; Pavoine *et al.,* 2011), this approach also provides fundamental information to management and conservation plans, guiding the focus of actions to local, landscape or macroecological scales.

However, even applying these frameworks, no pattern on the relative influence of niche-based, phylogenetic and neutral processes in community assembly has been detected and, at least for anurans, the results of studies are conflicting (*e.g.,* Parris, 2004; Iop *et al.,* 2013; Melo *et al.,* 2014; Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). Despite few studies about communities assembling had been developed in Brazil, the different results obtained can indicate a contingent association of determined set of processes with biomes or specific ecological systems (*e.g.,* streams or ponds, preserved or modified areas, open fields or forests) or still can be a matter of spatial scale (Leibold *et al.,* 2004; Swenson *et al.,* 2007). On a restricted spatial scale, the main processes regulating species distributions are related to niche (Hutchinson, 1957) and neutral processes, mainly related to dispersion ability of species (Hubbel, 2001). However, with an increase in spatial scale, the influence of dispersion processes in structuring community is higher, once distance limits species dispersion (Hubbell, 2001; Ng *et al.,* 2009; Astorga *et al.,* 2012).

As important as looking for patterns in processes that regulate communities, is the perception that, despite the growing complexity and refining of analytical frameworks, the interpretation of these results is strongly based on the biological knowledge of a researcher. Far from being a failure, this emphasizes the importance of decreasing the information gaps in natural history and biology of tropical anurans.

In fact, the scarcity of information on species natural history is a major caveat for understanding Neotropical anuran community ecology (as well as conservation studies) (Verdade *et al.,* 2012; Toledo *et al.,* 2014), especially in the larval stage. Data digitization has accelerated research progress and created opportunities through linking information on topics, such as geographical location, species conservation status, and genetic sequences (*e.g.,* Hajibabaei *et al.,* 2007; IUCN, 2015; Ellwood *et al.,* 2015). Amphibian natural history information is widespread in the literature (*e.g.,* Lima & Eterovick, 2003; Lima *et al.,* 2014a, b) but a specific electronic database to organize, standardize, and compare natural history data is missing. As well as natural history data on larvae, data on spatial distribution of species is particularly important for predicting how likely species are to be affected by current threats (Hof *et al.,* 2011).

One of the main causes of death of animal populations is the emerging infectious diseases (Daszak *et al.,* 2000). These diseases are a concern especially for species that have declining population, declining in habitat quality or availability, or small distribution range (Daszak *et al.,* 2000). Particularly, these characteristics make the amphibians' populations more vulnerable to emerging diseases, once many species have small geographic distribution and are experiencing a reduction in both habitat quality and extension (Duellman & Trueb, 1986). As a result, the amphibians are considered as the more threatened vertebrate group, being a major concern for conservation efforts.

Clearly, this is not the result only of emerging infectious diseases, but a conjunction of many causes, including habitat loss and modification, which effects are difficult to isolate. Because amphibians, due to its biphasic life cycle, are exposed to land and aquatic stressors, the tadpoles are an important link to understand population declines and biodiversity loss. Without understanding how the threats interact with each other and with the amphibians life stages we are unable to generate a better ecological theories that could explain and predict patterns of species loss.

This complexity of causes that driven the global decline of amphibian populations is already recognize but few research programs are planned to investigate the amphibians threats in a multivariate approach, in general focusing in a single factor (Blaustein & Kiesecker, 2002). The univariate approach for studying causal factors of amphibian diversity threats provided little predictive insights (Blaustein & Kiesecker, 2002). In this context, species distribution models are useful to predict ecologically suitable areas for different species and for different purposes, as the establishment of invasive species (*e.g.,* Franklin, 2010; Nori *et al.,* 2011), and the effects of pathogens and of climate change on the distribution of species.

So, understand the spatial distribution of species is critical because its distribution is closely linked both to the distribution of appropriate habitats and to frog dispersion and migration abilities (Toledo *et al.,* 2014), which vary between larval and adult stages (Eterovick *et al.,* 2009). However, there are few studies determining the specific components of habitat (such as a specific microhabitat for the development of tadpole), which are recognized only at very small scales (Sinclair *et al.,* 2010). Similarly, studies on genetic structure of Neotropical anuran populations are still incipient (*e.g.,* Eterovick *et al.,* 2009; Nascimento, 2013), as well as the understanding of the roles of both adults and tadpoles in gene flow (Eterovick *et al.,* 2009). This precludes the comprehension of the effects of different human activities on frog populations via interference on migration patterns.

Finally, a topic that has been fascinating ecologists and evolutionary biologists for decades is the phenotypic plasticity of tadpoles (see Tadpoles Biology Theme Section; Via *et al.,* 1995). For tadpole biologists, the study of phenotypic plasticity gained traction with Wilbur & Collins' (1973) seminal paper on factors that influence larval amphibian growth, development, and ultimately their metamorphosis. Since then, plasticity in tadpole phenotypes is well documented and can occur in response to a variety of environmental conditions, including pond hydroperiod (Denver *et al.,* 1998), competitors (Relyea, 2002a), predation (Relyea, 2002b), parasites (Venesky *et al.,* 2013a), and in food availability (de Sousa *et al.,* 2014). Thus, the plasticity in these, and other, traits among tadpoles begs the questions: Do tadpoles fit neatly into eco-morphological guilds (Altig & Johnson, 1989) and do tadpoles exhibit more flexibility to thrive in various environmental conditions that what we currently understand?

In South America, particularly in Brazil, tadpoles exhibit tremendous diversity in their morphology as well as the habitats in which they develop, which include ponds, swamps and streams in open or forested areas. Within such habitats, tadpoles can occupy different positions along the water column, they can also thrive in water accumulated in epiphytes (*e.g., Phyllodytes luteolus,* Eterovick, 1999), buried in stream sandy bottoms (*e.g., Vitreorana uranoscopa,* Heyer, 1985), live in tree trunk phytotelmata (*e.g., Osteocephalus oophagus,* Schiesari *et al.,* 1996), or even develop in the thin water film flowing over rocks by streams, such as the semiterrestrial tadpoles of the genus *Thoropa* (Bokermann, 1965). Yet, we have few comparative studies on the degree of plasticity that exists among South American tadpoles, how that influences their selection of a habitat (or micro-habitat), and the consequences of developing in a "sub-optimal" habitat.

Understanding these and other questions related to tadpole phenotypic plasticity and habitat preference will first require an understanding of the function of the diverse phenotypes within and between species. After we have a better understanding of a particular tadpole phenotype, manipulative experiments will be useful in understanding the extent to which these phenotypes change in particular environments. Eventually researchers will need to measure the fitness consequences of plastic traits as they correlate to the heterogeneous environments in which tadpoles develop.

This framework is now being applied to the study of tadpole feeding. In the first series of experiments on tadpole feeding, Venesky *et al.* (2013b) used a standardized approach to describe the diversity of oral kinematics in six hylid tadpoles that varied in their feeding structures and also in their feeding guilds. Building upon these initial findings, this research group manipulated the position of the food within the water column (de Sousa *et al.,* 2014) and also the temperature at which tadpoles were studied (de Sousa *et al.,* 2015) to understand the plasticity in the feeding kinematics. The fact that tadpoles have flexibility in their feeding coupled with the fact that they also perform better in certain environments (de Sousa *et al.,* 2014; de Sousa *et al.,* 2015) suggests that they should have higher fitness Blaustein in some environments than others. Research that explicitly tests these hypotheses is needed to fully understand the relationship between tadpole phenotypic plasticity and habitat choice.

Problem 1: Lack of information on (1) the natural history of anurans – especially in the larval stage – and (2) the best ways to maintain tadpoles in captivity, need to hamper the development of standardized protocols for tadpole research.

1) What is the best way to make natural history data more accessible?
2) Can we create a national/international natural history database linked to museum specimens that included data on breeding period, number of eggs, time to metamorphosis, trophic relationships, dispersion abilities etc.?
3) What is the dispersal ability of Neotropical frogs? [Although dispersal occurs mainly in the post-metamorphic stage, such information is fundamental to understand processes that shape tadpole assemblages and the conservation of species.]

Problem 2: Conflicts in ecological data for tadpoles in South America and lack of information on the drivers of habitat choice.

4) There appear to be different community assembly drivers in different locations and biogeographical regions. Are there any general rules that apply at all scales?
5) Is it possible to connect behavior and morphology? When it comes to behavior, what really matters: species or functional groups?
6) Why do amphibians choose the habitat in which they occur? What determines the preference for habitats?
7) What are the consequences for anurans of choosing a suboptimal habitat for their larvae?

Possible pathways to answer the questions listed above

The set of questions raised during the Open Discussion indicates the need for developing:

1. A database about natural history, associated with a verification and validation of such information, available to the scientific community (*i.e.,* following an open access philosophy). We suggest an online dataset where researchers are allowed to insert information including video clips (published or personal data) expanding upon the AmphibianWeb and Encyclopedia of Life models. In this case, though, the website would be focused on natural history information, that should be gathered, standardized and validated by a team before open posting.
2. A program in data acquisition to identify community assembly rules along many spatial scales. The focus would be on standardizing collection protocols and experimental designs to look at assembly rules in different biomes so that meaningful comparisons can be made between tadpole communities.
3. More controlled experimental research on the biological interactions among tropical species, employing standardized protocols for maintenance tadpoles of different families in captivity, to test predictions, since much of the theory on that subject is based solely on data from temperate systems.

This is clearly not a complete list of research programs that can be done with tadpoles in Brazil in the next decade. But collectively the attendees at the Workshop felt that substantive progress could be made in all of these areas within ten years. We recognize that the questions we are asking here are broad-based and we can't realistically expect them to be answered for anurans in Brazil in just a decade. However, they are clearly focal questions where, if attention is directed, substantial advances could easily be made within the next ten years.

Research in these areas could do much to help us understand and preserve Brazil's anurans. But with limited funds for amphibian research, individuals and teams will need to collaborator to address these complex and comprehensive topics. The Tadpoles International Workshop was a step toward integrating tadpole research in Brazil to address these important areas for future research.

ACKNOWLEDGMENTS

The Tadpoles International Workshop (TIW) was funded by the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq: 466169/2014-0). The results presented in TIW were obtained in research funded by several funding agencies: SISBIOTA Program (FAPESP: 2010/52321-7 and CNPq: 563075/2010-4 to DCRF, FN, FJ, LCS, MM and MVG), FAPESP (Grants 2013/50741-7, 2011/51724-3, 2008/57939-9, respectively to CFBH, DCRF and LCS), Post graduate Program in Zoology at UEFS (FAJ), CONICET-Fundación Miguel Lillo and PICT/2011-1524 (MFVC), Research Program in Biodiversity-PPBio/MCT/CNPq and Fapeam (MM), and Natural Science and Research Council of Canada – NSERC (RJW and MDV). DCRF thanks Lilian OS Melo, Mainara X. Jordani, Rodolfo M. Pellinson and Fabiane St. Annibale for help with literature and text revision. The following researchers are fellows of CNPq Research Fellowship: CFBH, DCRF, PCE, FAJ and MM.

REFERENCES

Almeida, A. P., D. J. Rodrigues, M. V. Garey and M. Menin. 2015. Tadpole richness in riparian areas is determined by niche-based and neutral processes. *Hydrobiologia,* 745: 123-135.

Altig, R. and G. F. Johnson. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs,* 3: 81-109.

Andrade, G. V., P. C. Eterovick, D. C. Rossa-Feres and Schiesari, L. 2007. Estudos sobre girinos no Brasil: histórico, conhecimento atual e perspectivas; pp. 123-145. *In:* L. B. Nascimento, e M. E. Oliveira (Eds.), Herpetologia no Brasil II. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte.

Astorga, A., J. Oksanen, M. Luoto, J. Soininen, R. Virtanen and T. Muotka. 2012. Distance decay of similarity in freshwater communities: do macro-and microorganisms follow the same rules? *Global Ecology and Biogeography,* 21(3): 365-375.

Blaustein, A. R., M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: Lessons from the global decline of amphibian population. *Ecology Letters,* 5: 597-608.

Bokermann, W. C. A. 1965. Notas sobre as espécies de *Thoropa* (Fitzinger, Amphibia, Leptodactylidae). *Anais da academia Brasileira de Ciências,* 37(3/4): 525-537.

Cadle, J. E. and Greene, H. W. 1993. Phylogenetic patterns, biogeography and the ecological structure of neotropical snake assemblage; pp. 281-293. *In:* R. E. Ricklefs, e D. Schluter (Eds.), Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press, Chicago.

Cavender-Bares, J., K. H. Kozak, P. V. A. Fine and S. W. Kembel. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters,* 12: 693-715.

Chase, J. M. and M. A. Leibold. 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. University of Chicago Press, Chicago, 212p.

Dallas, T. 2014. Metacom: An R package for the analysis of metacommunity structure. *Ecography,* 37: 402-405.

Daszak, P., A. A. Cunningham and A. D. Hyatt. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science,* 287: 443-449.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, M. D. Venesky, D. C. Rossa-Feres, T. L. Pezzuti, G. V. Andrade and R. J. Wassersug. 2014. Flexible feeding kinematics of a tropical carnivorous anuran tadpole. *Journal of Zoology,* 293: 204-210.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, D. C. Rossa-Feres, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, R. J. Wassersug and M. D. Venesky. 2015. Differential effects of temperature on the feeding kinematics of the tadpoles of two sympatric anuran species. *Journal of Experimental Zoology Part A:* Ecological Genetics and Physiology, early view. doi: 10.1002/jez.1941.

Denver, R. J., N. Mirhadi and M. Phillips, M. 1998. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: response of *Scaphiophus hammondii* tadpoles to habitat desiccation. *Ecology,* 79: 1859-1872.

Diamond, J. M. 1975. Assembly of species communities; pp. 342-444. *In:* M. L. Cody, e J. M. Diamond (Eds.). Ecology and evolution of communities, Harvard University Press, Cambridge.

Ellwood, E. R., B. A. Dunckel, P. Flemons, R. Guralnick, G. Nelson, G. Newman, S. Newman, D. Paul, G. Riccardi, N. Rios, K. C. Seltmann and A. R. Mast. 2015. Accelerating the digitization of biodiversity research specimens through online public participation. *BioScience,* 65: 383-396.

Eterovick, P. C. 1999. Use and sharing of calling and retreat sites by *Phylodytes luteolus* in a modified enrironment. *Journal of Herpetology,* 33: 17-22.

Eterovick, P. C., G. M. Yazbeck, J. A. Dergam and E. Kalapothakis. 2009. Small scale population structure in the treefrog *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964) (Anura, Hylidae). *South America Journal of Herpetology,* 4: 235-244.

Franklin, J. 2010. Moving beyond static species distribution models in support of conservation biogeography. *Diversity and Distribution,* 6: 321-330.

Frost, D. R., T. Grant, J. Faivovich, C. F. B. Haddad, R. H. Bain, A. Haas, R. O. de Sá, A. Channing, M. Wilkinson and W. C. Wheeler. 2006. *The Amphibian tree of life. Bulletin of the American Museum of Natural History,* 297: 1-370.

Haas, A. 2003. Phylogeny of frogs as inferred from primarily larval characters (Amphibia: Anura). *Cladistics,* 19: 23-89.

Hajibabaei, M., G. C. A. Singer, P. D. N. Hebert and D. A. Hickey. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics,* 23: 167-172.

Heyer, W. R. 1985. Taxonomic and natural history notes on frogs of the genus *Centrolenella* (Amphibia: Centrolenidae) from southeastern Brasil and adjacent Argentina. *Papéis Avulsos de Zoologia,* 36: 1-21.

HilleRisLambers, J., P. B. Adler, W. S. Harpole, J. M. Levine and M. M. Mayfield. 2012. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics,* 43: 227-248.

Hof, C., M. B. Araújo, W. Jetz and C. Rahbek, C. 2011. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature,* 480: 516-521.

Howeth, J. G. and M. A. Leibold. 2010. Species dispersal rates alter diversity and ecosystem stabillity in pond metacommunities. *Ecology,* 91: 2727-2741.

Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University, Princeton, 448 pp.

Hutchinson, G. E. 1957. The multivariate niche. Cold Spring Harbor Symp. *Quantitative Biology,* 22: 415-421.

Iop, S., V. M. Caldart, T. G. Dos Santos and S. Z. Cechin. 2012. What is the role of heterogeneity and spatial autocorrelation of ponds in the organization of frog communities in southern Brazil. *Zoological Studies,* 51: 1094-1104.

IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1.* <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 01 June 2015.

Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science,* 3: 157-164.

Lawton, J. H. 1999. Are there general laws in ecology? *Oikos,* 84: 177-192.

Leibold, M. and G. Mikkelson, G. 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos,* 97: 237-250.

Leibold, M. A., M. Holyoak, N. Mouquet, P. Amarasekare, J. M. Chase, M. F. Hoopes, R. D. Holt, J. B. Shurin, R. Law, D. Tilman, M. Loreu and A. Gonzalez. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters,* 7: 601-613.

Leibold, M., E. Economo and P. Peres-Neto. 2010. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. *Ecology Letters,* 13: 1290-1299.

Lima, N. G. S. and P. C. Eterovick. 2013. Natural history of Ameerega flavopicta (Dendrobatidae) on an island formed by the Três Marias hydroelectric reservoir in southeastern Brazil. *Journal of Herpetology,* 47: 480-488.

Lima, N. G. S., A. S. B. Gontijo and P. C. Eterovick. 2014a. Breeding behaviour of *Bokermannohyla nanuzae* (Anura: Hylidae) at an Atlantic Forest site in southeastern Brazil. *Journal of Natural History,* 48: 1439-1452.

Lima, R. C. L., J. E. M. Dias, N. G. S. Lima, P. F. Torres and P. C. Eterovick. 2014b. Escape response of tadpoles of two species of *Bokermannohyla* (Anura, Hylidae) to simulated threat. *Journal of Herpetology,* doi: 10.1670/12-225.

MacArthur, R. H. and R. Levins. 1967. Limiting similarity convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist,* 101: 377-385.

Maddison, W. and D. Maddison. 2011. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis, version 2.5. 2007. Disponível em: http://mesquiteproject.org/mesquite/download

McDiarmid, R. W. and R. Altig. 1999. Introduction: the tadpole arena. 1-6 pp. *In:* R. W. McDiarmid, e R. Altig (Eds.). Tadpoles: the biology of anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago.

Melo, M., F. Fava, F., H. A. Pinto and F. Nomura. 2014. Are assemblages of aquatic-breeding anurans (Amphibia) niche structured or neutral? *Biotropica,* 46: 608-614.

Mouquet, N., V. Devictor, C. N. Meynard, F. Munoz, L. F. Bersier, J. Chave, P. Couteron, A. Dalecky, C. Fontaine, D. Gravel, O. J. Hardy, F. Jabot, S. Lavergne, M. Leibold, D. Mouillot, T. Munkemuller, S. Pavoine, A. Prinzing, A. S. L. Rodrigues, R. P. Rohr, E. Thebault and W. Thuiller. 2012. Ecophylogenetics: advances and perspectives. *Biological Reviews,* 87: 769-785.

Nascimento, A. C. A. 2013. Filogeografia de *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964), anuro endêmico da Cadeia do Espinhaço. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Ng, I. S. Y., C. M. Carr and K. Cottenie. 2009. Hierarchical zooplankton metacommunities: Distinguishing between high and limiting dispersal mechanisms. *Hydrobiologia,* 619: 133-143.

Nori, J., J. N. Urbina-Cardona, R. D. Loyola, J. N. Lescano and G. C. Leynaud. 2011. Climate change and american bullfrog invasion: what could we expect in South America? *PLoS ONE,* 6: e25718.

Orton, G. L. 1944. Studies on the systematic and phylogenetic significance of certain larval characters in the Amphibia Salientia. Dissertation, University of Michigan.

Parris, K. M. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography,* 27: 392-400.

Pavoine, S.; E. Vela, S. Gachet, G. Bélair and M. B. Bonsall. 2011. Linking patterns in phylogeny, traits, abiotic variables and space: a novel approach to linking environmental filtering and plant community assembly. *Journal of Ecology,* 99: 165-175.

Prado, V. H. M. and D. C. Rossa-Feres. 2014. The influence of niche and neutral processes on a neotropical anuranmetacommunity. *Austral Ecology,* 39: 540-547.

Presley, S. J., C. L. Higgins and M. R. Willig. 2010. A comprehensive framework for he evaluation of metacommunity structure. *Oikos,* 119: 908-917.

Provete, D. B., M. V. Garey, F. R. Silva and M. X. Jordani. 2012. Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. North-Western *Journal of Zoology,* 8: 823-826.

Provete, D. B., T. Gonçalves-Souza, M. V. Garey, I. A. Martins and D. C. Rossa-Feres. 2014. Broad-scale spatial patterns of canopy cover and pond morphology affect the structure of a Neotropical amphibian metacommunity. *Hydrobiologia,* 734: 69-79.

Rangel, T. F., A. F. Diniz-Filho and L. M. Bini. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography,* 33: 46-50.

Relyea, R. A. 2002a. Competitor-induced plasticity in tadpoles: Consequences, cues, and connections to predator-induced plasticity. *Ecological Monographs,* 72: 523-540.

Relyea, R. A. 2002b. Local population differences in phenotypic plasticity: Predator-induced changes in wood frog tadpoles. *Ecological Monographs,* 72: 77-93.

Rossa-Feres, D. C., R. J. Sawaya, J. Faivovich, J. G. R. Giovanelli, C; A. Brasileiro, J. Alexandrino and C. F. B. Haddad. 2011. Anfíbios do Estado de São Paulo, Brasil: conhecimento atual e perspectivas. *Biota Neotropica,* 11: 47-66.

Schiesari, L. C., B. Grillitsch and C. Vogl. 1996. Comparative morphology of phytotelmonous and pond-dwelling larvae of four Neotropical treefrog species (Anura, Hylidae, *Osteocephalus oophagus, Osteocephalus taurinus, Phrynohyas resinifictrix, Phrynohyas venulosa*). *Alytes,* 13: 109-139.

Segalla, M. V., U. Caramaschi, C. A. G. Cruz, T. Grant, C. F. B. Haddad, J. A. Langone and P. C. A. Garcia. 2014. Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira,* 3: 37-48.

Sinclair, S. J, M. D. White and G. R. Newell. 2010. How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? *Ecology and Society,* 15: 8, url: www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art8

Starret, P. H. 1973. Evolutionary patterns in larval morphology, pp. 251-271. *In:* J. L. Vial (Ed.). Evolutionary biology of the anurans, Contemporary research on major problems. Columbia University Press, New York.

Swenson, N. G., B. J. Enquist, J. Thompson and J. K. Zimmerman. 2007. The influence of spatial and size scale on phylogenetic relatedness in tropical forest communities. *Ecology,* 88: 1770-1780.

Toledo, L. F., C. G. Becker, C. F. B. Haddad and K. R. Zamudio. 2014. Rarity as an indicator of endangerment in neotropical frogs. *Biological Conservation,* 179: 54-62.

Ulrich, W. 2012. Niche – a FORTRAN program for metacommunity analysis. V. 1.0. Disponível em: www.home.umk.pl/~ulrichw/?Research:Software:Niche

Ulrich, W., M. Piwczyński, F. T. Maestre and N. J. Gotelli. 2012. Null model tests for niche conservatism, phylogenetic assortment and habitat filtering. *Methods in Ecology and Evolution,* 3: 930-939.

Vasconcelos, T. S., T. G. Santos, D. C. Rossa-Feres and C. F. B. Haddad. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology,* 87: 699-707.

Vellend, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology,* 85: 183-206.

Venesky, M. D., S. M. Hanlon, K. Lynch, M. J. Parris and J. R. Rohr. 2013a. Optimal digestion theory does not predict the effect of pathogens on intestinal plasticity. *Biology Letters,* 9: 20130038

Venesky, M. D., D. C. Rossa-Feres, F. Nomura, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, V. T. T, de Sousa, C. V. Anderson and R. J. Wassersug. 2013b. Comparative feeding kinematics of tropical hylid tadpoles. *Journal of Experimental Biology,* 216: 1928-1937.

Verdade, V. K., P. H. Valdujo, A. C. Carnaval, L. Schiesari, L. F. Toledo, T. Mott, G. V. Andrade, P. C. Eterovick, M. Menin, B. V. S. Pimenta, C. Nogueira, C. S. Lisboa, C. D. de Paula and D. L. Silvano. 2012. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. *Alytes,* 29: 27-42.

Via, S., R. Gomulkiewicz, G. Dejong, S. M. Scheiner, C. D. Schlichting and P. H. Vantienderen. 1995. Adaptive phenotypic plasticity – consensus and controversy. *Trends in Ecology and Evolution,* 10: 212-217.

Webb, C. O., D. D. Ackerly, M. McPeek and M. Donoghue. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 33: 475-505.

Webb, C. O., D. D. Ackerly and S. W. Kembel. 2008. Phylocom: software for the analysis of phylogenetic community structure and trait evolution. *Bioinformatics,* 24: 2098-2100.

Weiher, E. and P. A. Keddy. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. *Oikos,* 74: 159-164.

Wilbur, H. M. and J. P. Collins. 1973. Ecological aspects of amphibian metamorphosis. *Science,* 182: 1305-1314.

Wilbur, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex system in temporary ponds. *Ecology,* 78: 2279-2302.



Uranoscodon superciliaris, **Oriximiná, PA - Foto:** Magno Segalla.

Erythrolamprus poecilogyrus sspp. (Serpentes: Dipsadidae): predação

Arthur Diesel Abegg[1,5], Omar Machado Entiauspe Neto[2], Henrique Caldeira Costa[3] e Patrícia da Silva Santos[3,4]

[1] *Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Avenida Roraima, 1.000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.*
[2] *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Riograndense, Campus Pelotas-Visconde da Graça. Avenida Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, 2.791, Três Vendas, CEP 96060-290, Pelotas, RS, Brasil.*
[3] *Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Zoologia, Laboratório de Herpetologia. Avenida Presidente Antônio Carlos, 6.627, Pampulha, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
[4] *Faculdade de Viçosa (FDV). Rua Gomes Barbosa, 870, Centro, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.*
[5] *Autor correspondente: arthur_abegg@hotmail.com*

Erythrolamprus poecilogyrus (Wied, 1825) é amplamente distribuída ao longo da América do Sul a leste dos Andes, ocorrendo da Venezuela e Guianas, ao sul, no Brasil, na Bolívia, no Paraguai, no Uruguai e na Argentina (Dixon e Markezich, 1992; Giraudo e Scrocchi, 2002). Atualmente, quatro subespécies são reconhecidas: *Erythrolamprus p. poecilogyrus* (Wied, 1825), distribuída na Mata Atlântica do sudeste do Brasil; *E. p. caesius* (Cope, 1862), no Chaco; *E. p. schotti* (Schlegel, 1837), na Amazônia, na Caatinga, no Cerrado e na Mata Atlântica; e *E. p. sublineatus* (Cope, 1860), nos Pampas do sul do Brasil, da Argentina e do Uruguai (Dixon e Markezich, 1992; Fernandes, 2006).

Erythrolamprus poecilogyrus é uma espécie primariamente batracófaga e terrestre, com atividade diurna e noturna (Marques *et al.,* 2001; Pinto e Fernandes, 2004; Martins *et al.,* 2008). Geralmente está associada a ambientes aquáticos, sendo capaz de sobreviver em áreas fortemente descaracterizadas e urbanizadas (Leynaud & Bucher, 1999; Maciel *et al.,* 2003). Os indivíduos desta espécie não tendem a ser agressivos frente a predadores, geralmente procurando a fuga (Quintela e Loebmann, 2009). A coloração críptica (em *E. p. caesius, E. p. schotti* e *E. p. sublineatus*), o mimetismo (em *E. p. poecilogyrus*), descargas cloacais fétidas e achatamento dorsoventral também são estratégias defensivas utilizadas por indivíduos dessa espécie (Marques *et al.,* 2001; Martins *et al.,* 2008), que raramente mordem. A mordida, embora possa causar envenenamento leve em humanos (Quintela, 2010), não parece oferecer grande poder de retaliação a eventuais predadores.

Erythrolamprus poecilogyrus já foi registrada como presa de diversas espécies de anfíbios, aves, mamíferos e répteis (*e.g.,* Silva *et al.,* 2007; Di-Giacomo, 2005; Rocha *et al.,* 2008; Marques e Puorto, 2004). Neste trabalho relatamos a predação de um indivíduo de *E. p. poecilogyrus* e outro de *E. p. sublineatus* e revisamos os registros de predação sobre a espécie.

O primeiro registro foi feito no dia 10 de fevereiro de 2011 na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Feliciano Miguel Abdala (19,72°S, 41,82°W), um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizado no município de Caratinga, leste de Minas Gerais, envolvendo duas serpentes (Fig. 1). Com base no padrão de coloração, escamas dorsais e outros aspectos da morfologia geral, a serpente predadora foi identificada como *Drymoluber dichrous* (Peters, 1863). A serpente apresada foi identificada como um jovem de *Erythrolamprus p. poecilogyrus*



Figura 1: Predação de um juvenil de *Erythrolamprus poecilogyrus poecilogyrus* por *Drymoluber dichrous* (Serpentes, Colubridae) na RPPN Feliciano Miguel Abdala, Caratinga, Minas Gerais. Foto: André Ferreira.



Figura 2: Predação de *Erythrolamprus poecilogyrus sublineatus* por *Guira guira* (Aves, Cuculidae) no rio Piratini, entre Cerrito e Pedro Osório, Rio Grande do Sul. Foto: Carlos Antonio Aires.

Tabela 1: Predadores registrados para *Erythrolampus poecilogyrus* e seu período de atividade primária. Cerquilha (#) indica registro em cativeiro. NM = subespécie não mencionada; C = crepuscular; D = diurno; N = noturno.

PREDADOR	SUBESPÉCIE	FONTE	PERÍODO DE ATIVIDADE DO PREDADOR
AMPHIBIA			
Anura			
Ceratophryidae			
Ceratophrys ornata (Bell, 1843)	NM	Schalk *et al.,* 2014#	C/N (Maneyro e Carreira, 2012)
Ranidae			
Lithobates catesbeianus (Shaw, 1802)	*E. p. poecilogyrus*	Silva *et al.,* 2007	N (Maneyro e Carreira, 2012)
AVES			
Ciconiiformes			
Ciconiidae			
Ciconia maguari (Gmelin, 1789)[1]	NM	Aravena, 1928	D (Thomas, 1986)
	NM (*E. p. sublineatus?*)	Tozetti *et al.,* 2011	
Cuculiformes			
Cuculidae			
Guira guira Gmelin, 1788	NM (*E. p. sublineatus?*)	Soave *et al.,* 2008	D (Sick, 1997)
	E. p. sublineatus	Presente estudo	
Falconiformes			
Falconidae			
Herpetotheres cachinnans (Linnaeus, 1758)	NM (*E. p. caesius?*)	Di Giacomo, 2005	D (Carvalho Filho *et al.,* 2009)
Milvago chimachima (Vieillot, 1816)	*E. p. sublineatus*	Hartmann e Giasson, 2008	D (Carvalho Filho *et al.,* 2009)
Strigiformes			
Strigidae			
Athene cunicularia (Molina, 1782)[2]	NM	Aravena, 1928	D/N (Zílio, 2006)
MAMMALIA			
Carnivora			
Canidae			
Cerdocyon thous (Linnaeus, 1766)	NM	Rocha *et al.,* 2008	N (Courtenay e Maffei, 2004)
Mustelidae			
Galictis sp.	NM	Jackson, 1979#	N (Weber *et al.,* 2013)
"REPTILIA"			
Squamata			
Colubridae			
Drymobuler dichrous (Peters, 1863)	*E. p. poecilogyrus*	Presente estudo	D (Costa, 2013)
Dipsadidae			
Boiruna maculata (Boulenger, 1896)	*E. p. sublineatus*	Lema *et al.,* 1983#; Carreira, 2002	N (Marques *et al.,* 2005)
	NM (*L. p. schotti?*)	França *et al.,* 2008	
Erythrolamprus aesculapii (Linnaeus, 1766)	NM	Marques e Puorto, 1994	D (Marques *et al.,* 2005)
	NM	Palmuti *et al.,* 2009	
	NM	Linares e Eterovick, 2012	
Hydrodynastes gigas (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	NM	López e Giraudo, 2004; Giraudo *et al.,* 2014	D (Marques *et al.,* 2005)
Phalotris lemniscatus (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)[3]	*E. p. sublineatus*	Lema *et al.,* 1983#; Lema, 1989#	N (Lema, 2002)
Paraphimophis rustica (Cope, 1878)	NM	Carreira, 2002	N (Lema, 2002)
Philodryas patagoniensis (Girard, 1858)	*E. p. sublineatus*	Lema *et al.,* 1983#; Xavier e Quintela, 2007	D (Marques *et al.,* 2005)
	NM	Araújo e Ely, 1980	
	NM	Hartmann e Marques, 2005	
Elapidae			
Micrurus altirostris (Cope, 1859)	*E. p. sublineatus*	Lema *et al.,* 1983#	C/N (Carreira e Maneyro, 2013)
Micrurus corallinus (Merrem, 1820)	NM	Serapicus e Merusse, 2002#	D (Marques *et al.,* 2001)
Micrurus ibiboboca (Merrem, 1820)	NM (*L. p. schotti?*)	Vitt e Vangilder, 1983	D/N (Vitt e Vangilder, 1983)

[1] Citado como *Euxenura galatea* por Aravena (1928);
[2] Citado como *Speotyto cunicularia;*
[3] Citado como *Elapomorphus bilineatus lemniscatus* por Lema *et al.* (1983) e *Elapomorphus* (*Phalotris*) *lemniscatus* e *Elapomorphus* (*Phalotris*) *spegazzinii* por Lema (1989).

devido ao padrão de bandas dorsais, típicos dessa subespécie (Fernandes, 2006). Tanto *D. dichrous* quanto *E. p. poecilogyrus* já tinham registro para a RPPN Feliciano Miguel Abdala (Palmuti *et al.,* 2009). Este é o primeiro relato das duas espécies interagindo em um evento de predação (Costa *et al.,* 2013).

O segundo evento de predação sobre *E. poecilogyrus* ocorreu no dia 11 de novembro de 2014, às 08:45 h durante uma observação de aves nas matas ciliares do Rio Piratini (31,8602°S, 52,8167°W), um fragmento de Estepe gramíneo lenhosa com floresta de galeria, próximo à ponte rodoviária que liga os

municípios de Cerrito e Pedro Osório, no Rio Grande do Sul. Na ocasião foi fotografado um espécime adulto de *Guira guira* (Gmelin, 1788) (Aves: Cuculidae), segurando com o bico um indivíduo adulto de *E. p. sublineatus* (Fig. 2). A ave estava em repouso sobre o galho de uma árvore, a cerca de dois metros de altura, e a serpente aparentava estar morta. A serpente pode ser identificada como *E. p. sublineatus* pelo padrão de coloração ventral e dorsal (Fernandes, 2006). *Guira guira* já foi registrado como predador de *E. poecilogyrus* na Argentina (Soave *et al.,* 2008), sem informação da subespécie apresada, mas pela localidade de ocorrência – Província de Buenos Aires – possivelmente também se tratava de *E. p. sublineatus*.

Erythrolamprus poecilogyrus foi relatada como presa de uma grande variedade de predadores (Tabela 1), sobretudo os de atividade diurna (57% dos predadores registrados), uma vez que os indivíduos dessa espécie de serpente parecem ser mais ativos durante as primeiras horas da manhã e final da tarde (Maciel *et al.,* 2003). A ampla distribuição geográfica de *E. poecilogyrus* (Dixon e Markezich, 1992; Fernandes, 2006), o fato de geralmente apresentar grande abundância nas localidades em que ocorre (Pinto e Fernandes, 2004; Oliveira, 2005), assim como de não dispor de um repertório defensivo muito vasto (Marques *et al.,* 2001; Martins *et al.,* 2008), podem ser fatores que influenciam no número de grupos e espécies animais capazes de predar essa espécie.

AGRADECIMENTOS

A André Ferreira por ceder a foto da predação de *E. p. poecilogyrus* por *D. dichrous,* e Carlos Antonio Aires pela foto da predação de *E. p. sublineatus* por *Guira guira*. HCC recebe bolsa de doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). PSS recebeu financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e U.S. Fish and Wildlife Service.

REFERÊNCIAS

Araújo, M. L. e L. A. M. Ely. 1980. Incidência sazonal de *Helicops carinicaudus infrataeniatus* Jan, 1865) e *Philodryas patagoniensis patagoniensis* (Girard, 1857) no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Ophidia – Colubridae). *Iheringia, Série Zoologia,* 55: 87-106.

Aravena, R. O. 1928. Notas sobre la alimentación de las aves. *Hornero,* 4(2): 153-166.

Carreira, S. 2002. Alimentación de los ofidios de Uruguay. Alimentación de los ofidios de Uruguay. *Monografías de Herpetología,* 6: 1-126.

Carreira S. e R. Maneyro. 2013. *Guía de Reptiles del Uruguay.* Ediciones de la Fuga, Montevideo. 286 pp.

Carvalho-Filho, E. P. M., G. Zorzin, M. Canuto, C. E. A. Carvalho e G. D. M. Carvalho. 2009. Aves de rapina diurnas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *MG Biota,* 1: 4-43.

Hartmann, P. A. e L. O. M. Giasson. 2008. Répteis; pp. 111-130. *In:* J. J. Cherem e M. Kammers (Eds.). *A fauna das áreas de influência da Usina Hidrelétrica Quebra Queixo.* Habilis, Erechim.

Costa, H. C., M. R. Moura, R. N. Feio. 2013. Taxonomic revision of *Drymoluber* Amaral, 1930 (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa,* 3716: 349-394.

Courtenay, O. e L. Maffei. 2004. Crab-eating fox *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766); pp. 32-38. *In:* C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann e D. W. Macdonald (Eds.). *Canids: Foxes, wolves, jackals and dogs. Status Survey and Conservation Action Plan.* IUCN/SSC Canid Specialist Group, Gland and Cambridge.

Di-Giacomo, A. G. 2005. Birds of the El Bagual Reserve. pp. 201-465. *In:* Di-Giacomo, A. G. e Krapovickas, S. F. (Eds.), *Aves de la Reserva El Bagual. Historia natural y paisaje de la Reserva El Bagual, Provincia de Formosa, Argentina*. Asociación Ornitológica del Plata, Buenos Aires.

Dixon, J. R. e A. L. Markezich. 1992. Taxonomy and geographic-variation of *Liophis poecilogyrus* (Wied) from South America (Serpentes, Colubridae). *Texas Journal of Science,* 44(2): 131-166.

Fernandes, D. 2006. Revisão sistemática de *Liophis poecilogyrus* (Wied-Neuwied, 1825) (Serpentes: Colubridae). Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, 261p.

França, F. G., D. O. Mesquita, C. C. Nogueira e A. F. Araújo. 2008. Phylogeny and ecology determine morphological structure in a snake assemblage in the Central Brazilian Cerrado. *Copeia,* 2008(1): 23-38.

Giraudo, A. R. e G. Scrocchi. 2002. Argentinian snakes: an annotated checklist. *Smithsonian Herpetological Information Service,* 132: 1-53.

Giraudo, A. R., V. Arzamendia, G. P. Bellini, C. A. Bessa e M. B. Costanzo. 2014. Ecología de una gran serpiente sudamericana, *Hydrodynastes gigas* (Serpentes: Dipsadidae). *Revista mexicana de Biodiversidad,* 85(4): 1206-1216.

Hartmann, P. A. e O. A. V. Marques. 2005. Diet and habitat use of two sympatric species of *Philodryas* (Colubridae), in south Brazil. *Amphibia-Reptilia,* 26: 25-31.

Jackson, J. F. 1979. Effects of some ophidian tail displays on the predatory behavior of grison (*Galictis* sp.). *Copeia,* 1979: 169-172.

Lema, T. D., M. D. Araujo e A. D. Azevedo. 1983. Contribuição ao conhecimento da alimentação e do modo alimentar de serpentes do Brasil. *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS, Série Zoologia,* 26(1): 41-121.

Lema, T. 1989. Notas sobre a biologia de duas espécies de *Elapomorphus* Wiegmann, 1843 (Serpentes, Colubridae, Elapomorphinae). *Iheringia, Série Zoologia,* 69: 61-69.

Lema, T. 2002. *Os répteis do Rio Grande do Sul: Atuais e fósseis – Biogeografia – Ofidismo.* EDIPUCRS, Porto Alegre. 264 pp.

Linares, A. M. e P. C. Eterovick. 2011. *Erythrolamprus aesculapii* (Southern Mock Coralsnake). Very large prey. *Herpetological Review,* 43(1): 43-146.

López, M. S. e A. R. Giraudo, A. R. 2004. Diet of the large water snake *Hydrodynastes gigas* (Colubridae) from northeast Argentina. *Amphibia Reptilia,* 25(2): 178-184.

Leynaud. G. C. e E. H. Bucher. 1999. La Fauna de Serpientes del Chaco Sudamericano: diversidad, distribución geografica y estado de conservación. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Miscelanea,* 98: 1-45.

Maciel, A. P., M. Di-Bernardo, S. M. Hartz, R. B. Oliveira e G. M. Pontes. 2003. Seasonal and daily activity patterns of *Liophis poecilogyrus* (Serpentes: Colubridae) on the north coast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Amphibia-Reptilia,* 24(2): 189-200.

Maneyro, R. e S. Carreira. 2012. *Guía de Anfibios del Uruguay.* Ediciones de la Fuga, Montevideo, 207 pp.

Marques, O. A. V. e G. Puorto. 1994. Dieta e comportamento alimentar de *Erythrolamprus aesculapii,* uma serpente ofiófaga. *Revista Brasileira de Biologia,* 54(2): 253-259.

Marques, O. A. V., A. Eterovic e I. Sazima. 2001. *Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado para Serra do Mar.* Holos, Ribeirão Preto,184 pp.

Marques, O. A. V., A. Eterovic, C. Strussman e I. Sazima. 2005. *Serpentes do Pantanal: Guia Ilustrado.* Holos, Ribeirão Preto, 179 pp.

Martins, M., O. A. V. Marques e I. Sazima. 2008. How to be arboreal and diurnal and still stay alive: microhabitat use, time of activity, and defense in Neotropical forest snakes. *South American Journal of Herpetology,* 3(1): 58-67.

Oliveira, R. B. 2005. História natural da comunidade de serpentes de uma região de dunas do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 107 pp.

Palmuti, C. F. D. S., J. Cassimiro e J. Bertoluci. 2009. Food habits of snakes from the RPPN Feliciano Miguel Abdala, an Atlantic Forest fragment of southeastern Brazil. *Biota Neotropica,* 9(1): 263-269.

Pinto, R. R. e R. Fernandes. 2004. Reproductive biology and diet of *Liophis poecilogyrus poecilogyrus* (Serpentes, Colubridae) from southeastern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology,* 3(1): 9-14.

Quintela, F. M. e D. Loebmann. 2009. *Os répteis da região costeira do extremo sul do Brasil.* USEB, Pelotas, 84 pp.

Quintela, F. M. 2010. *Liophis poecilogyrus sublineatus* (Serpentes: Dipsadidae) bite and symptoms of envenomation. *Herpetology Notes,* 3: 309-311.

Rocha, V. J., L. M. Aguiar, J. E. Silva-Pereira, R. F. Moro-Rios e F. C. Passos. 2008. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), in a mosaic area with native and exotic vegetation in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia,* 25(4): 594-600.

Schalk, C. M., C. G. Montaña, J. L. Klemish e E. R. Wild. 2014. On the diet of the frogs of the Ceratophryidae: Synopsis and new contributions. *South American Journal of Herpetology,* 9(2): 90-105.

Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira.* J. F. Pacheco (Ed.). Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 912 pp.

Silva, E. T., H. C. Costa e R. N. Feio. 2007. *Rana catesbeiana* (American Bullfrog). Prey. *Herpetological Review,* 38(4): 443.

Serapicos, E. D. O. e J. L. B. Merusse. 2002. Análise comparativa entre tipos de alimentação de *Micrurus corallinus* (Serpentes, Elapidae) em cativeiro. *Iheringia. Série Zoologia,* 92(4): 99-103.

Soave, G. E., C. A. Darrieu, M. E. Aribalzaga, A. R. Camperi, M. Lucía, J. Williams e M. Juarez. 2008. Dieta del Pirincho (*Guira guira*) en el nordeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Cuculiformes: Cuculidae). *Revista de Biología Tropical,* 56(4): 1883-1892.

Thomas, B. T. 1986. The behavior and breeding of adult Maguari Storks. *The Condor,* 88: 26-34.

Tozetti, A. M., C. S. Fontana, R. B. Oliveira e G. M. F. Pontes. 2011. Feeding habits of the Maguari Stork (*Ciconia maguari*): is it a snake-like prey specialist? *Pan-American Journal of Aquatic Sciences,* 6: 65-67.

Vitt, L. J. e L. D. Vangilder. 1983. Ecology of a Snake Community in Northeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia,* 4: 273-296.

Weber, M. M., C. Roman e N. C. Cáceres. 2013. *Mamíferos do Rio Grande do Sul.* Editora UFSM, Santa Maria, 556 pp.

Xavier, J. I. e F. M. Quintela. 2007. Notas sobre a dieta de colubrídeos (Serpentes: Colubridae) na região sul da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil.*

Zilio, F. 2006. Dieta de *Falco sparverius* (Aves: Falconidae) e *Athene cunicularia* (Aves: Strigidae) em uma Região de Dunas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia,* 14(4): 379-392.



Ranitomeya ventrimaculata, **Oiapoque, AP - Foto:** Fabio Maffei.

Erythrolamprus aesculapii (Colubridae): observação *in loco* do processo de ingestão de uma presa, *Xenodon neuwiedii* (Colubridae)

Davis Alves Santana[1]

[1] *Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB-USP), Estagiário de Iniciação Científica, Bolsista CNPq. Rua do Matão, 14, Butantã, CEP 05508-000, São Paulo, SP, Brasil.*



Figura 1: Indivíduo de *Erythrolamprus aesculapii* ingerindo um indivíduo de *Xenodon neuwiedii* no Parque Estadual da Cantareira, São Paulo, SP.

Erythrolamprus aesculapii e *Xenodon neuwiedii* são duas espécies de serpentes comuns da Mata Atlântica. Enquanto a primeira, uma espécie opistóglifa, de porte médio, diurna e de hábitos terrícolas (Marques *et al.,* 2001), é dificilmente avistada, a segunda, uma espécie áglifa que se alimenta de anuros (Marques *et al.,* 2001) é avistada com maior frequência. Durante trabalho de campo no dia 3 de novembro de 2013, foi observado o comportamento ofiófago de *E. aesculapii* durante aproximadamente 1 h, às 13h00, próximo a uma trilha pavimentada, no Parque Estadual da Cantareira, Núcleo Pedra Grande (localizado entre as coordenadas 23°26'10" de latitude sul e 46°38'05" de longitude oeste). Na ocasião, o tempo estava ensolarado e quente e havia um grande fluxo de visitantes. *Erythrolamprus aesculapii* geralmente inicia o processo de predação capturando sua presa por meio de mordida em qualquer parte do corpo e, em seguida, "manipulando-a" de forma a aproximar-se de sua cauda (Marques & Puorto, 1994). Ao início da presente observação, o predador já havia efetuado a captura e iniciado a manipulação, pois já estava com parte da cauda da presa ingerida. O predador não usou mecanismos de constrição para subjugar a presa, mas, durante o processo de ingestão, foi possível observar a forma como posicionava seu corpo para apoiar-se no substrato, aparentemente evitando ser arrastada pela presa (embora esta, mesmo estando viva, tenha reagido pouco durante o processo; Fig. 1). Após ter mais da metade do corpo ingerido, a presa parou de executar movimentos, inclusive os movimentos da língua que, devido à flacidez, ficou exposta (Fig. 2). A observação em campo confirma o hábito de *E. aesculapii* de iniciar a ingestão de suas presas pela cauda, diferente da maioria das serpentes ofiófagas (Marques *et al.,* 2001), hábito esse já observado em exemplares em cativeiro. O vídeo de parte do evento de predação se encontra no endereço eletrônico https://www.youtube.com/watch?v=0NcgETb7O-U&list=UU3Rt5z4taV9vEhqjhoc6DsQ.

REFERÊNCIAS

Marques, O. A. V., Puorto, G. 1994. Dieta e comportamento alimentar de *Erythrolamprus aesculapii*. *Revista Brasileira de Biologia,* 54(2): 253-259.

Marques, O. A. V., Eterovick, A., Sazima, I. 2001. Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado para Serra do Mar. Ribeirão Preto, Holos.



Figura 2: Indivíduo de *Erythrolamprus aesculapii* finalizando a ingestão de um indivíduo de *Xenodon neuwiedii* no Parque Estadual da Cantareira, São Paulo, SP.

FRANCISCO PAIVA DO NASCIMENTO



← Francisco Paiva do Nascimento fotografado durante o 3º Congresso Brasileiro de Herpetologia em julho de 2007, em Belém, PA (Foto: M. Martins).



→ Francisco Paiva do Nascimento (à direita) sendo homenageado durante o 3º Congresso Brasileiro de Herpetologia em julho de 2007, em Belém, PA (Foto: M. Martins).

Faleceu em 21 de junho de 2015 Francisco Paiva do Nascimento, herpetólogo aposentado do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e o grande colaborador de Osvaldo Rodrigues da Cunha. Qualquer um que trabalhe com ofídios amazônicos certamente já se deparou com alguns dos inúmeros trabalhos de Cunha & Nascimento, produzidos entre 1970 e 1993, entre os quais o livro pioneiro "As Cobras da Região Leste do Pará", de 1978. Também nesses trabalhos estão descritos diversos táxons novos, a maioria de ofídios – *Atractus albuquerquei* Cunha & Nascimento, 1983; *A. alphonsehogei* Cunha & Nascimento, 1983; *A. snethlageae* Cunha & Nascimento, 1983; *Liophis carajasensis* Cunha, Nascimento & Avila-Pires, 1985; *Oxyrhopus melanogenys orientalis* Cunha & Nascimento, 1983; *Sibynomorphus mikanii septentrionalis* Cunha, Nascimento & Hoge, 1980 e *Micrurus paraensis* Cunha & Nascimento, 1973 –, além do lagarto *Gonatodes eladioi* Nascimento, Avila-Pires & Cunha, 1987. Vale ainda ressaltar que Francisco foi membro-fundador da Sociedade Brasileira de Herpetologia, por ocasião do XI Congresso Brasileiro de Zoologia, em Belém-PA, em 1984.

Chico Paiva, como era por muitos conhecido, nasceu a 2 de maio de 1934 em São Francisco do Pará, na região bragantina, nordeste do estado. Mudando-se para Belém, foi contratado em 1956 pelo Museu Goeldi, trabalhando como auxiliar de museu ao mesmo tempo em que cursava o ensino médio e, entre 1964-1967, a Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Pará. Em 1965, quando Osvaldo Rodrigues da Cunha instala a Seção de Herpetologia do MPEG, Francisco passa a trabalhar aí como auxiliar técnico. A partir de 1968, graduando-se em Farmácia, começa a ser orientado por Osvaldo Cunha no estudo dos ofídios, dando início à colaboração que se estendeu até a aposentadoria deste. Complementa sua formação com alguns cursos curtos na área de sistemática e evolução e com treinamentos, entre abril e junho de 1975, junto ao Instituto Butantan, com Alphonse Richard Hoge, e junto ao Hospital Vital Brazil, neste último obtendo conhecimentos básicos sobre tratamento de acidentes com animais peçonhentos. Funcionalmente, a partir de 1970 é reconhecido como Auxiliar de Pesquisa, em 1975 passa a Assistente de Pesquisa e, em 1987, tendo reconhecido o nível equivalente a Mestre em Ciências (Herpetologia), a Pesquisador-Assistente. A partir de 1985 assume a curadoria das coleções de ofídios, quelônios e jacarés do MPEG e em várias ocasiões atua como chefe-substituto do então Departamento de Zoologia. Aposenta-se em 1º de outubro de 1991.

Francisco participou de inúmeras expedições herpetológicas, em localidades do Pará, Maranhão, Amapá, Rondônia e Roraima. Proferiu palestras e realizou treinamentos sobre ofidismo, e orientou ou co-orientou estudantes de nível secundário, graduação e especialização sobre o estudo de ofídios. Em 1986 participou do grupo de trabalho visando melhorar o conhecimento sobre as serpentes peçonhentas do Brasil, criado pelo Ministério da Saúde, e no ano seguinte integrou uma comissão, também vinculada ao Ministério, visando implantar Núcleos Regionais de Ofiologia em âmbito nacional. Ele queria que um desses núcleos fosse implantado no MPEG, o que acabou não ocorrendo.

Por sua atuação profissional, Francisco recebeu algumas homenagens. A primeira delas em 1982, quando recebeu da ASCON-Belém, a associação de servidores do MPEG, uma medalha pelos 30 anos de serviços prestados na instituição. Marcio Martins e Maria Ermelinda Oliveira dedicaram o estudo que fizeram sobre a história natural das cobras da região de Manaus (1999) a Cunha e Nascimento. A dupla foi também homenageada durante o 3º Congresso Brasileiro de Herpetologia, em Belém, PA (2007), pelo conhecimento pioneiro que produziram sobre os répteis amazônicos. Finalmente, Marcelo Sturaro e eu consideramos mais do que justo homenageá-lo com uma espécie de *Gonatodes* – *G. nascimentoi* Sturaro & Avila-Pires, 2011.

Francisco era uma pessoa muito tranquila, ponderada, séria, mas com senso de humor. Vez por outra gostava de "pregar uma peça" nos estudantes, falando algum absurdo com um semblante bem sério, deixando-os sem saber o que pensar. Nos períodos em que assumiu a chefia do departamento, buscava sempre resolver pendências entre interesses distintos pela conciliação. Tive a oportunidade de conviver com ele desde que cheguei a Belém, em 1983, para trabalhar na seção de herpetologia, e sempre contei com seu apoio no que precisasse. Chico Paiva deixou a esposa, Maria Helena, e dois filhos, Gustavo e Francylenna, esta atualmente professora de Biologia.

Teresa C. S. Avila Pires
Museu Paraense Emilio Goeldi/CZO
Belém, PA

HERPETOLOGIA BRASILEIRA

Uma Publicação da Sociedade Brasileira de Herpetologia

Instruções para Autores

INSTRUÇÕES GERAIS

Para sugerir informação ou temas a serem incluídos nas seções de Notícias, Trabalhos Recentes e Mudanças Taxonômicas, entre em contato com os Editores responsáveis da seção correspondente.

Para todas as outras seções, os manuscritos devem ser submetidos via correio eletrônico para os Editores indicados para cada seção (*ver Corpo Editorial*). Os artigos devem ser escritos somente em português, exceto para as seções de História Natural e Métodos, que também publicarão contribuições em inglês. Todos os artigos devem incluir o título, os autores com filiação, o corpo do texto, os agradecimentos e a lista de referências bibliográficas. **Os manuscritos em inglês que não atingirem o nível de gramática e ortografia semelhante ao de uma pessoa nativa de pais de língua inglesa serão devolvidos para correção ou tradução para português.**

Referências Bibliográficas

As citações no texto devem ser organizadas primeiro em ordem cronológica e segundo em ordem alfabética, de acordo com o seguinte formato: Silva (1998)..., Silva (1999: 14-20)..., Silva (1998: figs. 1, 2)..., Silva (1998a, b)..., Silva e Oliveira (1998)..., (Silva e Oliveira, 1998a, b; Adams, 2000)..., (H. R. Silva, com. pess.)..., e Silva *et al.* (1998) para mais de dois autores.

A seção de Referências Bibliográficas deve ser organizada primeiro em ordem alfabética e, em seguida, em ordem cronológica, de acordo com o seguinte formato:

Artigo de revista:
Silva, H. R., H. Oliveira e S. Rangel. Ano. Título. *Nome completo da revista,* 00:000-000.

Livro:
Silva, H. R. Ano. Título. Editora, Lugar, 000 pp.

Capítulo em livro:
Silva, H. R. Ano. Título do capítulo; pp. 000-000. *In:* H. Oliveira, e S. Rangel (Eds.), Título do Livro. Editora, local.

Dissertações e teses:
Silva, H. R. Ano. Título. Tese de doutorado ou Dissertação de mestrado, Universidade, local, 000 pp.

Página de Internet:
Silva, H. R. Data da página. Título da seção ou página particular. Título da página geral. Data da consulta, URL.

Apêndices, tabelas, legendas das figuras

Esses itens devem ser organizados em sequência, depois das Referências Bibliografias.

Apêndices

Os apêndices devem ser numerados usando números romanos na mesma sequência em que aparecem no texto. Por exemplo, Apêndice I: Espécimes Examinados.

Tabelas

As tabelas devem ser numeradas na mesma sequência em que aparecem no texto. Devem ser formatadas com linhas horizontais e sem linhas verticais.

Figuras

As figuras devem ser numeradas na mesma sequência em que aparecem no texto. As legendas devem incluir informação suficiente para que sejam entendidas sem que seja necessária a leitura do corpo do texto. Figuras compostas devem ser submetidas como um arquivo único. Cada parte de uma figura composta deve ser identificada (preferencialmente com letra maiúscula Arial de tamanho 8-12 pontos) e descrita na legenda. As figuras devem ser submetidas em arquivos separados de alta resolução (300 dpi e tamanho de impressão de pelo menos 18 cm de largura) em formato JPG ou EPS.

Instruções especiais para Notas de História Natural

No corpo do texto, os autores devem indicar claramente a relevância da observação descrita. O uso de figuras deve ser encorajado. O título deve iniciar com a espécie alvo da nota, seguida pela posição taxonômica e pelo assunto (incluindo a identidade do predador, parasita etc., ao menor nível taxonômico possível). Veja exemplos neste número.

