

## Anfíbios como Bioindicadores

Luis Felipe de Toledo

Desde a década de 80, pesquisadores vêm relatando casos de declínios de anfíbios por todo o planeta (revisões recentes em HOULAHAN *et al.*, 2000; COLLINS & STORFER, 2003). Recentemente, foram levantadas especulações alarmantes sobre o grau de declínio que esse grupo enfrenta na atualidade, sendo considerado o grupo de vertebrados que mais está declinando no momento (STUART *et al.*, 2004). Embora essas conjecturas sejam polêmicas (ver PIMENTA *et al.*, 2005), o fato é que os anfíbios estão sofrendo com as mudanças ambientais que o homem vem causando aos ambientes naturais.

Diversas causas já foram indicadas, por exemplo, a introdução de espécies exóticas, desequilíbrio entre presa e predador, a caça, o aumento da radiação ultravioleta-B (UV-B), o comércio ilegal, as chuvas ácidas e/ou poluição por agrotóxicos (revisões em COLLINS & STORFER, 2003; KATS & FERRER, 2003). Recentemente, dois temas estão mais em evidência: o alastramento de doenças infecciosas, especialmente a quitridiomíose (DASZAK *et al.*, 2003), e o aquecimento global (ALFORD *et al.*, 2006; BOSH *et al.*, 2006). Além dessas, a causa mais constante e evidente é a supressão de hábitat que ocorre em todo o planeta, geralmente em detrimento do desenvolvimento humano. Todas essas causas podem atuar isoladamente ou em conjunto, dificultando, muitas vezes, a compreensão da causa do declínio local e/ou global. A situação do Brasil não deve ser diferente do que está sendo relatado para o restante do planeta, mas ainda necessitamos de muita informação para proscrever um diagnóstico mais preciso do quadro nacional (SILVANO & SEGALLA, 2005).

Por que os anfíbios são tão vulneráveis assim às alterações ambientais? A resposta está em sua história natural (BLAUSTEIN & BANCROFT, 2007). Os anfíbios, em especial os anuros (Ordem Anura) e as salamandras (Ordem Caudata), para os quais temos mais conhecimento, possuem uma vida que chamo

de “trifásica” (embora sejam Amphibia = duas vidas). Isto é, muitas espécies apresentam três fases de desenvolvimento distintas: a fase de ovos, a fase larval e a fase pós-metamórfica. Cada uma dessas fases se desenvolve em um substrato. Por exemplo, os ovos podem ser depositados no leito de corpos d’água, em ninhos de espuma sobre a água, sobre folhas da vegetação marginal de corpos d’água, em cálices de bromélias e ocos de bambus, sobre o solo ou em tocas subterrâneas. As larvas (conhecidas como girinos no caso dos anuros) geralmente estão associadas à água, podendo se desenvolver, por exemplo, em lagoas, riachos, bromélias e paredões rochosos. Já os adultos (fase pós-metamórfica) se desenvolvem exclusivamente dentro da água, na transição entre corpos d’água e o solo seco e/ou totalmente afastados de corpos d’água (WELLS, 2007). Dessa forma, estão expostos a praticamente todos os microambientes encontrados em ambiente natural. Assim, qualquer que seja a perturbação ambiental, as populações de anfíbios poderão estar sendo impactadas.

Ademais, os anfíbios também possuem características físicas e comportamentais que os tornam vulneráveis. Quanto a características físicas, destaco a presença de pele permeável, sem anexos (sem escamas, unhas, garras, pelos ou penas), ovos e embriões não protegidos por casca (WELLS, 2007). Esses fatores podem facilitar intoxicações por agentes químicos e predação. Quanto ao comportamento, destaco a característica organização social durante a reprodução, formando agregados em torno de poças, e o comportamento de cardumes das larvas (WELLS, 2007), fatos que podem beneficiar o alastramento de doenças (e.g., ROWLEY & ALFORD, 2007). Além disso, possuem uma variação ontogenética na alimentação, por exemplo, os girinos podem se alimentar de algas e os adultos de insetos e pequenos vertebrados; dessa forma poderiam sofrer pela biomagnificação por dois caminhos distintos.

### 12.1 Estudos de caso: a perereca-das-folhas e a perereca-das-pedras

Caso a vegetação marginal de uma lagoa seja suprimida, uma espécie que deposita os ovos sobre esse tipo de substrato (e.g., *Phyllomedusa* spp.; Figura 1) não poderá mais reproduzir nessa lagoa, mesmo que a qualidade da água esteja garantida. Por outro lado, se a vegetação marginal estiver impecável, porém a água estiver contaminada, seus girinos poderão não se desenvolver e gerar novos imagos (recém-metamorfoseados) e formas adultas (pós-metamorfoseadas). Num terceiro cenário, mesmo que a lagoa esteja despoluída e a vegetação marginal, intacta, mas a atmosfera esteja perturbada (e.g., com chuvas ácidas, altas temperaturas e/ou baixa umidade relativa), os indivíduos pós-



a



b



c

Figura 1: A) Adulto da perereca-das-folhas (*Phyllomedusa bahiana*); B) duas desovas (indicadas por setas) em uma folha da vegetação marginal de uma lagoa onde os girinos irão se desenvolver após eclodir e "pingar" na água; e C) um detalhe de uma desova que fica protegida pela folha que é dobrada ao redor dos ovos pela fêmea após a postura (foto A: D. Loebmann; B e C: L. F. Toledo).



Figura 2 – Juvenil de uma perereca-das-pedras (*Bokermannohyla alvarengai*) assoalhando em área sem cobertura vegetal (foto: D. V. Andrade).

metamórficos podem sofrer e reduzir seu sucesso reprodutivo na região. A situação pode ainda ser agravada caso dois ou os três microambientes estejam alterados, tornando improvável a manutenção daquela população no local.

Outra situação deletéria que podemos imaginar é o caso das pererecas-das-pedras (e.g., *Bokermannohyla alvarengai* e *B. itapoty*). Essas pererecas se especializaram em ficar sobre pedras de campos rupestres, expostas diretamente ao sol ao longo do dia (Figura 2). Esse comportamento é bastante conservativo nas espécies do grupo e, aparentemente não tende a mudar, mesmo com o aumento do efeito estufa, dos buracos na camada de ozônio e da consequente maior exposição aos raios ultravioleta-B. Estariam essas espécies preparadas para suportar os altos níveis atuais dessa radiação? Diversos estudos demonstraram efeitos negativos em espécies submetidas a raios UV-B (e.g., BLAUSTEIN *et al.*, 1994, BLAUSTEIN & WAKE, 1995; OVASKA, 1997; JABLONSKI, 1998). Assim, mesmo em áreas protegidas e conservadas, como os parques onde essas espécies ocorrem (Serra do Cipó, MG e Chapada Diamantina, BA) essas espécies podem sofrer por um distúrbio de ordem global.

Nos dois exemplos apresentados acima, a degradação ambiental pode causar a diminuição da densidade das populações em áreas afetadas ou mesmo causar extinções locais. Como podemos monitorar isso?

## 12.2 Monitorando taxocenoses de anfíbios

Os anfíbios são indicados como um excelente grupo para monitoramentos, pois apresentam:

- um alto grau de filopatria, isto é, têm fidelidade a um sítio reprodutivo (e.g., uma lagoa ou um trecho de riacho);
- uma área de vida restrita e passível de delimitação;
- e, geralmente, são animais de fácil encontro, captura e recaptura na natureza.

Essas características favorecem a obtenção de dados sobre diversidade, como densidade populacional e riqueza de espécies em uma área delimitada. Dessa forma, podemos obter as informações que precisamos para utilizá-los como bioindicadores. Todavia, monitoramentos desse tipo, envolvendo captura, recaptura, análises de variação de densidade populacional e riqueza de espécies não podem ser realizados a curto prazo.

Estudos desse tipo, geralmente e idealmente, devem levar mais de cinco anos de duração. Em alguns casos, mais de dez anos são necessários para avaliar a situação (e.g., PECHMANN *et al.*, 1991; PECHMANN & WILBUR, 1994). Só assim podemos avaliar a real variação da diversidade local, superando os vieses de observação causados pela marcante sazonalidade anual (e.g., AICHINGER, 1987; TOLEDO *et al.*, 2003; ZINA *et al.*, 2007) e flutuação populacional contínua (PECHMANN *et al.* 1991; BEEBEE, 1995).

### 12.3 E a curto prazo? Existem outros sinais que os anfíbios podem nos transmitir?

Alternativamente aos monitoramentos de longo prazo de populações, ou de maneira complementar (o que considero mais apropriado), podemos recolher dados diretos sobre os impactos gerados pelas ações antrópicas sobre os indivíduos das taxocenoses. Não é improvável encontrarmos em campo indivíduos contendo malformações. Malformações ocorrem por causas naturais em baixa frequência, geralmente em menos 5% de uma população saudável (JOHNSON *et al.*, 2002; BLAUSTEIN & JOHNSON, 2003), em virtude de mutações genéticas e/ou atividades de predadores. Todavia, podem ser advindas de perturbações antrópicas ao meio ambiente.

Em girinos, as deformidades mais comuns são: o deslocamento de um ou dos dois globos oculares (ou sua completa supressão), redução das estruturas

orais e deformidades na coluna vertebral. Em pós-metamórficos, podemos encontrar com mais frequência indivíduos com um número anômalo de membros e dígitos (tanto para mais, quanto para menos: Figura 3), redução no tamanho dos membros ou dígitos e ausência de globo ocular, geralmente só um deles está faltando (ver mais em METEYER, 2000).

Essas malformações, quando não naturais, podem estar relacionadas com poluição ambiental, incluindo presença de metais pesados (e.g., RYAN *et al.*, 2002; FORT *et al.*, 2006), e agrotóxicos (e.g., BLAUSTEIN & JOHNSON, 2003), radiação UV-B (ANKLEY *et al.*, 1998; 2000) ou por ação de parasitas trematodos (e.g., JOHNSON *et al.*, 1999; 2001; BLAUSTEIN & JOHNSON, 2003). A poluição ambiental, especialmente referente à presença de retinoides na água provenientes de pesticidas, causa primariamente malformações dos membros posteriores. A radiação UV-B causa primariamente deslocamentos e/ou supressão de globos oculares e redução ou supressão de membros traseiros e redução ou supressão de artelhos (dedos das patas posteriores).

Já os trematodos causam substancialmente malformações e anomalias nos membros posteriores (JOHNSON *et al.*, 1999; BLAUSTEIN & JOHNSON, 2003; Tabela 1). Essas generalizações não se aplicam a todos os casos. Assim, estudos toxicológicos, parasitológicos, patológicos e climáticos devem ser realizados após a constatação de malformações para que possamos inferir sobre o(s) fator(es) envolvido(s). Muitas vezes, não é só um desses agentes que está envolvido. Quanto a agrotóxicos, por exemplo, geralmente podemos detectar uma miríade de compostos dissolvidos nos corpos d'água.



Figura 3. Macho adulto de rã-touro, *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae), com um par supranumerário de membros anteriores (Foto: M. S. Barbosa).

## 12.4 Estudo de caso: malformações causadas por parasitas

Infestações por parasitas podem indicar uma grande cadeia de distúrbios ambientais prévios. Ao encontrarmos anfíbios com malformações e detectarmos parasitas associados, podemos imaginar o seguinte processo: a região do entorno possui muito gado e/ou plantações. O gado gera esterco e as plantações estão associadas a fertilizantes (químicos e naturais). Esse material pode escorrer para o corpo d'água próximo e causar um aumento na quantidade de algas, em detrimento do aumento de matéria orgânica em suspensão.

Essas algas servem de alimento para o caramujo (*Planorbella* spp.) que é hospedeiro das larvas do trematodo (*Ribeiroia ondatrae*). Com aumento do alimento, a população dos caramujos pode aumentar, aumentando a quantidade de trematodos no meio ambiente. Esses trematodos deixam o caramujo e penetram na pele dos girinos na região onde se exteriorizam as patas posteriores, gerando malformações durante a metamorfose (BLAUSTEIN & JOHNSON, 2003). Assim, o fato de encontrarmos anfíbios com malformações pode nos indicar uma sucessão de eventos a serem verificados.

Podem-se também fazer inferências em outras ordens, por exemplo, o número de caramujos do gênero *Planorbella* pode estar diretamente relacionado à quantidade de anfíbios infectados em um ecossistema (e.g., JOHNSON *et al.*, 2002). Uma população contendo diversos indivíduos com malformações tende a declinar, pois os animais ficam debilitados, correndo maior risco de predação, dificultando sua alimentação, e, conseqüentemente, reduzindo o sucesso reprodutivo.

## 12.5 Outras indicações imediatas

Além de deformidades e anomalias, podemos encontrar indivíduos (pós-metamórficos) mortos ou moribundos no campo. Esses casos são raros, pois os anfíbios são rapidamente consumidos por uma ampla gama de predadores (TOLEDO *et al.*, 2007a) e decompositores, sempre abundantes, como as formigas e bactérias. Assim, ou estamos com muita “sorte” de encontrar um indivíduo morto, ou a taxa de mortalidade na região está elevada. O fato de encontrar um indivíduo não é o suficiente para fortalecer nenhuma hipótese (nem mesmo a de morte natural). Contudo, caso sejam encontrados diversos indivíduos nessas condições, já devemos suspeitar de alguns fatores.

Sem dúvida, o principal suspeito de imediato é a presença de uma epidemia local. Atualmente, as principais doenças associadas a declínios populacionais são as causadas pelos fungos *Batrachochytrium dendrobatidis*, causador da

quitridiomiose (BERGER *et al.*, 1998; TOLEDO *et al.*, 2007b) e *Saprolegnia ferax*, causador da saprolengiose (Kiesecker *et al.*, 2001), pelas bactérias *Aeromonas hydrophila* (Cunningham *et al.*, 1996) e pelo vírus *Ranavirus* sp. (JANCOVICH *et al.*, 2005). Algumas dessas doenças podem estar se alastrando com ajuda da ação antrópica, seja por carregamento direto dos esporos de fungos (por exemplo), seja por alteração do clima global e desmatamentos (ALFORD *et al.*, 2006; POUNDS *et al.*, 2006). Alternativamente, ou concomitantemente, os anfíbios podem estar expostos a componentes tóxicos e letais, como metais pesados e agrotóxicos (e.g., fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas). Assim, para ambos os casos devemos proceder com análises histopatológicas e bioquímicas.

Quanto aos agentes químicos, os resultados que nos trazem os anfíbios podem ainda nos indicar um problema indireto. Por exemplo, há muito tempo acreditava-se que algumas espécies de anfíbios sofriam com a acidez da água

Tabela 1 - Principais sintomas apresentados por anfíbios e suas possíveis causas.

Sintoma	Principais causas possíveis
Redução da abundância populacional	Todas (isoladas ou em sinergia): poluição, caça, desequilíbrio da teia alimentar, aquecimento global (ou local), efeito estufa (e suas consequências), aumento na radiação UV-B, alteração de pH nos corpos d'água, doenças, supressão de hábitat, geadas, secas prolongadas, infestação por parasitas, etc.
Extinção local (i.e., redução na riqueza local)	Idem acima.
Encontro de animais mortos ou moribundos	Principalmente doenças, mas outras causas podem estar relacionadas, como morte natural por envelhecimento, geadas e secas prolongadas.
Encontro de animais com malformações	Principalmente infecção por parasitas, poluição ambiental (especialmente na presença de retinoides) e radiação UV-B. Mas, outras causas podem estar relacionadas como endocruzamentos em populações pequenas, tentativas de predação malsucedidas, mas que lesam as presas, mutações naturais, ou, ainda, doenças como a quitridiomiose que causa redução das regiões queratinizadas dos discos orais dos girinos.
Encontro de espécies generalistas em áreas onde não ocorriam naturalmente	Supressão de hábitat natural e substituição por uma paisagem menos estratificada. Mais raramente pode haver introduções ocasionais ou intencionais.
Alteração da fenologia da espécie	Mudanças climáticas, como o aquecimento global e escassez de chuvas.

em que viviam. Todavia, estudos mais detalhados demonstraram que o que realmente estava afetando essas populações era o alumínio removido do solo e de sedimentos aquáticos pela ação do baixo pH (CLARK & HALL, 1985). Um sumário de possíveis sintomas e possíveis causas mais comuns (Tabela 1).

## 12.6 A determinação de espécies indicadoras

Sabemos que as espécies podem ter resistências diferentes aos diferentes agentes deletérios do ambiente (naturais e/ou artificiais) (e.g., BLAUSTEIN *et al.*, 2005; LEBBORONI *et al.*, 2006). Assim, seria pertinente escolhermos algumas espécies, dentro de uma dada taxocenose, como indicadoras locais. Todavia, aqui no Brasil, bem como em diversas partes do mundo, pouco sabemos sobre a variação interespecífica (quanto mais individual) da tolerância aos distúrbios ambientais (PECHMANN & WILBUR, 1994; WOODHAMS *et al.*, 2007).

Por exemplo, caso uma espécie (espécie A), ou fase de vida dessa espécie (e.g., desovas, embriões, larvas, imagos e/ou pós-metamórficos), seja altamente sensível a certo agrotóxico, deveríamos monitorar essa população em comparação com uma espécie resistente (espécie B) e sincronotópica, i.e., que vive no mesmo microambiente no mesmo intervalo de tempo (Figura 4).

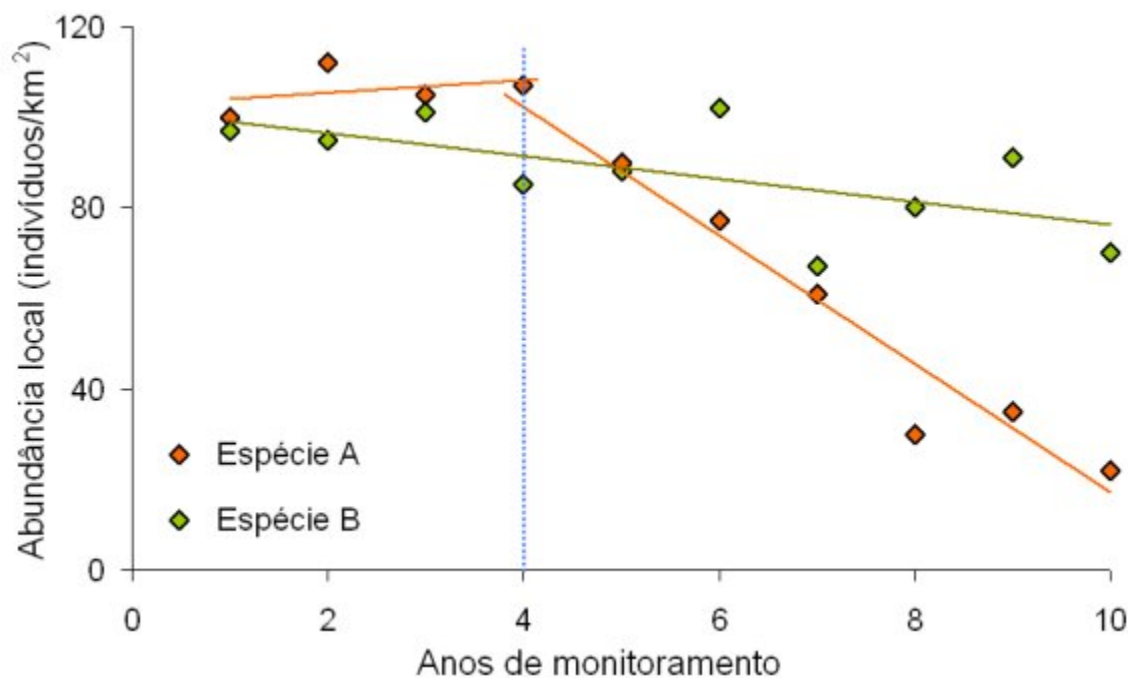


Figura 4 – Situação hipotética ilustrando duas espécies sincronotópicas (espécie A; laranja; espécie B; verde) em resposta a introdução de um agente químico (e.g., agrotóxicos, metais pesados, rejeitos industriais) no ambiente durante o quarto ano de monitoramento (demarcada pela linha azul). A espécie B aparentemente é resistente ao agente químico, ao passo que a espécie A reagiu negativamente ao agente, apresentando valores declinantes na abundância populacional ao longo dos anos.

Todavia, ainda não podemos deixar de pensar de maneira holística, levando em conta todas as possíveis causas do declínio. Seguindo com o exemplo da Figura 4, podemos perceber que a espécie B também sofre certo grau de declínio, assim, essa pode ser resistente ao agente químico introduzido no ambiente, mas sensível a outros fatores, como, por exemplo, o aquecimento global.

Além da identificação e comparação entre espécies potencialmente sensíveis e resistentes (sempre levando em consideração a fonte de impacto a ser avaliada), podemos também focar nossos estudos em espécies mais prováveis de sofrerem extinção local, ou mesmo da espécie. Essas são as espécies ameaçadas, as espécies cinegéticas (i.e., que apresentam interesse comercial), espécies de distribuição restrita e espécies com baixa abundância local (ou alto índice de raridade local).

Em primeiro lugar, sobretudo baseado em nosso parco conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies brasileiras, devemos seguir as indicações das listas espécies ameaçadas oficiais (e.g., MACHADO *et al.*, 2005), mas devemos lembrar que elas podem e devem sofrer alterações nos próximos anos. Isto é, algumas das espécies que estão listadas como ameaçadas devem sair da lista em breve, em consequência do avanço do conhecimento zoogeográfico e ecológico das espécies (e.g., MARQUES *et al.*, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2007). Outras, por sua vez, devem entrar na lista nos próximos anos em virtude de novas descobertas taxonômicas (e.g., BRASILEIRO *et al.*, 2007).

Quanto a espécies cinegéticas, algumas são alvo de tráfico no Brasil, em especial, as espécies de dendrobatídeos (Anura: Dendrobatidae), seja por suas cores vibrantes, assim vendidas para criação em cativeiro, seja por seus compostos químicos cutâneos, assim vendidas para a indústria farmacêutica. Recentemente, algumas espécies de *Phyllomedusa* (além da mais comum, a perereca Cambô: *Phyllomedusa bicolor*) vêm sendo capturadas, e baseadas no conhecimento indígena amazônico, vendidas por conta de suas secreções cutâneas que podem ser utilizadas como droga em festas, em especial nas chamadas "rave", e durante cultos religiosos. Todavia, as informações atuais sobre o tráfico são escassas e fragmentadas.

Além dessas, existem aquelas espécies alvo da caça para consumo. No Brasil dois grupos de rãs nativas (Anura: Leptodactylidae) são comestíveis e exploradas nesse sentido: o grupo das rãs-manteiga (grupo de *Leptodactylus ocellatus*) e das rãs-pimenta (grupo de *Leptodactylus pentadactylus*), além da invasora rã-touro (Ranidae: *Lithobates catesbeianus*). Há sugestões de que essa atividade cause impacto (e.g., ZINA & HADDAD, 2005) e, portanto, não podemos descartá-la.

Podemos encontrar várias espécies de distribuição restrita no Brasil (algumas conhecidas somente de um único riacho). A distribuição restrita somada a baixas densidades populacionais, tornam uma espécie alvo de especial atenção, pois qualquer distúrbio em seu pequeno território pode levá-la a extinção.

Apesar da situação crítica dessas espécies, muitas vezes as espécies que vêm sofrendo declínio (ou que estão ameaçadas de extinção) não são as mais adequadas para o uso como bioindicadores. Por exemplo, espécies bastante generalistas como a rã-cachorro (*Physalaemus cuvieri*), a rã-assobiadora (*Lepidodactylus fuscus*) e a pererequinha-do-brejo (*Dendropsophus minutus*) podem ser bons indicadores de degradação de áreas florestadas. Isto é, se encontrarmos essas espécies em áreas onde não eram previstas de ocorrer, podemos desconfiar de desmatamentos passados que foram tornando áreas florestadas em áreas abertas.

Por sua vez, esses ambientes foram (ou estão sendo) colonizados por essas espécies e/ou outras espécies generalistas, típicas de Cerrados e outras formações com pouca cobertura vegetal. Assim, cada caso é um caso, e deve o pesquisador reconhecer quais são as espécies a serem eleitas como bioindicadoras.

## 12.7 Perspectivas para o futuro

Os anfíbios podem ser utilizados de diversas formas como bioindicadores. Todavia, ainda temos muito para aprender com esse grupo tão diverso. Pouco sabemos sobre as variações individuais e interespecíficas dos anfíbios a agentes degradantes do meio ambiente, pouco sabemos sobre os efeitos de diversos poluentes sobre as comunidades anfíbias, pouco sabemos sobre a dinâmica das populações dos anfíbios brasileiros, pouco sabemos sobre a distribuição geográfica das espécies, etc. Assim, no momento, devemos investir em pesquisas, em especial as experimentais, formar novos pesquisadores e técnicos na área e definir metas de combate aos impactos ambientais provocados pelo homem.

## Referências

- AICHINGER, M.. Annual activity patterns of anurans in a seasonal Neotropical environment. *Oecologia*, 1987, vol. 71, 583 – 592 p.
- ALFORD, R. A.; BRADFIELD, K. S.; RICHARDS, S. J.. Global warming and amphibian losses. *Nature*, 2006, vol. 439, 161 – 167 p.
- ANKLEY, G. T.; TIETGE, J. E.; DEFOE, D. L.; JENSEN, K. M.; HOLCOMBE, G. W.; DURHAN, E. H.; DIAMOND, S. A.. Effects of ultraviolet light and methoprene on survival and development of *Rana pipiens*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1998, vol. 17, 2530 – 2542 p.

ANKLEY, G. T.; TIETGE, J. E.; HOLCOMBE, G. W.; DEFOE, D. L.; DIAMOND, S. A.; JENSEN, K. M.; DEGITZ, S. J. Effects of laboratory ultraviolet radiation and natural sunlight on survival and development of *Rana pipiens*. **Canadian Journal of Zoology**, 2000, vol. 78, 1092 – 1100 p.

ARAUJO, C. O.; T. H. CONDEZ; C. F. B. HADDAD. *Amphibia, Anura, Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966): Distribution extension, new state record, and geographic distribution map. **Check List**, vol 3, n. 2, 156 – 158 p.

BERGER, L.; SPEARE, R.; DASZAK, P.; GREEN, D.E.; CUNNINGHAM, A.A.; GOGGIN, C.L.; SLOCOMBE, R.; RAGAN, M.A.; HYATT, A.D.; MCDONALD, K.R.; HINES, H.B.; LIPS, K.R.; MARANTELLI, G.; PARKES, H.. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. **Proc. Natl. Acad. Sci.** 1988, vol. 95, 9031 – 9036 p.

BLAUSTEIN, A. R.; BANCROFT, B.A.. Amphibian population declines: evolutionary considerations. **BioScience**, 2007, vol. 57, n. 5, 437 – 444 p.

BLAUSTEIN, A. R.; JOHNSON, P. T. J.. Deformidade de anfíbios e mudanças ambientais. **Scientific American Brasil**, 2003, vol. 10, 68 – 73 p.

BLAUSTEIN, A. R.; ROMANSIC, J. M.; SCHEESSELE, E. A.; HAN, B. A.; PESSIER, A. P.; LONGCORE, J. E.. Interspecific variation in susceptibility of frog tadpoles to the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. **Conservation Biology**, 2005, vol. 19, n. 5, 1460 – 1468 p.

BOSH, J.; CARRASCAL, L.M.; DURÁN, L.; WALKER, D.; FISHER, M.C.. Climate change and outbreaks of amphibian chytridiomycosis in a montane area of Central Spain; is there a link? **Proceedings of the Royal Society B**, , 2006, vol. 274, 253 – 260 p.

BRASILEIRO, C. A.; OYAMAGUCHI, H. M.; HADDAD, C. F. B.. A new island species of *Scinax* (Anura; Hylidae) from southeastern Brazil. **Journal of Herpetology**, 2007, vol. 41, 271 – 275 p.

CLARK, K. L.; HALL, R. J.. Effects of elevated hydrogen ion and aluminum concentrations on the survival of amphibian embryos and larvae. **Canadian Journal of Zoology**, 1985, vol. 63, 116 – 123 p.

COLLINS, J. P.; STORFER, A.. Global amphibian declines: sorting the hypothesis. **Diversity and Distributions**, 2003, vol. 9, 89 – 98 p.

CUNNINGHAM, A. A.; LANGTON, T. E.; BENNETT, P. M.; LEWIN, J. F.; DRURY, S. E.; COUGH, R. E.; MACGREGOR, S. K.. Pathological and microbiological findings from incidents of unusual mortality of the common frog (*Rana temporaria*). **Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological Sciences**, 1996, vol. 351, 1539 – 1557 p.

DASZAK, P.; CUNNINGHAM, A. A.; HYATT, A. D.. Infectious disease and amphibian population declines. **Diversity and Distributions**, 2003, vol. 9, 141 – 150 p.

FORT, D. J.; ROGERS, R. L.; BACON, J. P.. Deformities in cane toad (*Bufo marinus*) populations in Bermuda: Part II. Progress towards characterization of chemical stressors. **Applied Herpetology**, 2006, vol. 3, n. 2, 143 – 172 p.

- HOULAHAN, J. E.; FINDLAY, C. S.; SCHIMIDT, B. R.; MEYER, A. H.; KUZMIM, S. L.. Quantitative evidence for global amphibian declines. **Nature**, 2000, vol. 404, n. 13, 752 – 755 p.
- JANCOVICH, J. K.; DAVIDSON, N.; PARMESWARAN, J.; MAO, V. G.; CHINCHAR, J. P.; COLLINS, B. L.; JACOBS, W. E.; STORFER, A... Evidence for emergence of an amphibian iridoviral disease because of human-enhanced spread. **Molecular Ecology**, 2005, vol. 14, 213 – 224 p.
- JOHNSON, P. T.; LUNDE, K. B.; RITCHIE, E. G.; LAUNER, A. E.. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship. **Science**, 1999, vol. 284, 802 – 804 p.
- JOHNSON, P. T.; LUNDE, K. B.; HAIGTH, R. W.; BOWERMAN, J.; BLAUSTEIN, A. R.. *Ribeiroia ondatrae* (Trematoda: Digenea) infection induces severe limb malformations in western toads (*Bufo boreas*). **Canadian Journal of Zoology**, 2001, vol. 79, 370 – 379 p.
- JOHNSON, P.T.J.; LUNDE, K.B.; THURMAN, E.M.; RITCHIE, E.G.; WARY, S.N.; SUTHERLAND, D.R.; KAPFER, J.M.; FREST, T.J.; BOWERMAN, J.; BLAUSTEIN, A.R... Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. **Ecological Monographs**, 2002, vol. 72, 151 – 168 p.
- KATS, L. B.; FERRER, R. P.. Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and transition to conservation. **Diversity and Distributions**, 2003, vol. 9, n. 2, 99 – 110 p.
- KIESECKER, J. M.; BLAUSTEIN, A. R.; BELDEN, L. K.. Complex causes of amphibian population declines. **Nature**, 2001, vol. 410, 681 – 684 p.
- LEBBORONI, M.; RICCHIARDINO, G.; BELLAVITA, M.; CHELAZZI, G.. Potential use of anurans as indicators of biological quality in upstreams of central Italy. **Amphibia-Reptilia**, 2006, vol. 27, 73 – 79 p.
- MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; DRUMMOND, G. M.. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção: incluindo as espécies quase ameaçadas e deficientes em dados**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005, 160p.
- MARQUES, R. M.; COLAS-ROSAS, P. F.; TOLEDO, L. F.; HADDAD, C. F. B.. *Amphibia, Anura, Bufonidae, Melanophryniscus moreirae: distribution extension*. **Check List**, 2006, vol. 2, n. 1, 68 – 69 p.
- METEYER, C. U.. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations. **Biological Science Report USGS/BRD/BSR**, 2000.
- PECHMANN, J. H. K.; SCOTT, D. E.; SEMLITSCH, J. P.; CALDWELL, J. P.; VITT, L. J.; GIBBONS, J. W.. Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. **Science**, 1991, vol. 253, 892 – 895 p.
- PECHMANN, J. H. K.; WILBUR, H. M.. Putting declining amphibian populations in perspective: natural fluctuations and humans impacts. **Herpetologica**, 1994, vol. 50, n. 1, 65 – 84 p.
- PIMENTA, B.V.S.; HADDAD, C.F.B.; NASCIMENTO, L.B.; CRUZ, C.A.G.; POMBAL Jr., J.P.. Comment on “status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide”. **Science**, 2005, vol. 309, n. 5743: 101126 – 101299.

POUNDS, J. A.; BUSTAMANTE, L. A.; COLOMA, J. A.; CONSUEGRA, M. P. L.; FOGDEN, P. N.; FOSTER, E.; La MARCA, K. L.; MASTERS, A.; MERINO-VITERI, R.; PUSCHENDORF, S. R.; RON, G. A.; SÁNCHEZ-AZOFEITA, C. J.; STILL, B. E.; YOUNG, M. R.. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. **Nature**, 2006, vol. 439, 161 – 167 p.

RELEYA, R. A.. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. **Ecological Applications**, 2005, vol. 15, n. 2, 618 – 627 p.

ROWLEY, J. J. L.; ALFORD, R. A.. Behaviour of Australian rainforest stream frogs may affect the transmission of chytridiomycosis. **Diseases of Aquatic Organisms**, 2007, vol. 77, 1 – 9 p.

RYAN, P. C.; WALL, A. J.; HILLIER, S.; CLARK, L.. Insights into sequential chemical extraction procedures from quantitative XRD: a study of trace metal partitioning in sediments related to frog malformities. **Chemical Geology**, 2002, vol. 184, 337 – 357 p.

SILVANO, D. L.; SEGALLA, M.. Conservation of Brazilian Amphibians. **Conservation Biology** 2005, vol. 19, 653 – 658 p.

STUART, S. N.; CHANSON, J. S.; COX, N. A.; YOUNG, B. E.; RODRIGUES, A. S. L.; FISCHMAN, D. L.; WALLER, R. W.. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. **Science**, 2004, vol. 306, 1783 – 1786 p.

TOLEDO, L. F.; ZINA, J.; HADDAD, C. F. B.. Distribuição temporal e espacial de uma comunidade de anfíbios anuros no município de Rio Claro, São Paulo, **Brasil. Holos Environment**, 2003, vol. 3, n. 2, 197 – 212 p.

TOLEDO, L. F.; SILVA, R. R.; HADDAD, C. F. B.. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. **Journal of Zoology**, 2007a, vol. 271, 170 – 177 p.

TOLEDO, L. F.; BRITO, F. B.; ARAÚJO, O. G. S.; GIASSON, L. O. M.; HADDAD, C. F. B.. The occurrence of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazil and the inclusion of 17 new cases of infection. **South American Journal of Herpetology**, 2007b., vol. 1, n. 3, 185 – 191 p.

WELLS, K. D.. **The ecology and behavior of amphibians**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007, 1400 p.

WOODHAMS, D. C.; ARDIPRADJA, K.; ALFORD, R. A.; MARANTELLI, G.; REINERT, L. K.; ROLLINS-SMITH, L. A.. Resistance to chytridiomycosis varies among amphibian species and is correlated with skin peptide defenses. **Animal Conservation**, 2007, vol. 10, n. 4, 409 – 417 p.

ZINA, J.; HADDAD, C. F. B.. Reproductive activity and vocalizations of *Leptodactylus labyrinthicus* (Anura: Leptodactylidae) in Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, 2005, vol. 5: 1 – 11 p.

ZINA, J.; ENNSER, J.; PINHEIRO, S. C. P.; HADDAD, C. F. B.; TOLEDO, L. F.. Taxocenose de anuros de uma mata semidecídua do interior do Estado de São Paulo e comparações com outras taxocenoses do Estado, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica**, 2007, vol. 7, n.2, 1 – 9 p.