

Mudanças climáticas e Biodiversidade na Amazônia

Adalberto Luis Val
Vera Maria Fonseca de Almeida-Val
INPA, Manaus, AM

As mudanças climáticas vêm acontecendo em nível regional e global e já há indícios de que estão afetando muitos ecossistemas. Na realidade as mudanças climáticas, que de forma geral incluem mudanças nos regimes de temperatura ambiental, chuvas e ventos, acarretam secundariamente um vasto conjunto de efeitos biológicos, alguns dos quais acabam, de forma circular, contribuindo com mudanças ambientais regionais que intensificam os efeitos das mudanças climáticas tanto em nível regional como global. Por exemplo, o aquecimento do ambiente aquático resulta na migração de algumas espécies de peixes para ambientes mais frios, como o que ocorre com as populações de algumas espécies de plantas que se movimentam para altitudes maiores. Como diversas espécies de peixes de ambientes tropicais são importantes dispersoras de sementes, a manutenção da floresta nos ambientes afetados é comprometida, o que resulta na diminuição das populações de árvores e peixes. Uma das conseqüências de tais mudanças é o aumento da incidência de radiação ultravioleta na superfície de ambientes aquáticos que, subseqüentemente, tem um efeito dramático sobre as populações de peixes. E assim os efeitos das mudanças climáticas se potenciam no nível regional, com conseqüências globais imprevisíveis. É importante se ter em conta que a velocidade com que essas mudanças estão ocorrendo é superior a todas as que ocorreram nos últimos dez mil anos. As estimativas mais recentes indicam que, mantidas as taxas atuais de desmatamento, entre dois e oito por cento das espécies desaparecerão nos próximos 25 anos e pelos menos 30% de toda a diversidade biológica existente no planeta sofrerão algum tipo de efeito das mudanças climáticas. É importante lembrar que o conceito moderno de biodiversidade vai além de número e variedade de organismos vivos no planeta. A definição atual inclui a variedade estrutural e funcional das formas de vida nos níveis genético, populacional, das espécies e dos ecossistemas.

As mudanças climáticas causarão profundos efeitos sobre a biodiversidade e a capacidade de armazenamento de carbono na Amazônia, uma região crítica para o clima mundial. A cada expedição científica são descritas novas espécies em todos os níveis da escala filogenética, mas delas não se conhece a biologia e a capacidade adaptativa em face de mudanças ambientais. Os efeitos das mudanças climáticas podem ser opostos, dependendo da biologia, da capacidade adaptativa e da distribuição e ocorrência das espécies nos diferentes ecossistemas. Supostamente, espécies com hábitos restritos e ocorrendo em populações pequenas são mais vulneráveis do que espécies que apresentam maior plasticidade adaptativa e se distribuem de forma contínua por regiões mais amplas. Espécies que sofreram ou sofrem fragmentação em seus ambientes podem ter uma diminuição do tamanho de suas populações em razão do aumento de cruzamentos endogâmicos que geram perda da variabilidade genética que, por sua vez, resultam em diminuição da capacidade de adaptação e, por conseguinte, diminuição da capacidade reprodutiva. Populações de espécies territoriais de peixes são naturalmente mais estruturadas que espécies migradoras, as quais são formadas, em geral, apenas por uma população. Recentes estudos moleculares, baseados em características do DNA mitocondrial e nuclear vêm propiciando a identificação da real diversidade genética das populações animais e vegetais apoiando planos de manejo de espécies sob pressão ambiental. Locos microsatélites (SSR – *single strand repeats*) são os mais utilizados nesse tipo de estudo. Por isso, a fragmentação de ecossistemas na Amazônia poderá ampliar os efeitos das mudanças climáticas na região.

No que se refere ao ambiente aquático, além das mudanças na dinâmica do sistema hidrológico, há mudanças pontuais que podem ter profundos efeitos sobre as comunidades de organismos aquáticos. Entre elas destacam-se: alterações na interface ar-água; maior incidência de radiação ultravioleta; lixiviação de sais; assoreamento, diminuição das áreas usadas para alimentação e berçários, diminuição da disponibilidade de oxigênio; aumento da temperatura; entre outros.

A diversidade de plantas e animais aquáticos da Amazônia é surpreendente. São mais de três mil espécies de peixes, por exemplo, cuja riqueza é atribuída à diversidade de habitats, ao pulso de inundação que se repete sazonalmente, à reduzida competição em algumas partes da bacia, à variabilidade genética e à plasticidade biológica. Os peixes da Amazônia desenvolveram um avançado conjunto de habilidades para manter a homeostase orgânica quando expostos a diversas condições ambientais desfavoráveis, de origem natural. Evidentemente, podem valer-se dessas habilidades para enfrentar situações ambientais desfavoráveis similares, de origem antrópica. As estratégias adaptativas ocorrem em todos os níveis da escala biológica, desde o nível molecular até o nível comportamental, podendo ser utilizadas isoladamente ou em conjunto. Geralmente as estratégias adaptativas foram desenvolvidas em resposta a uma pressão seletiva causada por desafios ambientais crônicos, como as mudanças na disponibilidade de oxigênio dissolvido, as águas pobres em íons, a acidez, as oscilações espaciais de temperatura, a incidência de radiação ultravioleta, entre outras. O desenvolvimento desses processos adaptativos pode ter contribuído com o processo de especiação ictiológica na Amazônia e poderia, em tese, comportar-se da mesma forma em face de mudanças ambientais de longa duração na região.

Oscilações na disponibilidade de oxigênio ocorreram em diferentes momentos ao longo do processo evolutivo. Os níveis de oxigênio estiveram bem abaixo dos níveis atuais (21%) até o início do Carbonífero, apresentaram elevações (35%) durante o Carbonífero e o Permiano e voltaram a estar em concentrações reduzidas desde o final do Permiano até a metade do Jurássico, estabilizando-se a partir de então próximo aos níveis atuais. Os peixes conviveram com essas oscilações de oxigênio e apresentaram momentos de intensa especiação em momentos de baixa disponibilidade de oxigênio. Não é de se estranhar, portanto, que dentre os peixes da Amazônia há um grande número de representantes de respiração aérea, isto é, dependem da tomada de oxigênio do ar. Interessante observar que para a prática da respiração aérea há, entre essas espécies, o uso de diversos mecanismos fisiológicos que se processam por meio de diversas estruturas morfológicas, como os pulmões verdadeiros de *Lepidosiren*, a bexiga natatória modificada de *Arapaima*, a vascularização do estômago e intestino de calictídeos e loricariídeos, entre outros. Além da respiração aérea, um grande número de espécies de peixes da Amazônia desenvolveu uma habilidade espetacular para explorar a fina camada de água da interface com o ar – trata-se da Respiração na Superfície Aquática (RSA).

Na medida em que os peixes da Amazônia são estudados novos mecanismos adaptativos vão sendo descritos. A baixa disponibilidade de sais em corpos de água da Amazônia também representou um desafio para esses animais que conseguiram desenvolver mecanismos eficientes para a incorporação dos sais vitais. Entretanto, esses mesmos mecanismos são sensíveis quando produtos químicos, como os metais de transição, são carregados para o ambiente aquático a partir dos terrenos desmatados ou lançados no ambiente por ações diretas do homem. Alguns desses produtos químicos se depositam na interface ar-água e constituem um desafio a mais para os animais dependentes dessa estratégia para a troca gasosa. Por outro lado, algumas partes do sistema aquático podem conter substâncias naturais que ajudam a proteger os animais, como é o caso dos compostos orgânicos dissolvidos nas águas pretas que os protegem de metais pesados.

De uma maneira geral, conhecemos muito pouco sobre a biologia dos animais da Amazônia para poder desenhar um quadro claro acerca dos efeitos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade. Contudo, sabemos claramente que as estratégias adaptativas desenvolvidas ao longo do processo evolutivo podem ao mesmo tempo intensificar ou reduzir os efeitos específicos que

acompanham as mudanças climáticas. Um quadro claro emergirá na razão direta de nosso conhecimento sobre a região.