REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA
ANO 66 - NÚMERO 3 - JULHO/AGOSTO/SETEMBRO DE 2014

Ciência&Cultura

Temas e Tendências

AMAZÔNIA

SEM FRONTEIRAS

SUMÁRIO

3 **EDITORIAL**

4 **TENDÊNCIAS**
CRISTALOGRAFIA: UMA CIÊNCIA MULTIDISCIPLINAR
Iris L. Torriani

BRASIL

6 **APÓS APROVAÇÃO, MARCO CIVIL ENFRENTA O DESAFIO DA REGULAMENTAÇÃO**

8 **RELAÇÕES AMBIVALENTES DESAFIAM A HISTORIOGRAFIA**

10 **EDUCAÇÃO AVALIADA POR MÉTRICAS DUVIDOSAS EM DEBATE**

12 **BRASIL INVESTE EM PESQUISAS PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE DO PIRARUCU EM CATIVEIRO**

MUNDO

14 **COLISÕES CRIATIVAS NA FÍSICA DE PARTÍCULAS**

16 **SABORES E DISSABORES DA GORDURA**

17 **UMA NOVA CLASSE SOCIAL OU O PROLETARIADO QUE SE TRANSFORMA?**

NÚCLEO TEMÁTICO: AMAZÔNIA SEM FRONTEIRAS

ARTIGOS

20
Apresentação
Amazônia um bioma multinacional
Adalberto Luis Val

25
Soluções para o desenvolvimento sustentável da Amazônia
Virgilio Viana, Emma Torres, Adalberto Val, Victor Salviati

29
Cooperação em ciência, tecnologia e inovação e educação nos países amazônicos
Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca

34
Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição
Maria Teresa Fernandez Piedade, Vera Maria Fonseca de Almeida e Val, Aline Lopes, Helen Sadauskas Henrique, Luciana Mara Lopes Fé, Florian Wittmann

41
Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta amazônica
Paulo Artaxo, Maria Assunção Faus da Silva Dias, Laszlo Nagy Flávio J. Luizão, Hillândia Brandão da Cunha, Carlos A. N. Quesada, José A. Marengo Alex Krusche

46
O bambu é um desafio para a conservação e o manejo de florestas no sudoeste da Amazônia
Evandro José Linhares Ferreira

PESQUISAS 54

A&E

56 RADICAIS LIVRES: EM BUSCA DO EQUILÍBRIO
Felipe Martelli
Francis Morais Franco Nunes

CULTURA

58 **FOTOGRAFIA**
Sebastião Salgado em cores e movimento

60 **NOVO CINEMA IUGOSLAVO**
Quem filma faz a hora, não espera acontecer: Želimir Žilnik

63 **JOGOS ELETRÔNICOS**
Fronteiras entre ficção e realismo

64 **NEUROCIÊNCIA**
Desvendando os mecanismos do prazer de ouvir música

Wikipedia

Na aquarela de A. Earle (1822) jogos e música divertem corte no Rio de Janeiro

66 **POESIA**
DOMÍCIO PROENÇA FILHO

Expediente

Ciência&Cultura
http://cienciaecultura.bvs.br

Conselho Editorial
Ana Maria Fernandes, André Tosi Furtado, Carlos Vogt, Celso Pinto de Melo, Dora Fix Ventura, Francisco Cesar de Sá Barreto, Gilberto Cardoso Alves Velho, Hernan Chaimovich Guralnik, Ima Célia Guimarães Vieira, Isaac Roitman, João Lucas Marques Barbosa, Luiz Eugênio de Mello, Marcelo Marcos Morales, Phillipe Navaux, Regina Pekelman Markus

Editor Chefe
Marcelo Knobel

Editora Executiva
Wanda Jorge

Editoras Assistentes
Germana Barata, Patrícia Mariuzzo

Equipe de Reportagem
Alfredo Suppia, Alice Giraldi, Carolina Cantarino, Juliana Lima, Leonor Assad, Luciene Zanchetta, Marina Gomes, Patrícia Mariuzzo, Rafael Evangelista, Sarah Costa Schmidt, Tatiana Venancio

Capa
João Baptista da Costa Aguiar

Diagramação
Carla Castilho | Estúdio
Luis Paulo Silva (tratamento de imagens)

Revisão
Daisy Silva de Lara

Consultores
Literatura
Alcir Pécora, Carlos Vogt, Paulo Franchetti

Contatos
Redação: *cienciaecultura@sbpcnet.org.br*

DIRETORIA DA SBPC

Presidente
Helena Bonciani Nader

Vice-presidentes
Ennio Candotti
Dora Fix Ventura

Secretário-Geral
Aldo Malavasi

Secretários
Edna Maria Ramos de Castro
Regina Pekelmann Markus
Marcelo Marcos Morales

Primeiro Tesoureiro
Walter Coli

Segundo Tesoureiro
José Antonio Aleixo da Silva

Revista *Ciência e Cultura*
ISSN 0009-6725

Editorial

Esta edição da *Ciência e Cultura* dialoga com a 66ª Reunião Anual da SBPC, que ocorrerá em Rio Branco, Acre. A Amazônia está, mais uma vez, no centro do debate, como forma de reforçar o coro de uma necessária visibilidade e de ações conjuntas de incremento de pesquisas que alavanquem o crescimento social e econômico consciente dessa região megadiversa. O Núcleo Temático, coordenado por Adalberto Val, do Inpa, congrega artigos que evidenciam como é fundamental uma ampla mobilização dos vários segmentos sociais e de instituições presentes nos nove países da bacia amazônica na busca por soluções que efetivamente promovam um desenvolvimento sustentável na região.

Em "Tendências", a coordenadora do Ano Internacional da Cristalografia no Brasil, Iris Torriani, fala da importância dessa área multidisciplinar que compõe diferentes campos da ciência, apontando pesquisas cujos resultados já foram reconhecidos em inúmeros prêmios Nobel; em "Artigos & Ensaios", é apresentada uma recente discussão sobre o papel dos radicais livres na saúde humana.

Nas seções "Mundo" e "Brasil", como sempre, destacam-se temas candentes da atualidade, como o debate sobre a multiplicação de rankings que pontuam a qualidade do ensino no país; e, ainda, o surgimento de uma nova "classe social" que engrossa as fileiras dos movimentos reivindicatórios de rua: o precariado. A seção "Cultura" mostra a impressionante e a bonita trajetória, humana e profissional, do fotógrafo brasileiro Sebastião Salgado, finalizando com interessantes matérias sobre o cinema iugoslavo, jogos eletrônicos e neurociências, acompanhadas pelos poemas de Domício Proença Filho.

Boa leitura!

Marcelo Knobel
Julho de 2014

CRISTALOGRAFIA: UMA CIÊNCIA MULTIDISCIPLINAR

Iris L. Torriani

O ano de 2014 foi instituído como o Ano Internacional da Cristalografia pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco). Esse reconhecimento foi baseado na importância dessa ciência multidisciplinar que serviu de base para um grande número de descobrimentos científicos fundamentais, 29 deles merecedores de prêmios Nobel. Surge a pergunta: qual é o domínio da cristalografia e porquê ela permeia tantas ciências básicas como a matemática, a geologia, a química, a física, a biologia, e muitas ciências aplicadas relacionadas com a engenharia, ciência dos materiais e a medicina?

Em 1895 Wilhelm Röntgen descobriu os raios X, os quais imediatamente mostraram ser uma excelente ferramenta nos diagnósticos médicos. Mas levaria mais de uma década para que a radiação X e sua interação com átomos e moléculas fossem estudados pelos físicos e levassem à elucidação da estrutura de materiais orgânicos e inorgânicos.

Em 1912, Max von Laue provou que um cristal atravessado por um feixe colimado de raios X provocava efeitos de difração. A imagem captada numa placa de filme perpendicular à direção de incidência revelava a simetria e a perfeição de uma rede cristalina. Essa experiência abriu caminho para o uso dos raios X como ferramenta fundamental no estudo dos materiais, e mereceu o prêmio Nobel de Física de 1914.

Captar a informação sobre a estrutura da matéria a nível atômico foi então a tarefa que coube à comunidade científica durante o século passado. E assim foram se sucedendo os descobrimentos. Em 1915, William Henry e William Lawrence Bragg ganharam o prêmio Nobel de Física pela determinação das primeiras estruturas cristalinas. Seguidamente, foram os prêmios Nobel de Charles Glover Barkla (Física, 1917), Karl Manne Georg Siegbahn (Física, 1924), Arthur Holly Compton (Física, 1927), os quais se adentraram na natureza da radiação X e mostraram novos caminhos para os estudos da matéria condensada.

Petrus (Peter) Josephus Wilhelmus Debye (Química, 1936), Max F. Perutz e John C. Kendrew (Química, 1962), e nesse mesmo ano James D. Watson, Francis H.C. Crick e Maurice H.F. Wilkins (Fisiologia ou Medicina, 1962) mostraram as enormes possibilidades do estudo das estruturas desordenadas e da matéria orgânica. Essa última distinção outorgada aos investigadores Watson, Crick e Wilkins foi baseada em experiências de difração de raios X por DNA realizadas por Rosalind Franklin. Esta é considerada uma das maiores descobertas do século XX por "ter aberto as mais espetaculares possibilidades de desvendar os detalhes do controle e transferência da informação genética" como reza a outorga desse prêmio Nobel.

A nova ciência baseada na cristalografia de raios X continuou crescendo e o mundo viu a possibilidade de sintetizar princípios ativos de medicamentos essenciais, como a vitamina B_{12}, a penicilina e a insulina, a partir da contribuição de cristalógrafos excepcionais, como Dorothy Crowfoot Hodgkin, que resolveu essas estruturas e 50 anos atrás ganhou o prêmio Nobel de Química, por ter desenvolvido métodos de análise capazes de determinar a estrutura atômica de macromoléculas de importância biológica.

Dorothy Hodgkin fez um comentário famoso sobre os resultados de sua estrutura da insulina em 1935: "ver o primeiro diagrama de raios X obtido com cristais de insulina foi um dos momentos mais emocionantes da minha vida. Mas a emoção foi muito

maior em 1969 quando vimos a estrutura da insulina totalmente resolvida, mostrando o mapa de densidade eletrônica" (x). Até hoje, as conquistas alcançadas pela cristalografia e os métodos científicos que acompanham seu desenvolvimento nos surpreendem com novas conquistas fundamentais.

Um marco nas descobertas dentro das ciências biológicas foi a determinação da estrutura do complexo molecular que compõem os ribossomos. De importância fundamental na síntese proteica, eles são formados por subunidades independentes, de diferentes tamanhos, difíceis de isolar e formar cristais para realizar experiências de cristalografia de raios X. Uma tarefa considerada quase impossível. O desafio foi vencido pelos ganhadores do prêmio Nobel de Química de 2009: V. Ramakrishnan, Thomas A. Steitz e Ada Yonah.

Estações experimentais instaladas em grandes laboratórios de luz síncrotron, nos quais os raios X são produzidos por um anel acelerador de elétrons, permitem obter imagens instantâneas em experiências *in situ*, que detectam a estrutura das moléculas sob mudanças durante processos funcionais. Isto permite a realização de pesquisas inéditas, e já podem ser encarados os desafios do futuro: entender o funcionamento de mecanismos biológicos fundamentais. "Ver" uma fibra muscular em ação? Ou a oxigenação de uma molécula de hemoglobina? Esses processos podem ser observados e monitorados através das mudanças estruturais das macromoléculas envolvidas nessas funções.

Um marco nas descobertas dentro das ciências biológicas foi a determinação da estrutura do complexo molecular que compõem os ribossomos. De importância fundamental na síntese protéica, eles são formados por subunidades independentes, de diferentes tamanhos, difíceis de isolar, fomrar cristais ou realizar experiências de cristalografia de raios X. O desafio foi vencido pelos ganhadores do prêmio Nobel de Química de 2009: V. Ramakrishman, Thomas Steitz e Ada Yonah.

A União Internacional de Cristalografia (IUCr), vem acompanhando os grupos de pesquisadores de todo o mundo, desde sua fundação em 1948, e tem sido muito importante para o desenvolvimento da cristalografia como ciência básica e multidisciplinar. Existem grupos de pesquisa em cristalografia em mais de 80 países, dos quais aproximadamente 50 são membros efetivos dessa instituição. Desde o início, a IUCr tem promovido o acesso à informação e a cooperação internacional, edita vários jornais indexados e organiza congressos internacionais. O Ano Internacional da Cristalografia está sendo organizado pela IUCr conjuntamente com a Unesco.

Desde 1951 o Brasil é membro da IUCr, e os pesquisadores brasileiros têm participado das atividades dessa entidade. A Associação Brasileira de Cristalografia, fundada em 1971, agrupa os cristalógrafos brasileiros, e comparte o desenvolvimento da área com países de América Latina e com a maioria dos países do mundo. Na comemoração do Ano Internacional da Cristalografia, estamos todos empenhados em mostrar o papel fundamental dessa ciência no desenvolvimento industrial, e promover a conscientização do público sobre a importância da cristalografia no estudo dos materiais e nas aplicações em todas as ciências.

Essas ideias serão o foco de um encontro de cúpula que terá lugar em setembro de 2014 no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS/CNPEM), que reunirá participantes da América Latina para discutir os avanços que a região pode alcançar nas próximas décadas. A escolha do LNLS como local desse evento não é fortuito. Desde 1997 funciona nessa instituição a única fonte de luz síncrotron da América do Sul. Até hoje, as instalações experimentais desse laboratório foram fundamentais para a realização de trabalhos científicos de alto nível, comparáveis aos realizados em laboratórios no exterior.

A cristalografia brasileira viu-se muito favorecida com o uso das linhas de luz do LNLS dedicadas a raios X, para realização de projetos nas áreas de física, química, engenharia de materiais e biologia. E o futuro é promissor: uma nova máquina está sendo construída com perspectivas de começar a funcionar em 2015/16. O desafio será formar mais pesquisadores em todos as áreas da cristalografia. Porque esta ciência vai continuar a ser a que captura a imaginação e guia os passos dos que estudam a estrutura da matéria em todas as formas em que a natureza se apresenta.

***Iris L. Torriani** é professora associada do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pesquisadora colaboradora do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. Foi presidente de Associação Brasileira de Cristalografia, vice-presidente do conselho executivo da União Internacional de Cristalografia e coordena as atividades no Brasil relativas ao Ano Internacional da Cristalografia.*

INTERNET

Após aprovação, Marco Civil enfrenta o desafio da regulamentação

No dia 23 de junho deste ano entrou em vigor o Marco Civil da internet brasileira. A Lei nº 12.965, que definiu o Marco, foi sancionada pela presidente Dilma Rousseff (PT) no dia 23 de abril, na abertura do evento NetMundial, em São Paulo. Ela estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da internet no país. Após a aprovação da Lei, agora o Marco enfrenta uma nova batalha: a fase de regulamentação. "Essa é uma etapa com a qual a sociedade precisa se preocupar. O processo não terminou", alerta Everton Rodrigues, coordenador de comunicação do NIC.br, entidade civil que implementa decisões e projetos do Comitê Gestor da Internet no Brasil.

Primeiro projeto colocado sob consulta pública on line pelo governo federal, o Marco recebeu mais de duas mil contribuições da sociedade civil, feitas por meio da plataforma culturadigital.br, em duas rodadas de debates. Na próxima etapa, a ideia é que o processo não seja diferente: em pronunciamento realizado em maio, durante a assinatura do decreto que instituiu o Plano Nacional da Participação Social (PNPS), Dilma afirmou que a regulamentação do Marco Civil também será feita com participação da população via internet. Mas ainda não há definição de quando e como isso ocorrerá. "Como o Marco é uma lei federal, ela é regulamentada por meio de decreto presidencial. O problema é que não há um prazo para que isso ocorra. Tivemos muitos casos no Brasil de leis aprovadas que ainda não foram regulamentadas", explica Fernanda Gurgel, professora do curso de direito da Universidade Presbiteriana Mackenzie e do Centro Universitário Padre Anchieta.

PRINCÍPIOS, DIREITOS, DEVERES Apesar de ter gerado muitas controvérsias e de sofrer alterações para que fosse aprovado, o texto do Marco Civil reforça pontos considerados fundamentais por ativistas da web: neutralidade da rede, privacidade do usuário, liberdade de expressão e guarda e uso de dados. Considerada a "constituição da internet", a Lei traça princípios que norteiam o uso da rede em território nacional. As primeiras discussões sobre a necessidade do marco regulatório surgiram em 2007. Mas, foi apenas em 2013, depois das denúncias de que a National Security Agency (NSA), dos Estados Unidos, realizava espionagem digital de governos,inclusive do brasileiro, que o projeto, cujo relator foi o deputado Alessandro Molon (PT-RJ), ganhou destaque e

Gustavo Lima | Câmara dos Deputados | Agência Brasil

Sessão de votação do Marco Civil da Internet na Câmara dos Deputados

foi colocado em regime de urgência na Câmara dos Deputados.

A neutralidade de rede, um dos pontos que mais gerou embate na Câmara, está especificada no capítulo III, seção I da Lei. De acordo com o art. 9º: "O responsável pela transmissão, comutação ou roteamento tem o dever de tratar de forma isonômica quaisquer pacotes de dados, sem distinção por conteúdo, origem e destino, serviço, terminal ou aplicação". Isso quer dizer, em princípio, que as operadoras de internet não podem filtrar o acesso do usuário pelo conteúdo: tudo deve ser tratado da mesma forma, com isonomia. Inclusive em termos comerciais.

O argumento para essa garantia é a de que, sem ela, as operadoras de serviço de internet poderiam vender pacotes que restringiriam o acesso do usuário a certos conteúdos: um tipo de assinatura garantiria acesso apenas a e-mails e redes sociais; outra, mais cara, garantiria também acesso a serviços de vídeos, *streaming*, em um esquema parecido com o que ocorre hoje com a programação das TVs por assinatura. Para ativistas da web, essa possibilidade vai contra o princípio de uma rede livre. Esse tópico gerou discussões e desacordos com empresas de telecomunicações. "Por isso, o momento da regulamentação da Lei ainda será um desafio. É preciso ficar atento aos lobbies e não deixar a pressão social morrer", afirma Vinicius Santos, pesquisador do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que pesquisa sobre neutralidade da rede no Brasil.

Outro ponto apontado como um dos eixos do Marco Civil é a questão da privacidade, guarda e uso de dados do usuário. Ficou estabelecido que a privacidade é um direito e uma condição para "o pleno exercício do direito de acesso à internet". Ou seja, o usuário tem direito à inviolabilidade da intimidade e da vida privada, "sigilo do fluxo de suas comunicações pela internet, salvo por ordem judicial". Além disso, está previsto que as operadoras não podem fornecer "a terceiros seus dados pessoais, inclusive registros de conexão, e de acesso a aplicações de internet, salvo mediante consentimento livre, expresso e informado ou nas hipóteses previstas em lei".

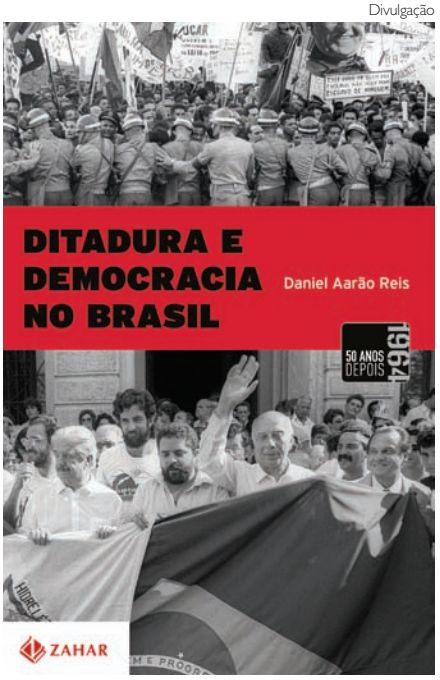
TODO MUNDO É SUSPEITO? Ao mesmo tempo em que reforça tais garantias em relação à privacidade dos dados dos usuários, o Marco Civil estabelece, em seu 15º artigo, que: "O provedor de aplicações de internet constituído na forma de pessoa jurídica e que exerça essa atividade de forma organizada, profissionalmente e com fins econômicos deverá manter os respectivos registros de acesso a aplicações de internet, sob sigilo, em ambiente controlado e de segurança, pelo prazo de seis meses, nos termos do regulamento". O argumento para essa exigência é que, se alguém comete crimes por meio da rede, como a promoção da pedofilia, por exemplo, há a possibilidade de que autoridades, mediante autorização judicial, peçam à operadora da conexão o acesso aos dados desse usuário.

Mas a obrigação de guarda de registros gerou controvérsias entre os idealizadores do Marco. "Você acaba colocando alguém como suspeito antes mesmo que ele cometa um crime. É como tratar todos os usuários como potenciais criminosos", avalia Santos.

Em artigo publicado em maio deste ano na revista eletrônica *ComCiência*, Sérgio Amadeu da Silveira, professor da Universidade Federal do ABC (UFABC) e ativista da liberdade na rede, criticou a questão: "O Marco Civil, ao obrigar – ao invés de restringir – a guarda de logs de aplicação (registros de acesso a aplicações), está ampliando e legalizando esse mercado de observação e análise de nossas vidas que é feito pela redução crescente da privacidade e da intimidade dos cidadãos". Mesmo assim, Silveira acredita que o mercado de vigilância será expandido. "Por isso, é preciso que a regulamentação do artigo 15 seja realizada de modo transparente pelo governo, tal como foi elaborado o projeto original do Marco Civil", defende.

Sarah Costa Schmidt

Divulgação



DITADURA E DEMOCRACIA

Relações ambivalentes desafiam a historiografia

Criar uma nova narrativa que possa abordar a relação entre a ditadura e a sociedade brasileira de maneira mais complexa, considerando suas ambiguidades e a dimensão civil do regime ditatorial. Esse é o principal intuito do livro *Ditadura e democracia no Brasil: do golpe de 1964 à Constituição de 1988*, lançado no início de 2014, por Daniel Aarão Reis, professor de história contemporânea da Universidade Federal Fluminense (UFF). Partindo da crítica às memórias apaziguadoras e reconciliatórias a respeito do período que se inicia com o golpe contra o governo de João Goulart, em 1964, e se estende, segundo a perspectiva do autor, até 1979, quando começa a chamada transição democrática, a abordagem de Aarão Reis insere-se numa historiografia mais recente, que desloca a versão hegemônica da ditadura enquanto regime imposto de cima para baixo e exercido exclusivamente pelos militares. Tal interpretação – contestada pelo autor – enfatizaria ainda, e por oposição, uma resistência à ditadura exercida por uma esquerda revolucionária, sem considerar a existência de uma zona cinzenta formada pela grande maioria da população, que oscilava entre "a simpatia não entusiasta, a neutralidade benévola, a indiferença ou, no limite, a sensação de absoluta impotência", escreve Aarão Reis. Sem esse apoio civil – ambíguo, mas ativo e consciente – os militares não teriam conseguido governar.

UM TEMA DIFÍCIL Os impasses enfrentados pela Comissão Nacional da Verdade, instaurada em 2012, pelo governo federal, com o objetivo de apurar as violações de direitos humanos ocorridas entre 1946 e 1988, estariam relacionados à difícil tarefa de lidar com as ambiguidades que marcam o regime ditatorial de 1964. O país enfrenta dificuldades em lidar com o tema do apoio civil à ditadura. Para sinalizar tal recusa, Aarão Reis tece uma forte comparação com outras sociedades que tiveram que encarar as razões e desrazões da colaboração com regimes ditatoriais e totalitários: a sociedade francesa e o colaboracionismo com a dominação nazista; os alemães, em relação ao nazismo; os italianos e o fascismo; e a União Soviética stalinista. O senso comum de que "o brasileiro não tem memória" expressaria a dificuldade em se elaborar esse passado ambivalente.

ANOS DE CHUMBO, ANOS DE OURO Modernização combinada com resistência e repressão – "anos de chumbo" e, ao mesmo tempo, "anos de ouro". Dentre as ambivalências da ditadura de 1964, destaca-se, ainda, a modernização do país, que contrariou as expectativas dos opositores que apostavam num fracasso da ditadura. Crescimento econômico, aparecimento e expansão de diversos setores industriais, incremento das telecomunicações, do sistema bancário, das rodovias e do complexo hidrelétrico. Tal período (1968-1974) conhecido como o do "milagre econômico" coincidiu com o recrudescimento da ditadura – enquanto estado de exceção – com o Ato Institucional número 5,

decretado por Costa e Silva, em 1968, fechando os parlamentos por um período indeterminado, dando poderes ilimitados ao presidente, proibindo atividades ou manifestações de natureza política. Tal recrudescimento visava fazer frente à oposição ao regime, que não era homogênea e coesa, e se fortaleceu, especialmente, nesse período. Havia a corrente moderada, articulada em torno do MDB (partido que, juntamente com a Arena, partido da situação, compunha o sistema bipartidário em voga); o movimento estudantil; e as organizações revolucionárias clandestinas, que apostavam na guerrilha urbana e rural e ações de captura de diplomatas estrangeiros. Em relação a essa resistência, a luta desigual acabou em massacre. "Encurralados por uma repressão crescentemente sofisticada e profissional, onde se misturavam oficiais das Forças Armadas, policiais civis e militares e notórios torturadores, os guerrilheiros, quase sempre inexperientes, dispondo apenas da vontade e da ousadia, foram escorraçados da história", lembra o autor. No livro ele assinala que pensar as ambivalências da ditadura não implica em deixar de levar em consideração suas forças conservadoras e sua face mais radical: os aparelhos de repressão e a tortura como política de Estado. A ideia de que tais aparelhos funcionassem de forma autônoma, sem o conhecimento dos ministros de Estado ou da Presidência da República carece de evidências e de sentido, tendo em vista a obediência à hierarquia e comando militar, enfatiza o historiador.

ESTATISMO COMO TRADIÇÃO POLÍTICA Outra linha de argumentação que atravessa o livro é a que diz respeito ao Estado hipertrofiado como característica de uma cultura política brasileira. Se, a princípio, a ditadura, com o governo de Castello Branco, buscou investir num programa liberal-internacionalista e revogar as tradições controladoras do Estado brasileiro – fundadas com o Estado Novo, na ditadura de Getúlio Vargas (1937-1945) – acabou, na prática, marcada pelo desenvolvimentismo e intervencionismo estatal, criando uma série de instituições, empresas públicas e programas econômicos, mantendo, inclusive, a estrutura corporativa dos sindicados atrelados ao Estado. Uma ditadura que se instaurou em nome da democracia e contra a corrupção. Muitas lideranças políticas – como Juscelino Kubitschek, Carlos Lacerda, Adhemar de Barros – apoiaram, num primeiro momento, o golpe, imaginando que os militares fariam uma intervenção pontual que impediria o país de caminhar rumo ao socialismo: as reformas de base promovidas por Jango (reforma agrária, bancária, urbana etc) juntamente com a atmosfera internacional – a revolução cubana, os movimentos de libertação nacional na África e no mundo árabe – criaram um clima de medo de uma revolução socialista, ao qual responderam com um golpe defensivo aqueles que desejavam "salvar a democracia".

RUPTURAS E PERMANÊNCIAS Nesse ínterim, um dos pontos mais instigantes do livro, desenvolvido no capítulo sobre a gênese da ditadura, aborda a ausência de resistência ao golpe militar concretizado na noite do dia 30 de março de 1964, e a "estranha derrota" dos reformistas que compunham e apoiavam o governo de João Goulart. O próprio presidente decidiu não fazer nada e se exilar no Uruguai. "Conferir até que ponto esse medo não teria contaminado lideranças reformistas pode oferecer uma chave para compreender melhor a paralisia e a irresolução frente ao golpe", destaca Aarão Reis, lembrando, também, que uma questão que merece mais pesquisa e estudo é o movimento Marcha da Família com Deus pela Liberdade, realizado em várias e grandes cidades brasileiras, contando com milhares de pessoas. Pensar a relação entre ditadura

e democracia no Brasil, implica, portanto, levar em consideração as complexas configurações políticas e históricas que não admitem simplificações, oposições e julgamentos fáceis.

Um dos caminhos sugeridos por Daniel Aarão Reis, é o de considerar a intermitência entre estados de exceção (que abolem e criam leis a seu bel-prazer) e estados de direito, que não deixam de ser atravessados pelo autoritarismo.

Lançando mão de pesquisas realizadas anteriormente e criando uma narrativa fluente e acessível, Daniel Aarão Reis faz uma historiografia com foco na política institucional e nos grandes personagens da história.

No posfácio o autor faz referências mais intensas ao período recente, que elegeu Fernando Henrique Cardoso, Lula e Dilma Rousseff como presidentes, o que seria impensável há 50 anos. "Numa revolução que não disse o seu nome, anônima, sem datas precisas, épicas, sem claros divisores de água, de forma molecular, o país virou pelo avesso, refez-se uma cara. E mudou".

Abre, assim, outras possibilidades de tratamento do tempo e suas transformações.

Carolina Cantarino

RANKINGS

Educação avaliada por métricas duvidosas em debate

Incontáveis modelos de classificação, com variados propósitos, métricas e metodologias, têm colocado em cheque a validade dos rankings escolares. A multiplicação de índices e listas impacta o modelo de educação e acaba por influenciar e alterar a orientação de escolas, sejam de ensino fundamental, médio ou superior.

Um relatório publicado em 2012 pela Academia Britânica, organização de ciências humanas no Reino Unido, concluiu que as listas classificatórias, de fato, afetam o comportamento. "Em alguns casos, isso pode ser bom, mas não universalmente. O governo, que tem sido em grande parte responsável por promover essas tabelas, deve pensar com mais cuidado sobre seus usos e dar atenção à sensibilização do público para suas propriedades. Há a necessidade de avaliar seu funcionamento num sentido amplo, de modo que os seus melhores aspectos possam ser preservados, ao mesmo tempo em que se limitam suas desvantagens. É fundamental, ainda, ressaltar a necessidade de abordar as limitações de rankings: se são estatisticamente duvidosos, isso mina qualquer ponto forte que possam ter. E se é para ser contínuo, algumas das questões delineadas deverão ser direcionadas para garantir o cumprimento dos objetivos e ser realmente funcional aos *policy makers*, profissionais e público em geral", escreveram os responsáveis pelo documento, intitulado "Measuring Sucess".

A professora Ellen Hazelkorn, do Dublin Institute of Technology, explica em seu livro *Rankings and the reshaping of higher education: the battle for world class excellence* (MacMillan, 2011) que a crescente obsessão pelos rankings teve início na década de 1990. Ela menciona a revista *US News & World Report*, cuja edição especial sobre as melhores faculdades da América é publicada desde 1987, e conta que a intenção inicial era orientar os candidatos na escolha de uma escola.

Hoje, porém, fomentam uma ferrenha concorrência entre as instituições na busca pela legitimação de excelência e prestígio. "Rankings são um fenômeno cultural muito típico de nossa cultura de mercado. Gostamos de saber quem está em primeiro lugar, quem é o campeão. Achamos natural fazer isso com times de futebol, corridas de automóveis, de cavalos, com cantores de televisão, índices de saúde, pobreza, felicidade, bem-estar,

taxas de crescimento. Não se trata mais de saber se os rankings são efetivos ou não. Agora, são inevitáveis. Como todo ranking, suas metodologias podem e devem ser discutidas, aperfeiçoadas e entendidas por todos. Eles se transformaram numa realidade do mundo presente, com enorme impacto no imaginário mundial", afirma Edson Nunes, professor universitário, Ph.D. em ciência política e autor do livro *Educação superior no Brasil: estudos, debates, controvérsias*, com a colaboração da equipe do Observatório Universitário, que coordena.

DIVERSIDADE E LIMITAÇÃO Se, por um lado, prega-se que os rankings tornam as universidades e os processos mais transparentes, não é menos sabido que as próprias metodologias sofrem de opacidade. "Tudo depende do que você espera dos rankings, e todos envolvem parâmetros difíceis de medir ou mesmo de definir. Não é por outro motivo que temos tantos rankings com resultados diferentes. O que definitivamente não se deve fazer é tomá-los como definidores absolutos de qualidade das instituições. É comum os dirigentes terem uma atitude de desprezo em relação aos rankings e ao mesmo tempo comemorar cada vez que sua instituição aparece bem em algum deles", aponta o professor associado do Instituto de Física e ex-coordenador de relações internacionais da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Leandro Tessler.

Para validar um ranking, é pertinente compreender o escopo da sua elaboração. Afinal, podem ser realizados por governos, entidades, organizações, revistas, comunidades acadêmicas, com diversos critérios e interesses. Portanto, o primeiro olhar deve ter o intuito de identificar quem os fez, o público ao qual se destinam e os itens "somados" na conta. É preciso ter em mente que o conjunto deles trata de uma ínfima parte das instituições de ensino. A European University Association (EUA) fez um dossiê e mostrou que as listagens não abrangem mais do que 3% de um total de 17.500 universidades espalhadas pelo mundo. Ou seja, a imensa maioria está completamente excluída do sistema.

ENSINO MÉDIO As administrações governamentais no Brasil dispõem de uma extensa lista de rankings e avaliações, em todos os níveis: Enem no ensino médio, Saresp no ensino fundamental e o Enade no universitário. "É fácil compreender o porquê desse processo: a engrenagem que impulsiona todas as instituições a enquadrarem-se no sistema mercadológico/industrial. Não é de assustar a quantidade de outdoors espalhados pelas ruas promovendo as notas nos rankings. Esses resultados vendem matrículas, credibilidade e a ilusão da competência da escola. E são danosos na medida em que vendem uma nota que representa sucesso garantido e a ideia de que a escola é uma indústria", analisa Stella de Melo Silva, especialista em docência universitária, mestre em divulgação cultural e científica e membro da Associação Brasileira de Pesquisadores e Profissionais da Educomunicação.

A professora conta que em sua entrevista para um mestrado, com professores de uma escola privada do ensino médio, notou que esses profissionais estão presos a um sistema engessado que envolve, entre outros, formar para o vestibular. "Mas não se melhora a qualidade da escola 'rankiando' alunos e professores, porque a escola lida com material humano e este, por sua vez, não cabe numa tabela de contabilidade e estatísticas; tem variantes, possibilidades, indisponibilidades", conclui. A docente Nora Krawczyk, da Unicamp, autora do livro *Sociologia do ensino médio* (Cortez, 2014) acrescenta outro agravante: o país oferece apenas um tipo de ensino médio, o acadêmico, voltado para o vestibular, com um currículo extenso e desgastante, que faz com que cerca de 40% dos ingressantes não consigam finalizá-lo.

Marina Gomes

Pirarucus são alimentados com ração. Mesmo em cativeiro o peixe alcança 10 quilos com um ano de cultivo

AQUICULTURA

Brasil investe em pesquisas para aumentar a produtividade do pirarucu em cativeiro

Diz a lenda que pirarucu era um índio bravo e guerreiro que foi castigado pelo Deus Tupã e transformado em um peixe gigante. A fama desse grande carnívoro que vive em águas calmas dos rios e lagos amazônicos confirma a lenda. Conhecido como um peixe bravo e lutador, o pirarucu (*Arapaima gigas*) está sendo considerado uma grande promessa para a aquicultura nacional, motivo pelo qual tem sido foco de pesquisas para aumentar a produtividade em cativeiro. Esse é o objetivo do projeto Pirarucu da Amazônia, coordenado pela Embrapa e financiado pelo Sebrae e pelo Ministério da Pesca e Aquicultura. O pirarucu é o maior peixe de água doce fluvial do Brasil. Ele pode atingir três metros de comprimento e pesar até 250 quilos. A força e a coloração avermelhada das suas escamas, principalmente na região da cauda, que se acentua no período reprodutivo, além da respiração aérea (que acontece pela boca), conferem à espécie características únicas. "A respiração aérea é uma característica evolutiva que permitiu ao pirarucu sobreviver em ambientes mais hostis. Além disso, as escamas formam um escudo protetor contra predadores", explica a engenheira de pesca Adriana Ferreira Lima, pesquisadora da Embrapa que coordena o Projeto Pirarucu da Amazônia. "É um peixe instigante por vários aspectos. Um deles, que costuma chamar a atenção da maior parte das pessoas, principalmente dos produtores, é o porte que este animal alcança em ambiente de cativeiro. Na piscicultura de água doce é o único peixe brasileiro que atinge 10 quilos com apenas um ano de cultivo" afirma a pesquisadora.

Fotos: Assessoria de Imprensa Ministério da Pesca e Agricultura

CRESCIMENTO CONTROLADO Além do crescimento acelerado, a rusticidade e elevada qualidade da carne também são estímulos ao estudo da espécie. O pirarucu é uma espécie que se reproduz de forma natural e aleatória. Isto significa que a fertilização é influenciada por diferentes fatores, como o clima, a temperatura da água e a alimentação. O projeto Pirarucu da Amazônia está sendo desenvolvido nos sete estados da região Norte. O objetivo geral é desenvolver e transferir tecnologias para a cadeia produtiva do pirarucu visando aumentar a produtividade e a competitividade dessa cadeia produtiva, desde a base de reprodução até a engorda. O projeto tem vigência até 2015 e conta com recursos de R$4,5 milhões, que estão sendo gerenciados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq. Entre as pesquisas que estão sendo realizadas no âmbito do projeto está análise do DNA dos reprodutores para identificar parasitas do pirarucu e, com isso, prevenir doenças potenciais nas áreas de cultivo. Também estão sendo feitos estudos para melhorar o manejo nutricional dos peixes com objetivo de obter um melhor desempenho na engorda e no rendimento da carne do pirarucu. Este ano foi iniciada a marcação eletrônica dos peixes, com o uso de chips, para monitoramento dos animais. A ideia é fazer o rastreamento da reprodução do pirarucu para a identificação dos plantéis (casais) que geram alevinos (filhotes) de maior qualidade e possam, consequentemente, aumentar a produção do peixe cultivado. Além dos benefícios para o setor da aquicultura, vale lembrar que estudos científicos voltados ao aumento do desempenho da espécie em cativeiro contribuem indiretamente para a manutenção e conservação dos estoques naturais do pirarucu, espécie que vem sofrendo crescente pressão pela atividade pesqueira em águas amazônicas.

Juliana Lima

Brasileiros na FAO

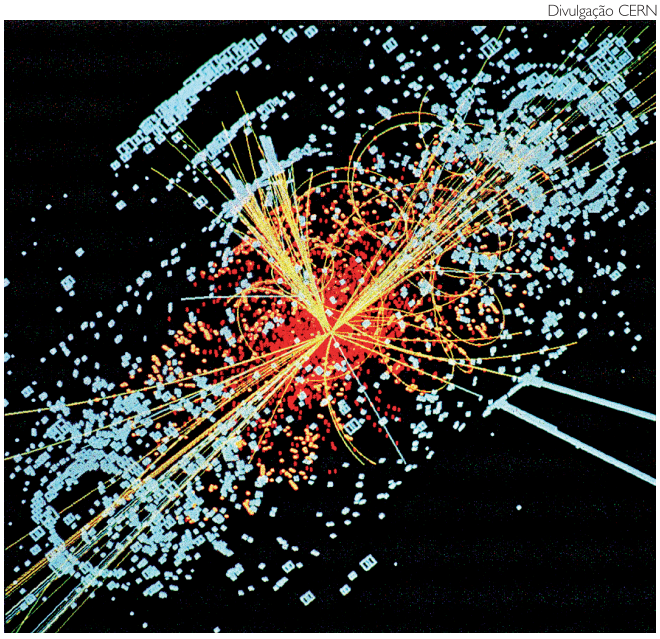
Os acadêmicos brasileiros têm marcado presença na Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). Além de José Graziano, atual presidente da FAO, em junho deste ano o cientista Fabio Hissa Vieira Hazin assumiu a coordenação do Comitê de Pesca e Aquicultura dessa instituição. Pesquisador com expressiva produção acadêmica na área de oceanografia e gestão pesqueira, Hazin é o primeiro brasileiro a assumir essa função na FAO. "Para mim, é uma oportunidade extraordinária de influenciar positivamente os rumos da pesca e da aquicultura em todo mundo, além de significar o coroamento de 15 anos de trabalho junto àquela instituição, representando o reconhecimento de todos os esforços envidados em prol do desenvolvimento sustentável da pesca e da aquicultura", conta. O Brasil tem chamado a atenção internacional pelo seu imenso potencial de produção nesse setor e promete despontar entre os principais produtores mundiais nos próximos anos.

Arte e ciência

Colisões criativas na física de partículas

O maior laboratório de pesquisa de física de partículas do mundo, conhecido pela sigla CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire , ou Organização Europeia para Pesquisa Nuclear, em português), vem sediando um tipo diferente de experimento, além dos complexos estudos protagonizados por físicos que se dedicam a colidir partículas na velocidade da luz para compreender as origens do universo. O Grande Colisor de Hádrons (LHC), acelerador de partículas de 27 km de extensão, instalado num túnel subterrâneo na fronteira franco-suíça, também é cenário do Collide@CERN (Colisão no CERN), programa especial de residência dirigido a um seleto e privilegiado grupo de artistas. A proposta é oferecer uma oportunidade única de imersão artística num ambiente de alta tecnologia, ao lado dos cerca de três mil cientistas de diversas nacionalidades que atuam no laboratório. A imersão deve ser uma fonte de inspiração para o desenvolvimento de projetos que incluem fotografia, videoinstalações, música eletrônica, dança contemporânea e projeções digitais. "Pareceu natural que um laboratório que está constantemente mudando a nossa percepção e compreensão sobre o mundo se transforme num espaço onde artistas possam colocar em prática seus exercícios de imaginação", explica a produtora cultural britânica, Ariane Koek, que coordena o programa.

Divulgação CERN



Possíveis caminhos de partículas em uma colisão de prótons no CERN. Ilustração pode inspirar trabalho dos artistas

INTERCÂMBIO ARTE-CIÊNCIA Em julho de 2014 o artista japonês Ryoji Ikeda inicia uma temporada de três meses no conhecido centro de pesquisas, onde, há cerca de dois anos, foi identificado o bóson de Higgs, descoberta que abocanhou o prêmio Nobel de Física de 2013. Ikeda foi selecionado, em janeiro deste ano, para participar da residência pelo prêmio de arte eletrônica de Linz, na Áustria. Um dos artistas contemporâneos de maior prestígio na produção de obras baseadas em imagens em movimento, som e novas mídias, ele veio ao Brasil em 2012. Aqui, apresentou a obra *The radar*, uma projeção de imagens e sons digitais que foi instalada na praia do Diabo, ao lado do Arpoador, no Rio de Janeiro. "A residência no CERN me oferece uma valiosa liberdade de tempo e espaço para pesquisar e explorar novas áreas, num dos maiores centros de tecnologia do mundo, sem nenhum tipo de pressão, algo que eu procurava há muito tempo. Estou muito animado para começar", declarou o artista, residente em Paris.

"O Ikeda é uma excelente escolha", avalia o físico Sérgio Novaes, em entrevista via skype diretamente do CERN, onde passou uma temporada durante o primeiro semestre de 2014, desenvolvendo projetos de pesquisa no CMS (Solenóide de Múon Compacto), um dos detec-

tores de partículas do LHC. Professor e pesquisador do Instituto de Física da Unesp, Novaes foi um dos poucos cientistas brasileiros a participar dos esforços internacionais que levaram à descoberta do bóson de Higgs. "Considerando o tipo de trabalho que o Ikeda faz, creio que o CERN vai oferecer arte pronta para ele. As imagens que produzimos aqui a partir das colisões são muito estéticas", afirma o físico, referindo-se particularmente à beleza dos "event displays", imagens captadas pelos supercomputadores do CERN em tempo real, no momento da colisão das partículas. Já o compositor e pesquisador de música eletroacústica Flo Menezes, diretor artístico do Studio PANaroma (São Paulo), tem reservas quanto à escolha de Ikeda para a residência no CERN. "O trabalho dele é visualmente lindo, tem uma modernidade e um intervencionismo urbano interessante. Mas, musicalmente falando, é superficial", avalia Menezes, que, como Ikeda, também ganhou o prêmio de arte eletrônica de Linz, Áustria, em 1995.

A participação de Ikeda fecha um ciclo de três anos do programa Collide@CERN, criado em 2011 por Ariane Koek. Antes dele, o laboratório recebeu outros três artistas. Em 2011, o artista alemão Julius von Bismarck realizou uma série de intervenções com a participação de cientistas. No ano seguinte, o coreógrafo suíço Giles Jobin produziu o espetáculo de dança *Quantum*. Com a aproximação do fim do programa original de residência, uma nova iniciativa para promover atividades artísticas de abrangência internacional no laboratório já foi iniciada. Trata-se do Accelerate@CERN, programa destinado a artistas que queiram desenvolver projetos de pesquisa com duração de um mês no LHC. "A ideia é a cada ano selecionar dois artistas, de dois países diferentes, que nunca tenham visitado uma instituição científica antes, por meio de competições nacionais", explica Koek. Os dois primeiros países a participarem do novo programa são a Grécia, cujo artista conta com recursos da Fundação Onassis Cultural, e a Suíça, com artista patrocinado pela organização Pro Helvetia in Creative Arts. Para 2015, já está prevista a participação de artistas da Áustria e de Taiwan. "Adoraríamos trabalhar com o Brasil, que é um país muito rico culturalmente", sugere Koek. Para tanto, explica a coordenadora do programa, uma ou mais fundações culturais brasileiras precisariam se dispor a promover um concurso de âmbito nacional, a fim de selecionar um artista e, depois, patrocinar o seu mês de estadia no CERN.

ARTE E IMAGINÁRIO CIENTÍFICO Embora a combinação da física de partículas com arte possa parecer improvável à primeira vista, Koek afirma que as duas áreas compartilham muitas afinidades. "Físicos de partículas e artistas não estão assim tão distantes um do outro, afinal eles exploram o seu lugar no mundo, buscam o 'como' e o 'porquê' de estarem aqui. Na verdade, o que os cientistas fazem na física de partículas é exatamente o que um artista faz: eles pensam além do paradigma e, então, partem para a concretização do trabalho."

Já Novaes não crê que o ambiente do acelerador de partículas seja capaz de estimular a criatividade – pelo menos no diz respeito à atividade de pesquisa dos físicos. "Aqui é trabalho ininterrupto, duro. Quando estamos imersos no CERN ficamos mais para 99% de transpiração e apenas 1% de inspiração", afirma ele. Mas o pesquisador acredita que a aproximação da física de altas energias com a arte pode auxiliar o público em geral na compreensão de sutilezas do mundo das partículas. "Quando se trata desse tema, as analogias do cotidiano não são capazes de dar conta do nosso imaginário. Por exemplo: temos a tendência de associar a imagem de um elétron girando em torno do átomo como uma pequena bola de bilhar. No entanto, um só elétron está mais para uma nuvem, uma poeira, uma densidade – qualquer coisa, menos para uma bola de bilhar.

Alice Giraldi

Reprodução

O pintor Fernando Botero se destacou pelas formas arrendondadas de suas figuras

SAÚDE

Sabores e dissabores da gordura

De meados de maio até o final de junho de 2014, a exposição *Fat: it is delicious* esteve aberta ao público na Gallery Science Dublin, na Irlanda, e buscou seguir a linha de museu inovador, instalado numa universidade fundada há 400 anos, a Trinity College Dublin. A Science Gallery aproxima o conceito de divulgação da ciência e sua metodologia ao cotidiano, às experiências e aos interesses do público.

Os visitantes tinham à sua disposição desde medidas de índice de massa corporal (IMC) até o convite a uma reflexão bem-humorada sobre o preconceito associado à obesidade, passando também por instalações artísticas pouco convencionais. Entretecendo arte e ciência, a exposição não apenas ofereceu um banquete de ideias ao visitante como também foi útil à comunidade científica, que pôde coletar informações e amostras de sangue para serem usadas em pesquisas com temas tão diversos como ciências do metabolismo e psicologia da percepção corporal. Logo na entrada, o visitante era recepcionado em um balcão que lembra o de uma lanchonete norte-americana dos anos 1950. Uma reação instintiva seria a de pedir hambúrguer e milk shake, porém os participantes são servidos com o programa da exposição no formato de um cardápio do dia. As opções de entrada incluíam medidas de peso, percentagem de gorduras corporal e visceral, medida do índice de massa corporal e uma estimativa do índice metabólico basal. Medidas do número de batimentos cardíacos, pressão arterial e circunferência da cintura também estavam à disposição dos participantes, após a assinatura de um termo de autorização para a utilização dos dados em pesquisas científicas.

No quesito de experiência inusitada, os participantes mais aventureiros tiveram a oportunidade de "degustar" a gordura de porco marinada na cachaça de batatas, durante o jantar de encerramento da exposição. A *Fat* foi inaugurada de maneira não menos curiosa: um seleto número de participantes teve a chance única de lavar as mãos com um sabonete nada convencional: feito a partir de gordura abdominal humana extraída durante um procedimento de lipossucção. A instalação artística realizada por Oreste de La Paz, que vive em Miami,

ESTIGMA SOB A ÓTICA DA ARTE A mostra incluiu, ainda, uma crítica bem-humorada na instalação da artista plástica norte-americana Rachel Herrick. Em seu trabalho intitulado *Obeast* (jogo de palavras em inglês que significa animal obeso), a artista apresenta uma vasta coleção de artefatos pseudocientíficos que satirizam o estigma associado à obesidade tão eficientemente disseminado pela cultura de massas.

O Museum for the Obeast Conservation Studies (MOCS), é um falso museu de ciência itinerante que viaja pelos EUA e Europa incitando o debate sobre a necessidade de preservação de uma suposta espécie de mamífero em vias de extinção, o "obeso norte-americano".

Luciene Zanchetta

Notícias do Mundo

PRECARIADO

Uma nova classe social ou o proletariado que se transforma?

De repente, as ruas foram invadidas por descontentes. De início, eram alguns poucos milhares em São Paulo; protestavam contra o preço das passagens de transporte público. Em três semanas, mais de 100 cidades viram suas ruas tomadas por manifestantes, que somavam, segundo estimativas da época, mais de dois milhões de pessoas. Quem eram eles? André Singer, professor da Universidade de São Paulo (USP), utilizou dados de institutos de pesquisa de opinião num artigo publicado na revista *Novos Estudos* e sugeriu que as manifestações, principalmente no seu auge, eram compostas por uma classe média tradicional inconformada com diferentes aspectos da realidade nacional e por trabalhadores, em geral jovens, com emprego formal, de baixa remuneração, alta rotatividade e condições precárias de trabalho. Singer lembra que os de renda familiar mensal até cinco salários mínimos, respondiam por cerca de 50% dos manifestantes.

Semelhante ao observado em outros países, principalmente da Europa, as manifestações no Brasil em junho de 2013 colocaram em evidência uma frustração geral com governos e com a política. Segundo André Singer, a maior parte dos manifestantes, apesar da escolaridade alta que os colocaria na classe média tradicional, em termos de renda salarial fazia parte de um novo proletariado, o precariado.

NOVA CLASSE SOCIAL Resultado da junção das palavras proletário e precário, o termo precariado suscita ainda muitos debates sobre o que realmente representa. Um grupo importante, no qual se destacam o sociólogo francês Robert Castel e o professor de economia inglês Guy Standing, considera o precariado uma nova classe social formada por profissionais, geralmente jovens qualificados, que enfrentam condições de trabalho cada vez mais precárias. Castel, falecido em março último, já discutia a precarização da condição salarial no livro *As metamorfoses da questão social: uma crônica do salário*, lançado na França em 1995. Em entrevista à *Revue d'Information Sociale*, em 2010, Castel insistia: "a situação não melhorou... o fenômeno da precarização permanece importante e parece ter sido ocultado pelo problema do desemprego... muitos continuam a trabalhar em condições abaixo do que foi e do que ainda é considerado um emprego".

Para Standing, o precariado é uma nova classe social, emergente e heterogênea, composta pelos que não têm educação ou status para compreender a situação e ouvem neofascistas; pelas minorias de imigrantes e deficientes, que estão perdidos e podem explodir; e por jovens educados que não têm futuro e que não aceitam propostas políticas da direita ou da esquerda. Standing identifica três características comuns a esses grupos: o emprego é casual e não lhes dá um senso de identidade profissional; os salários são muito baixos, com perda de benefícios e é necessário fazer muitas coisas não remuneradas (preparar currículo, procurar constantemente emprego, passar por treinamento etc); e faltam direitos a benefícios além do salário, como pensões, seguro-saúde e licença-maternidade. Autor do livro *O precariado – a nova classe perigosa*, Standing, que é ex-diretor da Organização Internacional do Trabalho (OIT), afirma que o precariado é a primeira classe social com nível de educação e qualificação acima do exigido pelo trabalho: "a pessoa tem grau universitário, mas trabalha como garçom".

POLÊMICA Mas há controvérsias em relação a algumas colocações de Standing. Nomes como os dos professores Ruy Braga e Giovanni Alves, no Brasil, e Peter Alexander e Edward Webster, na África do Sul, consideram que o precariado não é uma classe nova e sim uma camada do

proletariado. Ruy Braga, professor da USP, aponta que o proletariado precarizado existe desde os primórdios do capitalismo histórico. Autor do livro *A política do precariado: do populismo à hegemonia lulista*, Braga remete a Karl Marx para delimitar o conceito de precariado como sendo a superpopulação relativa, excluindo-se os trabalhadores qualificados e a população pauperizada; ou seja, o precariado é formado pela camada da população latente, flutuante e estagnada.

Wikimedia

No auge, manifestações eram compostas por uma classe média tradicional e por jovens trabalhadores descontentes

O conceito de superpopulação relativa (ou exército industrial de reserva) foi cunhado por Marx na segunda metade do século XIX. A população flutuante é a parte da classe trabalhadora formada pelos que entram e saem do mercado de trabalho, pois são contratados e demitidos muito rapidamente pelas empresas; a população latente é composta por trabalhadores muito jovens que estão no campo e migram para a cidade, mas ainda não ingressaram no mercado formal; já a população estagnada engloba trabalhadores submetidos a condições absolutamente degradantes e que recebem salários baixíssimos. Para Braga o precariado é a fração mais numerosa e mais explorada da classe trabalhadora, mantida na periferia do sistema capitalista.

Giovanni Alves, sociólogo e professor da Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), concorda que o precariado não é uma classe nova mas "inclui apenas jovens adultos altamente escolarizados, desempregados ou inseridos em relações de trabalho e vida precárias". Segundo ele, "evidências empíricas demonstram efetivamente que esse é o perfil da juventude trabalhadora no seio dos novos movimentos sociais de rebeldia, tanto na Europa e Estados Unidos, quanto no Brasil".

Outra divergência é quanto ao perigo do precariado. Enquanto Guy Standing considera o precariado uma classe perigosa por ser massa de manobra para grupos de direita, Ruy Braga considera que trata-se de uma classe progressista: "luta para conservar direitos sociais e proteger conquistas dos trabalhadores, protegendo-se do ataque conservador aos direitos dos trabalhadores". Por outro lado, Alves defende que, politicamente, o precariado tem caráter dual, intrinsecamente contraditório: "muitos integrantes do precariado cultivam aspirações fetichistas de consumo e adotam o individualismo competitivo próprio do ethos burguês, mas estão profundamente imersos na condição de proletariado".

CAPITAL EM CRISE, TRABALHO PRECÁRIO Visto como uma camada do proletariado ou como nova classe social, o precariado é consequência do neoliberalismo e da globalização do capital. Sucessivas crises do capital, como a crise do México, em 1994, da Rússia em 1998 e a crise econômica de 2008-2009, que começou nos Estados Unidos e se alastrou por vários países da Europa, afetaram principalmente pessoas que constituem o grande contingente de reserva de mão de obra. Elas se viram destituídas das garantias sociais relativas ao vínculo empregatício, como estabilidade de emprego e renda e a representação política. Ou seja, as garantias conquistadas na Europa e nos Estados Unidos, sobretudo após a Segunda Guerra Mundial, vêm sendo negadas aos que ingressam no mercado de trabalho atualmente.

Leonor Assad

AMAZÔNIA

SEM FRONTEIRAS

Coordenador: Adalberto Luis Val

Virgilio Viana, Emma Torres, Adalberto Val, Victor Salviati, Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca, Maria Teresa Fernandez Piedade, Vera Maria Fonseca de Almeida e Val, Aline Lopes, Helen Sadauskas Henrique, Luciana Mara Lopes Fé, Florian Wittmann, Paulo Artaxo, Maria Assunção Faus da Silva Dias, Laszlo Nagy, Flávio J. Luizão, Hillândia Brandão da Cunha, Carlos A. N. Quesada, José A. Marengo, Alex Krusche, Evandro José Linhares Ferreira

APRESENTAÇÃO

AMAZÔNIA UM BIOMA MULTINACIONAL

Adalberto Luis Val

A ciência, a tecnologia e a inovação, ao lado da capacitação de pessoal em nível de pós-graduação, vivem um novo momento no Brasil e a realização da Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em pleno ano 2014 na cidade de Rio Branco no estado do Acre, ilustra-o de forma efetiva e por meio de múltiplos ângulos, já que a ciência é uma atividade social com fins sociais. Vejamos alguns desses aspectos nesta curta introdução e, em seguida, nos artigos que compõem este Núcleo Temático. A análise apresentada em ambos os momentos deve servir de estímulo para uma viagem pela Amazônia profunda, por suas dimensões, seus povos, suas diversidades e suas singularidades que se distribuem por todos os países do norte da América do Sul.

Muitas dessas características da Amazônia são descritas, discutidas, comparadas e apresentadas há muito tempo. Dos muitos textos que poderiam referenciar essa colocação, destaco o trecho a seguir, do livro *Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas,* do Padre João Daniel que viveu na região amazônica de 1741 a 1757, quando, por ordem do Marquês de Pombal, foi mantido preso em Portugal. Nesse livro, exaltando as características dessa região, diz:

> É sem dúvida o Amazonas o **máximo** dos rios, sem injúria dos Nilos, Núbias e Zaires da África, dos Eufrates, Ganges e Indos da Ásia, dos Danúbios e Ródanos da Europa, dos Pratas, Orinocos e Mississipis da mesma América, em cujo meio ou centro o Amazonas se (ilegível) gigante, chamado com razão pelos naturais de mar branco, paraná petinga. E se Júlio César prometia ceder o império a quem lhe mostrasse a fonte do grande Nilo, qual seria o prêmio a quem lhe apontasse a fonte do máximo Amazonas, em cuja comparação aquele se avaliaria pigmeu, ou pequeno regato, e envergonhado, por não poder correr parelhas com este, fugiria a esconder-se na sua pequena mãe? (1)

Impressiona a atualidade dessa obra publicada há mais de duzentos anos (2), em particular pela precisão com que trata o **máximo** Amazonas, ao mesmo tempo ligação entre os países amazônicos e coletor central do sistema.

Na obra *América Latina: Chegou a hora de nossa identidade*, Darcy Ribeiro adverte que não há no mundo região mais integrada que a América Latina e ressalta dois planos: o linguístico e o cultural (3). Pois bem, atrevo-me a acrescentar um terceiro plano: a Amazônia. Nove dos treze países da América do Sul são amazônicos e compartilham as características desta megarregião. Ainda que a maior parte do bioma ocupe o território brasileiro, a responsabilidade é multinacional já que o bioma amazônico é uma região sem fronteiras. Tomemos quatro recortes para ilustrar essa asserção, enfatizando que não pretendemos esgotá-los sob nenhum aspecto.

COOPERAÇÃO, CAPACITAÇÃO E FIXAÇÃO DE PESSOAL Os nove países amazônicos compartilham de praticamente todas as características que envolvem o enorme bioma amazônico: a diversidade ambiental e biológica, a riqueza mineral, a religião, muitos aspectos culturais, os ribeirinhos e suas crenças e folclores, entre outros. Por outro lado, vários desafios regionais permeiam, da mesma forma, todos os países que integram o bioma amazônico. Entre esses desafios destacam-se: comunicação, transporte, saúde, educação, ciência e tecnologia. Contudo, o maior dos desafios é proporcionar à região desenvolvimento com a manutenção da floresta em pé. Considerando os múltiplos matizes desse imenso bioma multinacional, a abordagem possível é obrigatoriamente interdisciplinar,

com produção de informações robustas que permitam intervenções seguras. Em muitos casos, tais intervenções também não resguardam as fronteiras entre os países, envolvendo necessariamente mais de um país. Para isso, duas questões precisam ser encaminhadas de forma soberana e eficaz: cooperação e capacitação de pessoal.

A cooperação científica é hoje uma questão estratégica para governos e instituições de ensino e pesquisa. Além do princípio fundamental que deve nortear a cooperação científica, isto é, a simetria de interesses e ações, a Amazônia precisa ser vista pelos países amazônicos como um laboratório para o desenvolvimento ambientalmente sustentável, com processos sociais includentes. Ignacy Sachs, diretor do Centro de Estudos sobre o Brasil Contemporâneo da Escola de Altos Estudos em Ciências Sociais (Paris), vem ressaltando exatamente isso em suas manifestações que, de longa data, são também abraçadas e enfatizadas pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e pela Academia Brasileira de Ciências (ABC). A rigor, no que se refere à Amazônia, os processos de cooperação e intervenção física no bioma, requerem ações conjuntas em todos os níveis da organização social, já que não é suficiente colocar um "muro" em cada país como forma de proteger o bioma.

O artigo apresentado por Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca, intitulado "Cooperação em ciência, tecnologia, inovação e educação nos países amazônicos", além de trazer para reflexão a questão da necessária cooperação entre os países amazônicos, ressalta que mais de 50% de toda a produção científica mundial é realizada em coautoria. Um ponto relevante apresentado por Fonseca se refere ao fato de que mais de 60% do investimento em ciência e tecnologia é feito de forma unilateral pelo Brasil. Mesmo tendo uma pequena parcela dos investimentos em C&T, a Amazônia brasileira se destaca na geração de conhecimento sobre a região. Este conhecimento, por um esforço conjunto entre os países amazônicos, deve permear a região como um todo. Para o Brasil essa ação é estratégica, posto que os recursos naturais não observam fronteiras e, no que se refere aos recursos hídricos, é preciso ter em conta que a maioria absoluta dos cursos d'água são transfronteiriços.

Fonseca apresenta ainda uma reflexão importante sobre "Cooperação científica em ambientes desiguais". No caso específico do bioma amazônico, os ambientes são desiguais entre os países e dentro dos países, com destaque maiúsculo para a Amazônia brasileira que, representando cerca de 60% do território brasileiro, recebe em torno de 4% dos investimentos totais em ciência, tecnologia e inovação. Paradoxalmente, mesmo com um investimento nacional desigual, o conhecimento produzido a partir da Amazônia brasileira ganha destaque. Esse aspecto ganha um novo *momentum* a partir da criação das fundações estaduais de amparo à pesquisa (FAPs) do lado brasileiro, que ainda trilham o caminho da plena consolidação. As FAPs estão proporcionando um processo especialmente importante que envolve não só a produção de novas informações a partir dos interesses das sociedades locais, mas também um *ring the bell* para as agências nacionais acerca do necessário rompimento dos desequilíbrios nacionais. É importante ressaltar que a questão dos desequilíbrios regionais já era uma preocupação de agências nacionais, mas o fosso era, e continua sendo, tão grande que um sistema organizado e combinado passou a ter maior repercussão.

É nesse contexto que a formação e fixação de pessoal qualificado emerge como um grande desafio pois requer estratégias bem definidas, tempo, diversificação para contemplar as diferentes áreas do saber e, principalmente, processos não convencionais que venham a somar com a manutenção do pessoal qualificado na região. Dada a carência de pessoal que atinge todos os países amazônicos, inclusive nosso país – ainda que neste caso de forma diferenciada dos demais países – poderia oferecer apoio no sentido de instrumentalizar os sistemas dos países vizinhos, por exemplo, como a disponibilização de bancos de dados de grande relevância para o ensino e pesquisa como a Plataforma Lattes, o Diretório dos Grupos de Pesquisas do Brasil, o Portal de Periódicos, no que couber, entre outros.

Muitas das áreas de pós-graduação avaliadas pela Capes carecem de programas estruturados, tanto em universidades brasileiras quanto em universidades dos países vizinhos. Várias dessas áreas estão intrinsicamente vinculadas à produção de informações relevantes para o desenvolvimento sustentável da região como um todo, bem como à importante tarefa de capacitar pessoal para a sustentabilidade do desenvolvimento. Tomemos, entre outras áreas, a engenharia naval, a antropologia, a farmacologia e a aquicultura. Outras áreas são igualmente importantes e vitais para a região, mas estas são emblemáticas.

A COOPERAÇÃO CIENTÍFICA É HOJE UMA QUESTÃO ESTRATÉGICA PARA GOVERNOS E INSTITUIÇÕES DE ENSINO E PESQUISA

Vejamos: para uma região anfíbia como a Amazônia, a engenharia naval é vital para o desenvolvimento de meios eficientes para o transporte regional, não só de pessoas, mas principalmente para o escoamento de produtos regionais. Aliás, ressalte-se que o transporte é um dos principais gargalos para a concretude das cadeias produtivas regionais. Sendo estas fundamentais para os processos de inclusão social e geração de renda, pode-se dizer que a falta de pessoal qualificado para dar nova dimensão ao transporte regional é limitante para a melhoria da qualidade de vida na região, principalmente da população que vive afastada dos grandes centros regionais. Sem conhecer a história humana da região, os processos culturais envolvidos com a evolução do bioma e com as conexões inter-regionais, não há como desenhar novos processos. O etnoconhecimento dos povos da região é rico e envolve um mundo até agora longe da ciência, no Brasil e nos países vizinhos. Basta visitar os mercados locais, entre eles o Ver-o-Peso de Belém que fornece um vasto conjunto de ervas medicinais, para uma fotografia desse aspecto.

Fortemente conectada ao conhecimento tradicional e dele podendo avançar de forma significativa está a farmacologia. Por milhares de anos os povos da Amazônia não tiveram acesso aos remédios modernos e, ainda hoje, muitas comunidades do interior da Amazônia continuam sem acesso aos avanços que a ciência tem proporcionado. As dificuldades de saúde dessas comunidades incluem entre

outras, muitas enfermidades conhecidas nas cidades que são cuidadas por meio de "poções" preparadas com base no conhecimento local. É muito provável que boa parte do material utilizado para o preparo dessas "poções" contenha princípios ativos fundamentais existentes na floresta e que possam servir de pontos de partida para o desenho de novos medicamentos. O fortalecimento da farmacologia regional pode contribuir de forma marcante com os avanços científicos nesse caso, além de ter potencial para contribuir também com os processos de inclusão social e geração de renda.

Por outro lado, e igualmente importante, está a aquicultura. O consumo de pescado pela população regional é relativamente alto (4) e, apenas por esse aspecto, considerando o tamanho da população regional, já se justificaria a qualificação de pessoal para otimizar tecnologicamente a aquicultura de espécies amazônicas. No entanto, há pelo menos três outros aspectos que devem ser considerados no que se refere à importância da aquicultura voltada a espécies amazônicas: a) o potencial de espécies de peixes amazônicos, como o tambaqui ou cachama ou gamitana, o pirarucu ou paiche, e o matrinchã, que podem perfeitamente se transformar em espécies para a piscicultura mundial; b) a importância da diversidade genética mantida por essas espécies em seus ambientes naturais que permite a recomposição dos estoques mantidos sob altas taxas de *inbreeding* (5) nos ambientes de criação; e c) a importância da produção de espécies de peixes para a recomposição de ambiente degradados.

Deve ser destacada a colaboração que os programas de pós-graduação brasileiros têm proporcionado para a capacitação de pessoal dos países vizinhos. O tratado de cooperação amazônica (OTCA) tem papel importante nesse contexto, em particular a partir da retomada de suas ações nos últimos anos. No passado a União das Instituições de Ensino Amazônicas (Unamaz) teve também papel relevante. É importante que essas organizações supranacionais possam ser proativas no sentido de desenhar ações integradas para a conservação do bioma amazônico, mas também voltadas para a melhoria da qualidade de vida humana na região.

BIODIVERSIDADE E ADAPTAÇÕES ÀS MUDANÇAS AMBIENTAIS A biodiversidade é o patrimônio relevante da Amazônia, o Eldorado de fato, e desde os tempos mais remotos, tem desafiado naturalistas de todas as nacionalidades. Esse interesse sempre cresceu ao longo dos séculos após o descobrimento dessas terras e, ainda hoje, a Amazônia continua sendo alvo de interesses diversos. No final do século XVIII muitas foram as expedições naturalistas a serviço do governo português. Pedro Nunes no século XVI se referiu às viagens portuguesas assim: "Os portugueses ousaram cometer o grande mar Oceano. Entraram por ele sem receio. Descobriram novas ilhas, novas terras, novos mares, novos povos e o que mais é, novos céus e novas estrelas". Interessava nesse período as descobertas, muitas delas realizadas antes dos fundamentos e das definições da ciência moderna. É nesse contexto que ocorreu uma das expedições mais marcantes na Amazônia, a expedição de Alexandre Rodrigues Ferreira entre 1783 e 1792, que percorreu dezenas de milhares de quilômetros por uma região inóspita e pouco habitada e coletou "precioso e vasto material" que está depositado em várias instituições portuguesas, francesas e brasileiras (6). No volume II dessa obra há um capítulo especial: "Herbário de peixes do Brasil do século XVIII", com especial destaque para "Herbários e técnica de preparação" onde se encontra a seguinte instrução:

> Para peixes, a técnica de "herbário" foi inventada no século XVIII por Iohannes Friederich Gronow (1690-1760), ou Gronovius, naturalista holandês cuja família, originária de Hamburg, se fixara em Leyden. Teve ampla divulgação através das *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1742) e da sua tradução em francês (1760). O peixe eviscerado e após a eliminação da musculatura e da pele do lado oculto, era às vezes desinfectado (por exemplo com sabão arsenical), preso por alfinetes ao suporte, geralmente de cartão, e seco: ao sol ou, no inverso, junto do fogo".

Esta técnica foi utilizada por muito tempo pelos naturalistas que visitaram e coletaram peixes nos muitos rios da Amazônia. Hoje, na Amazônia, continua-se a coletar e depositar o material coletado em coleções científicas que, felizmente, estão adequadamente organizadas, podem receber o material coletado e disponibilizar informações para os estudiosos das áreas de taxonomia e sistemática. Algumas dessas coleções estão em destacadas instituições amazônicas como o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil (Inpa), o Museu Paraense Emílio Goeldi, Brasil (MPEG), o Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Colômbia (Sinchi), entre outras.

Cerca de duzentos anos antes, uma expedição igualmente relevante foi a de Francisco de Orellana e dos irmãos Pizzaro que não tinham como objetivo a coleta de material biológico; buscavam uma especiaria específica: a canela. Depois de significativo sofrimento e redução da tropa, encontraram algumas árvores de *Aniba canelilla* que não sabiam não ser o verdadeiro cinamomo, *Melia azedarach*, nativa do oriente, de onde se extrai o aldeído cinâmico. Foi muito mais tarde que químicos brasileiros descobriram que a casca da *Aniba* continha o composto 2-nitrofeniletano que dá a esta planta o típico cheiro de canela que, de certa forma, permitiu àqueles expedicionários a consecução de parte de seus objetivos. Assim, pode-se dizer que essa expedição marca a busca de produtos naturais, como esse, escondidos na vasta diversidade biológica existente na região.

Muitas e muitas publicações retratam a diversidade biológica abrigada na Amazônia. São milhares de espécies de plantas, peixes, aves, anfíbios e répteis. São também milhares de espécies de fungos e bactérias. São milhões de espécies de invertebrados. Muitos mais estão nos diversos rincões da Amazônia, desconhecidos da ciência. Se do alto a região parece homogênea, a visão se torna completamente diferente quando se caminha por entre os cipós, no seio da floresta. Não só a diversidade ambiental emerge; junto com ela a diversidade biológica, sem espaços homogêneos. Essa é a diversidade que podemos ver, com ou sem auxílio de instrumentos, que ampliam a capacidade de nossa vista. No entanto, uma diversidade muito maior começa a emergir a partir das análises que estamos fazendo sobre o material genético das poucas espécies até aqui coletadas para essa finalidade. É um mundo novo, um mundo que se mede pela

própria imensurabilidade que tem como base as informações que vêm sendo produzidas.

Esse conjunto de informações, inscrito nos genomas das diferentes espécies, permite que os organismos se adaptem aos diferentes desafios impostos pelos ambientes amazônicos que, em muitos casos, resultam em novos arranjos fisiográficos. É o caso dos extensos bosques de bambu do gênero *Guadua*, magistralmente descrito por Evandro José Linhares Ferreira nesta edição da revista *Ciência e Cultura*. No Acre e Amazonas esses bosques são conhecidos como "tabocais" e no Peru como "pacales". De acordo com o texto de Ferreira, 59%, mais da metade da cobertura vegetal do Acre, são florestas primárias nas quais predomina o bambu. Esta característica exige processos diferenciados de manejo florestal a fim de utilizar essa importante espécie florestal. O manejo florestal nesse caso precisa ser acompanhado também de novas tecnologias para uso desse recurso.

Por outro lado, essa imensa diversidade biológica, que lidou durante todo o processo evolutivo com desafios inerentes às variações ambientais naturais, começa a ter que lidar com desafios de origem antrópica que se acentuam nos tempos atuais. Alguns desses desafios têm origem local e com efeitos também locais. É o caso da mineração, da abertura de novas estradas, da construção de hidrelétricas, da expansão desordenada de cidades, entre outros. No que se refere à mineração, a do petróleo é uma das mais perigosas, principalmente para os peixes. Neste caso, muitas espécies de peixes foram obrigadas a desenvolver, durante o processo evolutivo, estratégias para obter o oxigênio necessário à vida a partir da interface ar-água ou diretamente do ar. Além disso, muitas espécies de peixes da Amazônia se alimentam de material depositado na superfície da coluna d'água. Portanto, a deposição de petróleo na superfície da coluna d'água como sói acontecer nos cada vez mais frequentes acidentes na região, as adaptações moldadas durante o processo evolutivo para explorar a interface água-ar acabam representando uma importante desvantagem.

A região é também vulnerável a desafios que têm origem em outros lugares do planeta, principalmente nos países desenvolvidos. Neste caso, as mudanças climáticas causadas majoritariamente pelo aumento dos níveis atmosféricos de dióxido de carbono (CO_2), entre outros gases causadores de efeito estufa, que resultam em aquecimento generalizado do planeta, resultam em desafios adicionais aos organismos da Amazônia. A savanização de parte da região, por exemplo, aparece de forma significativa nos cenários ambientais futuros publicados até aqui. Em adição a este efeito e como consequência dele, há desafios regionais que se apresentam de forma ampliada e que forçam plantas e animais a se ajustarem (ou não) a essas novas condições.

O artigo apresentado neste Núcleo Temático por Maria Teresa Fernandez Piedade e colaboradores, intitulado "Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição" trata desse assunto com colocações relevantes para o contexto em curso no bioma amazônico, procurando entender as respostas de plantas e animais a esses novos desafios. Essas informações são especialmente relevantes para subsidiar ações de mitigação e conservação ambiental, bem como contribuir com a definição de políticas públicas. As adaptações refletem a plasticidade dos organismos e podem ocorrer em todos os níveis da organização biológica. Embora vantajosa para distúrbios ambientais brandos e pontuais num ambiente estável, as adaptações que resultam em especializações podem não ser vantajosas quando os organismos são expostos a desafios agudos produzidos por humanos.

Um conjunto recente de mudanças ambientais que vem ocorrendo de forma rápida envolve o aquecimento global e cenários ambientais conexos. Ainda que muitos organismos aquáticos da Amazônia tenham evoluído em períodos geológicos que continham concentrações de CO_2 muito maiores do que as atuais e também mais quentes, a possível vulnerabilidade deles é desconhecida. O artigo de Piedade e colaboradores traz uma importante reflexão sobre esses aspectos. No Inpa, por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Centro de Estudos das Adaptações da Biota Aquática da Amazônia (INCT--Adapta), com financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), há um conjunto de salas climatizadas que reproduzem os cenários climáticos para o ano 2100 de acordo com a previsão do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Nestes ambientes está sendo estudado como diferentes espécies da Amazônia responderão às mudanças climáticas, incluindo espécies de peixes de importância comercial, como o tambaqui, plantas que ocorrem nas várzeas e mosquitos responsáveis pela transmissão de importantes doenças amazônicas.

Igualmente importante e necessário é conhecer como se comporta a região como um todo no que se refere ao clima mundial, bem como quão vulnerável se torna em face das intervenções locais como o uso da terra, expansão das cidades, construção de estradas e hidrelétricas.

CLIMA E FUNCIONAMENTO DA FLORESTA Há um vasto conjunto de publicações sobre a extensão da floresta, sua capacidade de estocar carbono, retirado da atmosfera por meio da fotossíntese, sua capacidade de recompor-se a cada ciclo de cheia e vazante, sua dinâmica fisiográfica e sua importância na ciclagem de nutrientes e água. Nesta edição da *Ciência e Cultura* o artigo apresentado por Paulo Artaxo e colaboradores, intitulado "Perspectivas de pesquisas na relação entre o clima e o funcionamento da floresta amazônica", ao rever os avanços proporcionados pelos grandes projetos científicos para o estudo das questões climáticas na Amazônia, ilustra de forma singular a inter-relação entre a floresta e o clima que foi inicialmente demonstrada no âmbito do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

A riqueza de informações e os diversos matizes que interferem e determinam novas resultantes climáticas na Amazônia formam um mundo a parte, tão diverso que pode ser incluído entre as já mencionadas diversidades amazônicas. É possível analisar vários aspectos da relação clima *versus* funcionamento da floresta amazônica, aspectos esses que envolvem variáveis relevantes de acordo com a sub-região, o que sugere que esses estudos se estendam por todo o bioma amazônico, desde o sopé andino até as praias atlânticas da foz do Amazonas. No entanto, há alguns pontos que precisam de atenção especial, particularmente considerando o contexto cada vez

mais globalizado a que todos estamos submetidos. Dois recortes devem ser mencionados aqui: serviços ambientais e segurança social.

Entender claramente os processos de formação de nuvens na região, que envolvem, entre outros, os VOCs (compostos orgânicos voláteis) emitidos a partir da floresta, permite estimar como a região contribui com o sucesso da agricultura, por exemplo, em espaços extra-amazônicos. Contribuem, também, com o suprimento de água para regiões com grande densidade populacional, como São Paulo. Os estudos sobre os "rios voadores", termo popularizado por José Marengo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), têm definitivamente demonstrado a importância desse serviço proporcionado pela floresta. Os estudos de pesquisadores do Inpa evidenciaram que uma árvore com copa de cerca de 10 metros, pequena para os padrões amazônicos, é capaz de bombear mais de 300 litros de água na forma de vapor em um único dia. Está claro que o corte raso da floresta hoje compromete imediatamente a disponibilidade de água em outras regiões.

O segundo ponto relevante em face dos novos cenários climáticos mundiais refere-se à segurança social. O homem da Amazônia, em particular o homem que vive no interior às margens dos rios e em comunidades isoladas, depende da estabilidade ambiental para sua sobrevivência. Extremos climáticos como os que vêm acontecendo de forma frequente passam a interferir de forma marcante com a qualidade de vida do homem da região (7). Entender como funciona o sistema é, pois, de grande relevância para o desenho de intervenções mitigatórias e de adaptação a esses novos cenários.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NUMA AMAZÔNIA EM TRANSIÇÃO Como proporcionar à Amazônia estratégias seguras para seu desenvolvimento com a manutenção da floresta em pé? Muitas e muitas vezes nos deparamos com essa pergunta e, recorrendo ao senso comum, verificamos que o quê o mundo moderno chama de desenvolvimento levou os países desenvolvidos a consumirem seu patrimônio natural. É esse o caminho a ser trilhado pela Amazônia? Ainda que disponibilidade de energia elétrica, transporte, saúde, entre outras facilidades da vida moderna, sejam requeridas pela população regional, há um sentimento profundo e de certa forma ancestral de que é necessário conciliar essas facilidades com a manutenção da floresta em pé. As intervenções até agora efetuadas na Amazônia indicam claramente que não é possível importar estratégias desenvolvidas para outros rincões do planeta. Na grande maioria das vezes em que isso foi feito, ocorreu insucesso.

Recentemente, Marcovitch fez uma extensiva análise sobre a gestão da Amazônia, talvez uma das questões mais sensíveis para a região, pois envolve aspectos muito sensíveis, entre eles as singularidades da cultura regional (8). Marcovitch relembra em suas palavras iniciais a colocação feita por Lester R. Brown quando comparou a floresta amazônica a uma enorme biblioteca de biologia, sendo o setor relativo à variabilidade genômica imensurável. Por consequência, compara as queimadas da floresta ao extraordinário incêndio que consumiu a biblioteca de Alexandria, que continha um acervo de incomparáveis proporções, e representou uma das maiores "catástrofes culturais registradas na história".

É neste contexto de desafios para o desenvolvimento sustentável, com manutenção da floresta em pé, que a Organização das Nações Unidas (ONU) criou a Rede de Soluções para o Desenvolvimento Sustentável (SDSN, sigla em inglês), coordenada por Jeffrey Sachs, assessor especial do secretário geral da ONU, e composta por especialistas da academia, sociedade civil e empresários. A SDSN-Amazônia é coordenada por Virgílio Viana. Viana e colaboradores prepararam um artigo elucidativo sobre a SDSN-Amazônia, intitulado "Soluções para o desenvolvimento sustentável da Amazônia", valendo-se também das ações realizadas na Amazônia pela Fundação Amazonas Sustentável (FAS), como unidades demonstrativas. No âmbito dessa iniciativa haverá um grupo, com participação da Academia Brasileira de Ciências, formado por pesquisadores dos vários países amazônicos, buscando ações integradas a partir de soluções técnica e cientificamente viáveis.

Os cinco artigos a seguir apresentados dão uma mostra da diversidade de matizes que envolve o desenvolvimento sustentável da Amazônia, a necessidade de soluções robustas para a inclusão social e geração de renda. Mostram claramente que a interdisciplinaridade é vital para o desenvolvimento e que a manutenção da floresta em pé depende de ações integradas por todos os países amazônicos. Boa leitura.

***Adalberto Val** é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e co-presidente do SDSN-Amazônia.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Val, A. L., et al. "Amazônia: recursos hídricos e sustentabilidade". *Águas do Brasil. Análises estratégicas*. C. E. d. M. Bicudo, J. G. Tundisi and M. C. B. Scheuenstuhl. São Paulo, ABC & Instituto de Botânica: 95-109. 2010.
2. Daniel, J. *Tesouro descoberto no máximo rio Amazonas*. Rio de Janeiro, RJ, Contraponto Editora Ltda. 2004.
3. Ribeiro, D.. *América Latina: Chegou a hora de nossa identidade*. São Paulo, Memorial da América Latina. 2008.
4. Oliveira, A. M., et al.. "Caracterização da atividade de piscicultura nas mesorregiões do estado do Amazonas, Amazônia brasileira". *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 4(1): 154-162. 2012.
5. *Inbreeding* é termo em inglês usado na ecologia para se referir ao cruzamento de indivíduos da mesma espécie com alto grau de parentesco.
6. Ferrão, C. and J. P. M. Soares (Orgs.). *Viagem ao Brasil de Alexandre Rodrigues Ferreira*. Rio de Janeiro, Kapa Editorial. Academia Brasileira de Ciências. 2003.
7. Val, A. L., et al. Amazônia: Recursos hídricos e sustentabilidade. *Águas do Brasil. Análises Estratégicas*. C. E. d. M. Bicudo, J. G. Tundisi and M. C. B. Scheuenstuhl. São Paulo, ABC & Instituto de Botânica: 95-109. 2010.
8. Marcovitch, J.. *A gestão da Amazônia: ações empresariais, política públicas, estudos e propostas*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. 2011.

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA

Virgilio Viana
Emma Torres
Adalberto Val
Victor Salviati

Um dos principais desafios para a promoção do desenvolvimento sustentável é encontrar soluções práticas e economicamente viáveis. Isso se aplica tanto na escala global quanto regional. Na Amazônia este desafio é ainda mais sério. De um lado, existe um problema estrutural: o pequeno apoio dado às instituições de ciência, tecnologia e inovação da região. De outro, destaca-se a complexidade de uma região que abriga uma enorme diversidade social, econômica, étnica, cultural, biológica e física.

Este artigo descreve uma recém lançada iniciativa, denominada "Rede de Soluções para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia" que faz parte da Rede de Soluções de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (na sigla em inglês, SDSN) (1). A SDSN foi lançada em 2012 para melhorar o conhecimento científico e tecnológico global para os desafios do desenvolvimento sustentável, incluindo a concepção e implementação da agenda global de desenvolvimento sustentável pós-2015. O conselho de liderança da rede SDSN apresentou o relatório ao secretário-geral da ONU, em junho de 2013, intitulado "Uma agenda de ação para o desenvolvimento sustentável" (2).

A Rede de Soluções para o Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (SDSN-Amazônia) foi lançada em março de 2014, em Manaus. Desenvolver novas soluções e compartilhar soluções já existentes entre diferentes segmentos das sociedades amazônicas é algo que precisa ser estimulado. Esta é a missão da SDSN-Amazônia, da qual fazem parte instituições de pesquisa, empresas, organizações não governamentais e instituições governamentais dos oito países que compõem a Amazônia continental.

PREMISSAS E OBJETIVOS DA SDSN-AMAZÔNIA A concepção da SDSN-Amazônia parte de cinco premissas.

(i) Existem soluções já testadas e que ainda são pouco conhecidas na região. Portanto, dar mais visibilidade e disseminar estas soluções pode acelerar a construção de processos voltados para o desenvolvimento sustentável da região.

(ii) Existem recursos humanos altamente capacitados nas instituições da Amazônia. Portanto, apoiar estas instituições e suas parceiras no desenvolvimento de novas soluções é essencial para resolver os inúmeros gargalos que limitam o desenvolvimento sustentável da região.

(iii) Existe um rico saber etnoecológico junto às populações indígenas e povos tradicionais. Portanto, valorizar este saber, reduzir o processo de erosão cultural e criar pontes com o conhecimento científico e tecnológico é de importância estratégica.

(iv) A região abriga um setor privado empreendedor dinâmico, com forte capacidade de inovação tecnológica. Portanto, é necessário ampliar a capacidade de oferta de soluções desenvolvidas pelo setor empresarial, urbano e rural.

(v) É necessário incorporar as soluções existentes no processo de melhoria da eficiência das políticas públicas. Muitos erros de concepção e implementação de políticas públicas poderiam ser evitados com base no melhor aproveitamento das soluções já existentes.

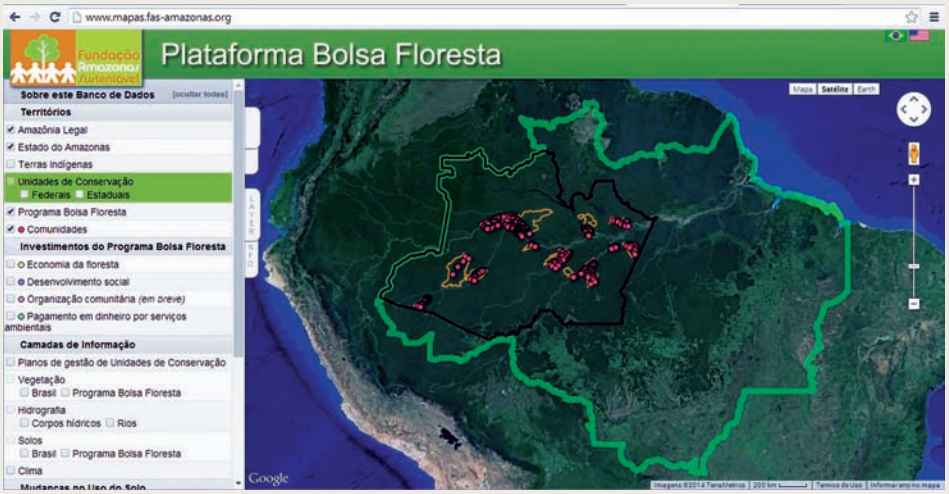
A proposta da SDSN-Amazônia é quebrar a velha prática de importar e aplicar soluções de fora da Amazônia, sem as devidas adaptações, para planejar o seu desenvolvimento. Historicamente isso tem resultado em fracassos ambientais, sociais e econômicos (3). A proposta do SDSN-Amazônia é fazer o oposto: mapear e disseminar soluções desenvolvidas pelas populações amazônicas e suas instituições de pesquisa, organizações não governamentais, empresas e instituições governamentais. Esse desafio pode e deve contar com a colaboração de instituições públicas e privadas de outras regiões do planeta: não se trata de apoiar uma visão bairrista e provinciana ultrapassada. Porém, existe uma clara visão de que as instituições da Amazônia podem e devem desempenhar o papel de protagonistas desse processo.

O objetivo da SDSN-Amazônia é mobilizar centros de conhecimento da região para buscar soluções práticas e viáveis para os problemas do desenvolvimento sustentável da região amazônica. A participação nesta rede está aberta a universidades, centros de pesquisa, organizações da sociedade civil, instituições governamentais e a empresas dispostas a participar ativamente na concepção, pesquisa, desenvolvimento e implementação de soluções para o desenvolvimento sustentável na Amazônia.

CONTEXTO A bacia Amazônica comporta a maior floresta tropical do mundo (4). Sua área abrange cerca de 40% do continente sul-americano. A floresta amazônica abriga quase metade da biodiversidade do mundo (5-7). Milhões de espécies, a maioria delas ainda não conhecidas pela ciência, habitam esta região (8). A bacia amazônica é também essencial para os ecossistemas por contribuir para a estabilidade do clima e produção de chuva nos níveis local, regional e global. Como exemplo, o rio Amazonas fornece cerca de 15% de toda a água doce que entra nos oceanos em todo o mundo (9-11).

A bacia amazônica abrange oito países: Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Mais de 30 milhões de pessoas, incluindo 350 grupos étnicos – dos quais, apenas no Brasil, cerca de 32 grupos ainda não foram contatados (12) – vivem na Amazônia e dependem dos recursos naturais para a produção de alimentos, vestuário e medicamentos tradicionais. A região é muito diversificada: indo de áreas agrícolas com alto grau de produtividade a áreas de extrema pobreza. A maioria da população vive em áreas urbanas da Amazônia (13; 14). A proporção da população urbana aumentou de 42%, em 1970, para 71% da população total, em 2007 (15). Na Amazônia brasileira, de 1991 a 2010, a população urbana cresceu 29% (16).

A bacia amazônica está passando por grandes mudanças. As mudanças climáticas levam os ecossistemas florestais perto de seus respectivos pontos de inflexão (*tipping point*) (17-20). As principais causas do desmatamento incluem grandes projetos de infraestrutura (21), produção de carne bovina (22) e expansão agrícola de larga escala (23), a extração não sustentável dos recursos naturais (incluindo a mineração) (24), a exploração de petróleo e a extração ilegal de madeira (5). Há uma crescente consciência política e de compromisso dos governos e da sociedade civil da Amazônia para encontrar caminhos para o desenvolvimento sustentável da região (25). As principais realizações incluem a redução significativa na taxa de desmatamento, especialmente no Brasil que diminuiu 84% durante o período 2004-2012 (26). O estabelecimento de um vasto sistema de áreas protegidas, reservas indígenas, reservas extrativistas e outros tipos criaram um instrumento importante para reduzir a pressão sobre os recursos naturais (23; 25; 27; 28). Quase metade da região está classificada como área protegida natural ou territórios indígenas (29; 30).



Disponível em http://mapas.fas-amazonas.org/

Vale notar que existe um histórico isolamento entre a Amazônia espanhola e portuguesa. Isso perdura desde o período colonial até os dias atuais. Existe também um isolamento geográfico entre os diversos contextos na Amazônia de cada país. Há pouco intercâmbio entre essas regiões amazônicas. A falta de estradas e voos comerciais regulares, somadas à relativa baixa relação comercial e cultural são fatores importantes nesse isolamento. Novos eixos de integração, como a rodovia inter-oceânica Brasil-Peru, começam a mudar esse quadro. Por outro lado, o aumento da integração traz outros desafios, como a criação e a potencialização de vetores de pressão sobre os recursos naturais como as atividades ilegais de desmatamento e garimpo (5; 24).

A Amazônia é uma região de grande importância para o equilíbrio global, especialmente na atual era que vivemos – o Antropoceno. Neste contexto, marcado pelas mudanças climáticas e pela aproximação dos limites planetários (31), é cada vez mais importante o papel das florestas e demais ecossistemas da Amazônia para o apoio à resiliência global.

ATIVIDADES A rede SDSN-Amazônia irá desenvolver os seguintes tipos de atividades:

I) Identificar e promover iniciativas de soluções para o desenvolvimento sustentável na região amazônica.

A rede irá identificar e promover iniciativas concretas de soluções que envolvem novas tecnologias, modelos de negócio, mecanismos institucionais inovadores e políticas públicas promissoras. Essas iniciativas deverão ter um impacto transformador sobre o desenvolvimento sustentável na região.

II) Construir uma plataforma digital e online para compartilhar conhecimento da e para a Amazônia.

O objetivo é ter uma plataforma de acesso aberto, utilizando uma ferramenta de georeferenciamento que permita a troca de informações sobre as soluções sustentáveis. A seleção dessas soluções será feita de acordo com um conjunto de critérios dentro das diretrizes da SDSN. Esta iniciativa criará uma plataforma online de livre acesso para informações relativas ao desenvolvimento sustentável na Amazônia e demais regiões.

Muitas soluções para o desenvolvimento sustentável estão sendo concebidas e implementados com sucesso na Amazônia. No entanto, atualmente, há poucas ou nenhuma plataforma para aglutinar e disponibilizar de maneira organizada essas soluções. A plataforma aqui proposta terá um efeito multiplicador na difusão de soluções para a Amazônia e o mundo. Esta atividade tem como base a experiência desenvolvida pela Fundação Amazonas Sustentável, em colaboração com o Google Outreach e a Ritual Cultura, Meio Ambiente e Entretenimento, para exibir as mais diversas informações de atividades de desenvolvimento sustentável implementadas em comunidades ribeirinhas no estado do Amazonas.

A plataforma irá reunir as melhores informações e conhecimentos gerados por instituições científicas, de pesquisa acadêmica, governos nacionais e locais, empresas e instituições do terceiro setor nos níveis local, nacional e regional. A rede SDSN-Amazônia irá identificar essas soluções por meio de convites públicos e prêmios. O processo de seleção será baseado em metodologia clara e transparente, desenvolvida em parceria com instituições e membros da rede. Quando pronto, esse processo será amplamente divulgado pela SDSN-Amazônia e seus parceiros. Adicionalmente, a rede também participará de reuniões e eventos relacionados aos temas tratados. Isso inclui eventos como reuniões da Associação Internacional de Universidades, do Fórum Mundial da Ciência, e de Conferências do Clima, entre outros.

III) Apoiar, tecnicamente com base em evidências, os tomadores de decisões na implementação de políticas públicas e soluções em prol do desenvolvimento sustentável.

A rede SDSN-Amazônia pretende engajar tomadores de decisões com o objetivo de abordar as questões técnicas e prioridades identifi-

cadas por seus parceiros e apoiar a proposição de arranjos, atividades e soluções no nível político. Isto caberá tanto para multiplicar ações já existentes (para potencializar impactos positivos e gerar escala) quanto para elaborar inovações. Adicionalmente, a SDSN-Amazônica visa ser uma ponte entre os governos e a sociedade civil e o setor privado – dinamizando o fluxo de informações – para identificar e desenvolver estratégias para apoiar a implementação de políticas em cooperação para o desenvolvimento sustentável na região.

Por fim, a rede também visa promover a cooperação Sul-Sul. Através da troca de experiências e lições aprendidas da Amazônia, há a oportunidade promissora de interação com outras regiões de florestas tropicais, como a bacia do Congo.

GOVERNANÇA A rede SDSN-Amazônia faz parte da iniciativa internacional SDSN liderada pelo professor Jeffrey Sachs. A Fundação Amazonas Sustentável (FAS) atuará como secretaria executiva do SDSN-Amazônia.

Uma vez que outras instituições-membro se engajem, estas assumirão tarefas específicas de coordenação na rede. A governança dessa rede deve ser representativa e flexível. No primeiro momento há um esforço da rede em mobilizar instituições de todos os países da bacia amazônica e garantir a sua plena participação.

A rede SDSN-Amazônia será liderada por três co-presidentes e por quatro comitês: científico, político-estratégico, empresarial e da sociedade civil organizada.

O comitê científico será composto por pesquisadores de renome da região, das mais diversas instituições. Os termos de referência desse comitê ainda serão definidos pela rede e deverão: fornecer subsídios técnicos e científicos, identificando os desafios e as intervenções prioritárias para a região Amazônica; identificar, avaliar e apoiar o desenvolvimento de soluções para o desenvolvimento sustentável na Amazônia de maneira multidisciplinar; mobilizar e convocar populações tradicionais, indígenas, entre outras, para interagir nos processos da rede, e partilhar ações e conhecimentos.

O comitê político-estratégico será composto por tomadores de decisões e gestores de agências internacionais. Os termos de referência desse comitê ainda serão definidos pela rede e deverão: apoiar a definição e a execução de estratégias e ações prioritárias da rede; identificar, avaliar e apoiar o desenvolvimento de soluções para o desenvolvimento sustentável na Amazônia de maneira multidisciplinar; mobilizar e convocar populações tradicionais, indígenas, entre outras, para interagir nos processos da rede, e partilhar ações e conhecimentos.

O comitê empresarial será composto por gestores de grandes empresas com atuação na região amazônica. Os termos de referência desse comitê ainda serão definidos pela rede e deverão: apoiar a execução de estratégias e ações prioritárias da rede; identificar, avaliar e apoiar o desenvolvimento de soluções para o desenvolvimento sustentável na Amazônia de maneira multidisciplinar; mobilizar e convocar populações tradicionais, indígenas, entre outras, para interagir nos processos da rede, e partilhar ações e conhecimentos.

Já o comitê do terceiro setor será composto por gestores e representantes das organizações da sociedade civil. Os termos de referência desse comitê ainda serão definidos pela rede e deverão: apoiar a definição de estratégia e ações prioritárias da rede; identificar, avaliar e apoiar o desenvolvimento de soluções para o desenvolvimento sustentável na Amazônia de maneira multidisciplinar; mobilizar e convocar movimentos sociais, populações tradicionais, indígenas, entre outras, para interagir nos processos da rede, e partilhar ações e conhecimentos.

...PROMISSORA INTERAÇÃO COM OUTRAS REGIÕES DE FLORESTAS TROPICAIS, COMO A BACIA DO CONGO

RESULTADOS DO EVENTO DE LANÇAMENTO DO SDSN-AMAZÔNIA

O lançamento da rede SDSN-Amazônia aconteceu em Manaus, Brasil, em 18 de março de 2014, e contou com representantes dos países da bacia amazônica dos mais diversos setores (32). Os encaminhamentos e os próximos passos definidos no evento são:

- Materializar o programa de trabalho da rede SDSN-Amazônia com sua estratégia, seus objetivos (geral e específicos), cronograma e orçamento;
- Consolidar a rede pela formalização de membros, dos comitês, da secretaria executiva e a governança da rede;
- Identificar e promover soluções sustentáveis pela elaboração de seus critérios, criação dos "prêmios para soluções sustentáveis", e lançar a plataforma online para sua respectiva divulgação;
- Desenvolver cursos de curta e longa duração em desenvolvimento sustentável para universidades e centros de pesquisa da Amazônia;
- Criar grupos de pesquisadores qualificados para oferecer cursos periódicos e colaborarem na execução de projetos de pesquisa em sustentabilidade na Amazônia;
- Promover a troca de experiências e informações por meio de seminários, debates qualificados e eventos técnicos.

CONCLUSÕES Existem diversas soluções setoriais para a promoção do desenvolvimento sustentável, mas algumas destas não são suficientemente conhecidas, divulgadas e desenvolvidas. Este é um problema global, não apenas da Amazônia. Há, por meio da rede SDSN-Amazônia, a oportunidade de utilizar a tecnologia da informação para conectar os desenvolvedores de soluções com aqueles que demandam este conhecimento.

Existem soluções para o manejo sustentável do pirarucu, a criação de tambaqui em cativeiro, a melhoria da educação, o atendimento à primeira infância, a geração de energia renovável e de qualidade para comunidades isoladas, a agricultura com sistemas agroflorestais, boas práticas para a produção mineral etc. Fazer com que essas soluções sejam conhecidas, e que haja a interação entre atores, são alguns dos grandes desafios para promover um estilo de desenvolvimento capaz de melhorar a qualidade de vida das pessoas e ao mesmo tempo promover a conservação da floresta da Amazônia.

É necessário mobilizar todos os segmentos das sociedades amazônicas para acelerar a disseminação de soluções existentes e o desenvolvimento de outras novas. E, ainda, é necessário ampliar as pontes e fomentar a cooperação entre diferentes segmentos das sociedades para a construção de caminhos legítimos para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.

A SDSN-Amazônia pretende valorizar o conhecimento das populações e instituições amazônicas. Esta valorização vem por meio do incentivo aos mais diversos tipos de parcerias e arranjos institucionais para promover e potencializar soluções para o desenvolvimento sustentável. Esta rica rede de conhecimentos e instituições terá impactos positivos não só na Amazônia mas também em outras regiões do mundo – atestando a importância global de se pregar o desenvolvimento sustentável na e para a Amazônia.

***Virgilio Viana** é superintendente geral da Fundação Amazonas Sustentável.*

***Emma Torres** é assessora especial para biodiversidade e serviços ecossistêmicos do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud) e co-presidente do SDSN-Amazônia.*

***Adalberto Val** é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e co-presidente do SDSN-Amazônia.*

***Victor Salviati** é coordenador de projetos especiais da Fundação Amazonas Sustentável e secretário executivo interino da SDSN-Amazônia.*

NOTAS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. http://unsdsn.org/.
2. SDSN. "Uma agenda de ação para o desenvolvimento sustentável" In: *Sustainable Development Solutions Network*, 2013. Disponível em http://goo.gl/uBiq7g.
3. Viana, V. "A Amazônia e o interesse nacional" In: *Revista Política Externa*, volume, (19), 2011.
4. FAO. "Global forest resources assessment". 2010. Disponível em http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf
5. Malhi, Y.; Roberts, J. T.; Betts, R. A.; Killeen, T. J.; Li, W.; Nobre, C. A. "Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon". In: *Science*, 319(5860), p 169-172, 2008.
6. Betts, R. A.; Malhi, Y.; Roberts, J. T. "The future of the Amazon: new perspectives from climate, ecosystem and social sciences". In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1498), p 1729-1735, 2008. Disponível em http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/363/1498/1729.short
7. Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; da Fonseca, G. A.; Kent, J. "Biodiversity hotspots for conservation priorities". In: *Nature*, 403(6772), p 853-858, 2000. Disponível em http://www.nature.com/nature/journal/v403/n6772/full/403853a0.html
8. Hopkins, M. J. "Modelling the known and unknown plant biodiversity of the Amazon Basin" In: *Journal of Biogeography*, 34(8), 1400-1411, 2007. Disponível em http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2699.2007.01737.x/abstract
9. Wohl, E. E. "Hydrology and discharge". In: *Large rivers: geomorphology and management*. Wiley, p 29-44, 2007.
10. Dai, A.; Trenberth, K. E. "Estimates of freshwater discharge from continents: latitudinal and seasonal variations". In: *Journal of Hydrometerology*. American Meteorological Society, p 660-687. 2002.
11. Dai, A.; Trenberth, K. E. "New estimates of continental discharge and oceanic freshwater transport". In: AMS Symposium on Observing and Understanding the Variability of Water in Weather and Climate. 2003.
12. De acordo com a Fundação Nacional do Índio (Funai) em http://www.funai.gov.br/indios/fr_conteudo.htm.
13. IBGE. "Sinopse do Censo Demográfico – 2010". In: *Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística*. 2010. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf
14. Barthem, R. B.; Charvet-Almeida, P.; Montag, L. F. A.; Lanna, A. E. "Global International waters assessment Amazon basin, GIWA regional assessment 40 b". In: *GIWA Regional assessment reports: United Nations Environment Programme*, p 01-76, 2004.
15. Castelani, S. A.; Igliori, D. "Urbanization and growth in the Brazilian Amazon". In: *Núcleo de Economia Socioambiental/USP: working paper*, p1-26, 2012.
16. IBGE, 2011.
17. Leadley, P.; Pereira, H. M.; Alkemade, R.; Fernandez-Manjarrés, J. F.; Proença, V.; Scharlemann, J. P. W.; Walpole, M. J. "Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity and associated ecosystem services". In: *Secretariat of the Convention on Biological: Technical Series no. 50*, p 1-132, 2010. Disponível em http://www.miljodirektoratet.no/old/dirnat/multimedia/45974/CBD-TS50-GBO3-S-cenarios-Digital.pdf.
18. World Bank. "Climate change and clean energy initiative". In: *Assessment of the Risk of Amazon Dieback,* 2010. Disponível em http://www.bicusa.org/en/Document.101982.aspx
19. Nobre, C. A., and L. D. Borma. "'Tipping points' for the Amazon forest". *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1:28–36. 2009.
20. Nepstad, D. C.; Stickler, C. M.; Soares-Filho, B.; Merry, F. "Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point". In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1498), 1737-1746, 2008.
21. Perz, S. G.; Qiu, Y.; Xia, Y.; Southworth, J.; Sun, J.; Marsik, M.; Baraloto, C. "Trans-boundary infrastructure and land cover change: Highway paving and community-level deforestation in a tri-national frontier in the Amazon". In: *Land Use Policy*, 34, 27-41. 2013. Disponível em http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771300029X
22. Mann, M. L.; Kaufmann, R. K.; Bauer, D. M.; Gopal, S.; Nomack, M.; Womack, J. Y.; Soares-Filho, B. S. "Pasture conversion and competitive cattle rents in the Amazon". In: *Ecological Economics*, 97, p 182-190. 2014. Disponível em http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800913003558
23. Amin, A.; Choumert, J.; Combes Motel, P.; Combes, J.L.; Kere, E.N.; Ongono-Olinga, J.G.; Schwartz, S. "A spatial econometric approach to spillover effects between protected areas and deforestation in the Brazilian Amazon". In: *Etudes et Documents*, 6, p 2-27. 2014. Disponível em http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/96/04/76/PDF/2014.06.pdf
24. Asner, G. P.; Llactayo, W.; Tupayachi, R.; Luna, E. R. "Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18454-18459, 2013. Disponível em http://www.pnas.org/content/110/46/18454.full.pdf+html

25. Nolte, C.; Agrawal, A.; Silvius, K. M.; Soares-Filho, B. S. "Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 4956-4961. 2013. Disponível em http://www.pnas.org/content/110/13/4956.short
26. Inpe. Taxas anuais de desmatamento – 1998 até 2013. 2014. Disponível em http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2013.htm. Acessado em 8 de junho de 2014.
27. Ferreira, L. V.; Venticinque, E.; Almeida, S. "O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas". In: *Estudos Avançados*, 19(53), 157-166, 2005. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142005000100010&script=sci_arttext&tlng=pt.
28. Naughton-Treves, L.; Holland, M. B.; Brandon, K. "The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods". In: *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 30, 219-252, 2005. Disponível em http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.30.050504.164507
29. Soares-Filho, B.; Moutinho, P.; Nepstad, D.; Anderson, A.; Rodrigues, H.; Garcia, R.; Maretti, C. "Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation". In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(24), 10821-1082, 2010. Disponível em http://www.pnas.org/content/107/24/10821.full.pdf+html
30. Chape S.; Spalding M.; Jenkins M. D. "The World's Protected Areas". In: *UNEP World Conservation Monitoring Centre: University of California Press*, 2008. Disponível em https://ia600503.us.archive.org/7/items/worldsprotecteda08chap/worldsprotecteda08chap.pdf
31. Rockström *et al*. "A safe operating space for humanity". In: *Nature*, 461, 472-475, 2009. Disponível em http://www.nature.com/nature/journal/v461/n7263/full/461472a.html
32. Veja informações no site: http://sdsn-amazonia.org/

COOPERAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO NOS PAÍSES AMAZÔNICOS

Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca

O Fórum Mundial de Ciência ocorrido no Rio de Janeiro em novembro de 2013 discutiu a necessidade de mudanças nas relações internacionais, considerando que os sistemas econômico e de transporte quase tornaram extintas as distâncias horizontais que separavam os mercados planetários. Tal situação provocou mudanças profundas nas dinâmicas ambientais e no comportamento social, transformando problemas, outrora localizados geograficamente, em grandes enigmas globais. A complexidade dos problemas ambientais está a requerer soluções inovadoras que, por sua vez, exigem articulações multinacionais (pesquisas e tecnologias) e mudanças no domínio diplomático-científico.

A produção do conhecimento vem sendo considerada tarefa central para quase todos os países e, neste contexto, a transformação através de uma sociedade do conhecimento é o caminho para assegurar prestígio e competitividade (1). Pesquisa passa a ser encarada como parte da atividade econômica requerendo ações de agregação nos vários níveis espaciais.

No caso específico dos países amazônicos, estudos que avaliam pressupostos desta natureza são escassos e pouco é discutido sobre a dimensão regional da produção colaborativa de conhecimento, a despeito de se considerar a cooperação relevante às políticas de ciência e tecnologia dos países. Indicadores de produção de ciência no século XXI demonstram que colaboração científica é a característica predominante no mundo (2). Trabalhos em coautoria formam 50% de toda publicação científica atual (3).

O PROCEDIMENTO DO BRASIL A literatura que analisa a cooperação científica internacional, do ponto de vista político e estratégico, enxerga alguns impulsionadores para as publicações em coautoria entre países nos vários continentes (3): i) A emergência de alguns países (ex. Brics) com desenvolvimento de pesquisas e tecnologias reconhecidas como compatíveis com os padrões internacionais; ii) o crescimento do debate sobre as mudanças globais, sustentabilidade energética e segurança em saúde; iii) a globalização da pesquisa e desenvolvimento acelerada pela mobilidade dos pesquisadores, atualmente mais visível na pesquisa industrial; iv) o crescimento demográfico e o decréscimo de capital humano para ciência e engenharia, resultando na escassez de talentos, o que torna a colaboração uma via para atrair talentos de países parceiros; v) a ampliação dos debates sobre políticas e aspirações para prover mais massa crítica e perfil internacional de excelência em pesquisa e, nesta conjuntura, a parceria com o melhor desempenha papel decisivo.

No espaço pan-amazônico, os impulsionadores acima podem ter especial relevância para países com razoável desenvolvimento científico e tecnológico, e não para a região como um todo, considerando que há assimetrias acentuadas entre os países e mesmo no interior destes. Tal situação impõe a adoção de estratégias políticas para ciência e desenvolvimento particulares para cada país, o que pode ser um fator complicador na cooperação regional.

Olhando a América do Sul do ponto de vista econômico, os indicadores mostram que o Produto Interno Bruto (PIB) gerado no continente corresponde a US$ 4.797 bilhões; somente o Brasil é responsável por US$2.324 bilhões, correspondendo a 48,44% do PIB sul-americano. Aliado a isso, o Brasil aplica 1,07% do PIB em pesquisa e desenvolvimento (P&D), correspondendo a 63,5% do investimento latino-americano em P&D (5). Tais números estão refletidos na infraestrutura brasileira de pesquisa e na quantidade de pesquisadores (cerca de 300 mil) no sistema de ciência e tecnologia (C&T) nacional. Em virtude desses índices, o Brasil assume um papel crítico para o desenvolvimento dos sistemas de C&T nos países amazônicos. Em termos globais, os referidos países têm participação periférica no PIB mundial, sendo que corresponde ao Brasil 2,9% do total; o investimento em C&T corresponde a 1,8% do total mundial, embora o investimento relativo ao setor privado seja ainda insignificante. Países desenvolvidos tais como Estados Unidos e Japão contribuem respectivamente com 32,6 e 12,9% do investimento mundial em C&T (6). Nos relatórios aqui investigados não são contabilizados os índices para os investimentos amazônicos em C&T; no entanto, pode-se inferir o "fosso" existente entre a pan-Amazônia e o mundo desenvolvido, tomando-se como exemplo a dinâmica brasileira de investimentos realizados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) onde, para a região Norte, em 2013, foram liberados recursos da ordem de R$20 milhões em projetos de pesquisas, sendo que para a região Sudeste os mesmos investimentos somaram R$240 milhões. Tal desequilíbrio parece representar a situação dos investimentos em C&T à pan-Amazônia comparados com as regiões mais desenvolvidas do mundo. Essa condição gera internamente expectativas políticas que prontamente requerem maior equilíbrio.

NO ESPAÇO PAN-AMAZÔNICO, HÁ ASSIMETRIAS ACENTUADAS ENTRE OS PAÍSES E NO INTERIOR DESTES

OS GRUPOS DE PESQUISAS Análises sobre a produção de conhecimento demonstram a tendência global de publicações em coautoria (4; 5). Há aumento na colaboração científica e nas ligações entre ciência e tecnologia, encorajando a colaboração entre academia e empresas, o que torna importante a mobilidade de pesquisadores nos âmbitos nacional e internacional. Afortunadamente, a comunicação eletrônica tem se tornado excelente meio para formação de grupos de pesquisa multinacionais e, nesse espaço, a cooperação entre grupos em proximidade geográfica se intensifica (6), e mesmo a cooperação entre grupos não simpátricos ocorre mais livremente, porque a distância horizontal deixa de ser fator de isolamento.

Alguns arquétipos podem ser observados na promoção da cooperação científica, tais como: i) mudanças nos padrões de financiamento de pesquisas; ii) imperativo de infraestruturas complexas; iii) a necessidade de aumentar o fluxo de ideias e técnicas; iv) carência de visão multidimensional sobre problemas complexos; v) fatores analíticos, que determinam o impacto das publicações; vi) a correlação positiva entre número de coautorias e a probabilidade de publicação. Há ainda o caso do decréscimo de pesquisadores em algumas regiões do mundo, fato que constrange o aumento da cooperação. Por outro lado, é importante dizer que trabalhos individuais também produzem impacto relevante desde que os resultados tenham níveis de generalização altos (4).

Um diagnóstico sobre a cooperação científica entre os países amazônicos deve ser precedido de uma verificação dos sistemas de C&T nos vários países que integram a região. Assim, um documento importante sobre o estado da ciência nessa região é o relatório da Unesco (2). Há, em países como o Brasil, Colômbia e Peru, algumas ilhas de excelência que significam polos de capacidade que podem se tornar motores para o desenvolvimento regional, mas há necessidade de políticas regionais adequadas que possam representar um alicerce importante de promoção do diálogo multinacional. O número de trabalhos em coautoria entre cientistas dos países amazônicos é desconcertantemente baixo (7), mesmo em campos do conhecimento onde se esperaria maior relacionamento. Historicamente, o volume maior de cooperação realizado por países amazônicos sempre se deu com Estados Unidos e países europeus, chegando a representar 73% dos trabalhos em coautoria (3). Esta situação é paradoxal considerando que os países amazônicos têm realizado muitos acordos de cooperação sendo que este assunto é um dos itens da agenda estratégica da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA). Mas, existem explicações para esse fato.

Os países sul-americanos que, além do Brasil, são frequentemente citados nos principais índices internacionais (base de dados ISI/Thomson Reuters, Scopus, entre outros) são Argentina e Chile. Os países amazônicos (excetuando o Brasil) não estão entre os de produção significante, embora haja muito conhecimento oriundo deles. Esse fato desestimula e, de certo modo, dificulta a cooperação entre os países amazônicos. No entanto, tem havido esforços para promover a coparticipação científica através de entidades regionais, como a Associação de Universidades Amazônicas (Unamaz) (criada em 1987), uma iniciativa de docentes e pesquisadores dos oito países amazônicos durante o Seminário Internacional "Alternativas de Cooperação Científica, Tecnológica e Cultural entre Instituições de Ensino Superior dos Países Amazônicos (Citam)". Nos últimos dois anos, a OTCA tem estimulado maior integração regional, mas há ainda grandes desafios a superar considerando as desigualdades nas estruturas de C&T dos países signatários da organização.

COOPERAÇÃO CIENTÍFICA EM AMBIENTES DESIGUAIS A Rede Interamericana de Academias de Ciência declarou que durante o século XXI, qualquer planejamento para inclusão social e fortalecimento de sistemas de governança deverá levar em consideração aplicação extensiva de conhecimento científico, inovação e educação em ciências (8). Chaimovich (9) propõe algumas indagações muito oportunas quando o assunto é ciência e desenvolvimento: ciência competitiva ou colaborativa? Local ou internacional? Quais são os mecanismos de cooperação internacional adequados?

Cooperação científica entre ambientes desiguais pressupõe ajustes *a priori*, sem o que não haverá como contribuir. Uma das disparidades no ambiente amazônico ocorre em relação aos modelos de ensino superior. Os jovens estudantes necessitarão ter currículos escolares equiparados para que as universidades ofereçam níveis semelhantes de preparo profissional. Isto já ocorreu na Europa desde o início dos anos 2000, onde o ensino superior está igualado, sendo que os alunos pertencem ao sistema europeu de ensino, com possibilidades de ampla mobilidade interna, de modo que possam ter acesso sempre aos melhores professores, além de diplomas prontamente reconhecidos no espaço europeu, visando empregabilidade.

Aprimoramentos no sentido da criação de um sistema educacional comum para os países membros da OTCA poderiam ser uma alavanca para antecipar o desenvolvimento da região, mas não seria uma tarefa trivial. A infraestrutura para o sistema de C&T na Amazônia continental ainda não é suficiente e nem integrativa. Não existem plataformas computacionais que unifiquem informações e possam criar indicadores sobre os avanços científicos, permitindo planejamentos consistentes e visão das prioridades. Além do Brasil, nenhum dos países amazônicos possui banco de dados dos recursos humanos em C&T e, tampouco, acesso à literatura de forma rápida e completa, tal qual oferecem a plataforma Lattes do CNPq (http://lattes.cnpq.br) e o Portal de Periódicos da Capes (http://www.periodicos.capes.gov.br). No entanto, poder-se-ia oferecer ao ambiente pan-amazônico possibilidades para acesso à Plataforma Lattes, por exemplo, como política de integração regional, dando visibilidade imediata ao conjunto de pesquisadores amazônicos, além de explicitar os grupos de excelência e suas áreas de atuação. Tal conexão favoreceria a concepção de programas de pós-graduação com financiamento internacional (bolsas e mobilidade) onde se pudesse reunir a capacidade científica amazônica, além de harmonizar um perspicaz olhar sobre as demandas do setor produtivo regional, proporcionando formação empreendedora. Esses programas deveriam fornecer ao aluno informações sobre a realidade econômica regional e suas políticas de ampliação, as suas convergências e tendências desenvolvimentistas, bem como oportunidades de participação, como observadores, em reuniões com tomadores de decisões, onde são discutidos os problemas regionais, de modo a criar lideranças vigorosas.

Em 2010 o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) realizou uma oficina de planejamento juntamente com a Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa) para promover ações conjuntas no sentido de respaldar o desenvolvimento do chamado baixo Amazonas. Foram convidadas lideranças científicas e de instituições de fomento, além de líderes do setor produtivo, para que houvesse um ajuste na mirada acadêmica sobre a realidade local. O relatório resultante mostrou haver ampla desconexão entre os interesses da academia regional e as demandas efetivas do setor produtivo, ou seja, os currículos dos cursos de graduação e os programas de pós-graduação, especialmente estes últimos, não estavam voltados à expectativa do conhecimento requerido pelo setor produtivo. Em outras palavras, é lamentável que estejamos formando cientistas com menor capacidade para refletir sobre as implicações socioeconômicas de suas práticas. Muito provavelmente, a mesma situação deve repetir-se nos programas de pós-graduação dos demais países amazônicos. A integração de todos os sistemas de conhecimentos proporcionaria ambiente para enfrentar problemas complexos (tais como a segurança alimentar, saúde coletiva, desastres naturais e mudanças climáticas), mas que exigem soluções perspicazes.

A ciência pan-amazônica deverá ser competitiva em relação a outros espaços geopolíticos, mas, deverá ser cooperativa interna e externamente. Assim, os mecanismos de coparticipação deverão ser discutidos e ampliados para que não sejam preteridas as oportunidades individuais de cada nação e tampouco da região. A criação de uma atmosfera de economia baseada no conhecimento necessita de um espaço de intensa cooperação.

Os indicadores educacionais globais mostram outra realidade que necessita ser modificada: a da não existência de universidades de nível mundial na pan-Amazônia. Nenhuma universidade regional ocupa classificação entre as duzentas ou trezentas mais importantes nos vários índices publicados (World University Rankings; QS World University Rankings; Academic Ranking of World Universities) que medem a qualidade do ensino, quantidade e impacto das pesquisas, transferência de conhecimento e tecnologia e visibilidade internacional. Mesmo no ranking latino-americano, somente a Universidade Federal do Pará (UFPA) aparece entre as duzentas mais importantes, ocupando a 124ª posição (QS Latin American University Rankings). O paradoxo regional é que a influência do conhecimento gerado na pan-Amazônia é apenas tangencial quando se trata do desenvolvimento local. As indústrias e a sociedade amazônicas não são entusiasmadas pelo conhecimento produzido nas academias e estas, por sua vez, também não consideram o referido conhecimento como substrato para aprimoramento das suas atividades (10). As regiões periféricas na América do Sul ressentem-se de lideranças que possam sustentar problemas cada vez mais complexos e oferecer soluções compatíveis com a realidade regional e com as questões mundiais.

Considerando que a ciência produzida na Amazônia carece de níveis maiores de generalização e, consequentemente, é pouco citada por cientistas de outras latitudes, será imperioso que as universidades amazônicas busquem diligentemente maior internacionalização e novas formas institucionais. A criação de espaços internacionais para cursos bilaterais ou multilaterais poderá permitir a mobilidade docente e discente, promover capacitação científica e visibilidade, além da interdisciplinaridade (11).

O panorama da formação de capital humano de alta capacidade cognitiva na Amazônia continental não é alvissareiro ponderando que, em 2010, segundo dados da Rede de Indicadores de Ciência e

Tecnologia Iberoamericana e Interamericana (Ricyt), havia 20.818 titulados em mestrados e 2.498 em nível de doutorado para os países da pan-Amazônia, exceto o Brasil, sendo que este formou no mesmo período 39.590 mestres e 11.314 doutores. Internamente, na Amazônia brasileira, há 6.412 alunos matriculados em programas de pós-graduação, mas os números se tornam pífios quando comparados com o estado de São Paulo que inclui 56.941 alunos matriculados no sistema de pós-graduação (12). No tocante à fixação de recursos humanos, a região Amazônica deve tornar-se atrativa para pesquisadores, especialmente jovens, mas também aos sêniores, de modo a criar massa crítica que possa produzir um efeito multiplicador pujante.

A modificação dos indicadores vistos acima é imperativa para a consolidação da nova geopolítica regional, a qual coloca a Amazônia como área fulcral para integração continental (13). Há, no panorama comercial, fortes indicativos de um alinhamento, ainda mais intenso, das economias mais importantes da América do Sul (Brasil, Argentina, Chile, Venezuela) através do Mercosul, sendo que este bloco comercial começa a interessar outros países latino-americanos e africanos. Trata-se, atualmente, de um mercado com 250 milhões de consumidores que, a semelhança de consumistas de outros mercados começam a tomar consciência das expectativas do mercado verde e, nesse contexto, a pesquisa amazônica emerge como a esperança para a sustentabilidade e a substituição dos modelos econômicos vigentes. Mas, há os que apostam na hostilidade do ambiente amazônico e no determinismo ecológico, que impulsionam as centenas de habitantes locais à estagnação econômica, ausência de empregabilidade e de renda (13). Contra esta situação, será necessária a cooperação científica e programas de integração compartilhados que construam a infraestrutura necessária (estradas, energia, ciência e tecnologia, etc) para alcançar vantagem competitiva.

PRIMEIRO MUNDO X TERCEIRO MUNDO A imensa riqueza natural disponível no território pan-amazônico desafia os sistemas de ciência, tecnologia e inovação dos respectivos países a competir com o chamado primeiro mundo. Contudo, esse clima de desafios não poderá desencadear concorrência intracontinental predatória, levando à erosão da cooperação. Assim, o surgimento de uma diplomacia científica para estabelecer cooperação continental pacífica seria providencial. Neste sentido, o Brasil deveria exercer liderança segura considerando seu forte potencial científico e sua tradicional posição conciliatória. O tema da sustentabilidade planetária implica em sustentabilidade ambiental, econômica e social nos níveis continental e singular de cada país, desafios próprios do crescimento complexo, este requerendo esforço gigantesco de pesquisa.

O panorama mundial assinala que a grande fronteira hoje em expansão, no debate por liderança econômica, política e militar, situa-se, sobretudo, no domínio e controle sobre o conhecimento essencial à competitividade e à inovatividade. A produção de informação nova requer, cada vez mais, o esforço compartilhado entre pares, inclusive aqueles situados em contextos nacionais e institucionais diversos. Assim, a cooperação internacional deverá considerar essa tensão entre o crescimento da competitividade e a necessária produção colaborativa de conhecimento. Abrem-se novos tempos para uma possível democratização do acesso à informação e sua assimilação social em favor de um desenvolvimento em novas bases, sob distintos pontos de vista. No plano da geopolítica, coloca-se o desafio da desconcentração do conhecimento, beneficiando a manifestação de novos atores, com o surgimento de novas alianças e articulações advindas dos interesses estratégicos (energia, recursos naturais) vistos como capital de realização futura a mercados promissores. Haverá também a indicação de novas práticas de pesquisas que poderão dar ensejo a agendas de iniciativas de colaboração internacional em C&T, com simetria de benefícios e reciprocidades às partes, ainda que em situações distintas no jogo de forças internacional.

O reforço na cooperação entre países da região robustece as bases de negociação de eventuais iniciativas conjuntas com outros blocos regionais – por exemplo, a União Europeia – contribuindo para resolver dissonâncias em acordos de cooperação internacional e corrigir equívocos de ordem estratégica. É esta perspectiva que irá permitir o enfrentamento da questão dos "privilégios acumulados [de uns poucos] *versus* necessidades não respondidas [da maioria]", abrindo espaço para a priorização de temas.

A comunicação entre ciência e sociedade deverá ser expandida. Cientistas devem examinar problemas relevantes ao seu meio. Deve haver esforço, no âmbito governamental, no sentido de evitar a fragilidade das instituições de pesquisas e prevenir a drenagem de cérebros (*braindrain*). A cooperação assistencialista é outro fator que deve ser evitado, onde países desenvolvidos apenas utilizam o aumento da capacidade científica e tecnológica em países em desenvolvimento, sem haver reciprocidade no reconhecimento da relevância da ciência gerada nesses territórios.

Ações de pesquisa que sejam efetuadas no âmbito da pan-Amazônia acessando o patrimônio genético, o conhecimento tradicional e a proteção do conhecimento, pressupõem a harmonização de marcos legais. De outro lado, deverá haver diligências para que os pesquisadores, em qualquer parte da pan-Amazônia tenham acesso à literatura científica internacional, além de maior visibilidade relativa à produção científica. Para tal, será necessária a promoção da excelência em pesquisa com elevação do nível de competitividade para garantir financiamento aos centros de excelência. Uma forma de alcançar competitividade se dá através do incremento da infraestrutura, buscando facilidades multilaterais entre os Estados amazônicos, para concretizar programas de suporte a infraestrutura que sejam transestaduais, para aquisição de equipamentos e para cooperação e interoperacionalidade de instalações visando realizar ou aumentar atividades complementares.

Se se pretende alcançar melhor desempenho científico na Amazônia continental, então deverá haver significativa melhora na operacionalidade da internet regional, aumentando sua capacidade para Mbits/seg e depois para Gbits/seg. Também será necessária a criação de mecanismos recíprocos de informação, e formação de comissão intergovernamental regional com a finalidade de promover os meios logísticos e instrumentos legais para coordenar as atividades regionais de pesquisas. Uma das iniciativas à concretização dessas demandas deverá ocorrer no âmbito do Observatório

Regional Amazônico, uma ação da OTCA, em reunião realizada no Inpa em setembro de 2012. O observatório terá a finalidade de elaborar estudos de interesse para a região. Incluirá a Plataforma de Cooperação na Área Ambiental, constituída por um sistema de informação integrado, com ênfase na biodiversidade, além de um serviço regional de capacitação. A geração de novas condições socioeconômicas para a Amazônia continental, com equiparação cognitiva, passa pelo compartilhamento de informações; isto requer um gigantesco esforço regional.

As informações disponíveis, na literatura científica, sobre o papel da Amazônia mostram a sua importância para a segurança ambiental planetária. Mas, deve também ser abordada como essencial para a diversificação da base econômica continental, notadamente agora, quando o mundo discute mudanças econômicas em direção à chamada bioeconomia e, neste aspecto, deve-se pensar nos recursos da biodiversidade em nível tecnológico avançado. Conforme a Academia Brasileira de Ciências (ABC) (14) a Amazônia é o desafio do século XXI e deve ser um modelo de desenvolvimento que não destrua o patrimônio natural, mas que receba investimentos suficientes para reduzir o atraso relativo em comparação a outras áreas com maior densidade tecnológica. É urgente entender que não é utopia o fato de que na Amazônia está em andamento a transformação de benefícios da natureza em mercancias (15).

Claudio Ruy Vasconcelos da Fonseca *é coordenador de biodiversidade e pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), diretor geral da Associação Brasileira para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia e professor da Universidade do Estado do Amazonas (Uea). Email:* rclaudio@inpa.gov.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hoekman, J.; Frenken, K; van Oort, F. "The geography of collaborative knowledge production in Europe". *Ann Reg Sci* 43:721-738, 2009.
2. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Unesco Science Report 2010*. Paris, 2010.
3. Meyer, M.; Bhattacharya, S. "Commonalities and differences between scholarly and technical collaboration an exploration of co-invention and co-authorship analyses". *Scientometrics* 61(3):313-323, 2004.
4. Wagner-Doebler, R. "Continuity and discontinuity of collaboration behavior since 1800 - from a bibliometric point of view". *Scientometrics* 52(3):503-517, 2001
5. Edler,J.; Cunningham, P.; Flanagan , K. "Drivers of international collaboration in research". 2009. http://www.technopolis-group.com. Acessado em 28/03/2014.
6. Katz, J.S.; Martin,B.R. "What is research collaboration?" *Res Policy* 26(1):1-18, 1997.
7. Frenken,K; Holzl,W.; de Vor,F. "The citation impact of research collaborations: the case of European biotechnology and applied microbiology (1988-2002)". *J Eng Technol Manage* 22(1-2):9-30, 2005.
8. Escalona-Fernandez, M.I; Pulgarin-Guerrero, A.; Oliveira, E.F.T; Maria Cláudia Cabrini Gracio, M.C.C. "Scientific collaboration network among Brazilian Universities: an analysis in dentistry area". *Brazilian Journal of Information Science*. 6 (1):16-38, 2012.
9. Chaimovich, H. In: *Foreign relations meeting with representatives of the civil society on the Fourth Summit of the Americas*. Mar del Plata, 2006.
10. Chaimovich, H. In: *Cooperação Internacional na Era do Conhecimento*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010.
11. Fonseca, C. R. V. O "Árduo caminho para a consolidação do sistema de ciência e tecnologia amazônico". *T&C Amazônia*, 10(21):4-8, 2011.
12. Banco Interamericano de Desarrollo. *Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina y el Caribe*. http://www.iadb.org, acessado em 28/03/2014.
13. Silva, F. C. T. "Amazônia: região-pivot da integração sul-americana". http://www.blogdoalon.com/ftp/amazonia_pivot.pdf, acessado em 13/04/2014.
14. Academia Brasileira de Ciências. *Amazônia: desafio brasileiro do século XXI*. São Paulo: Fundação Conrado Wessel, 2008.
15. Becker, B. "Geopolítica da Amazônia". *Estudos Avançados* 19 (53), 2005.

ORGANISMOS AQUÁTICOS E DE ÁREAS ÚMIDAS EM UMA AMAZÔNIA EM TRANSIÇÃO

Maria Teresa Fernandez Piedade
Vera Maria Fonseca de Almeida e Val
Aline Lopes
Helen Sadauskas Henrique
Luciana Mara Lopes Fé
Florian Wittmann

As intervenções antrópicas como a construção de estradas, hidroelétricas, desmatamento e mineração de metais e petróleo modificam os ambientes naturais, demandando informações sobre as respostas das populações de plantas e animais a esses novos desafios ambientais, especialmente para subsidiar ações de mitigação e conservação ambiental e definir políticas públicas. De maneira geral, as perturbações antrópicas levam ao empobrecimento biológico resultante do desaparecimento de parte das espécies da área afetada, e induzem também a exploração forçada de características adaptativas por parte dos organismos presentes na região sob influência do impacto.

As adaptações desenvolvidas pelos organismos ao longo do processo evolutivo para enfrentar as modificações ambientais naturais levam à especialização. Embora vantajosa quando o ambiente é estável, a especialização pode ter efeitos negativos para a sobrevivência em face de desafios agudos, como aqueles causados por humanos (1; 2). O ponto crítico determinando o sucesso na permanência dos organismos em um dado ambiente modificado é sua capacidade adaptativa. Contudo, os ajustes desenvolvidos pelos vários tipos de organismos para permanecerem nos ambientes modificados ainda são pouco conhecidos.

É, pois, cada vez mais importante que se reconheçam as similaridades existentes entre os processos adaptativos dos organismos que resultam na sobrevivência ou extinção das espécies e na manutenção dos ecossistemas. Os mesmos mecanismos que promovem a adaptação a determinados ambientes podem ser utilizados por espécies invasoras, modificando completamente o caminho evolutivo das espécies e das comunidades de um determinado ecossistema. Processos adaptativos que ocorreram ao longo da história evolutiva podem ser prejudiciais a espécies que sofrem com alterações ambientais adversas.

As áreas alagáveis amazônicas possuem uma grande diversidade de árvores, palmeiras, arbustos e herbáceas aquáticas, reguladas pelo pulso de inundação (3). As plantas desses ambientes devem superar as restrições decorrentes da redução periódica do oxigênio e de luz (4). Assim, a adaptação das plantas ao regime de inundação resulta da resposta das espécies à interação entre frequência, magnitude e previsibilidade dos eventos que podem levar à mortalidade (5). Nos rios e em suas áreas alagáveis, as adaptações das plantas refletem respostas às mudanças físico-químicas resultantes das oscilações entre fases terrestres e aquáticas (6). Elas incluem adaptações morfológicas (redução do tamanho corpóreo), anatômicas (formação de tecidos aerênquima), fisiológicas (reduções de taxas de fotossíntese) e da fenologia, podendo ocorrer mudanças nos ciclos de vida e no crescimento e reprodução de espécies, devido à sincronia com o pulso de inundação (7).

Uma sucessão de eventos geológicos ocorreu após o levantamento dos Andes e definiu as condições básicas para uma espetacular radiação evolutiva de animais e plantas na Amazônia. A drenagem da bacia, inicialmente orientada para o oceano Pacífico voltou-se, aos poucos, para o oceano Atlântico, envolvendo uma área de captação que vai desde o rio Chamaya no Peru, 79°W, até o rio Palma, 46°W, e do rio Contingo, 5°N, até o alto Araguaia, 17°S. Esse imenso espaço não é homogêneo. São inúmeros rios de todos os tamanhos, lagos, paranás, igarapés, praias, várzeas e igapós que abrigam uma das mais ricas biotas aquáticas do planeta.

Entretanto, face às condições físicas, químicas e biológicas reinantes em muitas dessas formações aquáticas, somos levados a questionar, não raras vezes, o que permite a vida nesses ambientes. Entre as condições ambientais extremas destacam-se a hipoxia e mesmo a anoxia, pHs extremamente ácidos, águas com reduzida disponibilidade mineral, temperaturas elevadas, intensos processos de decomposição vegetal durante certos períodos do ano, intensos processos de competição interespecífica, presença de fungos, bactérias e vírus patogênicos, níveis elevados de dióxido de carbono, metano e gás sulfídrico, intensa variação nos níveis de água, impondo pulsos regulares de inundação, significativas variações temporais e espaciais (8). Algumas dessas variações ocorrem em curtos espaços de tempo, impondo desafios adicionais aos organismos aquáticos. Com certeza, não há um mecanismo único suficientemente forte para explicar a manutenção da diversidade biológica desses ambientes aquáticos, mas é muito provável que muitos organismos tenham moldado ajustes similares para interagir com essas condições ambientais extremas. Que ajustes são esses? Como são desencadeados? Como são regulados?

A respiração aérea obrigatória e facultativa desenvolvida por várias espécies de peixes, de famílias e mesmo de ordens diferentes, constitui-se em um exemplo a ser analisado com mais detalhes. Essa habilidade permite que muitos peixes permaneçam nos ambientes de várzea quando condições extremas se instalam. Interessantemente, ao mesmo tempo em que essa habilidade permite a sobrevivência em períodos de hipoxia e anoxia, permite que os animais não se intoxiquem com ácido sulfídrico e metano dissolvidos que ocorrem em períodos de intensa decomposição (8). Ainda, com relação à disponibilidade de oxigênio, várias espécies de peixes são capazes de reduzir drasticamente o metabolismo, como ocorre na espécie acará-açu (9), em espécies de plantas aquáticas e insetos. Respostas similares também são observadas para peixes insetos e plantas vivendo nas águas ácidas e ionicamente pobres do Rio Negro, onde precisam contornar os problemas com a potencial perda difusa de íons. Também intrigante é a habilidade que invertebrados de regiões alagáveis desenvolveram para se antecipar

à inundação, emigrando para posições mais altas nas planícies alagáveis, como as copas das árvores (10; 11).

Com certeza, na medida em que estudos de características funcionais de organismos habitando esses ambientes extremos forem realizados, novos exemplos serão revelados, já que a descrição de novas espécies avança quase que exponencialmente relativamente aos estudos acerca da interação orgânica, exatamente onde estão ocultas as informações que permitem entender como funcionam esses ecossistemas complexos.

OS AMBIENTES AMAZÔNICOS NATURAIS E SUAS MODIFICAÇÕES A bacia amazônica vive, anualmente, pulsos de inundação que resultam no alagamento de uma grande extensão de florestas. Os ambientes formados periodicamente pelo avanço das águas brancas e pretas são denominados várzea e igapó, respectivamente. Os mecanismos de adaptação a essas áreas alagáveis podem representar uma das principais estratégias de sobrevivência às mudanças provocadas pelo homem. Conhecer tais mecanismos torna-se de grande importância quando se busca a conservação ambiental.

Historicamente a colonização da Amazônia concentrou os povoados nas calhas dos rios, principalmente nas várzeas do rio Amazonas, devido à sua maior fertilidade, o que faz com que há décadas esses ambientes sejam utilizados para a pesca, agricultura e pecuária pelas populações tradicionais. Contudo, com a política desenvolvimentista, em particular das décadas de 1960 e 1970, grandes projetos começaram a ser implantados na região, como a Zona Franca de Manaus. Com essa política, o número de indústrias, moradias e a população aumentaram nas cidades da Amazônia, especialmente em Belém (PA) e Manaus (AM). O preço dessa expansão econômica e humana é evidenciado nos múltiplos impactos ambientais, especialmente nos corpos de água cortando as cidades. A construção de casas e estradas e a concentração populacional levaram também ao aumento da demanda energética, culminando com a construção de barragens e prospecção de petróleo na Amazônia. Essas ações, além de contribuírem para o desmatamento, provocarem fragmentação e perda de habitats, vêm comprometendo as áreas alagáveis ao longo dos grandes rios e suas populações de animais e plantas, bem como as populações humanas, particularmente os ribeirinhos.

... MUDANÇAS NA DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE PEIXES E INSETOS EM IGARAPÉS POLUÍDOS EM AMBIENTE URBANOS

PRINCIPAIS TIPOS DE PERTURBAÇÃO E RESPOSTAS DOS ORGANISMOS

Poluição urbana

A instalação humana às margens dos rios acabou resultando em processos de urbanização intensos em algumas partes da Amazônia. O ambiente aquático é um dos mais afetados por atividades advindas da urbanização. Há produção humana de resíduos que são descartados em ambientes aquáticos, lançados em águas interiores ou em ecossistemas marinhos. Portanto, a biota aquática é uma das mais afetadas pelo desenvolvimento urbano. Dentre as inúmeras fontes de poluição aquáticas podemos citar o lançamento de esgotos domésticos e industriais em corpos d'água, o que compromete a qualidade da água de inúmeros mananciais. Além disso, a existência de aterros sanitários e lixões próximos a rios, riachos, igarapés, ou mesmo nascentes, pode representar uma fonte de contaminação bastante perigosa.

Por mais que existam políticas públicas e regulamentação para a atividade de descarte do lixo urbano, um dos principais produtos da disposição inadequada dos resíduos sólidos é o chorume, um líquido percolado gerado a partir da decomposição do lixo, que apresenta alta toxicidade ao ambiente. Este líquido tem coloração escura e sua composição é muito tóxica, contendo metais de transição, hidrocarbonetos e substâncias recalcitrantes. A Agência de Proteção Ambiental destaca a existência de cerca de 100 espécies químicas perigosas ao ambiente e à saúde humana no chorume, como exemplo, arsênio, tetracloreto de carbono, metais de transição e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Além de tóxico, o chorume não é facilmente biodegradável. Ele contamina solos e águas interiores, superficiais ou subterrâneas, como também os organismos aquáticos, diminuindo seus ciclos de vida e sua capacidade reprodutiva, causando mutações genéticas que podem resultar em perda de fertilidade e fecundidade, além de ser altamente cancerígeno. Já foi comprovado que esse líquido tem ação citotóxica em peixes, além de provocar distúrbios respiratórios e iônicos, hiperglicemia, disfunções hepáticas e neuromusculares. Sua ação genotóxica depende do tempo de exposição e da concentração, mas há um risco enorme da biota aquática exposta a este líquido em ter seu material genético danificado ou modificado.

Outros estudos mostram que há mudanças na distribuição e diversidade de peixes e insetos em igarapés poluídos em ambiente urbanos como Manaus e que estes são diferentes daqueles igarapés de reservas ambientais onde a ação do homem é praticamente inexistente (12). A poluição urbana, portanto, causa muitas alterações na fauna e flora presentes nos corpos d'água urbanos e também nos adjacentes. Como resultado, ocorrem alterações nos animais residentes, perda de tamanho populacional, podendo levar até à extinção das populações. Após certo período, observa-se a instalação de outras espécies mais resistentes aos locais onde há intervenção humana, modificando totalmente a paisagem ali existente anteriormente.

Poluição por petróleo e seus derivados

Os efeitos do petróleo sobre a fauna e flora em ambientes marinhos e terrestres são bem documentados, mas em ambientes aquáticos continentais os trabalhos são escassos. Na região amazônica há uma grande lacuna de estudos avaliando os efeitos do petróleo sobre a biota. Por isso, o derramamento de petróleo pode se tornar um sério problema para as áreas alagáveis expostas a esse risco (2; 13).

Derramamentos de petróleo de grande ou pequeno porte ocorrem em áreas continentais, costeiras ou nos manguezais. Em sua maioria eles geram efeitos negativos na flora e fauna das áreas atingidas (13-16). Na região amazônica já ocorreram derramamentos

de petróleo no Peru e Venezuela, porém, inexistem informações sobre seu impacto. Couceiro et al. (15) avaliaram os efeitos do derramamento de petróleo no Lago Cururu em Manaus (AM), em 1999, pelo rompimento de um oleoduto. A riqueza da entomofauna litoral no solo do lago poluído foi menor que em áreas não perturbadas pelos efeitos diretos e indiretos dos resíduos de petróleo. Entretanto, não foi possível avaliar os efeitos sobre as macrófitas aquáticas devido ao alto grau de eutrofização dos igarapés analisados, impossibilitando separar esse efeito daquele decorrente da contaminação (16; 17).

Os impactos de petróleo nas macrófitas aquáticas da várzea amazônica

Se ocorrer um derramamento de petróleo, as áreas mais afetadas serão as planícies de inundação mais populosas e férteis, as várzeas dos rios Solimões/Amazonas e Urucu, onde a ciclagem de nutrientes depende do pulso de inundação (2-5), e onde os nutrientes e os poluentes são reincorporados ao ambiente a cada ciclo de inundação do rio. As várzeas concentram, ainda, a maior população rural, especialmente do estado do Amazonas, e sua contaminação prejudicará importantes atividades econômicas como a pesca, a agricultura e o turismo, esteios da economia das populações residentes.

O petróleo pode afetar fisicamente as plantas agindo como uma barreira sobre as folhas impedindo a penetração da luz, desencadeando efeitos químicos envolvidos na toxidez derivada de sua absorção pelas folhas e raízes (Figura 1). O petróleo de Urucu é considerado leve porque contém 15% de hidrocarbonetos aromáticos (pesados), 20,2% de compostos naftalênicos (médios) e 64,8% de compostos parafínicos (leves) (18). Os óleos leves atuam em nível celular, alterando a permeabilidade da membrana ou interrompendo vários processos do metabolismo da planta. Seus efeitos parecem ser imediatamente tóxicos às plantas, enquanto que óleos mais pesados causam danos físicos, provocando asfixia e impedindo a troca de gases (19).

Embora escassos, os estudos avaliando o impacto do petróleo de Urucu sobre as plantas aquáticas mostram sua alta toxicidade. Trabalhos foram feitos com algumas espécies "chave" das várzeas amazônicas, importantes pela produção de biomassa, e por representarem os hábitos predominantes dentre as macrófitas aquáticas desses ambientes. São elas a gramínea emergente, *Echinochloa polystachya* (Poaceae), as espécies flutuantes *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) e *Pistia stratiotes* (Araceae), e a espécie submersa *Egeria densa* (Hydrocharitaceae) que, embora não ocorra no rio Solimões, também foi exposta ao petróleo de Urucu.

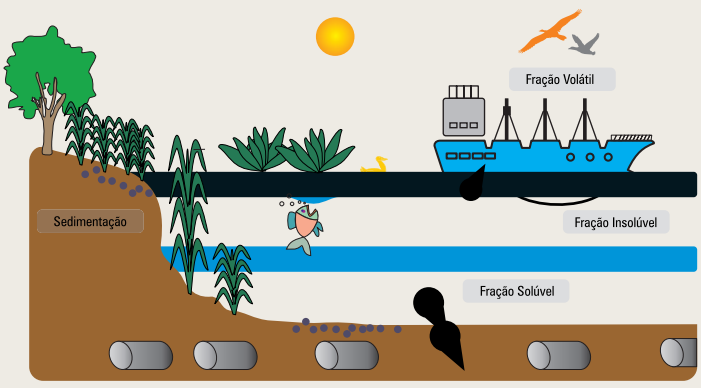


Fig. 1. Efeito do derramamento de petróleo e suas diferentes frações na fauna e flora aquática da Amazônia (Crédito: Aline Lopes).

Echinochloa polystachya (canarana) é uma espécie fundamental ao ecossistema de várzea pelos altos valores de produtividade primária, e por servir de alimento e abrigo para diversas espécies de animais aquáticos (20). Experimentos foram realizados com *E. polystachya* para avaliar o efeito do óleo de Urucu na propagação vegetativa da espécie, fundamental em seu ciclo de vida. Foi também avaliada a rebrota em diferentes níveis de contaminação e períodos do ano. O petróleo de Urucu afetou a capacidade de reprodução vegetativa de *E. polystachya*, diminuindo em 50% seu rebrotamento, com uma dosagem de 0,46 L m^{-2} (litros de petróleo por metro quadrado de solo) em relação ao controle. As plantas que rebrotaram reduziram em 50% a biomassa aérea no tratamento de 0,12 L m^{-2} de solo em relação ao controle. O período de plantio também influenciou a rebrota da planta em solo contaminado; plântulas estabelecidas em temperaturas mais elevadas (setembro-novembro) apresentaram menores índices de rebrotamento e de biomassa que aquelas estabelecidas em temperaturas mais amenas (julho-setembro). Isso provavelmente deveu-se à redução da viscosidade do petróleo em função da temperatura, favorecendo sua absorção pelas plantas (21). Plantas jovens, com 30 dias de plantio, tiveram o desenvolvimento prejudicado, tendo sua DL_{50} (dose necessária de uma dada substância para matar 50% dos organismos expostos) estimada em 0,47 L m^{-2}, em 4 dias.

A herbácea aquática flutuante *E. crassipes* (mureru, aguapé) teve sua DL_{50} estimada em 1,24 L m^{-2} em 91 dias de exposição, o que levou à desagregação celular observada pela análise morfológica e anatômica da planta nos tratamentos de dosagens 5,29 e 15,89 L m^{-2} de petróleo de Urucu (22). Esta espécie possui uma grande capacidade de estocar nutrientes em sua biomassa, sendo utilizada no tratamento de águas contaminadas com diversos tipos de poluentes. Embora *E. crassipes* tenha apresentado maior resistência que *E. polystachya*, ela foi bastante sensível, limitando seu uso como fitorremediadora a áreas com baixas quantidades de petróleo de Urucu (2).

A adição do petróleo de Urucu em meio contendo *Pistia stratiotes* (alface d'agua) reduziu em aproximadamente 50% a biomassa após 21 dias de exposição, e levou à mortalidade de todos os indivíduos após 98 dias em dosagens de 0,30 L m^{-2}, mostrando que *P. stratiotes* é mais sensível ao petróleo de Urucu que *E. crassipes*. Essa diferença de sensibilidade pode estar associada às características foliares de *P. stratiotes*, pois as folhas contêm cristais de oxalato de cálcio que podem facilitar a incorporação de metais tóxicos do petróleo (22).

Finalmente, estudando os efeitos do petróleo de Urucu em *Egeria densa* Victório et al. (23) observaram um aumento da biomassa total após a exposição por 20 dias a dosagens de petróleo de 0,06L m^{-2} e 0,12 L m^{-2}. Isto sugere que essa planta é beneficiada pela exposição, embora a fotossíntese tenha sido interrompida em concentrações de 0,12 L m^{-2} de petróleo. O aumento da biomassa obtido para

E. densa pode estar relacionado a seu hábito submerso enraizado. Como o petróleo forma uma lâmina na superfície da água, a planta, além de não ter contato direto com o poluente, pode se beneficiar do enriquecimento do meio com carbono inorgânico. Entretanto, quando as fases solúveis do petróleo são liberadas no meio, os compostos tóxicos ocupam a coluna de água e os sedimentos, levando à redução metabólica.

Os impactos de petróleo sobre peixes na Amazônia

Como já mencionado, a descoberta e consequente mineração de petróleo na região de Urucu, estado do Amazonas, levaram pela primeira vez à análise das ações da indústria petroleira em ambientes aquáticos interiores de regiões tropicais. Um desafio para a ciência, já que as informações disponíveis se referem, em sua quase totalidade, a ambientes marinhos. Em águas interiores, além da ação direta dos componentes primários, solúveis e insolúveis do petróleo, é necessário destacar o potencial efeito de compostos secundários e terciários, formados a partir da reação com compostos naturais existentes na água e de modificações estruturais causadas por exposição à radiação ultravioleta, mais intensa nos trópicos. Os efeitos já observados incluem profundos distúrbios respiratórios sobre os peixes, aumento das taxas de rebrotamento de plantas aquáticas e redução de infestação de peixes por fungos (1; 2).

Diversos estudos têm sugerido que alterações morfológicas no epitélio branquial podem representar estratégias adaptativas para a conservação de algumas funções biológicas quando o animal enfrenta mudanças ambientais, sejam elas naturais ou antrópicas (24). Alterações morfológicas nas brânquias tais como descolamento do epitélio causado por edema, diminuição da distância interlamelar e fusão parcial das lamelas promovidas pela hiperplasia das células epiteliais do filamento, foram observadas em duas espécies amazônicas: o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o tamoatá (*Hoplosternum littorale*), expostos durante 24 e 96 h a duas diferentes concentrações tanto da fração solúvel do petróleo (FSA) quanto da fração insolúvel do petróleo (FIA) de Urucu-AM (2,63 ml/L e 3,98 ml/L). Além disso, espécimes de *C. macropomum* expostos a FSA e FIA do petróleo de Urucu-AM durante 30 dias apresentaram alterações morfológicas branquiais mais severas e intensas, tais como fusão completa das lamelas secundárias e necrose local (Figura 2). Já, exemplares da espécie amazônica *Glyptopericthys joselimaianus* (acari-bodó), expostos durante 11 dias a uma camada de 5 mm do óleo de Urucu – AM, também apresentaram alterações morfológicas severas nas brânquias, como hiperplasia e edema na lamela secundária, além da proliferação de células ricas em mitocôndrias ou células cloreto (25). A maioria das respostas observadas nessas espécies é de defesa (inflamatória) ou compensatória (proliferação celular), sendo que essas respostas podem ser progressivas de acordo com a dose e tempo de exposição aos compostos tóxicos do petróleo.

A desestruturação das brânquias em peixes expostos a poluentes como o petróleo pode ser explicada como uma adaptação para barrar a entrada de compostos tóxicos e evitar que os mesmos alcancem a corrente sanguínea promovendo distúrbios na homeostase interna dos organismos (26). Contudo, essas alterações histopatológicas podem levar a distúrbios respiratórios e osmorregulatórios, que podem ser agravados com o tempo de exposição dos peixes aos poluentes. Como descrito anteriormente, grande parte das espécies de peixes da Amazônia desenvolveu adaptações morfológicas, bioquímicas, fisiológicas e comportamentais para manter a homeostase corpórea frente às variações naturais extremas da região. A contaminação dos corpos d'água da região por petróleo pode aumentar o contato com a FSA e FIA do petróleo em função das adaptações pré-existentes. Assim, espécies de respiração aérea facultativa, como o *Pterygoplichthys pardalis*, podem ficar mais expostas tanto à FSA quanto à FIA do petróleo em situações de hipóxia ambiental. Quando exposta durante 96 h a 38,86mL/L do petróleo de Urucu-AM, essa espécie apresenta ajustes hematológicos que resultam no aumento do transporte de oxigênio para os tecidos, por meio do aumento de parâmetros sanguíneos como aqueles envolvidos com o aumento da concentração de hemoglobina. Em outro experimento realizado com essa mesma espécie, animais expostos a camadas de 0, 0,04 e 0,14 mm do petróleo de Urucu-AM por um período menor (24 h) não apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) nos parâmetros hematológicos, mas foram observadas alterações ionoregulatórias, ou seja, alteração da concentração plasmática dos íons de sódio e potássio ajustando o equilíbrio osmótico do animal.

(...) COMPOSTOS TÓXICOS OCUPAM A COLUNA DE ÁGUA E SEDIMENTOS, LEVANDO À REDUÇÃO METABÓLICA

Outro estudo realizado com a espécie *Hoplosternum littorale* resultou em aumento progressivo nos níveis de metahemoglobina após exposição a uma camada de óleo de 0,08 mm de espessura. Além disso, houve hemodiluição nos animais expostos a camadas de 0,08; 0,16; 0,64 e 2,56 mm, indicando também efeitos do petróleo de Urucu-AM nos parâmetros respiratórios dessa espécie (1). A hemodiluição do plasma pode ser resultado de uma alta perda de íons como sódio, potássio, cálcio, cloro através dos tecidos (27).

Distúrbios nos mecanismos de transporte de sais e permeabilidade do epitélio branquial também foram descritos em peixes amazônicos expostos ao petróleo. Contudo, a forma pela qual as características naturais extremas dos corpos d'água da Amazônia, como a reduzida disponibilidade de sais dissolvidos, baixo pH e altas concentrações de substâncias húmicas (SH) afetam esses mecanismos e, consequentemente, o grau de toxicidade dos hidrocarbonetos do petróleo, ainda não foram esclarecidos. De fato, a quantidade de carbono orgânico dissolvido (COD) na água pode modificar o efeito do petróleo e outras substâncias sobre os peixes. COD é composto de substâncias húmicas, as quais podem tanto agir como quelantes e protetoras junto aos animais, como mais um agente poluente. Matsuo e colaboradores (28) avaliaram os efeitos tóxicos do petróleo de Urucu-AM em espécimes de *C. macropomum* expostos a uma concentração de 2,8% do óleo e 22 $mgC.l^{-1}$ de substâncias húmicas durante 24 h, e observaram por imunolocalização, que os animais expostos ao petróleo e ao petróleo + substâncias húmicas apresentaram maior indução de CYP1A, principal biomarcador de

HPAs, nas células pavimentosas e endoteliais das brânquias. Além disso, a indução da CYP1A ocorreu em animais expostos somente às substâncias húmicas. Dessa forma, o papel das substâncias húmicas ainda não está bem compreendido, uma vez que há quem sugira que essas substâncias promovem um fator estressante aditivo aos animais a elas expostos (28) e há quem sugira um papel protetor dessas substâncias a animais expostos a diversos poluentes (29). As águas dos rios da Amazônia apresentam concentrações variadas dessas substâncias conforme o tipo predominante de água. Rios de águas pretas são os que mais contêm substâncias húmicas combinadas, medidas por meio da concentração de carbono orgânico dissolvido (COD). O papel do COD nas respostas dos peixes expostos a metais como cobre (Cu) tem sido descrito em diferentes trabalhos realizados pela equipe do Laboratório de Ecofisiologia e Evolução Molecular (Leem) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e mostram que essas substâncias possuem papel protetor, sendo quelantes do metal no meio natural, diminuindo a biodisponibilidade do mesmo aos organismos a ele expostos.

Devido à crescente exploração do petróleo na região amazônica estudos sobre a disponibilidade, tomada, distribuição e toxicidade dos hidrocarbonetos são de extrema importância para o monitoramento da qualidade dos ambientes aquáticos, e para a elaboração de planos de contenção no caso de contaminação dos corpos d'água da região por hidrocarbonetos do petróleo. Contudo, os mecanismos pelos quais a grande heterogeneidade das características físicas e químicas dos ambientes aquáticos da Amazônia pode modular a disponibilidade e toxicidade dos hidrocarbonetos do petróleo necessitam ser mais bem compreendidos, visando à manutenção da qualidade e da enorme diversidade de organismos aquáticos da região.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: PROGNÓSTICOS DOS EFEITOS EM GRUPOS DE ORGANISMOS AMAZÔNICOS De acordo com as previsões do 4º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) de 2007, a temperatura média da superfície do planeta irá aumentar de 1,5 a 5,8° C em 2050. As previsões para a bacia amazônica apontam para um aumento na temperatura ao redor de 3°C, juntamente com uma redução na precipitação ao redor de 20% ao longo do século XXI. Esse aumento da temperatura irá provocar fortes perturbações nos atuais padrões de distribuições de plantas e animais em ecossistemas de áreas úmidas continentais e costeiras. Nas áreas alagáveis amazônicas, além do potencial efeito das mudanças climáticas na temperatura e nos níveis de dióxido de carbono, alterações marcantes ocorrerão na flutuação dos níveis da água, o que afetará adicionalmente a flora e a fauna (30; 31).

É importante salientar, também, que tais modelos climáticos projetados para o final do século XXI preveem uma série de mudanças nos sistemas geofísicos, biológicos e socioeconômicos (32). Contudo, a magnitude e as consequências do impacto mundial desses fatores implicam em ações preventivas urgentes e demandam estudos detalhados para avaliar os efeitos causados pela desordem climática global.

Estudos simulando os efeitos das condições de elevação de temperatura e de gás carbônico (CO_2) nas respostas de organismos podem permitir compreender como os ecossistemas amazônicos irão responder a essas mudanças ambientais. A Amazônia possui um relevante papel no ciclo do carbono do planeta (33) sendo considerada uma das regiões mais vulneráveis do ponto de vista das influências das mudanças climáticas (34). Os impactos causados pelo aquecimento do clima global nos ecossistemas terrestres e aquáticos amazônicos são preocupantes, podendo alterar a precipitação pluviométrica, os regimes hidrológicos da bacia e a cobertura da vegetação.

EXPERIMENTOS EM MICROCOSMOS Experimentos em microcosmos (câmaras ou salas climatizadas onde o controle de temperatura, CO_2 e umidade relativa do ar é realizado em tempo real) vêm resultando em informações muito relevantes no que tange aos organismos aquáticos da Amazônia. Os cenários estudados provocam mudanças no metabolismo, taxa de crescimento, sobrevivência, grau de infestação por parasitas, alterações na conversão alimentar, alterações no ciclo de vida, dentre outras tantas características que podem resultar em mudanças profundas nas comunidades biológicas, biodiversidade e endemias. A seguir, descrevemos dois experimentos realizados que podem ser considerados exemplos dos efeitos que serão causados pelas mudanças climáticas, se não houver correção de rumos por parte do ser humano.

UM EXPERIMENTO EM MICROCOSMOS COM A HERBÁCEA AQUÁTICA *MONTRICHARDIA ARBORESCENS*

Para determinar os efeitos das variações de temperatura e concentrações de CO_2 atmosféricas sobre a germinação e crescimento inicial de uma macrófita aquática neotropical foi desenvolvido um trabalho com *Montrichardia arborescens* (Araceae), que cresce em estandes monoespecíficos nos igapós amazônicos. Sementes da espécie foram colocadas para germinar em vasos de plástico com água e substratos neutro, e acompanhadas por cinco meses em quatro microcosmos: T1: temperatura ambiente atual (± 30° C) e condições de CO_2 (± 380ppm); T2: temperatura T1+1,5° C e CO_2 T1 +200 ppm T1; T3: Temperatura T1+ 2,5° C e CO_2 T1+400 ppm; T4: Temperatura T1 + 4,5° C e CO_2 T1 +850 ppm. Os resultados mostraram que a elevação de gás carbônico e da temperatura aceleraram o tempo de germinação no microcosmo mais enriquecido (T4; 45 dias), em relação ao controle (T1; 66 dias). A biomassa total dos tratamentos foi afetada em um padrão diferente: enquanto nos tratamentos T2 e T3 o crescimento foi estimulado, no microcosmo mais enriquecido, T4, o crescimento de *M. arborescens* foi limitado (34).

COMO DUAS ESPÉCIES CONGÊNERES SOBREVIVERIAM A MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS PREVISTAS PELO IPCC PARA 2100?

As espécies congêneres *Paracheirodon axelrodi* (cardinal tetra) e *P. simulans* (neon verde) são espécies de peixes ornamentais da Amazônia, sendo encontradas separadamente em campos alagados que apresentam características físico-químicas similares, mas que se distinguem quanto à temperatura. Portanto, na natureza, as populações de *P. simulans* estão aclimatizadas a temperaturas mais elevadas do que as populações de *P. axelrodi*. Considerando os cenários climáticos propostos para o ano de 2100, é provável que essa aclimatização tão peculiar

possa levar essas espécies a responder diferencialmente aos impactos das mudanças climáticas. Ao investigar o efeito dos cenários climáticos previstos pelo 4º Relatório de Avaliação do IPCC sobre a sobrevivência de cardinal tetra e neon verde, bem como sobre a expressão dos genes da enzima fermentativa lactato desidrogenase (LDH), mostramos que exemplares adultos de ambas as espécies, mantidos durante 30 dias nos microcosmos, sofreram mortalidade diferencial causada pela inabilidade de uma das espécies em alterar seu metabolismo anaeróbico de maneira a sustentar maiores taxas metabólicas impostas pelo aumento de temperatura e CO_2. A exposição a tais condições comprometeu a sobrevivência da espécie cardinal tetra, enquanto que a espécie neon verde foi 100% tolerante quando exposta aos mesmos cenários. Esta sobrevivência diferencial está relacionada à aclimatização distinta em seus ambientes naturais e se baseia na capacidade de tolerar alterações metabólicas em temperaturas mais altas, ou seja, se baseia na plasticidade fenotípica de cada espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS Acidentes com derramamento de petróleo poderão afetar a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas das áreas alagáveis, que é da ordem de 400 espécies (4). Portanto, é importante que se ampliem os estudos sobre os efeitos do petróleo de Urucu sobre tais espécies. Considerando a ampla distribuição, produção de biomassa e papel ecológico das espécies até o presente estudadas, em particular *Echinochloa polystachya* e *Eichhornia crassipes*, alguns cenários podem ser previstos quanto a uma contaminação massiva dessas plantas.

Além de peixes como o *Arapaima gigas* (pirarucu), que possui respiração aérea obrigatória e pode se contaminar com a fração flutuante do óleo, alguns peixes da Amazônia se alimentam de invertebrados terrestres que ficam sobre as macrófitas aquáticas quando da inundação da várzea, como *Parauchenipterus galeatus* (cangati), *Mylossoma duriventre* (pacú-manteiga) e *Triportheus elongatus* (sardinha) (36). As raízes de muitas plantas aquáticas, como *Eichhornia crassipes* são importantes refúgios e fontes de alimento para assembleias de peixes da várzea amazônica (37). A morte massiva dessas plantas, ou sua contaminação por petróleo, pode comprometer populações de peixes. Outros animais, como o peixe-boi (*Trichechus inunguis*), utilizam *E. polystachya* (13,8%), *E. crassipes* (11,2%) e *Pistia stratiotes* (6,4%) na dieta alimentar, representando quase um terço da sua alimentação (38). A morte dessas plantas poderá reduzir a oferta de alimento para esse mamífero já vulnerável (39; 40). Assim, um derramamento de petróleo nas várzeas, além de causar sérios danos à flora, causará danos a inúmeros componentes da fauna desses ambientes.

Caso sejam confirmados para outras espécies de plantas aquáticas, os efeitos da elevação de CO_2 e temperatura já observados para as espécies estudadas, o cenário é preocupante. Apesar da maior quantidade de carbono disponível no ambiente, o desequilíbrio entre fotossíntese e respiração poderá levar à redução na capacidade de assimilação de carbono em relação à atual.

As respostas diferenciadas entre peixes congêneres já mostra o potencial efeito que tais mudanças poderão causar sobre a ictiodiversidade amazônica, uma das mais ricas do planeta. Outros estudos com espécies comerciais já evidenciam queda na taxa de crescimento quando os animais são expostos aos cenários mais extremos. Assim, a perda de indivíduos, diminuição do tamanho médio e alteração em hábitos alimentares poderão levar a uma alteração na teia alimentar e, consequentemente, na dinâmica das populações de peixes, de grande importância para a população da região.

Portanto, os riscos causados pelos fatores mencionados acima podem ameaçar significativamente a diversidade biológica dos ecossistemas amazônicos, além de afetar diversos aspectos da vida humana, os quais devem ser levados em consideração caso o aquecimento do planeta persistir.

Maria Teresa Fernandez Piedade *é pesquisadora titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa). Bióloga e líder do grupo MAUA, é também vice-coordenadora do INCT Adapta.*

Vera Maria Fonseca de Almeida e Val *é pesquisadora titular do Inpa. Bióloga e líder do grupo LEEM, é também coordenadora de programas aplicados do INCT Adapta.*

Aline Lopes *é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia do Inpa e está finalizando sua tese que aborda o estudo das adaptações de macrófitas aquáticas a modificações ambientais naturais e antrópicas.*

Helen Sadauskas Henrique *é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior do Inpa e está finalizando sua tese que aborda o estudo da influência do petróleo e seus derivados sobre espécies de peixes em ambientes naturais e sob condições controladas.*

Luciana Mara Lopes Fé *é mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva do Inpa, e sua dissertação baseou-se no efeito das mudanças climáticas sobre peixes ornamentais respondendo como duas espécies congêneres suportariam as mudanças climáticas previstas para o ano 2100.*

Florian Wittmann *é pesquisador do Instituto Max-Planck de Química, Departamento de Biogeoquímica, com atuação no Inpa. É geógrafo e faz parte do quadro dos pesquisadores de programas de pesquisa nacionais e internacionais, tais como Pronex, LBA, ATDN, e Unesco.*

NOTA E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brauner, C.J.; Ballantyne, C.L.; Vijayan, M.M.; Val, A.L. "Crude oil exposure affects air-breathing frequency, blood phosphate levels and ion regulation in an air-breathing teleost fish, *Hoplosternum littorale*". *Comp. Biochem. Phisiol. C*, 1999; 123: 127-134.
2. Lopes, A. *Respostas relativas à dosagem do petróleo de Urucu (Coari-AM) sobre herbáceas aquáticas da Amazônia*, 2007; 113pp.
3. Junk, W. J.; Bayley, P. B. & Sparks, R. E. "The flood pulse concept in River Floodplain Systems". In: *Proceedings of the International Large River Symposium* (Dodge, D. P., ed.), 1989; 110-127.
4. Junk, W. J. & Piedade, M. T. F. "Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants". In: *The central Amazon floodplain: ecological studies* (Junk, W. J., ed.), 1997; 147-185.
5. Lytle, D. A & Poff, N. L. "Adaptation to natural flow regimes", *Trends Ecol. Evol.* 2004; 19: 94-100.
6. Nogueira, F. & Couto, E.G. "Amostragem em planícies de inundação". In: C.E. de M. Bicudo & D. de C. Bicudo (eds.). *Amostragem em limnologia*. São Carlos, RIMA, 2004: 281-293.
7. Piedade, M.T.F.; Worbes, M.; Junk, W.J. "Geo-ecological controls on elemental fluxes in communities of higher plants in Amazonian floodplains". In: McClain, M. E.; Victoria, R. L.; Richey, J. E. (Ed.) *The biogeochemistry of the Amazon Basin*. Oxford University Press, New York. 2001: 209-234.

8. Val, A. L. & Almeida Val, V. M. F. *Fishes of the Amazon and their environments. Physiological and biochemical features*, 1995; Heidelberg: Springer Verlag.
9. Sloman, K.A.; Wood, C.M.; Scoot, G.R.; Wood, S.; Kajimura, M.; Johannsson, O.E.; Almeida-Val, V.N.F. & Val, A.L. "Tribute to R.G. Boutilier: The effect of size on the physiological and behavioural responses of oscar, *Astronotus ocellatus*, to hypoxia". *Journal of Experimental Biology*. 209: 1197-1205. 2006.
10. Piedade, M.T.F. & Junk, W.J. "Natural grasslands and herbaceous plants in the Amazon floodplain and their use". In: *The central Amazon floodplain: actual use and options for a sustainable management*. (Junk, W.J.; Ohly, J.J;, Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M., eds). 269-290. Leiden: Backhuys Publishers. 2000.
11. Zerm, M.; Walenciak, O.; Val, A. L. & Adis, J. "Evidence for anaerobic metabolism in the larval tiger beetle, *Phaeoxantha klugii* (Col. Cicindelidae) from a Central Amazonian floodplain (Brazil)". *Physiological Entomology*. 29: 483-488. 2004.
12. Comunicação pessoal com Efrem Gondim Ferreira e Neusa Hamada.
13. Val, A.L. & Almeida-Val, V.M.F. "Crude oil, copper and fish of the Amazon" In: *Behavior, physiology and toxicology interactions in fish*. VI International Congress on the Biology of Fish (Sloman, K.A.; Wood, C.M. & Mac Kinlay, D., eds.) 2004: 1-6.
14. Matsuo, A. Y. O. and Val A. L. "Acclimation to humic substances prevents whole body sodium loss and stimulates branchial calcium uptake capacity in cardinal tetras Paracheirodon axelrodi (Schultz) subjected to extremely low pH". *Journal of Fish Biology* 2007; 70: 989-1000.
15. Couceiro, S. R. M.; Forsberg, B. R.; Hamada, N. & Ferreira, R. L. "The effects of an oil spill and discharge of domestic sewage on the insect fauna of cururu stream, Manaus, AM, Brazil". *Brazilian Journal of Biology* 2006; 66: 35-44.
16. Lopes, A.; Piedade, M.T.F. "Estabelecimento de *Echynochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock (Poaceae) em solo de várzea contaminado com petróleo de Urucu". *Acta Amazônica*; 2009, 39-3: 583-590.
17. Forsberg, B. R.; Hamada, N.; Ferreira, R.; Conserva, A.; Frickmann, F.; Couceiro, S.; Silva, J. *Avaliação da integridade da biota do ecossistema do Cururu após o vazamento de petróleo: relatório final*. Manaus: Fundação Djalma Batista, 2001, CD-rom.
18. Petrobrás. 1997. *Características do petróleo Urucu*. CNPES: Ssepsq: Diquim: Setav Anexo V.
19. Pezeshki, S.R.; Hester, M.W.; Lin, Q.; Nyman, J.A. "The effect of oil spill and cleanup on dominant US Gulf coast marsh macrophytes: a review". *Environment Pollution*, v.180, p.129–139, 2000.
20. Piedade, M. T. F.; Junk, W. J.; Long, S. P. "The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain". *Ecology*, v.72, n.4, p. 1456-1463, 1991.
21. Lopes, A.; Piedade, M.T.F. "O período da contaminação com petróleo influencia a rebrota de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock em solo de várzea da Amazônia Central?" *Biota Neotroprotipa* 2010, 10(4): 143-148.
22. Lopes, A.; Rosa-Osman, S. M.; Piedade, M. T. F. "Effects of crude oil on survival, morphology, and anatomy of two aquatic macrophytes from the Amazon floodplains". *Hydrobiology,* 2009; 636(1): 295-305.
23. Victorio, S. S.; Camargo, A. F. M.; Henry-Silva, G. G. "Influência de diferentes concentrações de petróleo sobre macrófita aquática submersa enraizada *Egeria densa*". Livro de Resumos da Reunião Anual de Avaliação PRH-ANP 2006 . p.117-120, 2006.
24. Laurent, P. and Perry, S. F. "Environmental effects on fish gill morphology". *Physiological Zoology* 1991; 64: 4-25.
25. Dados obtidos por M.R. Faria; O.F. Costa e Adalberto L. Val.
26. Wilson, J.M. & Laurent, P. "Fish gill morphology: inside out". *J. Exp. Zool*., 2002; 293: 192-213.
27. Wood, C.M. "Flux measurements as indices of H+ and metal effects on freshwater fish". *Aquatic Toxicology*, 1992; 22: 239-264.
28. Matsuo, A.Y.O.; Woodin, B.R.; Reddy, C.M.; Val, A.L.; Stegeman, J.J. "Humic substances and crude oil induce cytochrome P450 1A expression in the amazonian fish species *Colossoma macropomum* (Tambaqui)". *Environmental Science & Technology* 2006; 40: 2851-2858.
29. Matsuo, A.Y.O. & Val, A.L. "Acclimation to humic substances prevents whole body sodium loss and stimulates branchial calcium uptake capacity in cardinal tetras Paracheirodon axelrodi (Schultz) subjected to extremely low pH". *Journal of Fish Biology*. 2007; 70: 989-1000.
30. Miles, L., Grainger, A. & Phillips, O. "The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia". *Global Ecology and Biogeography* 2004; 13: 553-565.
31. Piedade, M. T. F. ; Schöngart, J ; Wittmann, F ; Parolin, Pia ; Junk, W. "Impactos da inundação e seca na vegetação de áreas alagáveis amazônicas". In: Borma, L.S.; Nobre, C.. (Org.). *Secas na Amazônia: causas e consequências*. 1ed.São Paulo: Oficina de Textos, 2013: 268-305.
32. Schneider, B., Latif, M., & Schmittner, A. "Evaluation of different methods to assess model projections of the future evolution of the Atlantic meridional overturning circulation". *Journal of Climate*, 2007; 20(10): 2121-2132.
33. Salati E. "The climatology and hydrobiology of Amazonia". In: Prance GT, Lovejoy TE. Eds. *Key Environments Amazonia* Oxford:Pergamon Press 1985: 18-40.
34. Nobre, C.A.; Sampaio, G.; Salazar L. "Mudanças climáticas e Amazônia". *Ciência e Cultura* 2007; 59: 22-27.
35. Lopes, A.; Castro, N. ; Pantoja, P. ; Ferreira, A. B. ; Piedade, M. T. F. . "Effect of elevated CO_2 and temperature on germination and initial growth of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott (Araceae): a microcosm experiment". *Congresso Brasileiro de Limnologia*, Bonito-MS; 2013.
36. Claro-Jr, L.; Ferreira, E.; Zuanon, J.; Araújo-Lima, C. "O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil." *Acta Amazônica*. 2004; 34(1): 133-137.
37. Sánchez-Botero, J. I.; Farias, M. L. de; Teresa, M. & Garcez, D. S. Kunth "Eichhornia crassipes (Mart .) Solms . no lago Camaleão, Amazônia Central" , Brasil. *Sci. York*; 2003: 369–375 .
38. Colares, I. G.; Colares, E. P. "Food plants eaten by amazonian manatees (*Trichechus inunguis*, Mammalia: Sirenia)" *Brazilian Archives of Biology and Technology*; 45.1: 67-72, 2002.
39. MMA – Ministério do Meio Ambiente. "Instrução Normativa nº 11", de 17 de maio de 2005.
40. IUCN. "IUCN red list of threatened species". Version 2010.1; Disponível em: www.iucnredlist.org acesso em 05/05/2010.

PERSPECTIVAS DE PESQUISAS NA RELAÇÃO ENTRE CLIMA E O FUNCIONAMENTO DA FLORESTA AMAZÔNICA

Paulo Artaxo
Maria Assunção Faus da Silva Dias
Laszlo Nagy
Flávio J. Luizão
Hillândia Brandão da Cunha
Carlos A. N. Quesada
José A. Marengo
Alex Krusche

Divulgação

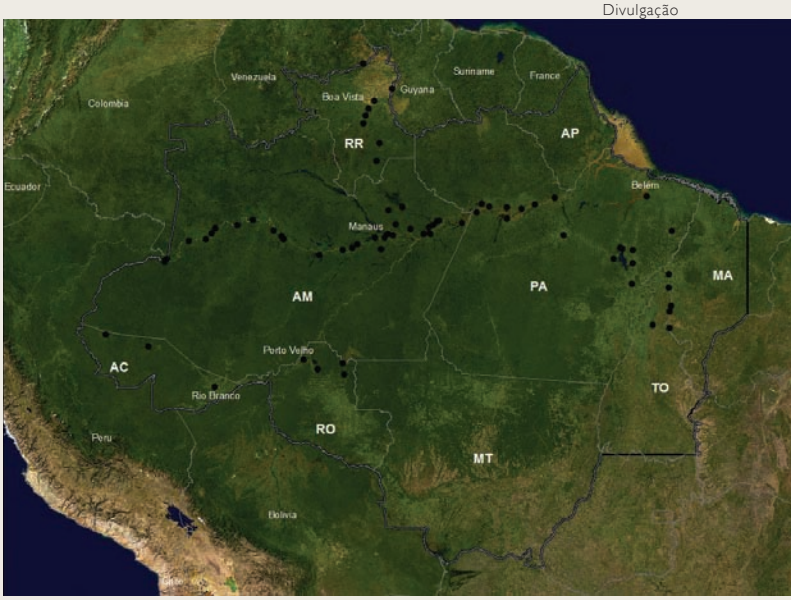


Figura 1 – Floresta amazônica vista do espaço, contendo a maior área contígua de floresta primária em nosso planeta

Pesquisas recentes do programa LBA (Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) demonstram ligações entre o clima e o uso da terra na Amazônia e o funcionamento do bioma (1). A vegetação tem uma estreita relação com a atmosfera, controlando uma série de processos físico-químicos que influenciam a taxa de formação de nuvens, quantidade de núcleos de condensação de nuvens, quantidade de vapor de água, balanço de radiação, emissão de gases biogênicos e de efeito estufa entre tantas outras propriedades. A Amazônia, por sua localização tropical e grande área (Figura 1), é uma importante fonte de vapor de água para nosso planeta. Ela também contém o maior reservatório de carbono entre os ecossistemas terrestres, e tem um papel fundamental na mitigação das mudanças climáticas em curso. A mobilização de pequena fração do carbono acumulado na biomassa da floresta pode perturbar o ciclo de carbono global. A Amazônia também é parte do mais intenso ciclo hidrológico de nosso planeta, com um sofisticado processamento e reciclagem de vapor de água, que alimenta a maior bacia hidrológica. Estes aspectos fazem da região amazônica uma questão central em pesquisas de clima e nas mudanças globais. Desde seu início, o programa LBA focou no relacionamento entre clima, ciclos biogeoquímicos e o papel da mudança de uso do solo em curso, alterando o funcionamento do bioma.

LIGAÇÕES ENTRE A FLORESTA E O CLIMA REGIONAL E GLOBAL

Conhecemos ainda pouco dos intensos mecanismos de retroalimentação entre a ecologia básica do funcionamento da floresta e o clima da região amazônica. O complexo funcionamento biológico da floresta, com fortes ligações com o sistema hidrológico que a sustenta, e o armazenamento de carbono fazem da Amazônia um laboratório único em nosso planeta (2). Sua enorme biodiversidade traz características únicas ao funcionamento biológico e às relações com o clima regional, bem como à ecologia de ecossistemas. As emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs) pelas plantas e sua posterior transformação em partículas de aerossóis, com a consequente alteração nos núcleos de condensação de nuvens, é um exemplo importante dessa forte interação entre biosfera e atmosfera, uma área de contínuo foco de pesquisas futuras (3).

CLIMA DA AMAZÔNIA – PERSPECTIVAS OBSERVACIONAIS

O conhecimento do clima amazônico é relativamente recente. Algumas medidas de chuva e de níveis de rios datam do início do processo de colonização. Porém, observações do clima voltadas para a busca da compreensão de perguntas específicas como por que, onde, e como chove, e qual a relação da floresta com a chuva e com a temperatura, se iniciaram na década de 1980. Desde as primeiras medidas constatou-se a riqueza de processos e inter-relações entre a floresta e a atmosfera, e como é sensível o equilíbrio climático às perturbações causadas pela ação do homem. O clima na Amazônia não é isolado do resto do nosso planeta e passa por evoluções em função de alterações climáticas de caráter global como, por exemplo, a ocorrência de El Niño e La Niña. A Amazônia tem diversas sub-regiões com características climáticas distintas. De uma forma geral as partes norte e leste são influenciadas mais diretamente pelo oceano Atlântico, enquanto que nas partes sul e oeste são frequentes as chegadas de frentes frias provenientes do sul em dissipação causando friagens.

Um aspecto que se conhece hoje sobre a floresta amazônica é que ela injeta vapor d'água na atmosfera com mais vigor durante a estação seca do que na estação chuvosa, em função das raízes profundas das árvores e do fato de haver um sombreamento por nuvens na estação chuvosa que reduz a energia solar disponível para as plantas fazerem fotossíntese e evapotranspirar intensamente. Esse resultado das pesquisas é importante, pois modelos de previsão de tempo e clima não tinham essa função bem representada e supunha-se que na estação seca, devido ao solo seco, as árvores estariam injetando menos vapor d´água no ar e esse erro de modelagem tinha implicações na quantidade de chuva prevista.

Em toda a Amazônia aparece um ciclo anual da chuva no qual, nos meses chuvosos, as nuvens têm características similares a nuvens marítimas e nas estações seca e de transição entre seca e chuvosa elas se parecem mais com nuvens continentais. Duas vertentes importantes são os efeitos das emissões atmosféricas de queima de biomassa (uma prática comum de desmatamento e manejo de pastagem) e do desmatamento (transformação da vegetação natural em pastagem ou culturas) na quantidade de chuvas (4).

O fogo, usado em associação com a agricultura e como forma de facilitar o desmatamento, causa emissões de enormes quantidades de fumaça constituída de gases e partículas de aerossóis. Os aerossóis exercem duas funções básicas na atmosfera: em primeiro lugar refletem a radiação que vem do sol e assim "sombreiam" o solo e a vegetação, que recebem menos radiação solar direta. Os aerossóis aumentam a fração de radiação difusa, que é particularmente importante para os processos que ocorrem dentro da copa das árvores, tanto para a fotossíntese (aumenta a absorção de carbono pela floresta) como para produção de vários gases traços, tais como os compostos orgânicos voláteis (VOCs) (5). Um segundo efeito dos aerossóis é sua capacidade de atuar como núcleos de formação de gotas nas nuvens e, desta maneira, sua enorme concentração na fumaça tem implicações no tipo de chuva que se forma e em como as nuvens se formam e evoluem. Numa atmosfera limpa, sem fumaça, as nuvens tendem a ter chuva mais cedo e mais branda do que em atmosferas poluídas. Nestas, a tendência é que as nuvens demorem mais para chover e, ao fazê-lo, serem mais violentas com ventanias e descargas elétricas mais abundantes. Tanto o sombreamento provocado pela fumaça como a alteração interna das nuvens, devidas aos aerossóis, têm a capacidade de alterar a quantidade de chuva. Se vai chover mais ou menos e aonde, em ambientes poluídos, depende de uma série de fatores e é ainda objeto de pesquisas.

O DESMATAMENTO INTERFERE NO CLIMA DIRETAMENTE ATRAVÉS DE MUDANÇAS NA TEMPERATURA E NA CHUVA

O desmatamento também interfere no clima diretamente através de mudanças na temperatura e na chuva. As pesquisas já realizadas indicam que na época chuvosa há pequena diferença de temperatura entre regiões desmatadas e florestas. Mas na estação seca a diferença de temperatura pode chegar a vários graus Celsius. Regiões desmatadas que incluem cidades têm maior temperatura ainda, podendo registrar até 5^{o}C a mais que regiões próximas com florestas. As regiões desmatadas quando são relativamente pequenas tendem a aumentar a quantidade de chuva justamente por causa do calor adicional. Mas quando são muito grandes, o resultado é uma diminuição da chuva, pois a redução da evapotranspiração da floresta acaba por diminuir a disponibilidade de água na atmosfera.

A Amazônia está passando por um processo de urbanização, e regiões urbanas próximas a grandes rios podem passar a ser um padrão comum representando, então, um novo desafio para entender seu impacto no clima. A poluição atmosférica gerada nas cidades, por queima de combustíveis e emissões industriais, é levada pelos ventos para regiões distantes, cobertas de floresta ou áreas de produção. A presença da região urbana e dos grandes rios modifica o regime de ventos e altera o ciclo diurno de formação de nuvens. Um dos gases que vão sendo produzidos pela ação do sol na poluição atmosférica é o ozônio, que tem um conhecido efeito de danificar a vegetação, sendo fitotóxico. Mas qual é o efeito total nas várias formas de cobertura da terra? Esta questão está sendo estudada no projeto internacional do GoAmazon, do qual o Inpa e a UEA são as instituições coordenadoras.

No passado, há milhares de anos, a Amazônia passou por épocas mais secas e quentes que a atual, isso tudo registrado em sedimentos no fundo de lagos na região. Desde os anos 1960, a variabilidade climática natural está se sobrepondo à interferência humana tais como fogo, desmatamento e poluição. Ao acompanhar os extremos de tempo e clima observados nos dias de hoje é possível identificar uma complexa interação entre os diversos processos. Aprofundar o entendimento do que ocorre hoje, por meio de pesquisas baseadas em dados cada vez mais detalhados, é certamente um grande passo para prever o futuro do bioma Amazônia.

A MODELAGEM CLIMÁTICA NA AMAZÔNIA A modelagem climática da Amazônia é uma área de pesquisa que deixa muito claro as limitações de nosso entendimento sobre os processos que afetam o funcionamento do bioma amazônico. Vários estudos têm revisado experiências de modelagem climática na Amazônia, começando com experimentos de desmatamento realizados desde finais dos anos 1970 até o presente, com complexos experimentos de impactos de aerossóis de queimadas no clima regional e global e de vegetação dinâmica. Em todos esses experimentos as conclusões sugerem um aumento na temperatura na Amazônia que, de acordo com os vários cenários, atinge valores de 3 a 6 ^{o}C até finais do século XXI. Este efeito deve ocorrer junto com uma redução da precipitação, particularmente na região leste da Amazônia, que pode chegar até 30% nos cenários mais radicais de altas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Além das implicações diretas que as temperaturas mais altas e a menor precipitação pluviométrica têm para a população, é possível que elas alterem a hidrologia regional e processos que mantêm em funcionamento o bioma amazônico, afetando, em consequência, o clima regional e o clima global.

As interações entre floresta, clima e dióxido de carbono (CO_2) são complexas. Experiências de modelagem nos inícios dos anos 2000 apontavam para um cenário de colapso do bioma amazônico, o chamado *dieback* da Amazônia. Isso levaria a uma transformação no papel da vegetação natural amazônica, passando de um pequeno sumidouro líquido para uma fonte de CO_2 ao longo deste século. Por outro lado, resultados de modelos climáticos acoplados à ciclo de carbono sugerem que uma savanização de parte da Amazônia pode ser também gerada se a área desmatada atingir mais de 40%. Embora a existência desses potenciais pontos sem retorno ainda precise ser esclarecida, interações entre as mudanças climáticas e o desmatamento podem torná-los mais prováveis. Recentemente,

Huntingford et al (6) analisaram 22 modelos climáticos globais e, de acordo com os modelos climáticos, existe a possibilidade de um colapso do bioma da floresta amazônica induzida pela mudança de clima (isto é, não diretamente pelo desmatamento) até o ano 2100, mas os impactos modelados podem ser menores que os estudos de uma década atrás. Do ponto de vista da precipitação, os modelos sugerem que até finais do século XXI poderá ocorrer um aumento nos extremos de precipitação na Amazônia ocidental, enquanto reduções são projetadas para a Amazônia oriental.

Os novos modelos CMIP5 do 5º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC AR5), publicados recentemente, mostram um forte consenso quanto à intensificação e ao alongamento da estação seca na Amazônia oriental. Os modelos climáticos variam bastante entre si, mas a maior parte prevê aumento na ocorrência de eventos climáticos extremos nas próximas décadas, por causa do aquecimento global, particularmente reduções de chuva na Amazônia oriental.

A degradação ou diminuição da vegetação natural amazônica em decorrência das mudanças climáticas provavelmente trará sérias consequências para os habitantes da região e de fora – perda de biodiversidade, regulação das chuvas, influência sobre o balanço de carbono e todos os serviços ecossistêmicos que a floresta oferece potencialmente. É sempre preciso lembrar, no entanto, que esses modelos de clima e vegetação estão sujeitos a grandes incertezas devido ao fato de que eles não incluem a variação em solos e hidrologia e algumas das retroalimentações biogeoquímicas em jogo na Amazônia.

A BIOGEOQUÍMICA AQUÁTICA DA BACIA AMAZÔNICA Vista do alto por imagens de satélite, ou mesmo em mapas, a Amazônia parece um gigantesco espaço verde, recortado quase que na metade por um canal sinuoso, que corre das cordilheiras dos Andes ao oceano Atlântico. Este canal, denominado rio Solimões a partir da fronteira com o Peru, constitui, após seu encontro com o rio Negro nas cercanias de Manaus, o maior rio do mundo, denominado Amazonas. A dimensão deste curso d'água é de difícil visualização por esse tipo de imagem, mas pode-se imaginar sua importância medindo a largura dos dois principais canais na sua desembocadura no oceano, que somam aproximadamente 23 km de largura. Soma-se a isso a profundidade média de 30 metros nesses canais e podemos imaginar um "muro de água" com a altura de um prédio de 10 andares, se estendendo ao longo de 230 quarteirões de uma cidade. A quantidade exata da água que o rio descarrega para o oceano é desconhecida; medidas são disponíveis da cidade de Óbidos (PA), mil quilômetros antes da desembocadura. Entrando milhares de quilômetros mar adentro e levando ferro adsorvido nos sedimentos, um nutriente essencial para as algas marinhas, a água do Amazonas "aduba" a costa de tal forma que, segundo estimativas recentes, na sua pluma marinha é fixado em torno de 20% de todo o CO_2 absorvido pelas algas nos oceanos do mundo.

A copa das árvores vista nos satélites esconde, ainda, uma imensa rede de pequenos rios que forma o sistema de drenagem dessa bacia que se fossem todos desenhados em um mapa, em uma folha de papel comum, formariam um borrão com milhares de traços. Essa água que vem para a superfície saindo do lençol freático (a água subterrânea) se junta com a água da chuva para percorrer caminhos específicos que mudam a cada lugar, de acordo com as características da paisagem, como a topografia, os tipos de solo e a vegetação. Essas características visuais das águas da Amazônia ainda hoje são utilizadas para identificá-las, associando-as às suas propriedades físico-químicas. As águas da Amazônia estão divididas em três categorias: em pretas (como o rio Negro), brancas (como o rio Solimões, de coloração marrom) e claras (como o rio Tapajós). Apesar de válidas na maioria dos casos, nem sempre as características visuais correspondem às mesmas propriedades. As propriedades das águas se relacionam melhor com a morfologia do terreno (montanhas x planícies) com tipos de solos que percorrem, os quais, por sua vez, dependem das rochas das quais se originaram. Assim, rios mais pobres em sais, com poucos sedimentos em suspensão e coloração mais escura e pH ácido, devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos provenientes da decomposição de plantas, geralmente ocorrem em regiões planas, com solos arenosos sobre rochas muito intemperizadas. Em termos da composição química, podem ser identificados por apresentarem uma predominância dos cátions sódio (Na) e potássio (K) sobre os demais íons. No outro extremo se encontram rios com coloração barrenta, devida à grande quantidade de sedimentos em suspensão que carreiam e pH próximo da neutralidade (7,0), produtos da erosão de regiões montanhosas, que contêm rochas carbonatadas e que conferem uma composição química onde cálcio (Ca) e magnésio (Mg) se destacam como íons principais.

Sazonalmente, esse último grupo de rios se comporta como até pouco tempo era o modelo geral existente para rios, no qual as concentrações de íons são maiores no período de menores descargas, quando o maior tempo de contato com a água favorece o intemperismo das rochas, e diminuem a medida que sofrem diluição com a vinda das chuvas e águas de degelo dos Andes. Na Amazônia foi descrito, pela primeira vez, um comportamento inverso, em ambientes onde as rochas são muito intemperizadas, e o aumento das concentrações ocorre justamente quando aumentam as chuvas e a lavagem dos nutrientes que se encontram armazenados nos solos e não nas rochas.

As lições que aprendemos recentemente sobre a importância do Amazonas para o oceano Atlântico e sobre mecanismos geoquímicos tão distintos aos de rios do Hemisfério Norte talvez não sejam tão surpreendentes quanto o que descobrimos sobre a biogeoquímica desses sistemas. Em sua grande maioria, e por razões ainda não totalmente compreendidas, os rios da Amazônia apresentam concentrações de CO_2 muito superiores àquelas encontradas na atmosfera. Somadas, as áreas cobertas pela água desses rios nos seus canais, e nas planícies que inundam durante as cheias, emitem para a atmosfera quantidades de CO_2 que são da mesma ordem de grandeza das menores estimativas de fixação de CO_2 por todos os ambientes terrestres da região, cuja área é imensamente maior. Esse transporte de carbono, da água para a atmosfera, é cerca de 13 vezes superior ao que o rio exporta para o mar (considerando as medidas em Óbidos). Mais ainda, em relação aos gases de origem biogênica, oxigênio e CO_2, bem como a quantidade de carbono orgânico dissolvido, o pH e as taxas respiratórias, todos os rios, independentemente de suas

características físico-químicas, apresentam exatamente o mesmo padrão sazonal. Com exceção de um rio naturalmente represado, o rio Caxiuanã, todos os rios estudados nos últimos dez anos, sejam eles grandes ou pequenos, de águas negras ou barrentas, apresentam maiores concentrações de CO_2 e carbono orgânico dissolvido e valores menores para O_2 e pH durante o período de cheias. Isto demonstra como a água age como elo entre os sistemas terrestres e aquáticos. Mas será que todo o CO_2 das águas dos rios amazônicos vem dos ambientes terrestres? E será que o CO_2 que sai dessas águas não pode ser reaproveitado dentro da própria floresta? Sabemos que águas subterrâneas em solos arenosos têm concentrações elevadíssimas de CO_2 (até 50.000 ppm, contra 400 ppm na atmosfera), mas ao saírem para a superfície para formar os pequenos igarapés, quase todo esse CO_2 se esvai para a atmosfera poucos metros igarapé abaixo e, portanto, esse CO_2 não chega aos grandes canais. Talvez a descoberta recente de que as ligninas (macromoléculas orgânicas de origem dos tecidos das árvores, comuns nas águas do rio Amazonas), antes consideradas muito refratárias (que não se decompõe facilmente), podem ser responsáveis pelo consumo de até 75% do oxigênio da água durante sua decomposição, seja a derradeira resposta a respeito da origem do CO_2 nessas águas. Mas, se quisermos realmente compreender como funciona o bioma amazônico, ainda temos um longo caminho até quantificarmos todos os fluxos biogeoquímicos internos e com o restante da biosfera daquela que é a molécula da vida, o carbono.

BIOGEOQUÍMICA TERRESTRE NA AMAZÔNIA: RESPOSTAS ÀS MUDANÇAS AMBIENTAIS A bacia hidrográfica da Amazônia se estende desde a cordilheira dos Andes, no oeste, até o oceano Atlântico no leste e cobre cerca de 5% da área terrestre do planeta. O bioma da Amazônia se caracteriza por uma enorme floresta tropical úmida, intimamente ligada à atmosfera e aos solos pobres, inserida numa imensa rede de rios e igarapés. A vegetação do bioma inclui áreas permanentemente afetadas pela água (áreas úmidas – lençol freático na superfície ou muito perto), áreas sazonalmente alagadas (várzea e igapó, vegetação ciliar), ou áreas não afetadas por inundação (terra firme). As florestas de terra firme não recebem nutrientes dos sedimentos transportados pela água dos rios nas cheias. Outros biomas na bacia hidrográfica amazônica incluem o yungas dos declives dos Andes, partes do páramo e puna; e partes do cerrado.

As várias fisionomias de vegetação possuem seus próprios ciclos biogeoquímicos, que apesar de ter similaridades entre si, divergem por causa das características ligadas à biodiversidade (composição florística), solos (estrutura e disponibilidade de nutrientes) e hidrologia (disponibilidade de água).

As florestas de terra firme cobrem cerca de 70% da área do bioma da floresta amazônica e são mais conhecidas em relação à ciclagem de nutrientes, que se baseia em diversos mecanismos de "conservação" de nutrientes, especialmente na eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta. Isto envolve a assimilação de CO_2 da atmosfera, e água e nutrientes essenciais em forma de minerais do solo. Em processos bioquímicos, como a fotossíntese e vários outros, se produz matéria orgânica e libera-se oxigênio. Uma parte dos compostos orgânicos produzidos é usada pelas árvores para se manter (respiração, que produz CO_2, como nos humanos); enquanto uma outra parte permanece na árvore, gerando crescimento, em forma de tecidos que vão se constituir em madeira, raízes e folhas.

Aproveitando as condições favoráveis da grande insolação, alta temperatura tropical e umidade sempre elevada, a floresta tem altas taxas de produção de matéria orgânica (que os ecólogos chamam produtividade primária), ou seja, a floresta fixa grandes quantidades de carbono (e nutrientes minerais) na biomassa. É comum encontrar florestas de terra firme com média de 300 toneladas por hectare de biomassa acima do solo (massa seca, incluindo troncos, ramos, galhos, e folhagem) sendo metade disso carbono, que é parcialmente reciclado quando morre uma árvore ou parte dela e seus tecidos são decompostos por organismos como os fungos, bactérias e outros organismos. A produção de liteira fina nas florestas intactas parece estar aumentando nas últimas décadas, acompanhando o crescimento das árvores (e de suas copas), possivelmente devido à maior concentração de CO_2 na atmosfera. Para alguns nutrientes, a liteira não é a fonte principal de entrada para o solo: o fósforo (P) tem sua maior entrada da atmosfera pela precipitação, enquanto que os fluxos de magnésio (Mg) e, principalmente, de potássio (K) são fortemente influenciados pela lavagem, pelas chuvas, das copas das árvores (enriquecimento).

Em anos "normais", ou seja, sem seca extrema ou prolongada, a floresta funciona como um pequeno sorvedouro de gás carbônico (CO_2), e assim compensa as emissões de CO_2 de desmatamento e queimadas na região (7). Porém, quando ocorrem grandes secas na Amazônia, como as de 2005 e 2010, o bioma floresta amazônica pode converter-se temporariamente em fonte emissora de CO_2 para a atmosfera, em grande parte porque a seca provoca a morte de muitas árvores, incluindo, sobretudo, as árvores maiores. Além disso, por produzir aberturas na floresta e acumular muito material combustível, as secas facilitam incêndios florestais em áreas antes não sujeitas a esse fenômeno, emitindo mais CO_2 e facilitando outros incêndios nos anos a seguir. A exploração de madeira é uma atividade crescente na Amazônia e produz também uma grande quantidade de resíduos vegetais combustíveis.

Nas áreas desmatadas na Amazônia, por implantar cultivos agrícolas em monoculturas ou pastagens com uma só espécie de gramínea, os impactos negativos são esperados e severos, já que os mecanismos básicos de funcionamento do ecossistema da floresta ou outras fisionomias de vegetação natural, com sua efetiva proteção da superfície do solo e reciclagem de matéria orgânica e nutrientes, são rompidos. Além disso, alguns nutrientes, como o nitrogênio e o enxofre, podem ser perdidos em altas proporções na queimada inicial e/ou nas queimadas posteriores, com um forte potencial de se tornarem limitantes no sistema de produção e podem levar ao abandono da área de pastagem ou cultivo em poucos anos. A perda de sua capacidade produtiva gerou milhões de hectares abandonados de agrossistemas amazônicos, e o consequente desmatamento e uso de novas áreas de floresta. Por isto, há hoje uma busca por técnicas adequadas de reutilização dessas áreas abandonadas ou degradadas; três usos alternativos para essas áreas de capoeiras (vege-

tação secundária que cresce espontaneamente após abandono) têm sido mais testados: i) enriquecimento das capoeiras (especialmente com espécies madeireiras e/ou frutíferas); ii). implantação de novos sistemas agrícolas com o uso da biomassa, sem queima; iii). implantação de sistemas agroflorestais diversificados, com espécies nativas. As duas últimas têm experimentos correntes em diferentes partes da Amazônia, mostrando resultados promissores na recuperação das características físicas, químicas e biológicas do solo, bem como na reabilitação da ciclagem da matéria orgânica e dos nutrientes minerais, e na estocagem de carbono e nutrientes minerais na biomassa, trazendo assim de volta diversos "serviços ambientais" (funções da natureza que o homem aproveita) dos ecossistemas florestais.

AVANÇANDO NO ENTENDIMENTO DOS PROCESSOS QUE REGULAM O CLIMA E O FUNCIONAMENTO DA AMAZÔNIA Estudos integrados e multidisciplinares permitem avançar o conhecimento sobre o funcionamento do ecossistema amazônico. Em particular estudos que permitam entender as conexões entre o funcionamento biológico da floresta e o clima são essenciais em um cenário onde as mudanças climáticas já estão alterando os processos básicos de funcionamento do ecossistema amazônico, sendo que a variabilidade climática natural se sobrepõe a essas mudanças afetando vastas regiões do continente. Extremos climáticos-hidrológicos, ciclagem de nutrientes, hidrologia, balanço de carbono, emissões de gases e partículas, interação entre radiação e fotossíntese, ciclo hidrológico e outros, e os seus impactos nos sistemas humanos e naturais são temas estratégicos para o país. Questões socioeconômicas que influenciam o padrão de ocupação da Amazônia são essenciais de serem entendidos, bem como as questões associadas com grandes empreendimentos, tais como hidrelétricas e abertura de estradas. O papel da Amazônia no clima global depende de muita ciência inovadora, a ser feita com integração de disciplinas e com parcerias internacionais.

Apesar de grandes avanços alcançados no âmbito de vários programas de pesquisa da Amazônia (por ex. LBA, Geoma, PPBio, PDBFF) resta muito por fazer para entender melhor como a grande paisagem da Amazônia funciona hoje e como funcionará no futuro sob a influência crescente do impacto do uso da terra e das mudanças climáticas em curso. Para isto, o uso mais intenso de tecnologias inovadoras e de medidas com o uso de sensores avançados em satélites e aeronaves instrumentadas, bem como novos experimentos manipulativos, simulando mudanças no clima, nas concentrações de CO_2 na atmosfera, e outros causados pelas mudanças no uso da terra, serão essenciais. Nos próximos anos será preciso um esforço colaborativo entre pesquisadores de várias disciplinas, com um papel de destaque para um pensamento que reúna a ecologia de paisagem e a ecologia de ecossistemas (8) no estudo de causas e consequências da heterogeneidade espacial da Amazônia para o funcionamento do bioma amazônico. Esta é uma fronteira não só para disciplinas acadêmicas, mas para a gestão ambiental da Amazônia. Além do conhecimento avançado do funcionamento de paisagens da Amazônia, será necessário avaliar, nesse contexto, as consequências potenciais das políticas públicas, como, por exemplo, as do novo código florestal para sustentabilidade ecológica e desenvolvimento econômico da Amazônia. Tudo isso exige um programa de estudos integrados dos sistemas ecológicos e socioeconômicos, junto com o desenvolvimento de um sistema que permita a avaliação objetiva de opções de desenvolvimento e consequências ambientais (por exemplo, expressadas em termos de mudanças dos valores dos serviços ecossistêmicos, um dos quais é a capacidade da bacia para sequestrar carbono). Os governos estaduais e federal deverão aproveitar a contribuição potencial da ciência à legislação socioambiental e se manifestar, nesse sentido, com fiscalização adequada para que o investimento em ciência produza um retorno tangível de curto e longo prazo.

Paulo Artaxo *é professor titular do Departamento de Física Aplicada do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), é membro do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e é membro da coordenação do Programa Fapesp de Mudanças Globais.*

Maria Assunção Faus da Silva Dias *é professora titular do Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP), membro do IPCC e é membro da Academia Brasileira de Ciências.*

Laszlo Nagy*, é gerente científico do Programa LBA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e Fundação Amazônica de Defesa da Biosfera .*

Flávio J. Luizão *é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e desenvolve pesquisas na área de biogeoquímica e ciclagem de nutrientes. Hillândia Brandão da Cunha é pesquisadora titular do Inpa, desenvolve atividades voltadas para a caracterização hidrobiogeoquímica de ambientes lóticos, lênticos e qualidade das águas superficiais e águas subterrâneas na Amazônia.*

Carlos Alberto Quesada *é pesquisador do Inpa. Desenvolve pesquisas com ciclos biogeoquímicos e interações entre os solos e a dinâmica florestal na Amazônia.*

José A. Marengo *é pesquisador do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST-Inpe), é membro do IPCC e é membro dos comitês científicos de vários programas internacionais (IAI, IGBP) e nacionais (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, INCT- Mudanças Climáticas)*

Alex V. Krusche *é professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da USP, coordenador da Rede Beija-Rio de pesquisas em rios da Amazônia e do projeto brasileiro do Belmont Forum sobre segurança hídrica.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davidson, E. A.; Araújo, A. C. de; Artaxo, P.; Balch, J. K.; Brown, I. F.; M Bustamante,. M. da C.; Coe, M. T.; DeFries, R. S.; Keller,M.; Longo, M.; Munger, J. W.; Schroeder, W.; Soares-Filho,B. S.; Souza Jr., C. M.; Wofsy, S. C.. "The Amazon basin in transition". *Nature*, 481, 321-328, doi:10.1038/nature10717, Jan 19, 2012.
2. Artaxo, P.; Rizzo, L. V.; Brito, J. F.; Barbosa, H. M. J.; Arana, A.; Sena, E. T.; Cirino, G. G.; Bastos, W.; Martin, S. T.; Andreae, M. O.. "Atmospheric aerosols in Amazonia and land use change: from natural biogenic to biomass burning conditions". *Faraday Discussions*, DOI:10.1039/C3FD00052D, 2013.
3. Martin, S. T.; Andreae, M. O.; Artaxo, P.; Baumgardner, D.; Chen, Qi; Goldstein, A. H.; Guenther, A. B.; Heald, C. L.; Mayol-Bracero, O. L.; McMurry, P. H.; Pauliquevis, T.; Pöschl, U.; Prather, K. A.; Roberts, G. C.; Saleska, S. R.; Silva Dias, M. A.; Spracklen, D. V.; Swietlicki, E. and Trebs, I. "Sources and properties of Amazonian aerosol particles". *Review of Geophysics*, Vol. 48, Article number RG2002, DOI: 10.1029/2008RG000280, 2010.
4. Silva Dias, M.A.F; Rutledge, S.; Kabat, Silva Dias, P.; P. L ; Nobre,C.; Fisch, G.; Dolman, A.J.; Zipser, E.; Garstang, M.; Manzi, A.; Fuentes, J.

D.; Rocha, H.; Marengo, J.; Plana-Fattori, A.; Sá, L.; Alvalá, R.; Andreae, M. O.; Artaxo, P.; Gielow, R.; Gatti, L. V. "Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region". *Journal of Geophysical Research*, Vol. 107, No. D20, 8072 - 8092, doi:10.1029/2001JD000335, 2002.

5. Cirino, G.G.; Souza, R. F.; Adams, D. K. and Artaxo, P.. "The effect of atmospheric aerosol particles and clouds on net ecosystem exchange in Amazonia". *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13, 28819-28868, doi:10.5194/acpd-13-28819-2013, 2013.
6. Huntingford, C. and co-authors. "Simulated resilience of tropical rainforests to CO_2-induced climate change". *Nature Geoscience,* 6, 268-273 (2013) doi:10.1038/ngeo1741, 2013.
7. Malhi et al., 2012. Malhi, Y. "The productivity, metabolism and carbon cycle of tropical forest vegetation". *Journal of Ecology*, 100(1): 65-75, 2012.
8. Lovett, G. M.; Jones, C. G.; Turner, M. G. and Weathers, K. C. (Edit.) *Ecosystem function in heterogeneous landscapes*. Springer-Verlag, New York, New York, USA. 2005.

O BAMBU É UM DESAFIO PARA A CONSERVAÇÃO E O MANEJO DE FLORESTAS NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

Evandro José Linhares Ferreira

No sudoeste da Amazônia ocorrem extensas áreas de florestas nativas com o subosque (interior da mata) dominado por algumas espécies de bambu do gênero *Guadua* (Foto 1). Localmente conhecidas como "tabocais" no Brasil e "pacales" no Peru, essas florestas ocupam uma área estimada em 161.500 km² (1) (Figura 1) no sudoeste da Amazônia brasileira, nos estados do Acre e Amazonas, norte da Amazônia boliviana, no Departamento de Pando, e quase toda a Amazônia central do Peru, nos Departamentos de Madre de Dios e Ucayali. Estima-se que 59% da cobertura vegetal do Acre é composta por florestas primárias nas quais o bambu se apresenta como elemento principal ou secundário do subosque (2; 3).

O gênero *Guadua* está amplamente distribuído nas Américas e caracteriza-se pelo hábito arborescente, porte mediano a grande, colmos e ramos com espinhos recurvados que auxiliam a sua fixação em outras plantas (4). Assim como outros bambus, *Guadua* possui florescimento monocárpico, ou seja, cada população individual apresenta um único evento com floração e frutificação maciças e sincrônicas (5; 6) seguidas de mortalidade de toda a população. A longevidade das populações de *Guadua* no sudoeste da Amazônia é estimada entre 27 e 28 anos (1). A sincronia na floração, frutificação e morte do bambu acontece por ser uma planta clonal, suportada por uma extensa teia rizomatosa subterrânea. Estudo recente estimou que o tamanho médio das populações de bambu no sudoeste da Amazônia é de 330 km², mas em uma delas a extensão ocupada era de 2.750 km² (1).

As espécies de bambu mais frequentes nos tabocais do sudoeste da Amazônia são *Guadua sarcocarpa* Londoño & P. M. Peterson e *G. weberbaueri* Pilg. Ambas são lenhosas de hábito arborescente, sarmentosas e podem atingir até 20 m de altura e 10 cm diâmetro (4). Embora eretos no início de seu crescimento, os colmos adultos dessas espécies se apoiam em outras árvores para atingir o dossel da floresta. Nesse processo as copas das árvores de pequeno e médio porte (DAP ≤ 30 cm) nas quais os colmos se apoiam são danificadas (7). A grande concentração de colmos que se estabelece nas áreas mais propícias para a espécie exerce uma carga de peso excessiva sobre as árvores apoio, que, em algumas situações, terminam por cair. Sem sustentação, os colmos maiores inclinam-se ou se quebram e caem sobre as plantas menores do subosque florestal abrindo uma clareira e formando uma massa que bloqueia a passagem da luz e suprime fisicamente o recrutamento de outras árvores. As clareiras abertas são rapidamente ocupadas por novos colmos de bambu (8) e esse ciclo quase perpétuo de distúrbios no dossel florestal é uma das estratégias que os bambus do sudoeste da Amazônia usam para manter, de forma perene, a ocupação de extensas áreas florestais na região (7).

Evandro Ferreira, 2008

Foto 1 - Interior de uma floresta com o subosque dominado pelo bambu (*Guadua spp.*) no Parque Estadual Chandless, Acre

Fonte: Bianchini, 2005

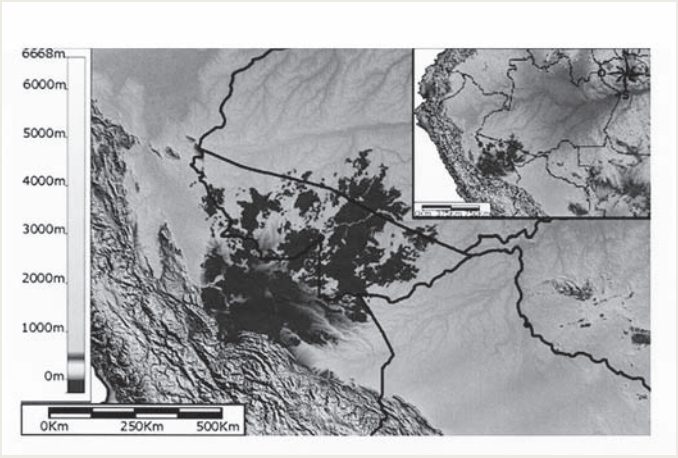


Figura 1 - Localização e distribuição das florestas com bambu (manchas escuras) no sudoeste da Amazônia

De uma maneira geral, florestas dominadas por bambus apresentam-se estruturalmente alteradas, especialmente nos estratos intermediários e no dossel. Possuem menor riqueza florística e densidade de árvores, e a redução da área basal arbórea total varia entre 30 e 50% (8-11). A presença do bambu também reduz entre 29 e 39% a biomassa aérea da floresta (12; 13) e entre 30-50% o potencial de armazenamento de carbono (2). Ele pode afetar ainda o influxo de outras espécies arbóreas, enfraquecer a habilidade competitiva das espécies com baixa capacidade de adaptação quando o ambiente passa a ser dominado pelo bambu, alterar a composição florística, reduzir em quase 40% o número de espécies na amostra de um hectare, e causar uma redução na diversidade a ponto de a mesma ser considerada uma das mais baixas da Amazônia (2; 14).

A EXPLORAÇÃO MADEIREIRA E O RISCO DA INVASÃO DO BAMBU

Mesmo restritas ao sudoeste da Amazônia, as florestas com bambu são relevantes biologicamente em razão de sua ampla ocorrência na referida região. Apesar disso, a insuficiência de estudos científicos para compreender a dinâmica dessas florestas pode comprometer os esforços locais de exploração florestal sustentável.

O caso da exploração madeireira é o mais emblemático porque esta atividade é praticada de forma seletiva e a retirada das árvores deixa como legado imediato centenas de clareiras no dossel da floresta. Essas clareiras, com abundante espaço físico e luminosidade, são extremamente favoráveis ao desenvolvimento do bambu, que tem ampliada as condições para se expandir em áreas onde antes não existia. É preciso, portanto, descobrir as condições que favorecem o aparecimento do bambu, sua velocidade de crescimento e o tempo que leva para dominar uma determinada área florestal. Para o Acre, a resposta a essas questões é muito importante e urgente porque é nas regiões central e leste do estado, onde se concentram as florestas com bambu, que a exploração madeireira é mais intensa.

Estudos recentes mostram que a exploração manejada de madeira em florestas com bambu é mais complexa (15; 16) e limitada pelo fato de elas apresentarem menor área basal e densidade de árvores, resultando quase sempre em um menor volume de madeira explorado. Uma das sugestões para garantir a exploração sustentável nessas florestas envolve a combinação de ciclos curtos de cortes, baixa intensidade de exploração e rotação das espécies a serem exploradas em cada ciclo (17).

Uma avaliação do manejo de madeira em floresta com bambu no leste do Acre demonstrou que o volume de madeira remanescente após a primeira exploração se reduziu em 2/3, indicando que, no longo prazo, o manejo das espécies comerciais fica comprometido pela pouca quantidade de árvores passíveis de exploração futura. Isso levou os autores do estudo a duvidar se a exploração de madeira em florestas com bambu pode ser sustentável, especialmente nos casos que envolvem grupos de pequenos proprietários que realizam a exploração de forma comunitária (15). Para eles, a melhor alternativa de manejo seria restringir a retirada das árvores ao período imediatamente posterior aos eventos de mortalidade natural das populações de bambu, preferencialmente durante a estação seca que se segue a esses eventos (17), quando as plântulas da espécie ainda estão muito vulneráveis e o sistema de rizoma ainda não está completamente desenvolvido (18).

Existe uma incerteza e preocupação sobre o que acontecerá com as florestas da Amazônia sul-ocidental após a exploração seletiva de milhares de árvores. Sabe-se que as florestas dominadas por bambu são floristicamente muito heterogêneas no sudoeste da Amazônia (15) e isso torna difícil prever se as áreas exploradas seguirão seu curso natural de regeneração ou se o bambu, com sua agressividade exagerada, e ajuda humana via abertura de clareiras, irá promover mudanças estruturais e biológicas de resultados imprevisíveis. Pode parecer exagerado, mas no contexto atual de desconhecimento científico e da intensa atividade de exploração florestal, existe a possibilidade de grandes extensões florestais da Amazônia sul-ocidental se transformarem em tabocais.

AS FLORESTAS COM BAMBU E OS RISCOS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS O perigo da invasão do bambu na Amazônia ocidental não decorre apenas da exploração madeireira. Outra ameaça é a ocorrência de fogo de origem natural ou decorrente de atividades humanas.

É possível que as mudanças climáticas em curso tenham contribuído de forma significativa para a seca que afetou severamente o sudoeste da Amazônia em 2005, considerada como uma das mais intensas dos últimos 100 anos (19; 20). Este evento pode ter sido um prólogo do que deverá acontecer nas próximas décadas, pois mais de 75% dos modelos climáticos propostos para a região sugerem que, até 2100, uma faixa na extremidade leste e sul da Amazônia, atualmente ocupada por florestas, se tornará climaticamente imprópria para essas florestas, que serão substituídas por um tipo de vegetação parecido com as savanas (21).

A alta suscetibilidade dessa região às mudanças climáticas, revelada pelos modelos climáticos (20), se deve, em parte, ao fato da tipologia florestal predominante no local ser do tipo "aberta", como são as florestas com bambu do sudoeste da Amazônia. Essas florestas são consideradas, no âmbito do sistema brasileiro de classificação da vegetação, do tipo "floresta ombrófila aberta" (22). Elas predominam na parte sul da Amazônia e são consideradas como transição entre a floresta amazônica e áreas extra-amazônicas. As florestas abertas se distinguem fisionomicamente das florestas densas por apresentar dossel com árvores mais espaçadas (aberto) e ocorrer em regiões com climas sazonais onde a estação seca varia entre 2 e 4 meses (23).

O dossel mais aberto das florestas do sul da Amazônia favorece a predominância de alguns grupos de plantas no subosque, com destaque para as palmeiras (várias espécies) e o bambu (principalmente *G. sarcocarpa* e *G. weberbaueri*), resultando na ocorrência generalizada de florestas com palmeiras e bambu por toda a região.

A exploração madeireira, especialmente das árvores de maior porte, abre clareiras nessas florestas e contribui para ampliar a abertura do dossel florestal (24). Essa alteração antropogênica, além de contribuir para aumentar a dominância do bambu nos locais em que já está presente e favorecer a sua expansão para áreas onde estava ausente (25; 26), também aumenta a suscetibilidade ao fogo (26-28), pois o microclima no interior das florestas abertas é mais seco e a serrapilheira que se acumula sobre o solo não conserva a umidade da mesma forma que nas florestas densas, onde o dossel é mais compacto (29; 30).

Pesquisadores que estudam florestas com bambu na Amazônia e em outras regiões já alertaram que a remoção de árvores madeireiras de grande porte é problemática não apenas porque elas tem naturalmente baixo volume de madeira e área basal, mas também porque isso aumenta os riscos de incêndios florestais (27-28; 31-32), especialmente após a exploração da madeira (16).

A seca de 2005 no sudoeste da Amazônia proporcionou condições para a ocorrência de numerosos incêndios florestais espontâneos (33-35) e contribuiu para tornar as florestas da região ainda mais suscetíveis ao fogo (36-38). As florestas impactadas pelo fogo tiveram sua estrutura alterada, pois o fogo afetou severamente as plantas do subosque, diminuiu a diversidade florística e causou a mortalidade de árvores de grande porte (39-42). Nessas condições, é possível que tenha havido uma expansão do bambu para o interior dessas florestas. A recorrência da ocorrência de incêndios florestais causados pelo homem na região, especialmente os derivados da queima de áreas agrícolas adjacentes às áreas florestais, é outro fator que deve contribuir para a expansão e dominância do bambu no sudoeste da Amazônia (26).

FLORESTAS COM BAMBU SÃO ESTACIONAIS? Entre 2005 e 2008 diversos sobrevoos foram realizados entre as cidades de Rio Branco e Santa Rosa do Purus, no Acre, por ocasião da elaboração do plano de manejo do Parque Estadual (PE) Chandless, que fica localizado no centro da "província" de bambu no sudoeste da Amazônia. Fotografias aéreas da floresta tomadas no auge do período seco (julho-agosto) durante esses sobrevoos revelaram algo intrigante para os pesquisadores: em todas as ocasiões, mais de 50% dos indivíduos arbóreos emergentes ou integrantes do dossel da floresta encontravam-se desprovidos de folhas ou mostravam apenas folhas novas, expondo a maior parte do subosque florestal dominado por bambu e/ou palmeiras abaixo.

Evandro Ferreira, 2008

Vista aérea da floresta no Parque Estadual Chandless, Acre: árvore com copas esbranquiçadas denotam indivíduos desprovidos de folhas, árvores com copas de coloração verde-claro indicam indivíduos com folhas em processo inicial de desenvolvimento. A falta de folhagem no dossel florestal permite ver claramente palmeiras e agregados de bambu no subosque da floresta

Os primeiros indícios do caráter estacional das florestas naquela região remontam ao trabalho de caracterização da vegetação da Estação Ecológica (EERA) Rio Acre, localizada nas cabeceiras do rio Acre, no extremo leste do estado. Durante a estação seca de 2005 observou-se que a maioria dos indivíduos arbóreos nas florestas de encostas e topos de elevações na EERA Rio Acre estava desprovida de folhas (43). Como 2005 foi climaticamente atípico em razão da seca severa que atingiu a Amazônia Ocidental (20), se pensou que o comportamento estacional observado era consequência desse fenômeno. Entretanto, estudo florístico realizado no período chuvoso que se seguiu constatou que 61% dos indivíduos arbóreos encontrados correspondiam a espécies deciduais (44).

A EERA Rio Acre e o PE Chandless estão separados por uma faixa de floresta com cerca de 40 km de largura e por isso compartilham condições climáticas semelhantes, com pluviosidade de 1.900 mm em anos normais, mas que pode cair para menos de 1.500 mm em anos muito secos (45). A sazonalidade da precipitação é bastante pronunciada e o período seco pode se estender por até cinco meses (meados de abril a meados de setembro), mesmo nos anos considerados climaticamente normais (40; 45). Dessa forma, a possível explicação para o comportamento caducifólio das árvores emergentes e integrantes do dossel das florestas com bambu no Acre é climática, pois as plantas, especialmente as de maior porte, perdem as folhas em resposta à falta de água no solo durante a longa estiagem evitando, dessa forma, estresse hídrico e possível colapso.

(...) EXISTE FAVORECIMENTO CLIMÁTICO PARA A MANUTENÇÃO DAS EXTENSAS ÁREAS DE FLORESTAS COM BAMBU?

Sem ter como manter a copa enfolhada, os indivíduos arbóreos, especialmente os emergentes, tendem a entrar em repouso fisiológico por um curto período de tempo e o seu crescimento, especialmente o radial, diminui ou para por completo dependendo da intensidade e da duração da estiagem. A retomada do crescimento após o surgimento de novas folhas resulta na formação de anéis de crescimento, fato observado em algumas espécies nativas do leste do Acre como a copaíba (*Copaifera* sp.). Esta condição tem levado pesquisadores locais (46) a tentar desenvolver modelos matemáticos para estimar o crescimento de espécies madeireiras locais com base em seus anéis de crescimento.

A ocorrência de florestas com comportamento caducifólio no sudoeste da Amazônia não está citada na literatura. Entretanto, as características dessas florestas se enquadram na definição de floresta tropical caducifólia (22; 47): formações ocorrentes em regiões onde a estação chuvosa é seguida por um longo período seco e com o estrato superior (dossel) formado de macro e mesofanerófitos predominantemente caducifólios, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável. É interessante notar, no entanto, que o estrato inferior das florestas com comportamento caducifólio no sudoeste da Amazônia – dominado por bambu e/ou palmeiras – são perenifólios.

As florestas com comportamento caducifólio do sudoeste da Amazônia estão no limite sul do domínio da floresta ombrófila aberta da Amazônia e devem representar uma transição para outras formações pré-andinas e de regiões mais secas como o cerrado. Entretanto, se elas forem apenas enclaves não é incomum a ocorrência de florestas estacionais em meio a formações de florestas ombrófilas na Amazônia (48). Um indicador que reforça o caráter estacional das florestas com bambu no Acre é a ocorrência anormalmente elevada da palmeira *Syagrus sancona* e a quase ausência da palmeira açaí (*Euterpe precatoria*) (49). *Syagrus* é um gênero mais diversificado e abundante em regiões de cerrado ou em florestas de transição entre a Amazônia e o cerrado, e raro em florestas primárias da Amazônia (50).

ESTACIONALIDADE DA FLORESTA FAVORECE O BAMBU A admissão da ocorrência de florestas estacionais no sudoeste da Amazônia implica na reclassificação de parte considerável das florestas acreanas, consideradas em sua quase totalidade como dos tipos "ombrófila densa" e "ombrófila aberta" (3; 51), e suscita uma importante questão fitoecológica relacionada com a dominância do bambu na região: será que existe um favorecimento climático para o estabelecimento e a manutenção das extensas áreas de florestas com bambu na região?

Nenhuma das hipóteses até aqui levantadas para explicar a presença do bambu na região considerou a sazonalidade climática e sua influência sobre a vegetação local: (i) ações antropogênicas (52), (ii) eventos naturais catastróficos como incêndios florestais massivos ocorridos no passado (53), (iii) oportunismo da espécie na colonização de clareiras e supressão da regeneração de outras espécies (7; 8), (iv) danos cíclicos-permententes no dossel da floresta (7) e (v) ocorrência associada a tipos específicos de solo (1).

Um fator que limita a aceitação da primeira hipótese é o fato dos registros históricos indicarem que a presença de assentamentos indígenas pré-colombianos na Amazônia está mais concentrada nas áreas de várzeas e florestas adjacentes do que nas florestas de terra firme dos interflúvios, onde as florestas com bambu do sudoeste da Amazônia são mais frequentes (7). Uma exceção a isso talvez sejam os povos de terra firme responsáveis pela construção de centenas de geoglifos em áreas de terra firme da Amazônia ocidental (54). As demais hipóteses são válidas, mas individualmente não explicam a resiliência do bambu na região.

Se for considerado que o fator climático desencadeia o comportamento caducifólio das florestas com bambu, condições ideais de luminosidade e espaço físico no dossel da floresta estarão disponíveis em bases anuais para o crescimento do bambu durante o período de estiagem. É importante ressaltar que mesmo com restrição de água no solo na estiagem, os colmos de *Guadua weberbaueri* são capazes de crescer 1,2 m/mês (2) porque acumulam água em seu interior (7). Dessa forma, independente de ações antropogênicas, eventos naturais catastróficos, oportunismo para ocupar clareiras abertas na floresta pela queda natural de árvores ou por *blowdowns* (rajadas de ventos muito fortes), e abertura de espaço no dossel da floresta via danos físicos causados na copa de árvores de sustentação, a estacionalidade das florestas do sudoeste da Amazônia funciona

em favor da manutenção do bambu como o elemento dominador do subosque das florestas locais.

O fator climático também deve ser um dos principais fatores que limitam a expansão do bambu para áreas florestais adjacentes à sua atual zona de ocorrência no sudoeste da Amazônia, pois em todas essas áreas adjacentes se verificam aberturas de milhares de clareiras por razões naturais (queda de árvores e *blowdowns*) ou decorrentes da ação humana (desmatamento, exploração seletiva de madeira).

CONSIDERAÇÕES FINAIS As florestas com bambu no sudoeste da Amazônia são formações que demandam extremo cuidado durante as intervenções para a exploração de seus recursos florestais, especialmente a exploração madeireira, pois o bambu, por sua agressividade e rapidez na colonização de novos espaços no interior da floresta, pode comprometer a regeneração natural de outras espécies e alterar a estrutura e a composição florística.

O fato das florestas com bambu serem do tipo abertas as tornam naturalmente muito mais suscetíveis ao fogo do que outras formações florestais amazônicas, como as florestas densas. Além disso, a mortalidade sincrônica e em massa do bambu, cujas populações podem ocupar extensões superiores a 2.700 km², aumenta de forma dramática o risco de incêndios florestais na região.

A seca de 2005 favoreceu a ocorrência de numerosos incêndios florestais no sudoeste da Amazônia que alteraram a estrutura e a diversidade das florestas locais. Essas modificações estruturais e florísticas tornaram as florestas impactadas pelos incêndios florestais mais suscetíveis ao fogo e, provavelmente, favoreceram a expansão do bambu para novas áreas.

O longo período de estiagem que ocorre no sudoeste da Amazônia induz a maioria dos indivíduos arbóreos das florestas com bambu a se comportar de forma estacional, perdendo as folhas anualmente. Essa condição, independente de outras estratégias de crescimento e expansão que o bambu possui, é um dos fatores determinantes para a sua perpetuação nas florestas da região.

***Evandro José Linhares Ferreira** é doutor em botânica pela City University of New York (Cuny) & The New York Botanical Garden (NYBG). Atualmente é pesquisador e chefe do Núcleo de Apoio à Pesquisa no Acre do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carvalho, A. L. et al. "Bamboo-dominated forests of the Southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves". *Plos One* 8: p.e54852. 2013.
2. Silveira, M. *A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia: padrões e processos em múltiplas escalas*. Rio Branco: Ediufac. 127 pp. 2005.
3. Acre. Governo do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre, Fase II: documento síntese-escala 1:250.000. Rio Branco: Sema. 356pp. 2006.
4. Londoño, X.; Peterson, P. M. "*Guadua sarcocarpa* (Poaceae: Bambuseae), a new species of Amazonian bamboo with fleshy fruits". *Syst. Bot*. 16: 630-638. 1991.
5. Janzen, D. H. "Why bamboos wait so long to flower?" *Annual Review of Ecology & Systematics* 7: 347-391. 1976.
6. Nadgauda, R. S.; Parasharami, V. A. & Mascarenhas, A. F. "Precocious flowering and seeding behavior in tissue-cultured bamboos". *Nature* 344: 335-336. 1990.
7. Griscom, B. W.; Ashton, P. M. S. "A self-perpetuating bamboo disturbance cycle in a neotropical forest". *Journal of Tropical Ecology* 22: 587–597. 2006.
8. Griscom, B. W. & Ashton, P. M. S. "Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in southeastern Peru". *Forest Ecology and Management* 175: 445-454. 2003.
9. Griscom, B. W.; Daly, D. C. & Ashton, P. M. "Floristics of bamboo-dominated stands in lowland terra-firma forests of southwestern Amazonia". *J. Torrey Bot. Soc*. 134: 108-125. 2007.
10. Oliveira, A. C. A. 2000. "Efeitos do bambu *Guadua weberbaueri* Pilger sobre a fisionomia e estrutura de uma floresta no sudoeste da Amazônia". Dissertação de mestrado, Inpa/Ufam, Manaus-AM.
11. Smith, M. 2000. "Efeito de perturbações sobre a abundância, biomassa e arquitetura de *Guadua weberbaueri* Pilger. (Poaceae – Bambusoideae) em uma floresta dominada por bambu no sudoeste da Amazônia". Dissertação de mestrado. Inpa/Ufam, Manaus-AM.
12. Nelson, B. W. et al. "Modeling biomass of forests in the southwest Amazon by polar ordination of Landsat TM". Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu-PR, Inpe. 2001.
13. Nogueira, E. M.; Nelson, B. W.; Fearnside, P. M.; França, M. B. "Wood density in forests of Brazil's 'arc of deforestation': implications for biomass and flux of carbon from land-use change in Amazonia". *Forest Ecol. Manage*. 248: 119–135. 2008.
14. Lima, R. A. F.; Rother, D. C.; Muler, A. E.; Lepsch, I. F.; Rodrigues, R. R. "Bamboo overabundance alters forest structure and dynamics in the Atlantic Forest hotspot". *Biological Conservation* 147: 32-39. 2012.
15. Rockwell, C. A.; Kainer, K. A.; D'oliveira, M. V. N.; Staudhammer, C. L.; Baraloto, C. "Logging in bamboo-dominated forests in southwestern Amazonia: Caveats and opportunities for smallholder forest management". *Forest Ecology and Management* 15: 202-210. 2014.
16. Rockwell, C. A. "Timber harvesting and post-logging silvicultural treatments in a bamboo-dominated tropical forest of southwestern Amazonia: enhancing smallholder livelihood options". Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville, USA. 2011.
17. D'Oliveira, M. V. N.; Guarino, E. S.; Oliveira, L. C.; Ribas, L. A.; Acuña, M. H. A. "Can forest management be sustainable in a Bamboo forest? A 12-year case study of forest dynamics in Antimary State Forest, Acre State, Brazilian Western Amazon". *Forest Ecol. Manage*. 310: 672–679. 2013.
18. Griscom, B. W. "The Influence of bamboo (*Guadua sarcocarpa* and *Guadua weberbaueri*) on stand dynamics in lowland terra firme forests of southeastern Peru". Ph.D. dissertation, Yale University, New Haven-CT, USA. 2003.
19. Marengo, J.; Tomasella, J.; Alves, L.; Soares, W. "Eventos extremos sazonais: secas de 2005 e 2010 e enchentes de 2009". In: Betts, R. (coordenador). *Riscos das mudanças climáticas no Brasil*. São José dos Campos: Inpe/MOHC. 55pp. 2011.
20. Phillips, O. L. et al. "Drought sensitivity of the Amazon rainforest". *Science* 323: 1344-1347. 2009.

21. Fearnside, P. M. "A vulnerabilidade da floresta amazônica perante às mudanças climáticas". *Oecologia Brasiliensis* 13: 609-618. 2009
22. IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE. 271pp. 2012.
23. Veloso, H. P.; Rangel-Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. "Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal". Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, Rio de Janeiro. 1991.
24. Rockwell, C. A.; Kainer, K. A.; Marcondes, N.; Baraloto, C. "Ecological limitations of reduced-impact logging at the smallholder scale". *Forest Ecology and Management* 238: 365-374. 2007.
25. Veldman, J.W.; Putz, F.E. "Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin". *Biological Conservation* 144: 1419-1429. 2011.
26. Smith, M.; Nelson, B. W. "Fire favors expansion of bamboo-dominated forests in the south-west Amazon". *Journal of Tropical Ecology* 27: 59-64. 2011.
27. Veldman, J. W.; Mostacedo, B.; Peña-Claros, M.; Putz, F. E. "Selective logging and fire as drivers of alien grass invasion in a bolivian tropical dry forest". *Forest Ecology and Management* 258: 1643-1649. 2009.
28. Larpkern P.; Moe, S. R.; Totland, S. R. "Bamboo dominance reduces tree regeneration in a disturbed tropical forest". *Oecologia* 165: 161-168. 2011.
29. Mendoza, E. R. h. "Susceptibilidade da floresta primária ao fogo em 1998 e 1999: Estudo de caso no Acre, Amazônia sul-ocidental, Brasil". Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Acre – UFAC, Rio Branco-AC. 2003.
30. Ray, D.; Nepstad, D.; Brando, P. "Predicting moisture dynamics of fine understory fuels in a moist tropical rainforest system: results of a pilot study undertaken to identify proxy variables useful for rating fire danger". *New Phytologist* 187: 720-732. 2010.
31. D'Oliveira, M. V.; Ribas, L.; Oliveira, L. C.; Neves, J. C. "Study of the forest dynamics of logged and without silvicultural intervention forest areas in the antimary state forest in state of Acre, brazilian western Amazon". In: Funtac (Ed.) *Sustainable forest management in the brazilian amazon*. Funtac: Rio Branco-AC. 2004.
32. Campanello, P. I.; Gatti, M. G.; Ares, A.; Montti, L.; Goldstein, G. "Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest". *Forest Ecology and Management* 252:108-117. 2007.
33. Lewis, S. L.; Brando, P. M.; Phillips, O.; Van Der Heijden, G. M. F.; Nepstad, D. "The 2010 Amazon drought". *Science* 331: 554-2011.
34. Pantoja, N. V.; Brown, I. F. "Estimativas de áreas afetadas pelo fogo no leste do Acre associadas à seca de 2005". Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, Inpe. 2009.
35. Shimabukuro, Y. E. et al. "Fraction images derived from Terra Modis data for mapping burnt areas in brazilian Amazonia". *International Journal of Remote Sensing* 30: 1537-1546. 2009.
36. Aragão, L. E. O. C. et al. "Spatial patterns and fire response of recent Amazonia droughts". *Geophysical Research Letters* 34: 1-5. 2007.
37. Marengo, J. A.; Nobre, C. A.; Tomasella, J.; Cardoso, M. F.; Oyama, M. D. "Hydro-climatic and ecological behavior of the drought of Amazonia in 2005". *Philosophical Transactions of The Royal Society* 363: 1773-1778. 2008.
38. Alverga, D. P. P.; Brown, I. F.; Galvão, A. S.; Nakamura, J. C. S.; Oliveira, V. D. "Análise exploratória das cicatrizes de incêndios florestais de 2010 no estado do Acre, Brasil". Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu-PR, Inpe. 2013.
39. Araujo, H. J. B.; Oliveira, L. C.; Vasconcelos, S. S. V.; Correia, M. F. "Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do Acre, Amazônia brasileira". *Ciência Florestal* 23: 297-308. 2013.
40. Brando, P. M. et al. "Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought–fire interactions". *PNAS*, April 14, 2014, doi:10.1073/pnas.1305499111. 2014.
41. Brown, I. F. et al. "Monitoring fires in southwestern Amazonia rain forest". *EOS, Transaction American Geophysical Union* 87: 253-264. 2006.
42. Saatchi, S. "Persistent effects of a severe drought on Amazonian forest canopy". *PNAS* 110: 565-570. 2013.
43. Ferreira, E. J. L.; Oliveira, E. C. "Estudos florísticos da AER para elaboração do Plano de Manejo da Estação Ecológica Rio Acre". (Vegetação – Relatório Técnico da 1ª. Expedição). Rio Branco-AC: Fundação SOS Amazônia. 2005.
44. Silveira, M.; Oliveira, E. C. & Bandeira, J. R. "Estudos florísticos da AER para elaboração do Plano de Manejo da Estação Ecológica do Rio Acre". (Vegetação – Relatório Técnico da 2ª. Expedição). Rio Branco-AC: Fundação SOS Amazônia. 2006.
45. Duarte, A. F. "Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000". *Revista Brasileira de Meteorologia* 21: 308-317. 2006.
46. Evandro Orfanó, Embrapa-Acre, comunicação pessoal.
47. IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p.
48. Zappi, D. C. et al. "Plantas vasculares da região do Parque Estadual Cristalino, norte de Mato Grosso, Brasil". *Acta Amazonica* 41: 29-38. 2011.
49. Ferreira, E. J. L. "Avaliação ecológica rápida do Parque Estadual Chandless" (Relatório Técnico – Componente Vegetação). Rio Branco-AC: Fundação SOS Amazônia. 2008.
50. Henderson, A.J. *The palms of the Amazon*. New York: Oxford University Press. 1995. 362 pp.
51. RadamBrasil. *Levantamento de Recursos Naturais*. Vols. 12-13. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro. 1976-1977.
52. Balée, W. "The culture of Amazonian forests". *Advances in Economic Botany* 7: 1-21. 1989.
53. Nelson, B. W. "Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon". *Remote Sensing Reviews* 10: 105-125. 1994.
54. Schaan, D. P.; Parssinen, M.; Ranzi, A.; Piccoli, J. C. "Geoglifos da Amazônia Ocidental: Evidência de complexidade social entre povos da terra firme". *Revista de Arqueologia* 20: 67-82. 2007.

NOME DO GRUPO
Grupo de Ecofisiologia e Evolução Molecular

LÍDERES
Adalberto Luis Val; Vera Maria Fonseca de Almeida e Val

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Biológicas; Fisiologia

LINHAS DE PESQUISA
Ecofisiologia de peixes da Amazônia; Ecotoxicologia; Educação científica; Evolução molecular; Genética da conservação de peixes; Piscicultura

INSTITUIÇÃO
Inpa

ENDEREÇO
Avenida André Araújo, 2936
Petrópolis – CEP: 69083-000
Manaus-AM Fone; (92) 643-3189

NOME DO GRUPO
Ecologia, Monitoramento e Uso Sustentável de Áreas Úmidas

LÍDERES
Maria Teresa Fernandez Piedade; Luiz Rubens Piedade

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Biológicas; Ecologia

LINHAS DE PESQUISA
Efeitos da ação antrópica e ecotoxicologia sobre as áreas alagáveis amazônicas; Manejo sustentável e monitoramento de áreas úmidas

INSTITUIÇÃO
Inpa

ENDEREÇO
Homepage: http://maua.inpa.gov.br/

NOME DO GRUPO
Rede Acreana do Bambu

LÍDERES
Elias Melo de Miranda; Andréa Raposo

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Agrárias; Recursos Florestais e Engenharia Florestal

LINHAS DE PESQUISA
Indução hormonal para o enraizamento de propágulos de bambu; Inovação e transferência de tecnologias do bambu; Manejo sustentável de populações nativas e micropropagação de *Guadua spp*.

INSTITUIÇÃO
Embrapa

ENDEREÇO
Rod.BR 364 Km 14 Cx. Postal 321, 2o Distrito – CEP: 69908-970 Rio Branco-AC Fone: (68) 3212-3423

NOME DO GRUPO
Estudos e Manejo de Paisagens Naturais e Antrópicas

LÍDERES
Irving Foster Brown; Marcos Silveira

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Biológicas; Ecologia

INSTITUIÇÃO
UFAC

ENDEREÇO
Rod. BR 364 km 4, Campus Universitário, Parque Zoobotânico Distrito Industrial – CEP: 69920-900 Rio Branco-AC
Fone: (68) 3901-2691

NOME DO GRUPO
Interações Biosfera-Atmosfera

LÍDERES
lavio Jesus Luizão; Antonio Ocimar Manzi

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Biológicas; Ecologia

LINHAS DE PESQUISA
Dinâmica do carbono e nutrientes minerais na Amazônia; Física do clima na Amazônia

INSTITUIÇÃO
Inpa

ENDEREÇO
Av.Efigênio Sales, 2394 Caixa postal 478 – Aleixo – CEP: 69011-970
Manaus-AM Fone: (92) 3643-3618

NOME DO GRUPO
Clima, Uso da Terra, Desenvolvimento e Mudanças Regionais

LÍDER
Erich Collicchio

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Exatas e da Terra; Geociências

LINHAS DE PESQUISA
Geoprocessamento e estudos agroambientais; Mudanças climáticas

INSTITUIÇÃO
UFT

ENDEREÇO
109 Norte, Av. 15, ALCNO 14 S/N
Plano Diretor Sul – CEP: 77001-090
Palmas-TO Fone: (63) 3232-8152

NOME DO GRUPO
Grupo de Estudos do Clima e Ambiente Tropical

LÍDERES
José Roberto Tarifa; Denise Maria Sette

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Humanas; Geografia

LINHAS DE PESQUISA
Ambiente tropical e qualidade das águas; Clima e produção do espaço agrário

INSTITUIÇÃO
UFMT

ENDEREÇO
Rod. Rondonópolis/Guiratinga Km 6
Campus Universitário
CEP: 78735-901 Rondonópolis-MT
Fone: (66) 3410-4077

NOME DO GRUPO
Grupo de Pesquisa e Estudos Linguísticos, Literários e Culturais Pan-Amazônicos

LÍDERES
Gilson Penalva; Eliane Machado Soares Maria Sette

ÁREA PREDOMINANTE
Linguística, Letras e Artes; Linguística

LINHAS DE PESQUISA
Aspectos literários e culturais pan-amazônicos

INSTITUIÇÃO
UFPA

ENDEREÇO
Folha 31 Q.7 Lote Especial – Nova Marabá-PA CEP: 68507-590
Homepage:http://gpellcpam.blogspot.com.br

NOME DO GRUPO
Dinâmicas Socioculturais na Amazônia: Identidades, Territorialidades e Relações Interétnicas

LÍDERES
Claudia Leonor López Garcés; Pascale de Robert

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Humanas; Antropologia

LINHAS DE PESQUISA
Fronteiras: territorialidades e identidades na Amazônia

INSTITUIÇÃO
MPEG

ENDEREÇO
Av. Perimetral, 1901 – Terra Firme
CEP: 66077-530 Belém-PA
Fone: (91) 3217-6018

NOME DO GRUPO
A Proteção da Sociodiversidade da Amazônia Brasileira e o Tratado de Cooperação Amazônica

LÍDER
Fernando Fernandes da Silva

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Sociais Aplicadas; Direito

LINHAS DE PESQUISA
Regimes internacionais e o meio ambiente

INSTITUIÇÃO
Unisantos

ENDEREÇO
R. Carvalho de Mendonça, 144,S.205
Vila Mathias – Santos-SP
CEP: 11070-906 Fone: (13) 32260503

NOME DO GRUPO
Meio Ambiente, População e Desenvolvimento da Amazônia

LÍDERES
Luis Eduardo Aragón Vaca; Marília Ferreira Emmi

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Humanas; Geografia

LINHAS DE PESQUISA
Cooperação internacional e educação superior

INSTITUIÇÃO
UFPA

CONTATO
Fone: (91) 3201-7677
Email: aragon_naea@ufpa.br

NOME DO GRUPO
Desenvolvimento Regional na Construção de Sociedade Sustentável na Amazônia

LÍDER
Antonia Neidilê Ribeiro Munhoz

ÁREA PREDOMINANTE
Ciências Humanas; Educação

LINHAS DE PESQUISA
Ciências ambientais voltadas à sustentabilidade na Amazônia

INSTITUIÇÃO
Ifam

ENDEREÇO
Av. 22 de outubro, s/n Vila Falcão
Lábrea-AM – CEP: 69830-000
Email: *neidilemunhoz@yahoo.com.br*

RADICAIS LIVRES: EM BUSCA DO EQUILÍBRIO

Felipe Martelli
Francis Morais Franco Nunes

Radicais livres! Estresse oxidativo! Esses temas são comumente abordados de forma pejorativa, associados ao envelhecimento e doenças. No entanto, os radicais livres e demais espécies reativas são fundamentais para a homeostase celular e o funcionamento adequado dos organismos vivos. Neste artigo, revisamos os malefícios e benefícios desses compostos.

QUEM SÃO AS ESPÉCIES REATIVAS E OS RADICAIS LIVRES? As espécies reativas são átomos, moléculas, ou íons derivados do oxigênio, que em sua grande maioria possuem alta reatividade e constituem três classes de compostos: espécies reativas de oxigênio (EROs), espécies reativas de enxofre (EREs) e espécies reativas de nitrogênio (ERNs). As espécies reativas podem ainda ser didaticamente divididas em dois grupos: os radicais livres e os compostos não radicalares (1;2).

Os radicais livres são átomos ou moléculas que possuem pelo menos um elétron desemparelhado em seus orbitais externos. Isso permite a transferência de elétrons com moléculas vizinhas. Alguns exemplos são: $OH^{\bullet}$ (íon hidroxila), $HOH^{\bullet}$ (íon peroxil), $O_2^{-\bullet}$ (ânion superóxido), NO (óxido nítrico) e O_2 (oxigênio molecular). Os radicais livres podem agir como aceptores ou doadores de elétrons, criando alterações no ambiente molecular ao seu redor. Os compostos não radicalares, como H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) e HOCl (ácido hipocloroso), não possuem elétrons livres, sendo portanto menos instáveis que os radicais livres, mas também podem reagir com moléculas na sua redondeza (1;2).

ALGUMAS FONTES DE ESPÉCIES REATIVAS E RADICAIS LIVRES Os radicais livres são naturalmente produzidos pelo metabolismo dos seres vivos. As mitocôndrias são a maior fonte endógena de produção de radicais livres nos eucariotos (3). O ânion superóxido ($O_2^{-\bullet}$) é o mais comumente gerado, a partir de elétrons que escapam da cadeia transportadora das mitocôndrias e reduzem o O_2 presente nas células. Outra fonte de radicais livres no organismo são células do sistema imunológico, produtoras de enzimas NADPH Oxidase (Nox) que produzem uma grande quantidade de $O_2^{-\bullet}$ capaz de matar microrganismos invasores (1; 4). Células nervosas, epiteliais, endoteliais e macrófagos produzem a enzima óxido nítrico sintetase, responsável pela produção de NO (4; 5).

Fontes externas, como a radiação UV (6), tabagismo, poluentes, drogas, dietas excessivamente calóricas, excesso de exercícios físicos, pesticidas e solventes industriais, também podem induzir a formação de radicais livres (2).

A TEORIA DO ENVELHECIMENTO E O PARADOXO DOS RADICAIS LIVRES

Em 1956, o gerontologista norte-americano, doutor Denham Harman, propôs a Teoria do Envelhecimento via Radicais Livres, cujas ideias foram aperfeiçoadas, em 1972, na Teoria do Envelhecimento dos Radicais Livres Mitocondriais (MFRTA). A teoria propõe que o envelhecimento seja causado devido à toxicidade gerada pelos radicais livres em decorrência de um ciclo vicioso no qual mais danos aos constituintes mitocondriais culminam na produção de mais radicais. Essa teoria é considerada uma das mais robustas para explicar o processo do envelhecimento (3; 7).

Ao longo das décadas seguintes, muitos dados foram corroborando a teoria de Harman, observando-se forte correlação positiva entre: 1 - envelhecimento e o aumento do dano oxidativo; 2 - perda das funções mitocondriais com o envelhecimento; 3 - elevado dano oxidativo em muitas doenças associadas à idade; 4 – produção contínua de radicais livres pelas mitocôndrias ao longo da vida; 5 – redução do estresse oxidativo em tratamentos que aumentam a longevidade, como restrições calóricas (3; 7).

Com os recentes refinamentos das técnicas laboratoriais, emergiram dados, de invertebrados a humanos, incompatíveis com a MFRTA, por exemplo: 1) falta de compatibilidade entre os níveis de produção de radicais livres e a longevidade; 2) efeitos deletérios ao invés de benéficos quando antioxidantes foram administrados; 3) a inativação ou superexpressão de enzimas antioxidantes em mutantes não diminuíram ou aumentaram, respectivamente, a longevidade; 4) organismos mutantes muito longevos, apresentavam elevados níveis de dano oxidativo (3; 8; 9).

Mutações que inativam o gene codificador da enzima antioxidante superóxido dismutase 2 (*Sod2*) do nematóide *Caenorhabditis elegans*, embora aumentem o dano oxidativo, também promovem um aumento considerável da longevidade (10). Camundongos mutantes que possuem um único alelo funcional do gene *Sod2*, apresentam aumento no dano oxidativo e formação de câncer, contudo, a mesma longevidade de camundongos com os dois alelos funcionais (11). Em outra pesquisa, camundongos duplo-mutantes para os genes *Sod2* e *Gpx1*, que codifica outra enzima antioxidante conhecida por glutationa peroxidase, embora tivessem uma severa deficiência do sistema antioxidante, não apresentaram encurtamento da longevidade (12).

Até mesmo os aspectos do ciclo vicioso da MFRTA foram recentemente refutados (13). O genoma mitocondrial fica em contato direto com a maior fonte celular de radicais livres, que é a cadeia respiratória mitocondrial. O genoma nuclear, por sua vez, fica protegido pela carioteca, portanto, menos exposto aos radicais livres. no entanto, demonstrou-se em roedores que os níveis de dano oxidativo no DNA mitocondrial não são maiores que os observados no DNA genômico, talvez por haver uma melhor eficiência de enzimas de reparo de DNA sobre o genoma das mitocôndrias do que do genoma nuclear (13).

O VERDADEIRO VILÃO Em condições celulares normais, há um equilíbrio entre a produção de radicais livres e sua neutralização pelos sistemas antioxidantes. No entanto, quando tal equilíbrio tende para uma produção excessiva desses compostos ou para uma deficiência dos sistemas antioxidantes, surge a condição de estresse oxidativo, a qual é prejudicial aos componentes celulares e indivíduos como um todo (2). O estresse oxidativo causa uma gama de lesões aos constituintes celulares como: a peroxidação dos lipídeos de membrana; oxidação de receptores hormonais e enzimas (1; 14); e lesões no material genético, como oxidações de bases do DNA que podem culminar em processos mutagênicos e tumorais (15).

Em pacientes com câncer, o estresse oxidativo altera a expressão de genes que inibem a progressão do ciclo celular (chamados genes supressores tumorais), aumentando a proliferação das células cancerosas (16). Em diabéticos, a hiperglicemia por períodos prolongados pode promover um desbalanço metabólico, resultando em atividade mitocondrial irregular e produção excessiva de radicais livres, o que pode gerar as complicações inflamatórias ligadas à doença (17). O estresse oxidativo é também uma das únicas características comuns a todas as doenças cardiovasculares, por exemplo, causando oxidação de lipídeos e proteínas e formação de arteriosclerose (18). O estresse oxidativo está associado ao câncer de pele e à doenças inflamatórias, por aumentar a taxa de mutação no material genético ou a susceptibilidade a agentes mutagênicos (19).

Causam ainda infertilidade masculina (devido ao excesso de radicais hidroxila e peróxido de hidrogênio no líquido seminal) e feminina (como endometriose e síndrome de ovário policístico), pois o processo de crescimento e amadurecimento de óvulos é dependente da sinalização por espécies reativas e ação de antioxidantes (20; 21). O estresse oxidativo está associado ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (19). O cérebro é o órgão com maior consumo metabólico do corpo, sobretudo de glicose e oxigênio, ficando frequentemente exposto a um excesso de radicais livres que podem desencadear o início do dano neuronal (22). O cérebro de mamíferos é especialmente sensível ao estresse oxidativo por apresentar uma baixa defesa antioxidante se comparada a outros tecidos do corpo (19).

O QUE SE SABE SOBRE O PAPEL DOS RADICAIS LIVRES HOJE? Em função das ações prejudiciais causadas pelo estresse oxidativo que comprometem as diversas atividades celulares, radicais livres e espécies reativas, de forma geral, têm carrega-

do o ônus de desempenhar papéis danosos. Contudo, uma série de estudos tem revelado que a formação contínua de radicais livres é fundamental para o funcionamento fisiológico e celular adequado, produção de energia e metabolismo bem regulado (23).

O maior exemplo disso é o próprio oxigênio atmosférico que, por apresentar um elétron desemparelhado e ser tóxico em excesso, é um radical livre. essencial para a vida. Excetuando-se alguns organismos anaeróbicos, todas as formas de vida do planeta utilizam o O_2 para sobreviver, sem o qual seria impossível produzir energia para a atividade celular (1).

A chave para se entender a dualidade da questão que envolve os radicais livres reside na compreensão de que tudo é uma questão de dosagem. Na condição de equilíbrio entre produção de radicais livres e atuação da defesa antioxidante, esses compostos regulam o funcionamento fisiológico. Os radicais controlam a força e duração da sinalização celular, por meio de processos cíclicos de oxidação/redução em proteínas-chave como cinases, fosfatases e fatores de transcrição. A geração de espécies reativas dentro de certos limites é fundamental para manter a homeostase celular, tendo um papel como mensageiros em vias de sinalização de insulina, hormônio de crescimento, citocinas, entre outras vias, como as vias que regulam a atividade das enzimas antioxidantes e até mesmo controlar a expressão de alguns grupos de genes, como genes envolvidos no metabolismo mitocondrial (3; 4; 9; 13). Existem até mesmo genes responsáveis pelo sensoriamento do status oxidativo celular, como o gene Nrf2 presente em mamíferos. Em condições em que a concentração de radicais livres está dentro de limites saudáveis, a proteína produzida por esse gene ativa outros genes envolvidos na defesa antioxidante e na manutenção do ciclo celular (24). Quando a concentração de radicais supera os limites saudáveis e se estabelece a condição de estresse, a proteína Nrf2 ativa genes que promovem a morte celular (25).

As famílias de proteínas Nox (NADPH oxidase) e Duox (Dual peroxidase) são importantes fontes produtoras de superóxido e peróxido de hidrogênio na célula, por meio de sua capacidade de doação de elétrons ao oxigênio. As espécies produzidas por essas famílias de enzimas desempenham funções na remodelagem do citoesqueleto, transdução de sinais, expressão gênica, diferenciação celular, proliferação, migração e apoptose, cumprindo papéis na fisiologia cerebral, nos sistemas imune, vascular e digestivo e produção de hormônios (4; 26). O óxido nítrico é um radical livre envolvido em processos fisiológicos como: neurotransmissão, vasodilatação e citotoxicidade (4; 5).

A produção de radicais livres em práticas esportivas moderadas atua em vias de sinalização de processos inflamatórios como NF-κβ, melhorando a resposta antioxidante na musculatura estriada esquelética e tendo efeitos benéficos sobre patologias como a osteoporose (27).

A ausência de radicais livres pode, em certo ponto, até mesmo ser danosa. Como dito anteriormente, as enzimas NADPH oxidase presentes em células do sistema imunológico são produtoras de superóxido ($O_2^{-\bullet}$). Deficiências nessas enzimas que resultem em uma baixa produção deste radical livre podem desencadear o surgimento de doenças granulomatosas. Nesses casos, os pacientes tornam-se alvos frequentes de infecções, uma vez que esse radical livre é fundamental para matar microrganismos invasores (1).

Muitas pesquisas vêm, ainda, apontando o papel benéfico das espécies reativas em vários aspectos relacionados à longevidade e ao envelhecimento. Sabe-se que as espécies reativas podem induzir a autofagia em células lesionadas e também ativar o sistema de reparo do material genético quando este é danificado (28). Mutações em componentes da cadeia fosforilativa nas mitocôndrias, ou o uso de pró-oxidantes (compostos que induzem estresse oxidativo, como metais de transição a exemplo do ferro), que resultam no aumento do radical superóxido, promovem o aumento da longevidade no nematóide *C.elegans* e leveduras, e esse efeito é abolido pela administração de vitamina C (um antioxidante) (3).

De forma geral, muitos dados recentes vêm mostrando que tanto a geração de radicais livres em níveis adequados quanto a consequente indução do sistema antioxidante contribuem com a longevidade (8).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E MUDANÇA DE PARADIGMA Hoje é amplamente aceito que o envelhecimento está relacionado à perda da homeostase devido ao acúmulo de dano em moléculas como lipídeos, DNA e proteínas (3; 9). É muito provável que os radicais livres estejam sim correlacionadas ao envelhecimento, mas não da forma que se acreditava até alguns anos atrás. A geração de radicais livres, e de espécies reativas no geral, provavelmente represente um sinal de estresse do organismo em resposta ao dano

dependente da idade, uma vez que sua produção aumenta continuamente com o envelhecimento, até que sua ação deixe de ser benéfica tornando-se danosa (1; 3).

A visão de que os radicais livres são apenas agentes tóxicos que trazem malefícios a saúde é uma visão limitada que denota apenas um recorte da enorme diversidade de ações desempenhadas por esses compostos nos seres vivos. A ciência ainda está longe de compreender todos os processos fisiológicos e bioquímicos relacionados ao envelhecimento. Contudo, já se faz necessário aprofundar o debate e reconciliar os resultados contraditórios sobre os radicais livres rumo a uma "Teoria Neo-Harmanista", que abranja todos os fenômenos relacionados à dualidade desses compostos, olhando para os processos de forma holística e entendendo-se que o papel dessas espécies depende completamente do ambiente em que se encontram.

Felipe Martelli *é biólogo formado pela Universidade de São Paulo (USP) e atualmente é mestrando do Programa de Pós-graduação em Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP). Investiga os efeitos da nutrição sobre a longevidade e estresse* oxidativo no modelo *Apis mellifera.* Email: *felipemartelli@usp.br*

Francis Morais Franco Nunes *é biólogo, mestre e doutor em genética e professor adjunto do Departamento de Genética e Evolução da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Investiga interações entre fatores genéticos e ambientais que governam a manifestação de fenótipos complexos.* Email: *francis.nunes@ufscar.br*

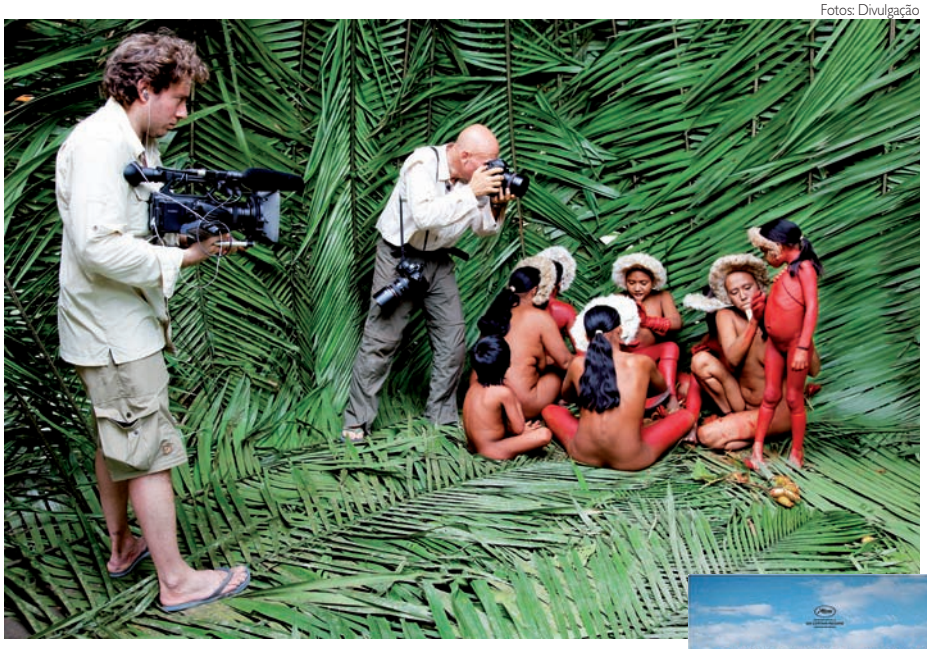
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Magder, S. "Reactive oxygen species: toxic molecules or spark of life?" *Critical Care*, 10, 208. 2006.
2. Carocho, M.; Ferreira, I. C. F. R. "A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives". *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15. 2013.
3. Hekimi, J. L.; Lapointe, J.; Yang, W. "Taking a 'good' look at free radicals in the aging process". *Trends in Cell Biology*, 21, 569. 2011.
4. Lambeth, J. D.; Neish, A. S. "Regulation of Nox and Duox enzymatic activity and expression". *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 9, 119. 2014.
5. Moncada, S.; Higgs, E. A. "The discovery of nitric oxide and its role in vascular biology." *British Journal of Pharmacology*, 147, 193. 2006.
6. Herrling, T.; Jung, K.; Fuchs, J. "Measurements of UV-generated free radicals/reactive oxygen species (ROS) in skin". *Spectrochimica Acta Part A*, 63, 840. 2006.
7. Del Valle, L. G. "Oxidative stress in aging: theoretical outcomes and clinical evidences in humans". *Biomedicine & Aging Pathology*, 1, 1. 2011.
8. Ristow, M.; Schmeisser, S. "Extending life span by increasing oxidative stress". *Free Radical Biology & Medicine*, 51, 327. 2011.
9. Sohal, R. S.; Orr, W. C. "The redox stress hypothesis of aging". *Free Radical Biology & Medicine*, 52, 539. 2012.
10. Van Raamsdonk, J. M.; Hekimi, S. "Deletion of the mitochondrial superoxide dismutase sod-2 extends lifespan in *Caenorhabditis elegans*". *PLoS Genetics*, 5, 1. 2009.
11. Van Remmen, H.; et al. "Life-long reduction in MnSOD activity results in increased DNA damage and higher incidence of cancer but does not accelerate aging". *Physiological Genomics*, 16, 29. 2003.
12. Zhang, Y.; Iet al. "Mice deficient in both Mn superoxide dismutase and glutathione peroxidase-1 have increased oxidative damage and a greater incidence of pathology but no reduction in longevity". *The Journals of Gerontology*, 64, 1212. 2009.
13. Lim, K. S.; Jeyaseelan, K.; Whiteman, M.; Jenner, A.; Halliwell, B. "Oxidative damage in mitochondrial DNA is not extensive". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1042, 210. 2005.
14. Leonarduzzi, G.; Sottero, B.; Poli, G. "Targeting tissue oxidative damage by means of cell signaling modulators: the antioxidant concept revisited". *Pharmacology & Therapeutics*, 128, 336. 2010.
15. Svilar, D.; Goellner, E. M.; Almeida, K. H.; Sobol, R. W. "Base excision repair and lesion-dependent subpathways for repair of oxidative DNA damage". *Antioxidants & Redox Signaling*, 14, 2491. 2010.
16. Afanas'ev, I. "New nucleophilic mechanisms of ros-dependent epigenetic modifications: comparison of aging and cancer". *Aging and Disease*, 5, 52. 2014.
17. Blake, R.; Trounce, I. A. Mitochondrial dysfunction and complications associated with diabetes. Biochimica et Biophysica Acta, 1840, 1404. 2014.
18. Ho, E.; Galougahi, K. K.; Liu, C. C.; Bhindi, R.; Figtree, G. A. "Biological markers of oxidative stress: applications to cardiovascular research and practice". *Redox Biology*, 1, 483. 2013.
19. Saeidnia, S.; Abdollahi, M. "Toxicological and pharmacological concerns on oxidative stress and related diseases". *Toxicology and Applied Pharmacology*, 273, 442. 2013.
20. Agarwal, A.; et al. "The effects of oxidative stress on female reproduction: a review". *Reproductive Biology and Endocrinology*, 10, 1. 2012.
21. Agarwal, A. "Role of oxidative stress in male infertility and antioxidant supplementation". *Business Briefing: US Kidney & Urological Disease, Infertility,* 122. 2005.
22. Yepes, J. N.; et al. "Antioxidant gene therapy against neuronal cell death". *Pharmacology & Therapeutics*, 142, 206. 2014.
23. Rahal, A.; et al. "Oxidative stress, prooxidants, and antioxidants: the interplay". *BioMed Research International*, 2014, 1. 2014.
24. Maher, J.; Yamamoto, M. "The rise of antioxidant signaling — The evolution and hormetic actions of Nrf2". *Toxicology and Applied Pharmacology*, 244, 4. 2010.
25. Zucker, S. N.; et al. "Nrf2 amplifies oxidative stress via induction of Klf9". *Molecular Cell*, 53, 916. 2014.
26. Brown, D. I.; Griendling, K. K. "Nox proteins in signal transduction". *Free Radical Biology & Medicine*, 47, 1239. 2009.
27. Filaire, E.; Toumi, H. "Reactive oxygen species and exercise on bone metabolism: Friend or enemy?" *Joint Bone Spine*, 79, 341. 2012.
28. Scherz-Shouval, R.; Elazar, Z. "Regulation of autophagy by ROS: Physiology e pathology". *Trends in Biochemical Sciences*, 36, 38. 2011.

FOTOGRAFIA

SEBASTIÃO SALGADO EM CORES E MOVIMENTO

Fotos: Divulgação



Juliano Salgado acompanha o trabalho de Sebastião Salgado com a comunidade indígena Zo'é na Amazônia

Em 2014, Sebastião Salgado completou 70 anos, 41 deles dedicados à fotografia. Duas obras, mesmo que não intencionalmente, marcaram a data. Uma delas, o documentário *O sal da terra*, dirigido pelo cineasta Juliano Salgado, filho mais velho do fotógrafo, e co-dirigido por Wim Wenders, acabou recebendo o prêmio especial do júri, da seção "Um certo olhar" no Festival de Cannes 2014. A outra, a biografia *Sebastião Salgado – da minha terra à Terra* (Editora Paralela) foi escrita em parceria com a jornalista francesa Isabelle Francq e conta a história de Sebastião Salgado desde sua infância, na pequena Aimorés, interior de Minas Gerais, até o mais recente projeto, *Gênesis*, que resultou em um livro e diversas exposições em todo mundo, em 2013. Filme e livro tentam revelar o homem além do artista – militante, fotojornalista, ativista – temperando com cores e movimento a história de vida de um principais nomes da fotografia mundial hoje.

Diferentemente de outros filmes realizados sobre a obra de Salgado, *O sal da terra* é, acima de tudo, um olhar afetuoso, de seu filho, que redescobre o fotógrafo para o público e para si mesmo. "Meu pai sempre viajou muito. Nossa relação era boa, porém distante. Com o filme houve uma conexão entre nós", conta Juliano Salgado. Em 2009, já envolvido no projeto *Gênesis*, que tinha por objetivo fotografar regiões do mundo ainda intocadas pelo processo de urbanização, Sebastião Salgado convidou o filho para acompanhá-lo na viagem para Amazônia, onde ficaria com a tribo Zo'é, que vive no norte do estado do Pará, com pouquíssimo contato com os humanos, e que ornamentam o lábio com um longo filete de madeira, introduzido no lábio inferior. "Ele me propôs que filmasse o trabalho dele e sua rotina com os índios, gostou do resultado e, então, surgiu a ideia do documentário", lembra o cineasta. "Meu pai sempre chegava das viagens contando muitas histórias, sobre as pessoas e os lugares onde tinha ficado, nem sempre com final feliz. Eu queria entender como ele chegava ao resultado final, às fotos que nós conhecemos e como ele enfrentava as situações difíceis. Descobri que ele tem um modo muito empático para se relacionar com as pessoas", diz Juliano, que o acompanhou em outras cinco viagens. O documentário foi uma maneira de dar coerência a essas experiências, a essas histórias.

EMPATIA E PACIÊNCIA Sebastião Salgado é um homem tímido. Talvez por isso ele tenha um profundo respeito pelo espaço e pela imagem do outro. Antes de fotografar ele estabelece uma relação de empatia com o espaço e com as pessoas que quer retratar. "As pessoas que fotografo posam para mim. Fazem isso porque querem fazer, porque têm confiança", diz ele em sua biografia. E essa relação só acontece com o tempo. "Quem quer ser fotógrafo não pode ter pressa. Não há como acelerar

os fatos. É preciso descobrir o prazer da paciência", afirma. Assim como cada fotografia requer tempo certo para capturar o instante desejado, os projetos de Sebastião Salgado também são longos, sempre desenvolvidos ao longo de vários anos. No último projeto, *Gênesis*, percorreu 32 regiões de todos os continentes do mundo, exceto a Europa, de 2004 a 2012, para fotografar lugares e habitantes de partes intocadas do planeta.

A confiança também foi um dos ingredientes fundamentais para a produção do documentário, feita de distanciamentos e aproximações. "É claro que o fato dele ser meu pai interferiria no resultado, mas desde o começo Sebastião confiou na maneira como eu conduzia o trabalho. Por isso a figura de Wim Wenders foi tão importante. Ele ajudou a encontrar a distância certa, foi um ponto de equilíbrio", afirmou Juliano. Wenders, diretor alemão de *Paris, Texas* (1984), *Asas do desejo* (1987) e *Buena Vista Social Club* (1999), se juntou ao projeto pouco tempo depois que Juliano iniciou as filmagens. Amigo de Sebastião Salgado desde a década de 1990, ele queria fazer um filme sobre o fotógrafo, e, segundo Juliano, viu uma oportunidade de fazer isso, quando ele lhe mostrou as mais de 15 mil horas de filmagens que tinha feito.

MUNDO EM PRETO E BRANCO Diferentemente de grande parte da obra de Sebastião Salgado, o documentário usa a cor, mas sua função é para marcar uma temporalidade. "São vários formatos de cor, cada um permite entender um momento da vida dele. Nas memórias usamos o preto e branco. Já as referências ao tempo presente estão em cores", explica Juliano. Sebastião Salgado há muito tempo abandonou as cores em suas fotografias, sempre em preto e branco, destacando a luz e o negro. "Não preciso do verde para mostrar árvores, nem do azul para mostrar o mar ou o céu. A cor pouco me interessa na fotografia", escreve ele. "Com o preto e o branco e todas as gamas de cinza, posso me concentrar na densidade das pessoas, suas atitudes, seus olhares sem que sejam parasitados pela cor. Quando contemplamos uma imagem em branco e preto, ela penetra em nós, nós a digerimos e, inconscientemente, a colorimos e isso é fenomenal", completa.

O documentário mostra duas mudanças importantes na vida e no trabalho de Sebastião Salgado, também descritos na biografia: o uso das imagens digitais e o tema "paisagens e animais". Desde o início de seu trabalho como fotógrafo Salgado escolheu o homem, a mulher, a criança, em situações de exílio, fome, guerra. "A fotografia para mim é uma escrita, uma linguagem poderosa porque pode ser lida em todo o mundo sem tradução. Queria mostrar, por meio da minha fotografia, um mundo privado de quase tudo", escreveu. "Ninguém tem o direito de se proteger das tragédias de seu tempo, porque somos todos responsáveis, de certo modo, pelo que acontece na sociedade em que escolhemos viver", disse.

(RE)NASCIMENTOS Em sua biografia, Salgado relata que uma das coisas que aprendeu nos anos em que fotografou homens trabalhando, nas mais diversas ocupações, em vários lugares do mundo e que resultariam no livro *Trabalhadores* (1997), foi que o trabalho que faz o homem, o transforma, o molda. Pois a fotografia também transformou o fotógrafo. Depois de *Êxodos* (2000), pensou em desistir, tamanho o sofrimento, ódio e violência que presenciou. Foi nesse momento que surgiu o Instituto Terra.

O projeto, ideia original de sua mulher, Lélia Deluiz Wanick Salgado, começou com o reflorestamento de uma área devastada da fazenda que Sebastião Salgado herdou dos pais, em Aimorés. Hoje se dedica ao desenvolvimento sustentável da região do Vale do Rio Doce, fornecendo mudas para programas de reflorestamento nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. "O espetáculo de ver a vida voltar para a fazenda me deu certo encantamento, como se, depois de tanta tristeza e desolação, a vida voltasse para mim também", escreveu. Foi aí que surgiu o projeto de contar uma história fotográfica que mostrasse a beleza do mundo. Nascia *Gênesis*. "Depois de passar anos mostrando homens, mulheres e crianças em seu cotidiano, eu fotografaria vulcões, dunas, geleiras, florestas, rios, cânions, baleias, renas, leões, pelicanos, o mundo da selva, do deserto e das geleiras. Descobrindo o planeta, descobri a mim mesmo", revelou.

A biografia *Da minha terra à Terra* e o documentário *O sal da terra*, acompanham essas transformações, de um modo simples, direto e, às vezes, comovente. "Eu tinha várias perguntas a responder com esse documentário, algumas respostas estão no filme, outras pertencem só a nossa relação de pai e filho", conta Juliano Salgado. Declarando-se feliz com a receptividade e surpreso com a premiação em Cannes, ele acredita que ambas se devem à mensagem que o filme passa: "A história do Tião e da Lélia é uma história de transformação. Eles escolheram um modo de agir que é positivo, mostrando que mesmo diante de experiências difíceis é possível fazer do mundo um lugar melhor". O documentário deve ser exibido no Brasil no último trimestre deste ano.

Patrícia Mariuzzo

Uma das características de Žilnik é trabalhar com atores não profissionais, muitos deles recrutados nas ruas. O cineasta em passagem pela Universidade Estadual de Campinas em maio de 2014 (última foto à direita)

NOVO CINEMA IUGOSLAVO

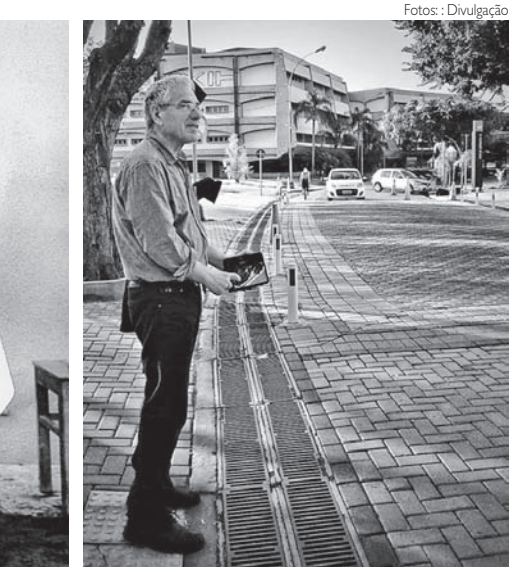
Quem filma faz a hora, não espera acontecer: Želimir Žilnik

De 19 de maio a 1º de junho, o cinema da Universidade de São Paulo, Cinusp Paulo Emílio organizou a mostra Želimir Žilnik e a Black Wave do Cinema Iugoslavo, em evento apoiado pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo, pelo Laboratório de Investigação em Cinema e Audiovisual (Laica) e pelo Programa de Pós-Graduação em Multimeios da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Por ocasião da mostra, Žilnik veio pela segunda vez ao Brasil, para palestras e workshop entre os dias 24 e 20 de maio.

Želimir Žilnik foi um jovem expoente do movimento cinematográfico iugoslavo mundialmente conhecido como Black Wave – e um dos cineastas mais criativos de sua geração ainda em atividade. Ganhou o Urso de Ouro na 19ª edição do Festival de Berlim com seu longa de estreia, *Early works* (*Rani radovi*, 1969), e, a partir de então, consolidou uma carreira em cinema e televisão que viria a ser reconhecida internacionalmente.

A Onda Negra iugoslava, ou simplesmente Black Wave (no original, Crni Talas), é um movimento cinematográfico que eclodiu na Iugoslávia por volta de 1963, permanecendo ativo até meados de 1972. Dentre os filmes mais representativos da Black Wave iugoslava em longa-metragem, podemos citar *Three* (1966) e *I even met happy gypsies* (*Feather gatherers*, 1967), ambos de Aleksandar "Saša" Petrovi´c; *WR: Mysteries of the organism* (1971), de Dušan Makavejev, e *Early works* (1969), de Želimir Žilnik. O termo Black Wave surge pela primeira vez para designar (negativamente) uma parcela da produção cinematográfica iugoslava no artigo "A onda negra no nosso cinema" ("Crni talas' u nasem filmu"), de Vladimir Jovi˘ci´c, jornalista alinhado ao Estado. Publicado no periódico *Borba* em 3 de agosto de 1969, o artigo de Jovi˘ci´c etiquetava de forma sentenciosa uma verdadeira "tarja preta" sobre filmes contemporâneos realizados por uma geração de novos cineastas. Jovi˘ci´c escrevia em reação direta ao *Early works* de Žilnik, um filme exemplar das tendências da Black Wave iugoslava, contendo a maioria das desconfianças e questões emergentes no mundo socialista no final dos anos 1960, após a Primavera de Praga, e os vários movimentos estudantis internacionais.

Fotos: : Divulgação



NOVO CINEMA IUGOSLAVO Na verdade, não havia nada de "negro" no cinema iugoslavo daquele período. Ele e seus colegas chamavam seu trabalho de Novo Cinema Iugoslavo, uma ruptura com o realismo socialista (o estilo oficial ainda por volta do fim dos anos 1950) em busca de um cinema mais crítico e genuinamente engajado com a realidade de seu país – e livre da propaganda política estatal. Segundo Žilnik, "Black Wave significa que você é muito crítico e que observa a realidade através de 'óculos escuros', uma percepção completamente falsa do movimento".

Želimir Žilnik estreou como cineasta profissional com o curta documentário *Journal on village youth, winter* (*Zurnal o omladini na selu, zimi*, 1967), no qual registra as formas de diversão dos jovens do interior durante o inverno em seu país. Em 1969 Žilnik lança o documentário observativo *June turmoil* (*Lipanjska gilbanja*), no qual registra manifestações estudantis em Belgrado, em 1968, subsequentes ao Maio de 68 em Paris. Os anseios por liberdade de expressão e reformas do Estado presentes em *June turmoil* serviram como inspiração para a estreia de Žilnik em longa-metragem com o aclamado *Early works*, filme que pode ser visto como um divisor de águas na carreira do cineasta e no próprio movimento Black Wave.

Realizado ainda na Iugoslávia, *Filme negro* (*Black film / Crni film*), de 1971, talvez seja o curta mais emblemático do "método Zilnik" de fazer cinema. Neste documentário participativo, o cineasta resgata seis moradores de rua de Novi Sad, levando-os para passar a noite em seu próprio apartamento de 48m² e dois quartos, onde também vivem sua mulher e sua filha pequena. Em paralelo, Zilnik entrevista pessoas na rua perguntando o que fazer com os sem-teto sob sua guarda. As respostas são evasivas, vagas ou utópicas. O humor negro e a ironia (característicos da Black Wave iugoslava, mas em particular do cinema de Žilnik) orientam a tônica de *Filme negro*, no qual se evidencia o recurso do diretor a uma estratégia próxima da *reductio ad absurdum* – a "redução ao absurdo" ou prova por contradição, também conhecida como argumento apagógico.

INFLUÊNCIA BRASILEIRA Perto do fim dos anos 1980, Žilnik realizava filmes no contexto de uma cooperativa para cinema e televisão. Seus trabalhos nesse período prenunciavam as crescentes tensões e mudanças sociopolíticas que viriam a se abater sobre o país, notadamente os títulos *The second generation* (*Druga generacija*, 1983), *Pretty women walking through the city* (*Lijepe zene prolaze kroz grad*, 1986) e *The way steel was tempered* (*Tako se kalio celik*, 1988). *The way steel was tempered* oferece uma visão irônica do confronto entre o proletariado (e também o lumpenproletariado) e a elite burguesa, com foco sobre as aventuras amorosas e profissionais do metalúrgico Misel (Relja Bašić). Guardadas as devidas proporções e características de entorno, um substrato crítico comum a filmes como *A opinião pública* (1967), de Arnaldo Jabor, ou ainda *Macunaíma* (1969), de Joaquim Pedro de Andrade, parece subsistir nesse filme de Žilnik, assim como em outros títulos de sua filmografia.

A relação com o cinema brasileiro não é gratuita. O próprio Žilnik relembra seu primeiro contato com o Cinema Novo brasileiro quando, ainda jovem, assistiu a filmes como o já citado *A opinião pública*, de Jabor, e *Terra em transe* (1967), de Glauber Rocha, apresentados por Lino Micciche em Pesaro, na Itália.

Nos anos 1990, com uma carreira independente consolidada, Žilnik realizou uma série de longas de ficção e documentários sobre os eventos que aconteciam nos Bálcãs. O polêmico e celebrado *Marble ass*, por exemplo, ganhou o Prêmio Teddy na Berlinale, em 2005. Este filme independente de Žilnik investiga o homossexualismo em Belgrado, mostrando uma realidade negada pelas classes reacionárias do país. O colapso de todo um sistema de valores e os problemas enfrentados por refugiados e imigrantes na nova realidade da União Europeia torna-

ram-se o foco de interesse de Žilnik em seus filmes mais recentes exibidos em mais de 250 festivais internacionais. Atualmente, Žilnik tem trabalhado num projeto de documentário sobre a imigração africana na Sérvia contemporânea.

FILMES PARA QUEM Em seu estilo, Žilnik recorre sempre ao improviso, buscando autenticidade em produções que mesclam imagens documentárias a trechos encenados. A opção por trabalhar com atores não profissionais também é frequente O cineasta atribui seu método de trabalho não só a intenções estéticas e políticas, mas também a contingências da própria realidade da produção cinematográfica iugoslava. "Você não pode pedir a alguém envolvido num protesto nas ruas que exponha todas as fraquezas de sua posição e de seus problemas familiares, os quais são causados pela pobreza em que se encontram. Então uso a ficção para criar o conflito dramático", disse. Ele afirma, no entanto, que não utiliza um método único, porque seus filmes são na verdade muito diferentes. "Muitas vezes tenho de trabalhar como numa *collage*, reunindo materiais diversos numa única obra, como em *Old school capitalism* (*Stara skola capitalisma*, 2009), uma crítica poderosa à incomunicabilidade política e social na Sérvia contemporânea pós-comunista, realizado ao longo de um ano e em diferentes locais do planeta. Em outras ocasiões, como um escultor, retiro o material que preciso de uma única pedra bruta. Por exemplo, como em *Marble ass*, que realizamos em 11 dias vivendo em comunidade", explica o diretor. "Mas, se há algo que eu possa resumir num método pessoal, seria meu interesse em evitar uma suposta abordagem convencional, a qual sofre o peso de restrições externas ao trabalho artístico. Dentre essas restrições, destaco os grandes orçamentos, quando você não tem o tema, nem os atores nem a estória apropriados ao grande público, de Nova York à Indonésia. E eu nunca tenho esse tipo de estória", completa Žilnik. O cineasta esclarece ainda que essa é uma opção metodológica: "percebi que depender de grandes orçamentos vai de encontro às estórias que me interessam, portanto prefiro trabalhar de forma mais independente e cooperativa. Minha segunda opção metodológica consiste em ser completamente aberto em termos de *casting*. Para mim esse é o segundo fator mais importante na realização de um filme. O primeiro é o conceito, ou o roteiro, a estória na qual se está interessado – e salvo uma ou duas ocasiões, nunca trabalhei com um conceito ou estória no qual não confiasse plenamente". E para quem Žilnik faz seus filmes? Segundo o próprio cineasta, para ele mesmo e para os participantes de sua obra em primeiro lugar – o que inclui o elenco, frequentemente formado por atores não profissionais.
Em seu corpo-a-corpo com a realidade das ruas e das comunidades anônimas, o cinema de Žilnik captura o atropelo do homem comum pela história com h maiúsculo – como em *One woman one century* (*Jedna žena - jedan vek*, 2011), documentário cuja personagem central é Dragica Vitolovi´c-Srzenti´c, uma bem-humorada senhora de mais de 100 anos que testemunhou a ascensão e queda de diferentes regimes (monarquia, comunismo, pós-comunismo), e cuja história pessoal se confunde com a memória coletiva de seu próprio país. Os filmes de Žilnik ilustram com propriedade essa micro-história dos anônimos e, por mais dura e chocante que possa ser essa realidade, o relato nunca é sisudo.

CAPTURANDO O FLUXO DA VIDA Com uma extensa filmografia de mais de quarenta títulos em sua carreira ao longo de mais de quatro décadas, Žilnik continua filmando e percorrendo o mundo em workshops e palestras. "Meu esforço principal é encorajar os jovens a usar as novas tecnologias não com a pretensão de realizar apenas grandes filmes comerciais, mas com o objetivo de tentar capturar o fluxo da vida a seu redor. Imagens em movimento são hoje a principal fonte da história recente, de nosso conhecimento sobre tempos passados mais confiável que a palavra escrita. Em sua palestra aos alunos da Unicamp e no workshop gratuito oferecido na ECA-USP, Žilnik deixou uma mensagem aos jovens aspirantes a diretores de cinema: "desenvolvam bem seu conceito, acreditem nele e trabalhem com paixão, mas não sacrifiquem suas ideias esperando por grandes financiamentos, públicos ou privados". O cinema de Žilnik está na rua, pertencendo àqueles que fazem a hora – e não esperam acontecer.

Alfredo Suppia

FRONTEIRAS ENTRE FICÇÃO E REALISMO

Do viciante Hero do saudoso Atari à crueldade chocante de um Grand Theft Auto V, os jogos para computadores celulares e videogames estão cada vez mais realistas. Os últimos desenvolvimentos, no entanto, têm colocado a questão da distinção entre jogo e realidade em outro plano, trazendo não apenas a reprodução do mundo que habitamos para o console do videogame, mas o próprio jogo ou alguns de seus elementos para as ruas da cidade.

Uma das tecnologias responsáveis por essa interpenetração leva o nome de realidade aumentada ou realidade expandida. Ela permite que certas projeções sejam mostradas na tela quando, por exemplo, o GPS identifica que o usuário está em um determinado ponto ou quando a câmera do celular identifica determinado código. No caso dos jogos que se utilizam de realidade aumentada, o jogador é levado a deslocar-se geograficamente para um lugar para conseguir realizar uma tarefa. Com isso, na tela do celular, um novo mundo se abre, se soma ou se expande.

Um dos jogos mais notáveis que usam os recursos do telefone celular para brincar com a realidade aumentada é o Ingress, do Google, feito para a plataforma Android. Ele divide os jogadores em duas facções cujo objetivo é controlar territorialmente o planeta. Esse controle se dá pela construção e ligação entre portais, lugares em que uma misteriosa energia alienígena se manifestaria. Para criar um portal é necessário fotografar lugares históricos, turísticos ou de aglomeração de pessoas (igrejas, praças, prédios históricos, grafites, obras de arte espalhadas em lugares públicos da cidade).

FERRAMENTA EDUCACIONAL Alguns pesquisadores têm apontado o Ingress como um curioso experimento cujos princípios podem ser utilizados para se pensar desde novos modelos educacionais até políticas de conservação ambiental. Lee Yik Sheng, no artigo "Modelando o aprendizado em Ingress (o jogo social de realidade aumentada do Google" (no original, "Modelling learning from ingress (Google's augmented reality social game"), compara a jogabilidade do aplicativo a elementos utilizados nos MOOCs (Cursos Online Abertos e Massivos, na sigla em inglês), em que o aprendizado é feito de forma coletiva, com os alunos ensinando uns aos outros e, para isso, utilizando meios de comunicação online, como fóruns e grupos de discussão em redes sociais. Já Chris Sandbrook, William M. Adams, Bruno Monteferri, no artigo "Jogos digitais e a conservação da biodiversidade" (no original, "Digital games and biodiversity conservation) falam no potencial das práticas de gameficação para a preservação ambiental. Gameficação é um neologismo criado para o uso de elementos dos jogos, como a competição a partir de certas regras e a soma de pontos, para outras atividades não diretamente relacionadas, como fazer exercícios, compras ou mesmo outros tipos de trabalho convencionais. Nesse sentido, o Ingress seria um jogo de realidade mista, não contido somente num ambiente virtual nem no mundo físico. Segundo os autores, a gameficação poderia ser usada na conservação ambiental para educação e mudança de comportamentos; levantamento de recursos e para a promoção de pesquisas, monitoramento e planejamento.

MAPEAMENTO ON LINE De fato, o Ingress parece que já está sendo usado pelo Google para, de alguma forma, colocar seus jogadores para trabalhar, ainda que se divertindo, na coleta de informações que se tornam valiosas nas mãos da empresa. "Esse é o jeito clássico do Google", declarou Blair MacIntyre, diretora do Laboratório de Realidade Aumentada do Instituto Georgia Tech, nos Estados Unidos, à revista *New Scientist:* "Eles conseguem garimpar informações sobre novos monumentos e isso na verdade os ajuda a gerar resultados mais interessantes, pois isso é o que as pessoas do local dizem que é o que há de mais interessante". Um exame rápido sobre os pontos mapeados pelos jogadores comprova a declaração da pesquisadora. Mesmo as cidades médias brasileiras já têm mapeados pelos jogadores não somente os monumentos mais óbvios, mas também atrações turísticas e grafites pintados recentemente, o que oferece à empresa um interessante banco de dados, muito difícil e caro de ser construído de maneira profissionalizada.

O jogo também tem sido utilizado como chamariz para pontos comerciais. Nos Estados Unidos, a Google já fechou contrato com a loja de sucos Jamba Juice, transformando diversos estabelecimentos físicos da cadeia de sucos em locais de interesses para os jogadores.

WATCH DOGS E A VIGILÂNCIA UBÍQUA Mas se alguns jogos usam camadas de ficção para explorar um trabalho real, outros abusam do realismo para descortinar esse mundo de interconexão informacional e vigilância por toda parte. Watch Dogs, da Ubisoft, que roda nas principais plataformas de videogames, coloca na tela um mapa detalhado da cidade de Chicago (EUA), e é estrelado por um personagem capaz de hackear o sofisticadíssimo sistema de informação da cidade para realizar suas missões. Em 2003, ocorreu um apagão nos Estados Unidos e no Canadá e o jogo usa esse fato para ficcionalizar a criação de um supercomputador que controlaria todo o sistema informacional da cidade, interligando as câmeras de vigilância e caixas eletrônicos espalhados pelas ruas ao sistema de semáforos.
Watch Dogs é um ótimo exemplo de jogo eletrônico que funciona do mesmo modo que qualquer obra artística ou literária. Por meio de uma história aparentemente ficcional a obra descreve um mundo controlado pela vigilância informacional, em que os dados pessoais e as atividades interligadas em rede se tornaram fonte de valor financeiro e meio privilegiado de contato entre as pessoas.

Rafael Evangelista

NEUROCIÊNCIA

DESVENDANDO OS MECANISMOS DO PRAZER DE OUVIR MÚSICA

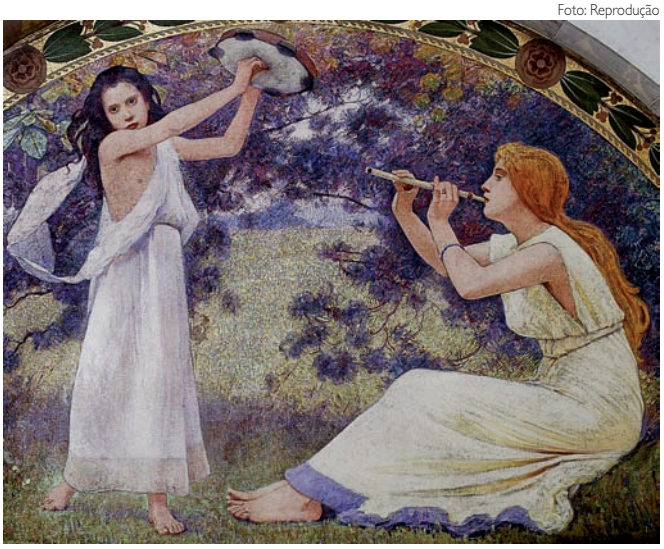
Sentimos um imenso prazer quando escutamos músicas das quais gostamos. Mas como nosso cérebro decide se gostou ou não de uma música inédita a ponto de pagar por ela?
A música nos proporciona uma ampla gama de emoções. É capaz de excitar ou relaxar, alegrar ou deprimir, motivar ou irritar. Dificilmente conseguimos ser indiferentes a uma canção. A capacidade de fazer e ouvir música é exclusiva da espécie humana. A música está presente em todas as culturas do mundo e estudos indicam que ela precede a linguagem.

OS EFEITOS DA MÚSICA Podemos ouvir uma melodia e ela ser interpretada apenas como um ruído dentre tantos outros. Entretanto, quando escutamos uma canção que nos dá prazer criamos empatia. "Se estabelecemos sincronia com uma determinada música, ocorre um tipo de recompensa afetivo-emocional", explica Mauro Muszkat, músico e médico neurologista, coordenador do Núcleo de Atendimento Neuropsicológico Infantil Interdisciplinar (Nani), do Departamento de Psicobiologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). "Neste estado ocorrem respostas periféricas da pele, tais como ereção do pelo, podendo levar a uma vasoconstrição e tremores. Além disso, há períodos da música nos quais as pessoas atingem outro estado de consciência por conta do envolvimento intenso com a melodia", complementa. Ainda segundo ele, ocorre uma integração de vários circuitos emocionais, cognitivos e perceptuais levando o ouvinte a um estado de alegria instantânea.

ATIVIDADE CEREBRAL Há alguns fatores individuais que devem ser considerados ao analisarmos os sentimentos causados por um determinado som. Músicas diferentes levam a ativações neurais diversas, proporcionando, assim, reações diferentes em pessoas distintas. A idade, personalidade, cultura e formação musical, influenciam muito o chamado gosto musical de cada indivíduo.
Em 2009, um grupo de neurocientistas da Universidade de Columbia realizou um experimento com o escritor Oliver Sacks, no qual ele ouviu o compositor alemão Johann Sebastian Bach, de quem é fã desde a infância, e Ludwig van Beethoven, de quem gosta pouco. Sacks teve suas atividades cerebrais mensuradas por um aparelho de ressonância enquanto ouvia trechos de músicas dos dois artistas. Seu cérebro foi muito mais ativado após escutar Bach do que Beethoven. A amígdala, essencial para processar emoções e responsável pela formação da associação entre estímulos e recompensas, foi a região mais ativada.
Quando submetido a outro experimento, no qual escutava uma música de quem não sabia a autoria, Beethoven ou Bach, Sacks foi capaz de distingui-la inconscientemente, e novamente seu cérebro apresentou

maior ativação após escutar a sonata de Bach, sem que o cientista os diferenciasse conscientemente. "Músicas diferentes levam a ativações neurais diferentes, áreas sensoriais que te levarão à distinção de um instrumento do outro. A música rítmica ativa a chamada área de Broca, localizada do lado esquerdo do cérebro, responsável pela linguagem, isso se diferencia independentemente do indivíduo ser músico ou não", explica Muszkat.

Foto: Reprodução



Detalhe do mural "Recreação", de Charles Sprague Pearce, na Biblioteca do Congresso, EUA

CAMINHOS DA MÚSICA Atualmente, técnicas como imagem por ressonância magnética funcional (IRMF) e eletroencefalografia (EEG) têm possibilitado a observação das regiões que são ativadas no cérebro quando ouvimos uma música. Elas podem ajudar a responder por que algumas pessoas gostam mais de música do que outras, por exemplo. Em 1999, Robert Zatorre, professor do Instituto Neurológico de Montreal, com seus colaboradores, realizou estudos, publicados na revista *Nature Neuroscience,* que revelaram a presença de uma rede cerebral funcional especificamente associada a respostas emocionais à música.

Desde então, outros estudos têm sido realizados e até o momento sabe-se que a música estimula estruturas do sistema límbico, responsável pela autorregularão emocional, principalmente das regiões corticais do cérebro. Em outras palavras, a música atinge uma região cerebral relacionada ao chamado sistema de recompensa, ativando também o sistema dopaminérgico.

MÚSICA COMO RECOMPENSA Em 2011, Zatorre e seu grupo de pesquisa, utilizando a técnica de IRMF, demonstraram que enquanto escutamos canções das quais gostamos, em determinado momento, chegamos ao "auge" emocional, sentimos um arrepio de prazer, o que resulta em maior atividade cerebral. Além disso, segundos antes da ocorrência do auge emocional, há liberação de dopamina. Este pequeno intervalo de tempo foi denominado período antecipatório, que provém das expectativas criadas com base no conhecimento de cada indivíduo sobre música e seu padrão de organização no cérebro. A dopamina promove sensações de surpresa e expectativa com relação ao que vai acontecer posteriormente. O mecanismo de antecipação da recompensa é fundamental para reforçar comportamentos necessários para a sobrevivência, como a alimentação e na atividade sexual.

Outra observação interessante, feita por esses pesquisadores, foi que existe uma conexão entre o núcleo accumbens e o córtex auditivo. Essa interação sugere que as expectativas em relação ao desenrolar da música baseiam-se no que foi aprendido e armazenado no córtex auditivo ao longo da vida. Alguns estudos pretendem compreender como a memória musical pode auxiliar na recuperação de lembranças em pacientes com distúrbios de memória, como na doença de Alzheimer. "A música ativa várias áreas cerebrais, mesmo aquelas que estão comprometidas com funções específicas como a linguagem, memória e área motora. A musicoterapia pode facilitar o aprendizado, ativar alguns movimentos do corpo e reabilitar a linguagem verbal", explica Cléo Correia, musicoterapeuta do Setor de Neurologia do Comportamento do Departamento de Neurologia Clínica e Neurocirurgia da Unifesp.

"A música pode atuar como terapia para qualquer tipo de transtorno. Na verdade, muitas pessoas fazem isso naturalmente ao ouvir música. Quando estamos deprimidos ouvimos músicas mais tristes e, por outro lado, tendemos a escutar canções mais agitadas para nos alegrar", afirma Muszkat. Pesquisas recentes estão investigando de que modo podemos utilizar a música para ajudar pacientes com distúrbios neurológicos, de modo complementar aos tratamentos convencionais.

Tatiana Venancio

DOMÍCIO PROENÇA FILHO

À GUISA DE POÉTICA

Não aprendi lições de pedra,
de deserto, ou a essência
do verbo,
esses mistérios.
Que outros, não eu,
lapidem cores, música, perfume,
à luz do Sonho,
finas transcendências,
marmorem o verso
a construir da vida
a mímese monumental
em estrofes cristalinas
ou de qualquer outro
mineral
talhado a jeito de ourives
ou de laser,
atos afins,
misteres.
Ao leito, por outro lado,
estreito da redondilha
prefiro o cerne da ilha
e a realidade concreta
e carnal.

Não catarei feijões de poesia
há quem, poeta maior,
que os cata bem melhor
e recuso-me a buscar
faces perdidas
no espelho
das águas
do rio inexorável.
Com palavra até que brigo
pesar do esforço da guerra.
Ergo, não teço, não talho,
não sonho, não procuro:
No meio desse fogo
cruzado
recruzado
arisco
diante do muro
e do logro
assumo apenas o risco
do jogo.

MORRER DE AMOR?

Se se morre de amor! – não, não se morre.
Gonçalves Dias

O último coytado
congelou-se nos versos
do passado.
Morrer de amor
é hipérbole romântica
discurso sedutor
amor monologado
que é quando esquizofrênico,
frustrado,
longe de ser fatal,
alimenta narcisismos
vitimizados.

Amor, amor, não mais ilude
e se acaso por amor peço socorro
(o que costumo fazer muito amiúde)
é que morro porque de amor não morro
mais que pude.

VOYEURISMO

Crepúsculo, o corpo,
matutino
o olhar aquoso,
refluxo de vagas,
arcoirisado de luzes
verde-ouro
lábios-cintilações
expectâncias
a larga praia alerta,
algas esparzidas,
asas, guelras, o mistério
negro e rubro,
ave do paraíso, peixe,
concha e pérola,
as colunas do templo
guardiãs
de sonhos molhados
e o movimento veludoso
tênue
leve,
o sorriso
com sabor de mel e de viagem.

Extraídos de: Proença Filho, Domício. 1a.ed. O risco do jogo: poemas. *São Paulo: Prumo, 2013.*

***Domício Proença Filho** é poeta, ficcionista, professor, crítico, roteirista e promotor cultural. Membro da Academia Brasileira de Letras, é autor de uma vasta obra. Os poemas aqui publicados fazem parte do livro* O risco do jogo *(São Paulo, editora Prumo, 2013).*

Normas para publicação

Artigos & Ensaios

http://cienciaecultura.bvs.br
cienciaecultura@sbpcnet.org.br

A seção **Artigos & Ensaios** da revista *Ciência e Cultura* possui quatro páginas destinadas a atender demandas espontâneas da comunidade científica que não se encaixem dentro do Núcleo Temático de cada número. A seção abriga textos com uma reflexão sobre temas da atualidade científica e de interesse da sociedade como um todo, nas grandes áreas do conhecimento.
A formatação dos artigos deverá seguir as **normas** publicadas abaixo. Os textos serão avaliados e sua publicação seguirá agenda de interesse editorial da revista. Não é recomendada a submissão de artigos e ensaios de interesse exclusivo de grupos de especialistas ou que tenham sido anteriormente publicados, em veículos da comunidade científica ou mídia em geral.

NORMAS

SEÇÃO ARTIGOS & ENSAIOS Possui 4 páginas, destinadas a um texto de 17,5 mil caracteres com espaçamento (sem imagens) ou 16 mil (com até 3 imagens).

FORMATO Cada artigo terá o máximo de 3 gráficos, tabelas ou imagens, considerados fundamentais para a ilustração e melhor entendimento do texto. Esse material deve ser enviado em arquivo separado e com antecedência, para sua confecção e checagem junto ao articulista. O envio de número superior a esse deverá oferecer a opção de escolha para a edição, se houver necessidade de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS As citações e referências serão indexadas numericamente no texto, em ordem crescente, e aparecerão no final do artigo, sob o título **Notas e Referências**, se ambas ocorrerem; ou **Notas, ou Referências**, se apenas uma das duas ocorrer. Existe, ainda, a opção **Bibliografia consultada**, sem citações referenciadas e numeradas ao longo do texto.

RODAPÉ Notas de rodapé não são utilizadas.

CRÉDITO A assinatura do articulista virá logo abaixo do título e suas qualificações – que devem ser encaminhadas **sempre** no corpo do texto e não exceder cinco linhas – serão editadas ao final. Modelo: ***José da Silva*** *é biólogo, professor titular do Instituto de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP) e presidente do Centro de Pesquisa em Biologia Molecular do Instituto XYZ.*

PRAZOS Os textos serão avaliados por membros do conselho editorial da revista. A qualidade de texto, informação e pertinência dos artigos e ensaios são essenciais para a sua aprovação. Uma vez aprovados, os textos serão publicados de acordo com a relevância e urgência dos temas abordados. Depois de aprovados, os textos passarão por um processo de revisão editorial e reenviados para checagem dos autores, que deverão devolvê-los, com devidos ajustes e/ou aprovação em, no máximo, 48 horas.

DESTAQUES Os destaques dentro do texto – como palavras ou expressões que se queira salientar, devem vir em negrito – citações de frases e capítulos deverão receber aspas; palavras estrangeiras e títulos de obras aparecerão em itálico. Deve-se evitar o excesso de destaques por página.

REFERÊNCIAS O padrão de referências adotado segue exemplificado abaixo:

1. Berriman, M.; Haas, B.J.; LoVerde, P.T.; *et al.* "The genome of the blood fluke *Schistosoma mansoni*". *Nature*, Vol.460, no.7253, p.352-258. 2009.
2. Elias, N. *O processo civilizador- uma história de costumes.* Vol.I Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 1990.
3. Tavares, J.V. "A violência como dispositivo de excesso de poder. *In: Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol.37, p.132. Junho de 1993.
4. Diaz, M., *op cit.* p.345-347. 1987.

ENVIO DE MATERIAL Os textos devem ser produzidos em arquivo Word. Ilustrações e gráficos devem ser enviados em arquivo separado, com os detalhes necessários para sua identificação, como: crédito, legenda, fonte etc.

SIGLAS As siglas constantes no texto devem **sempre** aparecer por extenso na primeira vez em que forem utilizadas.

CONTATO É necessário que cada articulista coloque seus dados para eventual contato (e-mail ou tel) quando alguma dúvida surgir no processo de edição.

Realização

Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Produção Editorial

Apoio

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FINEP Agência Brasileira da Inovação

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Governo Federal Brasil País rico é país sem pobreza

FAPESP