

The text that follows is a PREPRINT.

Please cite as:

Val, Adalberto L.; Vera Maria F. de Almeida-Val, Philip M. Fearnside, Geraldo M. dos Santos, Maria Tereza F. Piedade, Wolfgang Junk, Sergio R. Nozawa, Solange T. da Silva, Fernando Antonio de C. Dantas. 2010. Amazônia: Recursos hídricos e sustentabilidade. In: J. Tundisi (Ed.) *Recursos Hídricos*. Academia Brasileira de Ciências (ABC) & Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), São Paulo. (in press).

Copyright: Academia Brasileira de Ciências (ABC)

6

AMAZÔNIA: RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE^{1, 2}

Adalberto L. Val^{3, 4}

Vera Maria F. de Almeida-Val^{4, 5}

Philip M. Fearnside⁴

Geraldo M. dos Santos⁴

Maria Teresa F. Piedade⁴

Wolfgang Junk⁴

Sergio R. Nozawa⁵

Solange T. da Silva⁶

Fernando Antonio de C. Dantas⁶

- ¹. Texto preparado para a Academia Brasileira de Ciências para integrar o documento do Grupo de Trabalho sobre Recursos Hídricos. Este texto é uma síntese preparada a partir da contribuição inicial de cada um dos autores.
- ². Agradecimento especial a Rubens Tomio Honda (CUNL, afiliado ABC), Mônica Stropa Ferreira Nozawa (CUNL), Efrem Ferreira (INPA), Jansen Zuanon (INPA) e Elizabeth Mendes Leão (INPA).
- ³. Membro titular e Vice-Presidente para a Região Norte da Academia Brasileira de Ciências.
- ⁴. Pesquisadores e Professores dos Programas de Pós-graduação em Ecologia e Biologia de Água Doce e Pesca Interior do INPA, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- ⁵. Professores do Programa de Pós-graduação em Biologia Urbana do CULN, Centro Universitário Nilton Lins.
- ⁶. Professores do Programa de Pós-graduação em Direito Ambiental da UEA, Universidade do Estado do Amazonas.

RESUMO

Palavras-chave:

ABSTRACT

Key-words:

CARACTERIZAÇÃO E EXTENSÃO HÍDRICA

Apenas três por cento da água existente no mundo são águas doces correntes e destes, um quinto deve-se à descarga do rio Amazonas no oceano. A bacia hidrográfica do Amazonas é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ramificando-se por todos os países do norte da América Latina, desde os sopés andinos até o Oceano Atlântico (Eva & Huber 2005), contando com 25.000 km de rios navegáveis em cerca de sete milhões de km², dos quais 3,8 milhões estão no Brasil (IBGE 2007). Esta bacia continental se estende por todo o norte da América do Sul, sendo que 63 % dela se encontram em território brasileiro, o que traz várias questões transnacionais nas áreas social, econômica, da biodiversidade e ambiental, entre outras, e impõe uma análise plural dos espaços normativos e da diversidade cultural na região. Esta questão de escala teve e ainda tem profundas implicações nos processos de planejamento regional e, não raras vezes, é completamente negligenciada.

O rio Amazonas descarrega no oceano Atlântico 175.000 m³ de água doce a cada segundo, o que representa 20 % de toda a água doce que entra nos oceanos do mundo todo. O encontro desse imenso volume de água com o mar resulta em um barulho de grandes proporções, denominado “pororoca” (da língua Tupi, grande estrondo) (revisado por Val *et al.* 2006). Este volume de água resulta da contribuição de uma infinidade de pequenos corpos de água completamente anastomosados no interior da floresta, que têm importante papel no ciclo da água na região amazônica e demais regiões adjacentes. Essa descarga equivale a cinco vezes a do rio Congo (África) e 12 vezes a do rio Mississipi (Estados Unidos da América). Os corpos d’água de todas as formas e origens criam um plano topográfico singular com um extensivo conjunto de áreas de transição entre o ambiente aquático e a terra firme, que (Sioli 1984) denominou de “aquatic landscape”. Mais de 20 % da região Amazônica pode ser considerada área úmida (Junk 2000).

As áreas alagáveis amazônicas associadas aos grandes rios são definidas como ambientes que recebem, periodicamente, o aporte lateral de águas desses rios devido à flutuação anual de seus níveis. Estas áreas cobrem 6 % da Amazônia brasileira, isto é, cerca de 300.000 km², e são classificadas, conforme sua fertilidade, em várzeas (4 %) e igapós (2 %). As várzeas são as áreas de maior fertilidade e são habitadas por 90 % da população rural do Amazonas (Junk 2000). Os igapós são, em contraste, pobres em nutrientes inorgânicos, ricos em material orgânico dissolvido e suas águas são

extremamente ácidas, com cor clara ou, mais freqüentemente, preta (Sioli 1975, Furch 2000). O contraste entre esses dois ambientes se estende também à flora.

A diversidade ambiental na Amazônia é ampliada pelos diferentes tipos de água, como as águas pretas do rio Negro, as brancas do rio Amazonas e as claras do rio Tapajós. Também, do ponto de vista biológico, a conexão com a bacia do Orinoco tem papel relevante. Essa conexão se dá por meio do canal de Cassiquiare, na parte superior do rio Negro. Os principais afluentes do rio Orinoco têm sua origem nos Andes, que também trazem de lá significativas quantidades de sedimentos. Contudo, uma quantidade de sedimentos ainda maior, da ordem de $1,2 \times 10^9$ t, é transportada pelo rio Amazonas para a costa Atlântica (revisto por Lara *et al.* 1997), onde se localiza uma extensa zona de interface.

A diferença de densidade e o volume de água fazem com que a água doce se mova por sobre a água salgada por centenas de quilômetros, transportando o sedimento diretamente para dentro do oceano Atlântico, em vez de permitir o depósito na entrada do estuário. A circulação nessa zona costeira é influenciada por fortes correntes locais. Aproximadamente a metade do sedimento é acumulada na costa, enquanto que a outra metade é dispersa no oceano. Assim, essa zona de interface, uma das maiores do mundo, é fortemente influenciada pela própria dinâmica do rio Amazonas, com seu fluxo máximo no final de maio e o mínimo em novembro.

QUALIDADE E ACOMPANHAMENTO DOS SISTEMAS HÍDRICOS

Além da coloração, as águas da Amazônia apresentam profundas diferenças químicas, físicas e biológicas que, também, estão fortemente relacionadas com as áreas de drenagem. De fato, as águas barrentas do sistema Solimões-Amazonas apresentam pH próximo ao neutro, uma grande quantidade de material em suspensão proveniente dos Andes e das margens dos rios, baixos níveis de carbono orgânico dissolvido e níveis de nutrientes relativamente mais altos do que os encontrados nos demais tipos de água da região. Em contraste, as águas pretas são ácidas, com pH entre 3,2 e 5, ricas em carbono orgânico dissolvido, particularmente em ácidos húmicos e fúlvicos, são muito pobres em íons, com concentrações próximas às da água destilada. Além disso, as águas da Amazônia apresentam, em geral, freqüentes episódios de baixa disponibilidade de oxigênio (Furch 1984, Val *et al.* 2006). A existência de uma rica ictiofauna nesses ambientes é possível graças a uma diversidade sem paralelos, de ajustes morfológicos, bioquímicos e

fisiológicos para manter a homeostase iônica, bem como para garantir a transferência de oxigênio para os tecidos (Val & Almeida-Val 1995). Esse conjunto de características biológicas pode ser utilizado para o acompanhamento da qualidade ambiental, já que se correlaciona diretamente com as variações naturais do ambiente. Ressalte-se, entretanto, que mudanças das características ambientais para além das amplitudes naturais podem refletir em outros níveis da organização biológica (Val *et al.* 2003).

O modelo do ligante biótico (BLM – *Biotic Ligand Model*) prediz a quantidade de íons biodisponíveis, que podem causar toxicidade aos organismos aquáticos. Para isso, o modelo considera várias características físico-químicas do ambiente aquático incluindo, diferente de seus precursores, a variável “quantidade de carbono orgânico dissolvido”. A aplicação deste modelo para peixes em três diferentes ambientes da Amazônia revelou que a sensibilidade desses animais ao cobre está fortemente relacionada com os níveis de cálcio e carbono orgânico dissolvido na água (Bevilacqua 2009). Modelos desse tipo, bem como a definição de bioindicadores moleculares para acompanhamento da qualidade ambiental, são importantes para a Amazônia, que já experimenta diversos pontos de pressão antropogênica.

FUNCIONAMENTO DOS SISTEMAS HÍDRICOS

Devido à sazonalidade da precipitação, os grandes rios da região apresentam pulsos de inundação, com ciclos de cheia e vazante, que constituem a principal função de força para o sistema amazônico. A inundação pode durar vários meses. Nas áreas alagáveis, a interação entre o corpo d’água e a biota marginal é decisiva. A produção primária alóctone das florestas marginais tem grande importância para as teias alimentares dos corpos d’água e das planícies marginais. Quando as águas baixam, as áreas inundadas podem ser reduzidas a apenas 20 % da área total da fase aquática, o que tem importantes implicações ecológicas. A supressão de ambientes rompe a conectividade e confina e isola organismos de muitas espécies. Essas comunidades respondem, adaptativamente, às condições peculiares determinadas pelos pulsos de inundação. Muitas árvores nas áreas alagáveis formam anéis de crescimento (pela redução da taxa de crescimento) como resposta à inundação (Worbes 1997), o que permite o uso de tais informações para o manejo adequado dessas áreas ameaçadas pela agropecuária e uso inadequado de seus recursos naturais (Junk 2000).

As mudanças do clima global também afetarão a Amazônia, com previsão de diminuição significativa das chuvas pelo menos na parte leste e nos bordos da bacia, bem como ampliação dos efeitos de eventos como El Niño e La Niña. Além disso, as previsões indicam (Junk *et al.* 2009): (a) que as áreas úmidas costeiras serão afetadas pela subida do nível do mar e que a incidência de fogo tenderá a aumentar de forma alarmante, (b) que os pequenos igarapés e suas áreas alagáveis poderão secar completamente durante as épocas secas, com graves conseqüências para a fauna e a flora, (c) que as áreas desconectadas nos interflúvios, nas veredas e nos buritizais, especialmente em áreas de cerrado, experimentarão impactos de significativa amplitude, com efeitos sobre a biodiversidade desses locais.

As áreas úmidas ao longo dos grandes rios são relativamente flexíveis, porém, são necessários sistemas de proteção para as populações humanas locais como, por exemplo, programas robustos de previsão do nível do rio (Schöngart & Junk 2007), para que as atividades econômicas como a pesca, a agricultura e o extrativismo madeireiro, feitos em consonância com as flutuações de nível do rio, possam ser ajustadas a esses fenômenos. Entretanto, muito antes que os impactos das mudanças climáticas se façam sentir, o manejo inadequado do ecossistema de áreas alagáveis causará significativo desequilíbrio (Junk *et al.* 2009).

DIVERSIDADE DE ORGANISMOS AQUÁTICOS DA AMAZÔNIA

Em linhas gerais, a diversidade aquática amazônica é composta pelos mesmos grupos amplamente distribuídos pelo mundo, ou seja, por algas, plantas superiores, poríferos, rotíferos, insetos, moluscos, crustáceos, anfíbios, aves, peixes, répteis e mamíferos, lembrando que alguns desses grupos vivem na água, mas passam algum tempo em terra firme e vice-versa. Pela conspicuidade e biomassa que representam, merecem destaque os três últimos e as plantas aquáticas.

Os peixes da Amazônia se destacam pelo elevado número de espécies, isto é, constituem cerca de 10 % da ictiofauna de água doce do mundo ou 80 % da ictiofauna brasileira. Mais importante do que isso, os peixes constituem a principal fonte de alimentação, trabalho, lazer e renda da população local, cujo consumo ‘per capita’ é da ordem de 100 kg ano⁻¹, isto é, mais de seis vezes a média mundial. Sem dúvida, a atividade pesqueira, incluindo também os recursos da pesca esportiva, da pesca de peixes ornamentais e da piscicultura, constitui um dos maiores sustentáculos da economia

amazônica e brasileira, gerando mais de 100 mil empregos diretos (Cabral Jr & Almeida 2006) e cerca de 10 vezes esse número se forem considerados os empregos indiretos.

Os quelônios, especialmente as tartarugas, se destacam pela importância histórica e cultural na alimentação humana, tanto na forma de ovos quanto de carne. Por causa da pressão da pesca e da destruição dos habitats aquáticos onde vivem e nidificam, uma das 14 espécies amazônicas, o tracajá *Podocnemis unifilis*, se encontra na lista da IUCN (International Union for Conservation of Nature) como animal vulnerável. Os jacarés, representados por quatro espécies (*Caiman crocodilus*, *Melanosuchus niger*, *Paleosuchus palpebrosus* e *P. trigonatus*), têm um papel de destaque no ecossistema como topo da cadeia alimentar e predadores vorazes. São caçados há décadas por sua pele e sua carne utilizada na culinária local.

Os mamíferos se destacam pelo porte avantajado e pelo fato de que uma das cinco espécies existentes nos ecossistemas aquáticos da região, a ariranha *Pteronura brasiliensis*, se encontrar na lista da IUCN como ameaçada de extinção. As outras quatro espécies (peixe-boi *Trichechus inunguis*, lontra *Lontra longicaudis*, boto-tucuxi *Sotalia fluviatilis* e boto-vermelho *Inia geoffrensis*) são listadas como insuficientemente conhecidas. Apesar disso, continuam sendo caçadas.

As macrófitas se destacam por serem produtores primários, a partir dos quais se origina a matéria orgânica, constituindo o principal elo da cadeia alimentar. Elas são particularmente importantes nos sistemas de várzea, entre as quais predominam os capins silvestres *Paspalum repens* e *Echinochloa polystachia*, sendo esta última uma das plantas com mais alta produtividade conhecida, cerca de 100 t ha⁻¹ e fator de conversão de energia solar de 4 % (Piedade *et al.* 1992). Além da alimentação, essas plantas provêm refúgio para uma infinidade de organismos que vivem na água ou fora dela.

O ambiente de cada espécie é um conjunto complexo de fatores químicos, físicos e biológicos que interagem ao longo dos processos evolutivos, proporcionando as condições de vida e determinando a área de distribuição das espécies. Também é por meio das interações entre espécies, populações e comunidades que se desenvolvem as relações de predação, competição, parasitismo e simbiose, que na Amazônia assumem expressão maiúscula.

Apesar da importância da biodiversidade aquática, ou talvez por isso mesmo, ela vem sofrendo significativa pressão, alteração e perdas. Há perigo de que seu equilíbrio, já fragilizado, possa ser rompido. Entre as muitas causas, o desmatamento e a série de

problemas dele decorrentes, tais como assoreamento, alterações e eliminação de habitats e a poluição de córregos, especialmente daqueles que banham as cidades, se destacam e carecem de avaliação e ações para sua completa eliminação.

FUNÇÃO, VALORAÇÃO E QUESTÕES SOCIAIS

Na Amazônia, a água é primordial para o homem porque, além de sua função fisiológica, ela representa o principal meio de transporte, o principal meio de obtenção de energia e de produção de alimento. No entanto, o uso e a exploração da água podem causar diversos impactos sociais. O cálculo de valoração desse recurso em grandes projetos deve incluir os custos sociais.

O consumo doméstico de água pelas populações humanas da Amazônia é muito pequeno quando comparado com o volume de água existente na região. Não obstante, na Amazônia, água própria para consumo pode escassear por poluição e pela ocorrência de infecções e parasitas em populações rurais e urbanas.

O transporte por água é o único meio de alcançar grande parte da Amazônia. A grande maioria dos assentamentos humanos está situada ao longo de rios navegáveis e as hidrovias são importantes para o acesso dessas populações às suas moradias. Apesar de parecer uma atividade não prejudicial ao meio ambiente, as ondas criadas pelo tráfego de barcaças podem afetar áreas nas margens dos rios.

No que tange à geração de energia, o potencial hidrelétrico da Amazônia brasileira é grande graças às quedas topográficas nos afluentes do rio Amazonas a partir do Escudo Brasileiro (na parte sul da região) e do Escudo Guianense (no lado norte). A escala de desenvolvimento hidrelétrico planejada para a Amazônia é enorme: 68 hidrelétricas estão previstas no “Plano 2010”. Entretanto, os problemas sociais e ambientais causados pelas hidrelétricas também são enormes. O deslocamento de populações rurais e indígenas das áreas dos reservatórios pode ser um impacto severo em alguns locais. A UHE Tucuruí no rio Tocantins inundou parte de três reservas indígenas (Parakanã, Pucuruí e Montanha) e sua linha de transmissão passou por outras quatro (Mãe Maria, Trocará, Krikati e Cana Brava). Há uma disparidade na magnitude dos custos e benefícios com grandes desigualdades entre quem paga os custos e quem desfruta dos benefícios. Populações locais freqüentemente recebem os principais impactos, enquanto que as recompensas beneficiam, principalmente, grandes centros urbanos e, no caso da maior represa (Tucuruí), outros países (Fearnside 1999, 2001).

A energia gerada por represas amazônicas faz, freqüentemente, pouco para melhorar a vida das pessoas que vivem perto dos projetos. A UHE de Tucuruí fornece energia subsidiada para usinas multinacionais de alumínio em Barcarena, Estado do Pará (ALBRÁS e ALUNORTE, da Nippon Amazon Aluminum Co. Ltd. ou NAAC, um consórcio de 33 empresas japonesas) e em São Luis, Estado do Maranhão (ALUMAR, da Alcoa), enquanto que as populações que vivem no local do projeto têm iluminação por lamparinas a querosene.

As hidrelétricas também causam problemas de saúde às populações que ali vivem com malária e arboviroses. A malária é endêmica nas áreas onde são construídas as represas, aumentando a incidência quando populações humanas migram para essas áreas. O desequilíbrio ambiental pode causar aumento dessas doenças pelo aumento nas populações dos vetores (Tadei *et al.* 1983, Tadei *et al.* 1991). Outro problema é a metilação do mercúrio, que ocorre em reservatórios de hidrelétricas como foi indicado por seus altos níveis em peixes e em cabelos humanos em Tucuruí (Leino & Lodenius 1995). Altas concentrações de mercúrio ocorrem nos solos e na vegetação da Amazônia e podem ter sido originadas ao longo de milhões de anos (Roulet *et al.* 1996, Silva-Forsberg *et al.* 1999). Outros usos da água também podem resultar em assimetrias sociais e econômicas. Recursos hídricos são essenciais na produção de comida, tanto em terra quanto em ecossistemas aquáticos. A irrigação, entretanto, ainda afeta só uma parte pequena da agricultura na Amazônia, embora isto possa mudar no futuro. A mais conhecida iniciativa em grande escala na Amazônia foi o projeto de irrigação de arroz em Jari, atualmente abandonado (Fearnside & Rankin 1985, Fearnside 1988). A provisão de água para gado representa uma alteração significativa de recursos hídricos em paisagens desmatadas. Esta água é principalmente provida por pequenos reservatórios (açudes) criados por meio do represamento de igarapés que passam por pastagens. A falta de água já é uma limitação à pecuária em anos secos. Por outro lado, na interface entre ambientes aquáticos e terrestres, as deposições de nutrientes por sedimentação durante períodos de inundação são fundamentais à agricultura na várzea amazônica (Junk 1997).

Por fim, é importante citar o papel das águas da Amazônia no clima e na manutenção da hidrologia de diversas regiões do país. Os sistemas aquáticos na Amazônia são ligados ao ciclo d'água regional e ao transporte de vapor d'água para regiões vizinhas, inclusive o centro-sul do Brasil (Fearnside 2004). A água entra na região como vapor advindo do oceano Atlântico. Ventos prevalentes na região sopram de leste para oeste e

muito da água que cai como chuva na região é devolvida ao ar por meio da evapotranspiração (Salati 2001). Quando o ar alcança os Andes, uma parte significativa é direcionada para o sul, levando vapor d'água para o centro-sul brasileiro e para os países vizinhos. Modelos indicam que aproximadamente metade do vapor d'água que entra na Amazônia é transportada para fora da região em direção ao sul, por meio de ventos (Marengo *et al.* 2004, Correia *et al.* 2006, Marengo 2006, D'Almeida *et al.* 2007).

Sistemas aquáticos amazônicos também têm papéis importantes no ciclo de carbono global. Os sedimentos dos Andes e da erosão do solo dentro da região amazônica são transportados ao oceano pelos rios amazônicos, especialmente pelos rios Madeira, Solimões e Amazonas. Estes sedimentos, que podem ser depositados e remobilizados na várzea, levam uma quantidade significativa de carbono. O carbono orgânico dissolvido entra nos rios a partir do escoamento terrestre e da água do solo ao longo da região, também representando um fluxo de carbono importante ao oceano. São emitidas quantidades grandes de CO₂ da água no rio Amazonas (Richey *et al.* 2002). Nutrientes também transportados pelo rio Amazonas sustentam a alta produtividade do plâncton no estuário do Amazonas e a consequente remoção de CO₂ atmosférico por sedimentos oceânicos (Subramaniam *et al.* 2008). Hidrelétricas podem causar o rompimento destes fluxos e aumentar a emissão de outros gases de efeito estufa como o metano (Kemenes *et al.* 2007).

ÁGUAS DA AMAZÔNIA E DIREITO AMBIENTAL INTERNACIONAL

A Bacia Hidrográfica do Amazonas é a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre e estende-se dos Andes até o delta no oceano Atlântico (Eva & Huber 2005) e figura, portanto, como uma bacia de dimensões continentais atingindo vários países da América do Sul, como já foi mencionado¹. Refletir sobre a questão das águas na Amazônia e o direito ambiental internacional conduz a uma análise da pluralidade de espaços normativos e da diversidade cultural na região. Tal qual relata o poeta Thiago de Mello, o regime das águas corresponde a um elemento no cálculo da vida do homem, determinando os ciclos econômicos: grandes vazantes, fartas colheitas (tempo de grandes pescarias e de bom

¹ Não há que confundir a bacia hidrográfica do Amazonas (bacia hidrográfica internacional) com a Região Hidrográfica Amazônica, que é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território brasileiro, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá, que deságuam no Atlântico Norte, perfazendo um total de 3.870.000 km², de acordo a Divisão Hidrográfica Nacional (Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2000).

plantar), grandes cheias, duras calamidades e amargas misérias (o peixe deixa o rio, as plantações são destruídas) (Mello 2002). No que tange ao direito ambiental internacional na bacia amazônica, devemos considerar três perspectivas: (1) o caráter multinacional da bacia, (2) as migrações biológicas e (3) o uso compartilhado e sustentado dos recursos nela contidos.

A noção de rio internacional, ou seja, de rios navegáveis que atravessam ou separam os territórios de dois ou mais Estados, mudou com o reconhecimento do conceito de curso de água internacional e de bacia hidrográfica internacional sem, todavia, existir, quer na teoria quer na prática, um consenso em relação ao alcance de tais expressões. As “*Regras de Helsinque*” referentes à utilização das águas dos rios internacionais adotadas em 1966 pela Associação de Direito Internacional e revistas em 2004 por meio das “*Regras de Berlim*” tiveram o objetivo de regulamentar a proteção e uso das águas continentais. Seu papel foi fundamental na formulação da regra da utilização equitativa das águas transfronteiriças, bem como no desenvolvimento de regras de proteção das águas continentais e recursos naturais compartilhados (Silva 2008a), havendo, no contexto de revisão dessas regras, o reconhecimento da integridade ecológica das águas em três dimensões: (1) biológica, (2) química e (3) física, sem dissociá-las das dimensões sociais e econômicas.

A Convenção das Nações Unidas sobre a Utilização dos Cursos de Água Internacionais para fins Distintos da Navegação de 1997 não adotou os conceitos de rio internacional ou de bacia hidrografia internacional (McCaffrey 2001). Adotou, entretanto, o conceito de curso de água internacional como “*um sistema de águas de superfície e de águas subterrâneas que constituem, pelo fato de suas relações físicas, um conjunto unitário e chegam normalmente a um ponto comum*”². Nesta Convenção estabeleceu-se: (1) a utilização e participação equitativas e racionais; (2) a obrigação de não causar danos significativos; (3) a obrigação geral de cooperar, fundada na igualdade soberana, integridade territorial e vantagem mútua; (4) a troca regular de dados e informações sobre a qualidade das águas; e (5) o princípio de igualdade entre todos os usos.

O Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) assinado em 3 de julho de 1978 pelas repúblicas de Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela com o objetivo de promover o desenvolvimento harmônico dos respectivos territórios

² Dois tipos de aquíferos estão excluídos dessa definição, quais sejam: os que não são recarregáveis e os que não estão ligados a um corpo de água.

amazônicos e afirmar a soberania nacional sobre os recursos naturais, entrou em vigor a 2 de agosto de 1980. A noção de bacia amazônica abrangeu não apenas a bacia hidrográfica internacional, mas, igualmente, suas eco-regiões (Silva 2008b) e o TCA tratou, em seus dispositivos, da função que as águas do Amazonas e demais rios amazônicos internacionais exercem na comunicação entre os países e da utilização racional dos recursos hídricos, sem, contudo, estabelecer critérios específicos para uma utilização racional. O Protocolo de Emenda ao Tratado de Cooperação Amazônica, adotado em Caracas a 14 de dezembro de 1998 e em vigor a 2 de agosto de 2002, instituiu a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), dotada de personalidade jurídica competente para celebrar acordos com as partes contratantes, com Estados não membros e com outras organizações internacionais (Silva 2008c). TCA e OTCA têm como função primordial a produção e a difusão de informações e funcionam como um fórum político internacional. Não tendo uma regra de resolução de disputas ou de delegação para a OTCA, as normas jurídicas domésticas em matéria ambiental têm um papel fundamental na regulamentação dos modos de apropriação e uso dos recursos naturais na região.

Dentre as migrações biológicas nas águas da bacia hidrográfica do Amazonas destacam-se a dos grandes bagres, principalmente a dourada e a piramutaba, cujos estoques são economicamente importantes notadamente para o Brasil, Colômbia e Peru, além da Bolívia e do Equador. Ao longo de sua vida, os bagres migradores percorrem os principais rios de água branca da bacia amazônica, ultrapassando tanto as fronteiras estaduais como as internacionais (Vieira 2005). O atual conhecimento das migrações dessas espécies sugere que elas migram desde o Brasil, ao longo do rio Amazonas – área de criação – até o Alto Solimões em território brasileiro, colombiano e peruano – área de desova (Ruffino 2000). Embora se possa identificar acordos informais para o período de defeso de certas espécies como o pirarucu na região de fronteira com o Brasil, Colômbia e Peru (Vieira 2005) há, ainda, necessidade de adoção de normas jurídicas para o manejo dos recursos pesqueiros compartilhados, bem como alocação de meios financeiros e humanos para o controle da atividade pesqueira.

Os dispositivos do Tratado de Cooperação Amazônica estabelecem a preservação das espécies na região por meio da promoção da *“pesquisa científica e o intercâmbio de informações e de pessoal técnico entre as entidades competentes dos respectivos países, a fim de ampliar os conhecimentos sobre os recursos (...) da fauna de seus territórios amazônicos, as quais serão matéria de um relatório anual apresentado por cada país”*

(art. VII). Ademais, a Comissão de Pesca Continental para a América Latina em sua X Reunião, realizada no Panamá, no período 7-9 de setembro de 2005, recomendou: (a) o reconhecimento pelos governos da América Latina do valor social, econômico e ambiental das pescas continentais; (b) o fortalecimento das capacidades institucionais e locais (comunitárias) para o manejo ecossistêmico das pescas; (c) o fortalecimento da cooperação entre países para o manejo e uso sustentável de bacias compartilhadas; (d) o desenvolvimento de avaliações integradas para otimização da pesca recreativa em bacias compartilhadas; (e) a melhoria na coleta de informação e desenvolvimento de ferramentas para facilitar o manejo das bases de dados; e (f) a criação de áreas de conservação biológica em bacias compartilhadas. Por fim, projetos de infra-estrutura e atividades potencialmente poluentes que coloquem em risco os recursos migratórios devem ser submetidos a estudos prévios de impacto ambiental³.

O conceito de *recurso natural compartilhado* foi introduzido no direito internacional com a Carta dos direitos e deveres econômicos dos Estados que estabeleceu, por um lado, o dever de cooperar na exploração dos recursos naturais compartilhados e, por outro, o princípio da soberania permanente dos Estados sobre os recursos naturais que se encontram em seu território. A natureza, o espaço e as ações humanas sobre este, constituem objetos de profícuos e densos estudos no âmbito das ciências, especialmente das naturais, das humanas e das sociais. A regulação desses espaços e das relações humanas que os transforma são objetos de estudos, reflexões e normatizações jurídicas, aqui centradas no campo do direito.

Ao longo da história, a Amazônia sempre foi palco de paradoxais e, na maioria das vezes, equivocadas visões, conceituações, processos, lutas e disputas pelo, aqui muito certo, controle e apropriação dessas riquezas. É neste sentido, no campo do controle e da apropriação das riquezas, dentre as quais aquilo que se encontra em suas águas ou com elas interagem, que as preocupações sobre a Amazônia tomam o caráter político, considerando-se a totalidade biológica que o espaço amazônico configura e, portanto, formal e

³ É possível citar o “Complexo Madeira” um conjunto de obras de infra-estrutura envolvendo quatro barramentos, formando um complexo de quatro usinas hidrelétricas e uma malha hidroviária de 4.200 km navegáveis, no âmbito de um futuro programa de integração de infra-estrutura e energia de transportes entre Brasil, Bolívia e Peru, além da linha de transmissão associada ao trecho (D’Almeida 2008). Nem o Peru, nem a Bolívia foram consultados em relação a esse projeto e, apesar dos impactos transfronteiriços negativos, foi expedida a licença ambiental prévia para o “Complexo Madeira”, com 33 condicionantes impostos pelo IBAMA, sendo que, em sua maioria, eles versam sobre as três questões que anteriormente embasaram a negação da mesma licença, a saber: (a) questões relacionadas à sedimentação, (b) questões que indicam a possibilidade de contaminação por mercúrio e (c) questões sobre os efeitos das usinas sobre a ictiofauna da região (Silva 2008b).

juridicamente sujeito a diferentes incidências normativas, tanto no plano interno dos estados nacionais, quanto no âmbito externo, da comunidade internacional de estados soberanos.

Nesse ambiente dos espaços líquidos amazônicos, o estabelecimento de fronteiras físicas para uso dos recursos biológicos transfronteiriços encontra o primeiro obstáculo material na própria natureza da Amazônia, onde a água predomina, domina e determina o universo de relações sociais e políticas (Tocantins 2000). Em primeiro lugar, porque as fronteiras amazônicas envolvem aquelas relacionadas às diferentes espacialidades estatais e as dos povos indígenas e das populações tradicionais; em segundo, porque os diferentes modos de relação com as águas implicam em diferentes formas e naturezas de regulação. No campo jurídico, o uso dos recursos biológicos transfronteiriços é regulado pela Convenção da Diversidade Biológica, CDB, adotada pelo Brasil e promulgada por meio do Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. A CDB configura, no plano hierárquico das normas, um tratado internacional que objetiva promover a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável dos seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, estabelecendo princípios, normas e âmbitos de jurisdição.

Assim, a proteção e a conservação das águas na Amazônia demandam uma visão da bacia hidrográfica em toda sua extensão, bem como da intrínseca relação do ciclo hidrológico das águas, florestas, sócio e biodiversidade no respeito às diferentes visões da água e dos modos de viver e usar. Devem ser consideradas, também, as normas jurídicas dos países da região, bem como as fontes do direito internacional dentre as quais se encontram os tratados internacionais ambientais dos quais os países da região são parte.

FUTURO DOS SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA

As águas da Amazônia representam um bem ambiental, econômico e social que demanda amplos estudos em todas as dimensões, que possibilitem intervenções mais seguras, de tal forma a viabilizar seu uso e sua conservação. Além disso, não há como considerar o bioma de forma fragmentada. Há necessidade de ações integradas em todo o sistema, o que demanda um conjunto de entendimentos com outros países e, portanto, intervenções das esferas específicas dos governos desses países. O avanço desses entendimentos dependerá de informações robustas, que permitam acordos de amplo espectro. Sem dúvida, aqui reside um dos principais gargalos: há uma tímida capacidade

instalada nas instituições da região, brasileiras e dos demais países amazônicos para produção dessas informações.

Na Amazônia brasileira, há apenas um programa de pós-graduação específico, voltado para a capacitação de pessoal para o estudo da água na região, o de Biologia de Água Doce e Pesca Interior (INPA). Os estudos da água da Amazônia, nas suas mais variadas vertentes, são também realizados no âmbito deste e de outros programas como os de Ecologia (INPA), Recursos Pesqueiros (UFAM) e Clima e Ambiente (INPA-UEA). Estes programas, ainda que com uma ampla demanda, têm sua capacidade limitada pelo número de orientadores disponíveis. Mesmo assim, um bom conjunto de profissionais foi capacitado e atua não só em vários estados brasileiros, mas também nos países vizinhos. A cooperação científica com outros países tem tido papel relevante, como é o caso do quase cinquentenário acordo de cooperação entre o INPA e o Instituto Max-Planck.

A demanda atual por informação envolve, além dos estudos básicos de dinâmica ambiental, os de modelagem avançada. Estes estudos devem subsidiar a tomada de decisões acerca das novas hidrelétricas planejadas para a Amazônia, das atividades de mineração, incluindo petróleo, da abertura de novas estradas, do manejo de espécies aquáticas de importância comercial e do uso dos cursos de água para transporte e comunicação. Além disso, é vital a utilização de tecnologias modernas para o desenvolvimento de novos produtos e processos, com base na diversidade biológica e na química dos ambientes aquáticos da Amazônia. Testes iniciais revelaram a existência de milhares de compostos orgânicos dissolvidos apenas nas águas do rio Negro, que precisam ser analisados quanto às suas origens e propriedades orgânicas. A expansão desses estudos para outras tipologias aquáticas da Amazônia é necessária.

Portanto, o homem da região precisa estar no centro dos estudos dos ambientes aquáticos da Amazônia. Apenas na Amazônia brasileira são cerca de 25 milhões de pessoas que têm na água as bases de comando de suas vidas, de suas interações com o ambiente, na obtenção de seus alimentos diários, no ir e vir. Enfim, o homem da Amazônia é parte central dos ambientes aquáticos dessa vasta região.

REFERÊNCIAS CITADAS

Bevilacqua, A.H.V. 2009. O uso do Modelo do Ligante Biótico (BLM) para avaliação da contaminação por cobre em águas da Amazônia, p. 32. *In: Biologia de Água Doce e*

- Pesca Interior. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.
- Cabral Jr, W. & Almeida, O.T. 2006. Avaliação do mercado da indústria pesqueira na Amazônia. *In: Almeida, O.T. (ed.) A indústria pesqueira na Amazônia.* Ibama/Provarzea, Manaus. p. 17-39.
- Correia, F.W.S., Alvalá, R.C.S. & Manzi, A.O. 2006. Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia* 21: 153-167.
- D'Almeida, V., Vörösmarty, C.J., Hurtt, G.C., Marengo, S.L., Dingmanb, S.L. & Keine, B.D. 2007. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *International Journal of Climatology* 27: 633-647.
- Eva, H.D. & Huber, O. 2005. Proposta para definição dos limites geográficos da Amazônia: síntese dos resultados de um seminário de consulta a peritos organizado pela Comissão Europeia em colaboração com a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica, CCP ISpra 7-8 de junho de 2005. European Commission, OTCA a. e. http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/fileadmin/Documentation/Reports/Global_Vegetation_Monitoring/EUR_2005/eur21808_bz.pdf (ed.).
- Fearnside, P.M. 1988. Jari at age 19: lessons from Brasil's silvicultural plans at Carajás. *Interciencia* 13: 12-24.
- Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí dam. *Environmental Management* 24: 485-495.
- Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí dam: unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27: 377-396.
- Fearnside, P.M. 2004. A água de São Paulo e a floresta amazônica. *Ciência Hoje* 34: 63-65.
- Fearnside, P.M. & Rankin, J.M. 1985. Jari revisited: changes and the outlook for sustainability in Amazonia's largest silvicultural estate. *Interciencia* 10: 121-129.
- Furch, K. 1984. Water chemistry of the Amazon basin: the distribution of chemical elements among fresh waters. *In: Sioli, H. (ed.) The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.* Junk Publishers, Dordrecht. p. 167-200.
- Furch, K. 2000. Chemistry and bioelement inventory of contrasting Amazonian forest soils. *In: Junk, W.J., Ohly, J., Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. (eds) The Central*

- Amazonian floodplain ecosystems: actual use and options for sustainable management. Backhuys Publishers, Leiden. p. 109-126.
- IBGE. 2007. IBGE participa do mapeamento da verdadeira nascente do rio Amazonas 15 de junho de 2007.
http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=908: acesso em 27 de fevereiro de 2009.
- Junk, W.J. 1997. The Central Amazon Floodplain: ecology of a pulsating system. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Junk, W.J. 2000. Neotropical floodplains: a continental-wide view. *In*: Junk, W.J., Ohly, J., Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. (eds) The Central Amazonian floodplain ecosystems: actual use and options for sustainable management. Backhuys Publishers, Leiden. p. 5-24.
- Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Parolin, P., Wittmann, F. & Schöngart, J. 2009. Ecophysiology, biodiversity and sustainable management of Central Amazonian floodplain forests: a synthesis. *In*: Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Parolin, P., Wittmann, F. & Schöngart, J. (eds) Central Amazonian floodplain forests: ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Springer Verlag, Berlin.
- Kemenes, A., Forsberg, B.R. & Melack, J.M. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: 1-5.
- Lara, L.B.L.S., Fernandes, E.A.N., Oliveira, H., Bacchi, M.A. & Ferraz, E.S.B. 1997. Amazon estuary: assessment of trace elements in seabed sediments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 216: 279-284.
- Leino, T. & Lodenius, M. 1995. Human hair mercury levels in Tucuruí area, state of Pará, Brasil. *The Science of the Total Environment*, 175: 119-125.
- Marengo, J.A. 2006. On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia* 21: 1-19.
- Marengo, J.A., Soares, W.R., Saulo, C. & Nicolini, M. 2004. Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. *Journal of Climate* 17: 2261-2280.
- McCaffrey, S. 2001. The contribution of the UN Convention on the law of the non-navigational uses of international watercourses. *International Journal of Global Environmental Issues* 1: 250-263.
- Mello, T. 2002. Amazonas: Pátria das Águas. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

- Piedade, M.T.F., Junk, W.J. & Mello, J.A.N. 1992. A floodplain grassland of the central Amazon, *In*: Long, S.P., Jones, M.B. & Roberts M.J. (eds) Primary productivity of grass ecosystems of tropics and sub-tropics. Chapman & Hall, London. p. 127-158.
- Richey, J.E., Melack, J.M., Aufdenkampe, A.K., Ballester, V.M. & Hess, L.L. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetland as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature* 416: 617-620.
- Roulet, M., Lucotte, M. Rheault, I., Tran, S., Farella, N., Canuel, R., Mergler, D. & Amorim, M. 1996. Mercury in Amazonian soils: accumulation and release. *In*: Bottrell, S.H. (ed.) Proceedings of the Fourth International Symposium on the Geochemistry of the Earth's Surface. Ilkely, UK. p. 453-457.
- Ruffino, M. 2000. Perspectivas do manejo dos bagres migradores na Amazônia. *In*: Recursos pesqueiros do Médio Amazonas: biologia e estatística pesqueira. Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca. IBAMA, Brasília, DF. p. 141-152.
- Salati, E. 2001. Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia, *In*: Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. Fleischesser, V. (ed.) Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. p. 153-172.
- Schöngart, J., & Junk, W.J. 2007. Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices. *Journal of Hydrology* 335: 124-132.
- Silva-Forsberg, M.C., Forsberg, B.R. & Zeidemann, V.K. 1999. Mercury contamination in humans linked to river chemistry in the Amazon basin. *Ambio* 28: 519-521.
- Silva, S.T. 2008a. Proteção internacional das águas continentais: a caminho de uma gestão solidária das águas. *In*: XVI CONPEDI, Pensar Globalmente: Agir Localmente. Vol. 16. Fundação Boiteux, Florianópolis. p. 957-973.
- Silva, S.T. 2008b. Tratado de Cooperação Amazônica: estratégia regional de gestão dos recursos naturais. *Revista de Direito Ambiental* 52.
- Silva, S.T. 2008c. Direitos dos povos indígenas e direitos à água na América Latina: da proteção internacional. *In*: Pueblos Indígenas, Desarrollo y Participación Democrática. Colaço, T. & Costa, J.A.F. (eds) Boiteux, Florianópolis. p. 45-59.
- Sioli, H. 1975. Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. *In*: Golley, F.B. & Medina, E. (eds) Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research. Springer Verlag, Berlin. p. 275-288.
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: hydrogeography, morphology of the river courses and river types. *In*: Sioli, H. (ed.) The Amazon: limnology and landscape

- ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. p. 127-165.
- Subramaniam, A., Yeager, P.L., Carpenter, E.J., Mahaffey, C., Björkman, K., Cooley, S., Kustka, A.B., Montoya, J.P., Sañudo-Wilhelmy, S.A., Shipe, R. & Capone, D.G. 2008. Amazon river enhances diazotrophy and carbon sequestration in the tropical North Atlantic Ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105: 10460-10465.
- Tadei, W.P., Mascarenhas, B.M. & Podestá, M.G. 1983. *Biologia de anofelinos amazônicos*, 8: conhecimentos sobre a distribuição de espécies de *Anopheles* na região de Tucuruí-Marabá (Pará). *Acta Amazonica* 13: 103-140.
- Tadei, W.P., Scarpassa, V.M. & Rodrigues, I.B. 1991. Evolução das populações de *Anopheles* e de *Mansonia* na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará). *Ciência e Cultura* 43: 639-640.
- Tocantins, L. 2000. O rio comanda a vida. Valer, Manaus.
- Val, A.L. & Almeida-Val, V.M.F. 1995. *Fishes of the Amazon and their environments: physiological and biochemical features*. Springer Verlag, Heidelberg.
- Val, A.L., Almeida-Val, V.M.F. & Chippari-Gomes, A.R. 2003. Hypoxia and petroleum: extreme challenges for fish of the Amazon. *In: Rupp, G. & White, M.D. (eds) Fish physiology, toxicology, and water quality*. EPA, USA, Proceedings of the Seventh International Symposium, Tallin, Estonia. Vol. 1. p. 227-241.
- Val, A.L., Almeida-Val, V.M.F. & Randall, D.J. 2006. Tropical environment. *In: The physiology of tropical fishes*. Val, A.L., Almeida-Val, V.M.F. & Randall, D.J. (eds) Elsevier, London. Vol. 21. p. 1-45.
- Vieira, E. 2005. Legislação e plano de manejo para a pesca de bagres na bacia Amazônica, p. 69-74. *In: Fabrè ,N.N. & Barthem, R.B. (eds) O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas*. Ibama, ProVárzea, Manaus.
- Worbes, M. 1997. The forest ecosystem of the floodplains. *In: Junk, W.J. (ed.) The Central Amazon floodplain: ecology of a pulsating system*. Ecological Studies 126. Springer Verlag, Berlin. p. 223-265.



