

A água no contexto dos serviços ambientais e ecossistêmicos — o caso da Amazônia



Foto: Sérgio Gomes Tôsto

Marco Antonio Ferreira Gomes
Lauro Charlet Pereira
Cornélio Alberto Zolin
Sérgio Gomes Tôsto
Sergio Galdino

Introdução

A água tem importância inestimável para a preservação da vida na Terra, motivo pelo qual tem dimensão de grande relevância, tanto no contexto socioeconômico quanto ambiental, o que faz dela um bem insubstituível para todos os seres vivos do planeta. Mais que um insumo necessário à produção e um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos, que mantêm em equilíbrio os ecossistemas.

Por ser a fonte da vida, a água é provavelmente o único recurso natural que tem relação com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos da sociedade.

Bem natural indispensável para a sustentação da vida e do meio ambiente, a água desempenha papel fundamental no processo de desenvolvimento sustentável de um país e é, historicamente, um dos principais fatores limitantes para o crescimento e desenvolvimento das civilizações (Biswas, 1997).

A importância da água é destacada de forma conclusiva na Declaração Universal dos Direitos da Água da ONU (1992), ordenada em dez artigos:

- A água faz parte do patrimônio do planeta.
- A água é a seiva do nosso planeta.
- Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados.
- O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos.
- A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores.
- A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.
- A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada.
- A utilização da água implica respeito à lei.
- A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.
- O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

A água desempenha múltiplas funções, a começar pela manutenção e vitalidade de todos os seres vivos, preservação dos ecossistemas, com a consequente provisão de água para a formação das redes de drenagem e suporte para os mais diversos setores, tais como abastecimento doméstico, serviços de saneamento, serviços de geração de energia, produção agrícola/pecuária e industrial.

Sobre o abastecimento doméstico, atualmente a água tratada contempla cerca de 97,2% da população brasileira, com consumo médio de 153,9 L por habitante ao dia. Já em relação ao saneamento, somente cerca de 54,1% da população é assistida. Porém, o restante da população

que não tem acesso à água de qualidade para consumo, cerca de 2,8%, concentra-se nas regiões mais pobres do País, destacando-se aí a Amazônia (Brasil, 2019).

O consumo de água no País, de modo geral, é distribuído da seguinte forma entre setor agrícola/irrigação (49,8%), abastecimento humano (24,3%), indústria (9,7%), animal (8,4%), termelétricas (4,5%), abastecimento rural (1,6%) e mineração (1,7%), de acordo com Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021).

Tem sido observado o impacto das variações populacionais sobre a demanda hídrica no País, notadamente com o forte crescimento da população urbana e o decréscimo da população rural a partir da década de 1970. No período recente e nas projeções futuras, nota-se a perspectiva de estabilização populacional, quando a demanda hídrica tenderá a ser mais afetada por mudanças nos sistemas de abastecimento e no padrão de consumo das famílias do que por incrementos populacionais ou fluxos migratórios. O cenário 2030 aponta uma população total de 226,4 milhões de habitantes, 18,75 milhões a mais em relação a 2017. O crescimento de 9% nesse período é puxado pelo aumento de 21 milhões de pessoas nas cidades (+11,7%), enquanto a população deverá oscilar negativamente em 2,25 milhões (-7,9%), de acordo com Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019a).

Soma-se a essa condição o mal uso da água, que tem contribuído para gerar impactos negativos sem precedentes na atualidade. As perdas no processo de captação e distribuição somadas ao consumo irracional têm sido fatores determinantes no processo de degradação dos recursos hídricos. Aliam-se a essa situação a falta de proteção dos mananciais e as chuvas irregulares, em função das mudanças climáticas, diminuindo drasticamente a disponibilidade de água para consumo.

Tal cenário, em curso em todo o mundo, pode agravar ainda mais o quadro atual, no qual: um sexto da população mundial não tem acesso a água potável; 40% dos habitantes do planeta (3 bilhões) não têm acesso a serviços de saneamento básico; cerca de 7 mil crianças morrem diariamente devido a doenças ligadas à água insalubre e a saneamento e higiene deficientes. Segundo a ONU, até 2025, se os atuais padrões de consumo se mantiverem, duas em cada três pessoas no mundo vão sofrer escassez moderada ou grave de água (Unicef, 2017).

Entre os fatores que mais têm impactado negativamente a água, estão o crescimento populacional e os setores produtivos, entre os quais se destaca a agricultura, por ser um atividade consumidora de grandes volumes de água. Trata-se de um cenário que exige mudanças rígidas em relação à gestão da água e cujas evidências representam grandes desafios a todos os segmentos da sociedade civil. É importante e urgente, por exemplo, uma discussão mais profunda sobre as atividades que mais consomem água e as alternativas que podem e devem ser adotadas para a redução desse consumo. Assim, fica cada vez mais evidente a necessidade de uma gestão viável e eficaz desses recursos, tanto para o momento atual quanto para o legado a ser deixado para as gerações vindouras.

Com a degradação ambiental em aumento contínuo no País, aliada ao crescimento constante pela demanda por água para diversos usos, tornou-se urgente repensar as políticas públicas em relação aos instrumentos para gestão dos recursos naturais de forma sustentável, entre eles a água.

Em relação à produção agrícola, por exemplo, o déficit hídrico em períodos de crescimento e desenvolvimento das plantas pode inviabilizar diversas práticas e afetar até mesmo ecossistemas em estágios de relativa estabilidade. Nas atividades industriais, por sua vez, a produção em larga escala depende também de grandes volumes de água, o que exige otimização e racionalização de seu uso. Por isso o reuso da água no processo industrial torna-se cada vez mais fundamental.

No cenário exposto, a água necessita de manejo racional a partir de um processo de gestão sustentável em todos os países, caso contrário, corre-se o risco de haver uma crise sem precedentes de água de qualidade para o consumo da população em todo o planeta. Atualmente, cerca de 1,4 bilhão de pessoas, o equivalente a 18% da população mundial, passa sede ou não tem água de qualidade para consumo. Caso permaneça inalterada a política atual de gestão dos recursos hídricos, bem como o consumo de água com desperdício, a ONU prevê que a partir de 2025 e até 2050 o número de pessoas com sede pode chegar a 5,5 bilhões, ou seja, ultrapassar a metade da população mundial (Unicef, 2017).

Diante das considerações apresentadas, o Brasil, e principalmente a Amazônia, tem a oportunidade de protagonizar bons exemplos de ação de proteção ambiental. Os serviços ambientais e os serviços ecossistêmicos, se aplicados de forma sistemática e fundamentada em pesquisas, terão êxito na promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos para as comunidades, tanto rurais quanto urbanas. Existem exemplos bem-sucedidos, como o projeto Regulamentação e Implementação do Subprograma de REDD+ no contexto da Lei de Serviços Ambientais do Estado do Amazonas (Lei Estadual nº 4.266/2015), implantado nos municípios de Apuí, Novo Aripuanã, Tabatinga, Manaus, Tefé e São Gabriel Cachoeira (Fundação Amazônia Sustentável, 2021). Também merece destaque pela proposta de serviços ambientais o Projeto Olhos D'Água no município de Alta Floresta/MT (Rodrigues et al., 2016; Projeto Olhos D'Água da Amazônia, 2021).

No estado do Amazonas, o Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam) é o principal responsável pelo desenvolvimento de projetos com produtores rurais e comunidades tradicionais. A coordenação do Programa de Mudanças Climáticas do Idesam enfatiza que o pagamento pelos serviços ambientais surge como consequência de iniciativas de conservação florestal e faz parte de uma estratégia integrada para desenvolver a cadeia produtiva local. Um exemplo é o Café Apuí, no qual o Idesam fomenta a cadeia produtiva ao implementar a área que produzirá café, fornece assistência técnica e paga um prêmio por a commodity ser agroflorestal. Trata-se de um pagamento por serviços ambientais (PSA) vinculado à cadeia produtiva. Há expectativa de que este seja o modelo mais sustentável no longo prazo, em vez de pensar programas que remunerem pontualmente. Há necessidade de estratégias conjuntas (Thomas, 2021).

A adoção dos serviços ambientais e ecossistêmicos pode constituir-se em ferramentas indispensáveis para a minimização dos impactos negativos relacionados à água em caráter global. A solução está no poder de decisão dos agentes públicos, sobretudo em relação a decisões sobre a adoção/implantação e gestão dessas práticas ou processos.

O presente trabalho tem como objetivo enfatizar a importância da água e a necessidade da sua conservação para as comunidades rurais da Amazônia, tendo como instrumentos de suporte os serviços ambientais e serviços ecossistêmicos. Tais instrumentos ou processos, alternativos e de caráter sustentável, podem contribuir para reverter o cenário de impacto negativo sobre os aspectos quali-quantitativos da água na região. Trata-se de uma condição indispensável para a sustentabilidade e permanência dos povos no local.

Distribuição da água no Brasil, com ênfase para a Amazônia

Embora a água faça parte do ciclo hidrológico global, sua distribuição no planeta é bastante desigual devido a diversos fatores, entre eles correntes de ventos (úmidos e secos), tipos de relevo, taxas de evapotranspiração, cobertura vegetal, entre outros.

É fato que o Brasil tem cerca 12% da reserva hídrica do planeta (182.633 m³/s), além de ter os maiores recursos mundiais, tanto superficiais (bacias hidrográficas do Amazonas e Paraná) quanto subterrâneos (bacias sedimentares do Paraná, Piauí, Maranhão), de acordo com Gomes (2012). De forma comprovada pelo regime do ciclo hidrológico, essa abundância hídrica conta com o apoio das chuvas, de forma expressiva, em grande parte do território nacional. As reservas de água subterrânea somam-se às águas superficiais, conferindo ao País esse imenso potencial hídrico.

Porém, existe uma distribuição irregular desse patrimônio hídrico Brasil afora. Por exemplo, a região amazônica tem em torno de 78% de toda água superficial do País e o menor número de habitantes por região. Enquanto isso, no Sudeste, essa relação se inverte: a maior concentração populacional do País tem 6% do volume total de água superficial. Mesmo na área de incidência do Semiárido (10% do território brasileiro e quase metade dos estados do Nordeste) não existe uma região homogênea. Há diversos pontos onde a água é permanente, indicando que existem opções para solucionar problemas socioambientais atribuídos à seca (Barros, 2000).

Ciclo hidrológico e regulação climática do bioma Amazônia

Na natureza, a água se apresenta de diversas formas e em diversos ambientes, desde partículas suspensas na atmosfera, passando pelas geleiras, lagos, rios, represas, além de aquíferos, que são reservas subterrâneas com viabilidade econômica (exploração). Essa distribuição depende do ciclo hidrológico, que representa a movimentação da água por todo o Planeta, de acordo com o esquema da Figura 1.

É fato incontestável que a Floresta Amazônica desempenha função importante na reciclagem de água e proporciona a manutenção do regime hidrológico tanto regional como de outras regiões do continente. Os ventos alísios, por exemplo, transportam a umidade existente no Oceano Atlântico que, ao se condensar, propicia as chuvas na Amazônia. Através da evapotranspiração da floresta, a água que é removida dos solos pelas raízes e devolvida para a atmosfera pelos estômatos das folhas torna-se disponível para novamente precipitar (Fearnside, 2013). Parte dessa umidade, contudo, não cai sobre a Amazônia e é levada para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e para países vizinhos (Argentina e Paraguai). Estima-se que 3,4 trilhões de m³ de água líquida sejam transportados para essas áreas, cerca de um terço do vapor d'água oriundo do oceano (Fearnside, 2013, 2018). Dessa forma, a evapotranspiração da Amazônia precipita em áreas distantes e é fundamental para fornecer água para geração de energia, agricultura e consumo urbano nas bacias dos rios Paraná/Prata e São Francisco (Abramovay, 2018; Fearnside, 2018)

A teoria da “bomba biótica” sugere que a transpiração abundante das árvores, associada a alta capacidade de condensação, provoca uma redução na pressão atmosférica sobre a floresta, favorecendo o transporte das massas de ar úmido sobre o oceano para dentro do continente

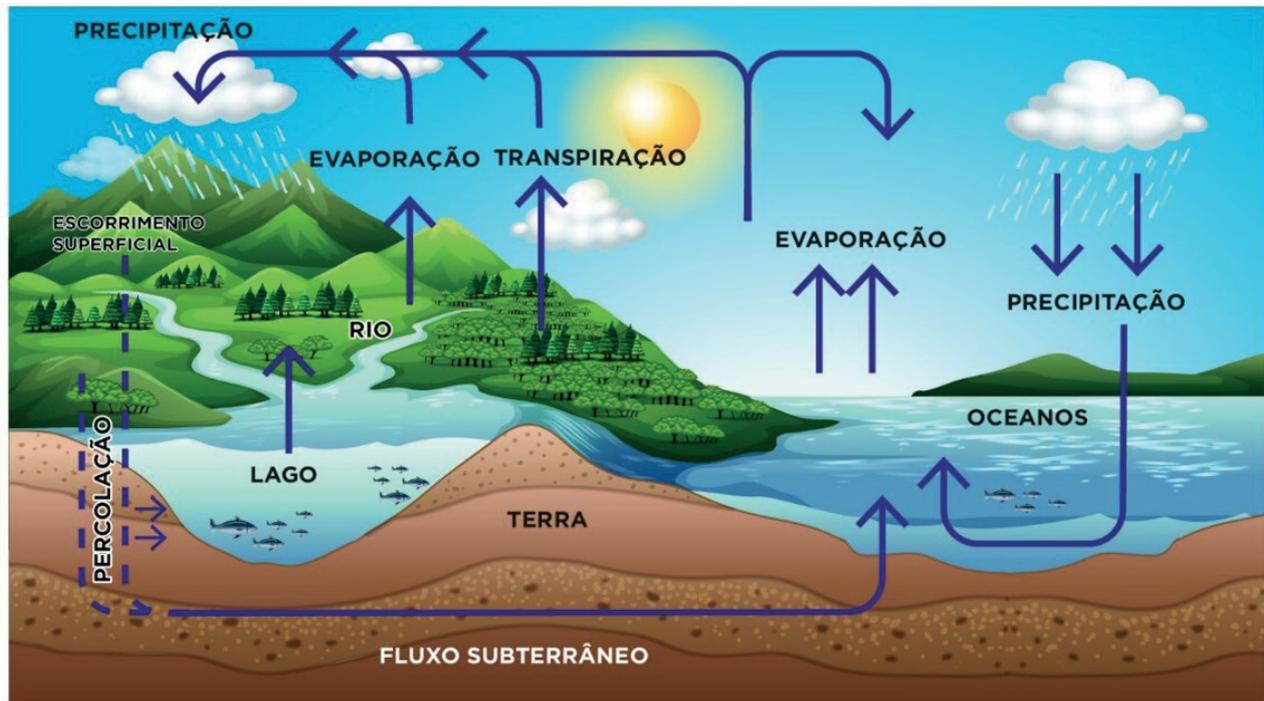


Figura 1. Ciclo hidrológico.

Fonte: Ruggeri Júnior e Souza (2021).

(Nobre, 2014). A remoção das florestas com conversão para áreas de pastagens está associada ao aumento do escoamento superficial, com a conseqüente redução na disponibilidade de água para ciclagem, e pode afetar o regime hidrológico da Amazônia e do restante do País. Menor evapotranspiração pela vegetação poderia resultar também na reversão dos fluxos da umidade que seria transportada do continente em direção ao oceano (Abramovay, 2018; Nobre, 2014).

A Floresta Amazônica tem também função importante na regulação da composição atmosférica e do clima regional, através da produção de inúmeros aerossóis biogênicos (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2019), representados por partículas variadas, incluindo pólen, esporos, bactérias, vírus, fungos e fragmentos de plantas e animais (Martin et al., 2010). Processos fisiológicos da vegetação também levam à emissão de diversos compostos orgânicos voláteis, como ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres e álcoois, precursores importantes da produção secundária de aerossóis orgânicos (Paulo; Tavares, 2012). Além de atuar na dispersão dos organismos e no transporte de nutrientes, aerossóis biogênicos têm grande eficiência na absorção de luz, com implicações sobre o balanço radiativo da atmosfera e temperatura à superfície. Atuam também como núcleos de condensação de nuvens, influenciando sua dinâmica e formação, com potencial para mudar regimes de precipitação na Amazônia (Artaxo et al., 2009).

A Amazônia na condição de bioma, envolve uma área que contempla a maior bacia fluvial do mundo. O Rio Amazonas, por exemplo, é o maior do planeta. Com volume estimado em 209.000 m³/s e 6.992,06 km de extensão, é considerado um rio de imensa importância ambiental para o globo terrestre (Figura 2).

Em razão dessa particularidade, associada ao maior patrimônio genético e de biodiversidade do mundo, a Amazônia requer atenção particular, principalmente em relação à degradação dos recursos hídricos, tanto em quantidade quanto em qualidade.



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Figura 2. Cenário do Rio Amazonas em Macapá/AP, próximo à sua foz, após percorrer cerca de 6.900 km.

Aspectos quantitativos e qualitativos da água superficial na Amazônia

Na avaliação dos aspectos qualitativos e quantitativos da água, o monitoramento hidrológico tem sido, ao longo do tempo, um procedimento muito importante no fornecimento de informações sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos em todo o território nacional. Grande parte do monitoramento ocorre em estações pluviométricas e fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). A RHN dispunha, em 2018, de quase 22 mil estações sob responsabilidade de várias entidades. A ANA gerencia diretamente 4.968 estações: 2.769 pluviométricas (monitoram as chuvas) e 2.199 fluviométricas. Do universo de estações fluviométricas, em 1.556 estações há medição de vazão de água (descarga líquida), em 1.722, de qualidade da água e em 468, de sedimentos em suspensão (descarga sólida).

Com a modernização do monitoramento hidrometeorológico, os registros dos dados de pluviômetros e réguas em fichas de campo em papel foram substituídos por sensores automáticos ligados a uma plataforma de coleta de dados (PCD), com armazenamento dos dados in loco por registradores e transmissão por telefonia móvel ou por satélite. No Brasil, fatores como extensão territorial, dificuldade de acesso às estações (na Amazônia e no Pantanal, por exemplo) e necessidade de informações em intervalos curtos de tempo para a prevenção de eventos críticos, como inundações, justificam o uso da telemetria no monitoramento, isto é, a obtenção de dados a distância e em tempo real (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019b).

As análises das chuvas e das vazões dos rios são geralmente feitas tomando como referência o ano hidrológico. O ano hidrológico, na maior parte das bacias do Brasil, corresponde ao período de outubro a setembro. A precipitação média anual do Brasil é de 1.760 mm, mas, por causa das suas dimensões continentais, o total anual de chuva varia de menos de 500 mm na região semiárida do Nordeste a mais de 3.000 mm na região amazônica (Agência Nacional de Águas, 2020).

Cerca de 255 mil m³/s de água, em média, escoam pelos rios em território brasileiro. Apesar da abundância, cerca de 80% desse total está na Bacia Amazônica, onde a população residente é pequena em comparação a outras áreas e a demanda de água é menor. Uma parcela do escoamento superficial é destinada para o atendimento dos diversos usos da água. Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600 m³/s, ou 30% da vazão média, e 65.617 m³/s correspondem à contribuição da Bacia Amazônica no total do País (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2020).

Uma análise mais detalhada sobre a disponibilidade hídrica do Brasil revela o quanto a região amazônica é rica em água. Os dados na Tabela 1 mostram que todos os estados integrantes da Amazônia Legal Brasileira enquadram-se na condição de riquíssimos (RR, AM, AP, AC, MT, PA, TO, RO) e muito ricos em água (MA, faixa centro-oeste do estado), de acordo com Condé (2021).

Tabela 1. Disponibilidade hídrica no Brasil.

Panorama da disponibilidade hídrica no Brasil					
Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab./ano)	Estado	Disponibilidade hídrica per capita por estado (m ³ /hab./ano)	Disponibilidade hídrica per capita (m ³ /hab./ano)	Estado	Disponibilidade hídrica per capita por estado (m ³ /hab./ano)
Riquíssima (> 20.000)	RR	1.747.010	Rica (> 5.000)	PI	9.608
	AM	878.929		ES	7.235
	AP	678.929	Situação adequada (> 2.500)	BA	3.028
	AC	369.305		SP	2.913
	MT	258.242		CE	2.436
	PA	217.058	Pobre (< 2.500)	RJ	2.315
	TO	137.666		RN	1.781
	RO	132.818		DF	1.752
	MS	39.185		AL	1.751
	GO	39.185		SE	1.743
Muito rica (> 10.000)	RS	20.798	Situação crítica (< 1.500)	PB	1.437
	MA	17.184		PE	1.320
	SC	13.662			
	PR	13.431			
	MG	12.325			

Fonte: Adaptado de Condé (2021).

Essa disponibilidade hídrica apresenta forte relação e interação com as florestas, uma vez que as plantas funcionam como bombas d'água ou bombas bióticas (já explicadas no item sobre ciclo hidrológico). De fato, existe abundância de água em toda a Amazônia, representada por um grande número de rios caudalosos, como o Rio Madeira, um dos principais tributários do Rio Amazonas (Figura 3).



Figura 3. Vista do Rio Madeira, voltada para montante, em Porto Velho/RO.

No entanto, quando se avalia a questão hídrica na região amazônica de forma mais detalhada, observa-se a existência de um paradoxo, principalmente porque existe antagonismo entre quantidade e qualidade da água. O fato é que existe abundância de água, representada em muitos locais por cursos d'água caudalosos, ao mesmo tempo em que falta qualidade na maioria das pequenas comunidades, evidenciada pelas condições precárias, ou mesmo ausência, de saneamento básico, que inclui tanto o tratamento de água para consumo quanto o tratamento de esgotos (Bordalo, 2017).

Ressalta-se que as comunidades rurais, incluindo os assentamentos e as populações ribeirinhas, não estão contabilizadas nessa avaliação, descrita na Figura 4, o que torna o cenário ainda mais crítico em toda a região amazônica.

Aliam-se a esse cenário negativo as atividades de garimpo que liberam mercúrio na água, além de remover grande quantidade de material do leito dos cursos d'água, aumentando de forma considerável sua turbidez e os resíduos sólidos em suspensão.

A região do Médio Tapajós, área onde vivem os indígenas da etnia Munduruku, representa o pior exemplo, na atualidade, de contaminação da água por mercúrio. O prejuízo socioambiental da região, segundo o Ministério Público Federal, chegou a 9,8 bilhões de reais, uma vez que a extração de 17 t de ouro foi responsável pelo desmatamento de 21.000 ha de floresta.

Outra região que se destaca pela contaminação da água com mercúrio é a Terra Indígena Yanomami em Roraima. As atividades ilegais do garimpo estão presentes ali há vários anos, provocando contaminação crônica na população indígena e nas demais populações que consomem a água e o peixe na região. Destacam-se, ainda, outras regiões com a presença de mercúrio, como a Terra Indígena Alto Turiaçú, no Maranhão, e as terras indígenas Marapi, Rio Ibiá e Waimiri-Atroari no estado do Amazonas (Fiocruz, 2021).

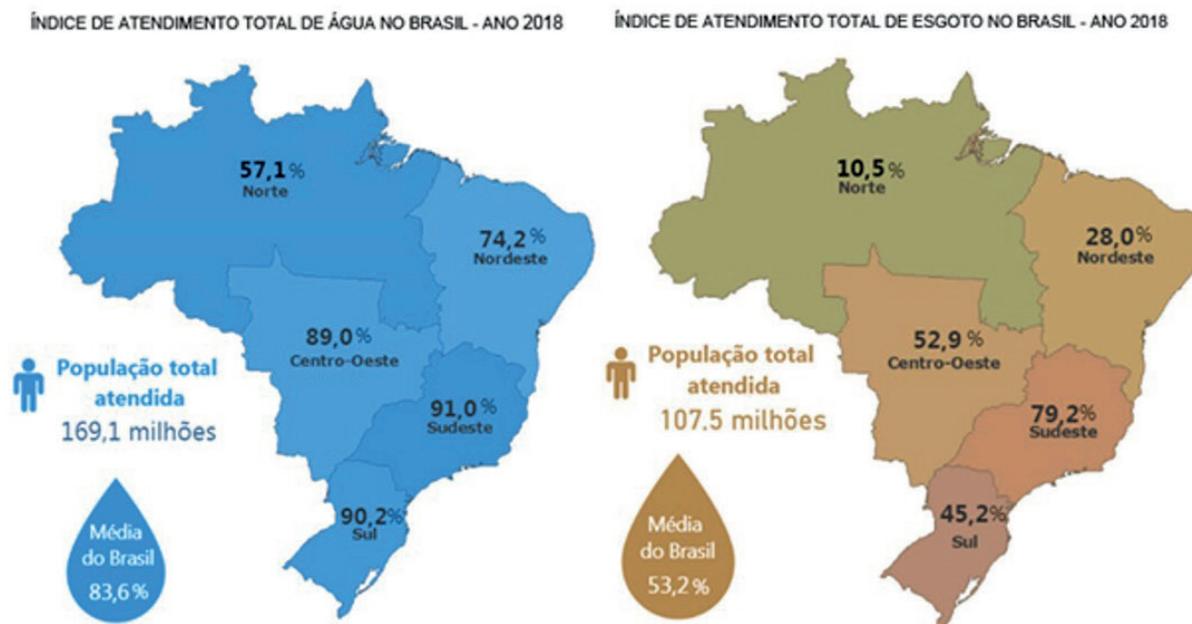


Figura 4. Índice de atendimento total de água e de esgoto por região no País em 2018.

Fonte: Brasil (2020).

Em relação às atividades agrícolas, a extração do óleo de palma tem apresentado diversos problemas de contaminação, principalmente decorrentes do descarte dos resíduos do bagaço nos cursos d'água. Desde 2014, o Ministério Público Federal tem atuado judicialmente no combate à contaminação por agrotóxicos, aos impactos socioambientais e em prol da saúde na zona de produção da Biopalma no município de Tomé-Açu/PA, na Terra Indígena Turé-Mariquita e áreas adjacentes. São diversos agrotóxicos utilizados indiscriminadamente na produção e no manejo da palma, entre os quais estão endosulfan, glufosinato de amônio e metomil, todos proibidos nos EUA e na Europa.

Os resíduos resultantes da produção de óleo de palma de dendê contêm quantidade considerável de nutrientes orgânicos e metais pesados que podem contaminar rios, poluir o ar e gerar gases de efeito estufa. Os efluentes, em geral, são lançados nos rios como um método de destinação fácil e barato (Cruz, 2018).

Em complemento ao que foi apresentado na Figura 4, existe um sistema de monitoramento da qualidade da água na região amazônica que faz parte da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água (RNQA), coordenado pela ANA. Porém, dada a grande extensão territorial da região, somente o estado de Mato Grosso tem uma representação mais expressiva de estações de monitoramento que adota o índice de qualidade das águas (IQA). Este índice tem sido amplamente empregado para uma avaliação de qualidade de água baseada em múltiplos parâmetros, com pequenas adaptações. Contempla nove parâmetros de qualidade de água: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), colimetria, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez (Agência Nacional de Águas, 2019b).

Porém, da mesma forma que o sistema de tratamento de água e de esgoto, esse sistema de monitoramento da qualidade da água não alcança as populações mais vulneráveis e isoladas da Amazônia, representadas pelos pequenos produtores rurais em assentamentos e comunidades ribeirinhas.

Existe a expectativa de que o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (Programa Qualiágua), com execução por meio de contratos entre a ANA e as universidades federais, receba recursos financeiros como forma de incentivo à produção de dados sobre qualidade de água, visando, assim, o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos. A expectativa é de que as pequenas comunidades e os assentamentos rurais sejam alcançados com o referido programa (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019b).

De forma complementar ao cenário exposto, em 2019, foram realizados diagnósticos rápidos de campo, com a coleta de amostras de água para análise de nitrogênio e fósforo em água superficial, feita pelos autores do presente capítulo, bem como avaliações de vazão. Esses trabalhos contemplaram áreas de assentamentos rurais nos estados Acre (município de Acrelândia), Rondônia (município de Machadinho d'Oeste), Pará (município de Capanema) e Maranhão (municípios de Zé Doca e Governador Newton Bello). Os resultados mostraram a existência de situações críticas, tanto em relação à quantidade, que diminuiu de forma drástica (Figura 5), com vazão estimada pelo método do flutuador (Santos; Ferreira, 2019), quanto em relação à qualidade (Tabela 2), tomando como exemplo o caso do Maranhão, principalmente nos períodos de máxima estiagem que ocorrem entre os meses de setembro e novembro.



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Figura 5. Aspecto do Rio da Água Preta, município de Zé Doca/MA (Ponto 1.1), com vazão média de $0,08 \text{ m}^3/\text{s}^*$ no período de máxima estiagem na região.

*Vazão média obtida pelo “método do flutuador”, considerando uma área de 4 m^2 e velocidade de fluxo superficial de $0,02 \text{ m/s}$.

Tabela 2. Teores de fósforo total, nitrogênio total e de nitrato em dois pontos (1 e 2) do Rio da Água Preta, municípios de Zé Doca e Governador Newton Bello/MA, no mês de novembro de 2019, em quatro repetições por ponto.

Pontos/locais ¹	Fósforo total (mg/L)	Nitrogênio total Kjeldahl (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Referência (mg/L)
1.1	1,43	33	1,20	
1.2	0,58	12	1,50	
1.3	0,84	60	1,00	Nitrato: máximo 10 mg/L
1.4	1,43	10	1,80	
2.1	1,23	13	1,50	Fósforo: máximo 0,03 mg/L para ambiente lântico; máximo 0,05 mg/L para ambiente intermediário e máximo 0,10 mg/L para ambiente lótico
2.2	1,20	10	1,70	
2.3	1,14	23	1,60	
2.4	0,91	35	1,50	

¹Pontos 1.1 a 1.4: Zé Doca/MA; Pontos 2.1 a 2.4: Governador Newton Bello/MA.

Em relação à qualidade de água, amostras foram coletadas e analisadas quanto aos teores de nitrato e fósforo total. Em relação ao nitrato, todas as concentrações estão abaixo do nível aceitável para o padrão de potabilidade, que é de 10 mg/L (Ward et al., 2018). Porém, em relação nitrogênio total (Kjeldahl) e ao fósforo total, os valores estão bem acima dos níveis aceitáveis, considerando os ambientes lântico, intermediário e lótico, de acordo com as análises realizadas para os municípios de Zé Doca e Governador Newton Bello no estado do Maranhão (Tabela 2).

O teor de nitrogênio total é a soma dos nitrogênios amoniacal e orgânico, denominado de nitrogênio total Kjeldahl, acrescido das concentrações de nitrito e nitrato.

As concentrações de fósforo total, nitrogênio total (amoniacoal + orgânico) e nitratos, provenientes principalmente de fertilizantes agrícolas e de fezes de animais, provavelmente contribuíram para a presença relativamente elevada das concentrações desses nutrientes durante a época da estiagem, uma vez que não há o efeito diluidor provocado pelas precipitações atmosféricas. Mesmo que o nitrato não alcance níveis que comprometem o padrão de potabilidade, ele afeta negativamente todo o ecossistema aquático em seus três ambientes (lântico, intermediário e lótico). O nitrato só não alcançou níveis comprometedores de potabilidade da água porque não foram identificadas descargas diretas de efluentes domésticos nos locais avaliados.

Diante do cenário que se apresenta para a região amazônica, apesar de vários programas e projetos em desenvolvimento, são necessárias diversas ações que contemplem água em quantidade e qualidade de satisfatória para a população, principalmente a rural, observando os seguintes aspectos: a) suprimento satisfatório de água nos períodos de estiagem, b) água de qualidade a partir do saneamento básico nas áreas urbanas e de práticas adequadas de saneamento no meio rural, c) ações de combate permanente às atividade do garimpo ilegal para maior controle do mercúrio nas águas dos rios e d) conscientização em relação ao uso e manejo adequado de agrotóxicos, sem o descarte de embalagens e quaisquer tipos de efluentes diretamente nos cursos d'água (Setti et al., 2000; Fundação Amazônia Sustentável, 2021).

Em síntese, a percepção e a conscientização da população urbana, e sobretudo da rural, de que a água para consumo é uma questão de saúde e indispensável no combate a uma parte considerável das doenças existentes, constitui instrumento de grande relevância no processo de sustentabilidade, dentro de um contexto socioambiental da região amazônica, com ênfase para as comunidades rurais, que são naturalmente mais vulneráveis.

A gestão da água no contexto dos serviços ambientais e dos serviços ecossistêmicos

No cenário atualmente existente na Amazônia, considerando principalmente as populações rurais em assentamentos e as comunidades ribeirinhas, os aspectos de qualidade e de quantidade da água deixam muito a desejar, o que exige ações para minimizar as adversidades enfrentadas por elas.

Assim, adquire suma importância a adoção de ações que possam reverter, ou pelo menos minimizar, o cenário negativo ora presente. Nesse contexto, os serviços ambientais e serviços ecossistêmicos surgem como alternativas viáveis para as pequenas comunidades ribeirinhas e para a população dos assentamentos rurais, uma vez que remuneram os pequenos proprietários ao mesmo tempo em que possibilitam a recuperação de suas propriedades, permitindo que elas se tornem sustentáveis.

Em relação aos serviços ambientais e serviços ecossistêmicos, há algumas divergências conceituais sobre a definição das duas expressões, porém existe um entendimento mais amplo de que há distinção entre ambos. Existe o conceito que define serviços ecossistêmicos como “os benefícios que o ser humano obtém dos ecossistemas” e os serviços ambientais como “aqueles que requerem a intervenção do homem para melhorar ou recuperar a qualidade dos ecossistemas” (Leemans; De Groot, 2003).

Com a provisão dos serviços ambientais em um ambiente degradado, o ecossistema se recompõe dentro de um processo de equilíbrio ambiental. Nesse cenário, definido como ambientalmente equilibrado, os mecanismos de ação da natureza promovem a oferta dos serviços ecossistêmicos.

Uma função ecossistêmica gera um determinado serviço ecossistêmico quando os processos naturais desencadeiam uma série de benefícios, direta ou indiretamente adotados pelo ser humano, incorporando a noção de utilidade antropocêntrica. Isso significa que uma função passa a ser considerada um serviço ecossistêmico quando ela apresenta possibilidade/potencial de ser utilizada ou aproveitada pelo homem (Huetting et al., 1998). As funções ecossistêmicas podem ser agrupadas em quatro categorias primárias: a) funções de regulação; b) funções de habitat; c) funções de provisão/produção; e d) funções de informação (De Groot et al., 2002).

Entre essas quatro categorias, certamente as funções de regulação apresentam relevância maior para o tema abordado neste capítulo, uma vez que estão relacionadas à capacidade dos ecossistemas de regular processos ecológicos essenciais de suporte à vida, através de ciclos biogeoquímicos responsáveis pela composição química da atmosfera, dos oceanos e da biosfera como um todo. Estão também relacionadas à capacidade de minimizar severos efeitos de desastres e eventos de perturbação natural/não natural, como: (a) capacidade de filtragem e estocagem de água, que regulam sua disponibilidade ao longo das estações climáticas; (b) capacidade de absorção de água e resistência eólica da vegetação; (c) capacidade de proteger o solo, prevenindo a erosão e a compactação, beneficiando diretamente as funções ecossistêmicas que dependem desse recurso em boas condições naturais, como a reciclagem de nutrientes, de vital importância ao crescimento e à ocorrência das formas de vida. Essas funções traduzem-se também em serviços ecossistêmicos de assimilação e reciclagem de resíduos (orgânicos e inorgânicos) através de diluição, assimilação ou recomposição química. As florestas, por exemplo, filtram partículas presentes na atmosfera, enquanto alguns ecossistemas aquáticos podem funcionar como “purificadores” para efluentes de origem antrópica.

Como exemplo das funções de regulação ecossistêmica está o papel da Floresta Amazônica no ciclo hidrológico, ao fornecer o vapor d'água que gera a precipitação não só na Amazônia, mas também na região Centro-Sul do Brasil, bem como em países vizinhos. Esse vapor d'água passou a ser conhecido como rios voadores (Marengo, 2006).

A região amazônica apresenta uma característica particular em relação à recepção das massas ou correntes de ar oriundas do Oceano Atlântico. Quando essas massas concentram-se sobre a floresta, ocorre processo de condensação que dá origem às chuvas intensas típicas da região amazônica. A combinação entre temperatura e umidade elevadas contribui para a ocorrência de um intenso processo de evapotranspiração, formando, assim, as massas úmidas em grandes volumes. Tais massas, já apresentadas como rios voadores, deslocam-se para oeste, mas, ao encontrar a Cordilheira dos Andes como obstáculo, dividem-se, e uma parte se desloca para o norte e a outra, para o sul. A parte das massas que se desloca para o norte vai até o Caribe e parte do Oceano Pacífico. A parte que se desloca para o sul é a que abrange grandes extensões da região Centro-Sul do País, influenciando diretamente o regime de chuvas de grande porção do território nacional. Todo esse cenário coloca a Floresta Amazônica em condição de grande relevância e importância mundial (Gomes; Pereira, 2017).

Por sua vez, os serviços ambientais, já conceituados de forma preliminar no início desta abordagem, são aqueles prestados pelos diversos agentes econômicos para conservação e/ou recuperação dos recursos naturais. Dentro dos diversos exemplos, podem ser destacados: recuperação e manutenção da mata ciliar; construção de terraços; e recuperação de áreas degradadas.

Em síntese, a principal diferença entre serviços ambientais e serviços ecossistêmicos é que, no primeiro caso, os benefícios gerados estão associados a ações de manejo do homem nos sistemas naturais ou nos agroecossistemas, enquanto, no segundo, os serviços ecossistêmicos refletem apenas os benefícios diretos e indiretos providos pelo funcionamento dos ecossistemas, sem a interferência humana.

A importância do conhecimento desses serviços está relacionada a diversos aspectos, dentre eles: a) a oferta de serviços ecossistêmicos pressupõe equilíbrio ou conservação de recursos naturais; b) uma vez recuperados os recursos naturais como solo, água e vegetação/biodiversidade, implicitamente ocorrerá uma retomada do equilíbrio e a consequente oferta de serviços ecossistêmicos na sua plenitude.

Um exemplo de serviços ambientais na Amazônia é o Projeto Olhos d'Água, em execução no município de Alta Floresta/MT, cujas ações principais estão direcionadas para a recuperação de nascentes na Bacia Mariana (Figura 6), dentro da proposta de recuperação e manutenção da mata ciliar.

Porém, o cenário de degradação é comum e muito presente em diversas regiões da Amazônia. O Rio Iquiri, no município de Acrelândia/AC, é um exemplo desse processo de impacto ambiental negativo, onde se observa principalmente a ausência de mata ciliar em diversos pontos de seu percurso. Nesse caso, os serviços ambientais voltados para a produção de água, por exemplo, podem melhorar a quantidade e a qualidade da água desse manancial.

A recomposição e a manutenção da vegetação das áreas de nascentes e das faixas de vegetação ripária (mata ciliar), combinadas com ações de manejo e conservação do solo, isolamento de animais para evitar o acesso direto aos cursos d'água e o controle de efluentes domésticos ou da



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Figura 6. Rio Iquiri com ausência de mata ciliar na margem esquerda. Município de Acrelândia/AC.

propriedade rural, são fundamentais para que, posteriormente, os serviços ecossistêmicos façam a sua parte na conservação natural do ecossistema anteriormente degradado.

Assim, para que os serviços ambientais relacionados à produção de água sejam providos de forma satisfatória, há necessidade de um acordo entre o gestor ambiental e o proprietário rural do local onde está situada a nascente que precisa ser revitalizada (reflorestada) para garantir o aumento no volume de água. Esse acordo normalmente contempla um pagamento mensal ou anual, cujo montante varia de acordo com o tamanho da área a ser recomposta com a vegetal natural, conhecido por PSA, e cuja proposta é compensar a área destinada exclusivamente à proteção ambiental (Jardim, 2010).

Diante do exposto, fica evidente que a gestão da água com foco sustentável terá amplo sucesso com a implantação dos serviços ambientais, seguidos dos serviços ecossistêmicos a partir da preservação da vegetação nas áreas de nascentes e nas áreas de mata ciliar ao longo de toda extensão dos mananciais. Tais premissas são básicas para a manutenção da perenidade e da estabilidade do volume de água de inúmeros cursos d'água País afora. Isso reforça a necessidade de manutenção da vegetação junto às áreas ribeirinhas, com destaque para a região amazônica, objeto de forte pressão pelo desmatamento e pela exploração ilegal do garimpo, aumentando principalmente a vulnerabilidade das populações ribeirinhas e dos assentamentos rurais.

A região amazônica é um exemplo notório, no qual a densa cobertura vegetal contribui para o acúmulo de um imenso volume de água ao mesmo tempo em que emite, para a atmosfera, grande quantidade de vapor d'água, cumprindo a dupla função de prover abundância hídrica para diversas regiões. Cuidar desse patrimônio é função de toda a sociedade, principalmente aquelas comunidades que vivem diretamente da floresta e da terra, a exemplo das populações ribeirinhas e dos assentamentos rurais.

Considerações finais

Apesar da existência de diversos programas com ampla rede de monitoramento da qualidade e quantidade dos recursos hídricos na Amazônia, bem como de saneamento, as comunidades rurais e ribeirinhas estão sem assistência em diversos locais. Incurções de campo feitas pelos autores deste capítulo em comunidade rurais nos estados Acre, Rondônia, Pará e Maranhão evidenciaram condições precárias locais dos recursos hídricos. O caso de Mato Grosso, especificamente no município de Alta Floresta, é um exemplo bem-sucedido de implantação de serviços ambientais e serviços ecossistêmicos, o que sugere que sejam adotados para as demais regiões visitadas e também para aquelas em estágio avançado de degradação dos seus recursos hídricos País afora.

Porém, entende-se que os serviços ambientais, com a consequente remuneração ao proprietário rural (PSA), e os serviços ecossistêmicos (conservação natural da área recuperada pelos serviços ambientais) devem ser acompanhados de uma programa de saneamento e de orientação ao uso da água de qualidade para as comunidades dos assentamentos rurais e ribeirinhas, evidenciando que tão importante quanto proteger os mananciais no sentido de aumentar o volume de água (produção de água) é conservar a sua qualidade.

Essa percepção e conscientização das populações mais vulneráveis de que a água para consumo é uma questão de saúde e indispensável no controle e na erradicação de uma série de doenças existentes é fundamental e contribui para o processo de sustentabilidade da região amazônica, sobretudo das comunidades ribeirinhas e de assentamentos rurais.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas Irrigação** – uso da água na agricultura irrigada. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 18 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília: ANA, 2020. 118 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019a. 75 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: ANA, 2019b. 100 p.

ARTAXO, P.; RIZZO, L. V.; PAIXÃO, M.; LUCCA, S.; OLIVEIRA, P. H.; LARA, L. L.; WIEDEMAN, K. R.; ANDREAE, M. O.; HOLBEN, B.; SCHAFER, J.; CORREIA, A. L.; PAULIQUEVIS, T. M. Partículas de aerossóis na Amazônia: composição, papel no balanço de radiação, formação de nuvem e ciclos de nutrientes. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (ed.). **Amazonia and global change**. Washington: American Geophysical Union, 2009. p. 11-24. (Geophysical Monograph, 186).

ABRAMOVAY, R. **A Amazônia precisa de uma economia do conhecimento da natureza**. 2018. Disponível em: https://conectas.org/wp-content/uploads/2018/12/Relatorio_a_Amaz%C3%B4nia_precisa_de_uma_economia.pdf. Acesso em: 18 out. 2021.

BARROS, J. G. **Gestão integrada dos recursos hídricos**: implementação do uso das águas subterrâneas. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 171 p.

BISWAS, A. K. **Water resources**: environmental planning, management and development. New York: McGraw-Hill. 1997. 737 p.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia Brasileira. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 120-137, abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) 2020**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 23 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2019**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2019>. Acesso em: 23 out. 2021.

PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (BPBES). **1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. 2019. Disponível em: <https://www.bpb.es.net.br/>. Acesso em: 18 out. 2021.

CONDÉ, E. R. **Disponibilidade de água potável para todos os brasileiros: desafios a serem enfrentados**. Disponível em: <https://www.engenheirodeestruturas.com.br>. Acesso em: 22 out. 2021.

CRUZ, R. H. **Impactos socioambientais de produção de palma de dendê na Amazônia paraense: uso de agrotóxicos e poluição ambiental nas sub-bacias hidrográficas, Tailândia (PA)**. 2018. 106 f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/bitstream/2011/10316/1/Dissertacao_ImpactosSocioambientaisProducao.pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, p. 393-408, 2002.

FEARNSIDE, P. M. Serviços ambientais provenientes de florestas intactas, degradadas e secundárias na Amazônia Brasileira. In: PERES, C. A.; GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; VIEIRA, I. (ed.). **Conservação da Biodiversidade em Paisagens Antropizadas do Brasil**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013. p. 26-57.

FEARNSIDE, P. M. Valoração do estoque de serviços ambientais como estratégia de desenvolvimento no estado do Amazonas. **Inclusão Social**, v. 12, n. 1, p. 141-151, 2018

FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz. **Plataforma sobre mercúrio e garimpo na região pan-amazônica foi lançada na última terça-feira (20/7)**. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/plataforma-sobre-mercuro-e-garimpo-na-regiao-pan-amazonica-foi-lancada-na-ultima-terca>. Acesso em: 22 out. 2021.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA SUSTENTÁVEL (FAS). **Lei de serviços ambientais**. Disponível em: <https://fas-amazonia.org/servicos-ambientais/>. Acesso em: 21 out. 2021.

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. **A importância dos rios voadores e da Floresta Amazônica**. 2017. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2017/10/11/importancia-dos-rios-voadores-e-da-floresta-amazonica-por-marco-antonio-ferreira-gomes-e-lauro-charlet-pereira/>. Acesso em: 21 out. 2021.

GOMES, M. A. F. A água nossa de cada dia. **Revista Panorama Rural**, v. 11, n. 122, p. 44-48, abr. 2012.

GRÁCIO, H. R.; MELLO, F. S.; NEPOMUCENO, D. C. F.; LEAL, H. M. A.; GUEDES, T. L. O.; JAVAÉ, R. T.; SANTOS, M. G. Saneamento básico na Amazônia Legal: uma análise a partir de indicadores sanitários e socioeconômicos. In: SCAPIN, E.; DIEL RAMBO, M. K.; SANTOS, M. G. dos (org.). **Água e sustentabilidade na Amazônia**. Palmas: EDUFT, 2019. p. 103-134.

HUETING, R.; REIJNDERS, L.; de BOER, B.; LAMBOUY, J.; JANSEN, H. The concept of environmental function and its valuation. **Ecological Economics**, v. 25, p. 31-35, 1998.

JARDIM, M. H. **Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. 2010. 195 f. (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal de Brasília.

LEEMANS, R.; DE GROOT, R. S. **Avaliação de ecossistemas do milênio: ecossistemas e bem-estar humano: uma estrutura para avaliação**. Washington; Covelo; Londres: Island Press, 2003. 245 p. (Contribuição para avaliação do Millennium).

MAPBIOMAS. **Área ocupada pela mineração no Brasil cresce mais de 6 vezes entre 1985 e 2020**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/area-ocupada-pela-mineracao-no-brasil-cresce-mais-de-6-vezes-entre-1985-e-2020>. Acesso em: 24 out. 2021.

MARENGO, J. A. On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and current State-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.

MARTIN, S. T.; ANDREA, M. O.; ARTAXO, P.; BAUMGARDNER, D.; CHEN, Q.; GOLDSTEIN, A. H.; GUENTHER, A.; HEALD, C. L.; MAYOL-BRACERO, O. L.; McMURRAY, P. H.; PAULIQUEVIS, T.; PSCHL, U.; PRATHER, K. A.; ROBERTS, G. C.; SALESKA, S. R.; SILVA DIAS, M. A.; SPRACKLEN, D. V.; SWIETLICKI, E.; TREBS, I. Sources and properties of Amazonian aerosol particles. **Reviews of Geophysics**, v. 48, n. 2, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2008RG000280>. Acesso em: 24 out. 2021.

- RUGGERI JUNIOR, H. C.; SOUZA, S. B. S. **Tecnologias sociais de saneamento rural**. Tema 4 – Drenagem e manejo de águas pluviais. Disponível em: https://publica.ciar.ufg.br/ebooks/saneamento-e-saude-ambiental/modulos/5_modulo_saneamento/02-4.html. Acesso em: 16 out. 2021.
- NAVAL, L. P.; BOLWERK, D. A.; ROCHA, H. M.; TREVISAN, M.; SOUZA, M. F.; TIBURCIO, R.; RAMBO, M. K. D. Secas e inundações: mudanças climáticas e/ou socioculturais. In: SCAPIN, E.; DIEL RAMBO, M. K.; SANTOS, M. G. dos (org.). **Água e sustentabilidade na Amazônia**. Palmas: EDUFT, 2019. p. 67-84.
- NOBRE, A. D. **O futuro climático da Amazônia**: relatório de avaliação científica. Articulación Regional Amazónica, 2014.
- OLIVEIRA, M.; RÉGIA, M. **Desinformação desafia o controle do uso de agrotóxicos**. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/desinformacao-desafia-o-controle-do-uso-de-agrotoxicos/>. Acesso em: 24 out. 2021.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Importância da água para o Mundo**. 1992. Disponível em: <https://www.sema.ma.gov.br/a-importancia-da-agua-para-o-mundo-dia-mundial-da-agua/>. Acesso em: 18 out. 2021.
- PAULO, J.; TAVARES, N. Interação entre a vegetação e a atmosfera para formação de nuvens e chuva na Amazônia: uma revisão. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 219–227, 2012.
- PROJETO OLHOS D'ÁGUA DA AMAZÔNIA. **Monitoramento ambiental**. Disponível em: <https://www.podam.com.br/projetos/acao/codigo/8/pagina/1>. Acesso em: 28 out. 2021.
- RODRIGUES, C.; OLIVEIRA, P. E. P.; MARTINS, M. M. S. A. Programa Guardião de Águas: uma política pública de pagamento por serviços ambientais. In: **Relatório Executivo Projeto Olhos D'Água da Amazônia – fase II**. Alta Floresta, MT: Paço Municipal, 2016. p.121-131. cap. 09.
- SANTOS, C. O.; FERREIRA, J. A. Método do flutuador como ferramenta para monitoramento do comportamento hidrológico de córrego urbano. **Holos Environment**, v. 19, n. 4, p. 614-639, 2019.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.
- THOMAS, J. A. **Serviços ambientais são oportunidade para estimular mercado que protege a natureza**. Disponível em: <https://www.jota.info/coberturas-especiais/amazonia-desenvolvimento-sustentavel/servicos-ambientais-sao-oportunidade-para-estimular-mercado-que-protege-a-natureza-05082021>. Acesso em: 23 out. 2021.
- UNICEF. United Nations Children's Fund. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene 2017 - update and SDG baseline**. World Health Organization/UNICEF. 2017. 114 p.
- VIANA, R. L. **Saneamento e saúde na Amazônia Legal**: uma análise de situação de saúde ambiental nos municípios do estado do Maranhão. 2014. 112 f. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro.
- WARD, M. H.; JONES, R. R.; BRENDER, J. D.; DE KOK, T. M.; WEYER, P. J.; NOLAN, B. T.; VILLANUEVA, C. M.; VAN BREDA, S. G. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, p. 1557, 2018. doi:10.3390/ijerph15071557.