



RELATÓRIO SOBRE A SITUAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA

BACIA AMAZÔNICA

RESUMO EXECUTIVO

RELATÓRIO SOBRE A SITUAÇÃO DA QUALIDADE
DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

RESUMO EXECUTIVO

1ª EDIÇÃO | 2023 | BRASÍLIA



SECRETARIA PERMANENTE DA ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA (SP/OTCA)

Alexandra María Moreira López
Secretária-Geral

Embaixador Carlos Alfredo Lazary
Diretor Executivo

Carlos Salinas
Diretor Administrativo

Projeto Amazonas: Ação Regional na Área de Recursos Hídricos – Fase II

Embaixador Carlos Alfredo Lazary
Coordenador

Ana Cristina Cruz Escalera
Assistente Executiva Sênior

Equipe técnica

Diego da Costa e Silva
Ingrid Monteiro Peixoto Becker

Endereço SP/OTCA:
SEPN 510, Bloco A, 3ºandar
Asa Norte, Brasília - DF
CEP: 70750-521 Brasil.
Tel. +(55 61) 3248-4119
www.otca.org

OTCA - Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ABC - Agência Brasileira de Cooperação
COBRAPE - Cia. Brasileira de Projetos e Empreendimentos

Aviso legal (Disclaimer)

Isenção de responsabilidade: As denominações e informações utilizadas nesta publicação técnica da OTCA, e a forma como são representados os dados, mapas, imagens e cartas contendo informações geográficas dos Países Membros, não constituem juízo sobre quaisquer outros Tratados ou Atos Internacionais vigentes entre as Partes, nem sobre quaisquer divergências sobre limites ou direitos territoriais que existam entre as Partes, nem este documento pode ser interpretado ou invocado para alegar aceitação ou renúncia, afirmação ou modificação, direta ou indireta, expressa ou tácita, e as posições e interpretações que em estas questões detidas por cada Parte.

Nota Geral: Este estudo foi elaborado considerando o limite hidrológico da Bacia Amazônica e por este motivo, o Suriname, que não possui área de contribuição hídrica na Bacia Amazônica, não foi considerado nas análises do estudo em tela, mesmo sendo País Membro da OTCA. De acordo com o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), os resultados gerados por este estudo serão benéficos para todos os 8 Países Membros, mesmo o Suriname não fazendo parte da bacia hidrográfica.

É importante salientar que a consultoria para a realização do Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica teve, desde o início de sua elaboração, o acompanhamento efetivo da equipe da OTCA, especialmente para as questões gerenciais, e da ANA, frente às questões técnicas. Essa dinâmica foi realizada diretamente sobre todos os produtos entregues, por meio de avaliações técnicas escritas e de diversas reuniões.

Nota da Venezuela: No caso da República Bolivariana da Venezuela, foram considerados os dados referentes ao Brazo Casiquiare e Rio Negro que correspondem à Amazônia venezuelana.

© 2023. OTCA - ANA - ABC

Todos os direitos reservados
É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA)

Diretoria Colegiada

Veronica Sánchez da Cruz Rios
Diretora-Presidente

Vitor Eduardo de Almeida Saback
Maurício Abijaodi Lopes de Vasconcellos
Ana Carolina Argolo Nascimento de Castro
Filipe de Mello Sampaio Cunha

Coordenação geral

Tibério Magalhães Pinheiro
Flávia Carneiro da Cunha Oliveira
Felipe de Sá Tavares

Equipe técnica

Ana Paula Montenegro Generino
Diana Leite Cavalcanti
Marcelo Mazzola
Marcelo Pires da Costa
Paula Ribeiro Salgado Pinha

Endereço:
Setor Policial, Área 5, Quadra 3,
Blocos “B”, “L”, “M”, “N”, “O” e “T”, Brasília - DF
CEP: 70610-200
https://www.gov.br/ana

COBRAPE - CIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPREENDIMENTOS

Alceu Guérios Bittencourt
Diretor

Luis Gustavo Christoff
Coordenação executiva

Equipe técnica

Andreia Schypula
Camila de Carvalho Almeid
Christian Taschelmayer
Giovanna Reinehr Tiboni
José Antônio Oliveira de Jesus
Murilo Nogueira
Rodolpho Humberto Ramina
Valmir de Albuquerque Pedrosa

Diagramação, editoração e arte final

Alessandra Gava
Designer gráfica

Fotografias: Banco de imagens OTCA. Banco de imagens ANA.
Adobe Stock. Shutterstock. Freepick

Foto de capa: Rio Amazonas no Brasil, Adobe Stock.

CARIMBO



SUMÁRIO

PREFÁCIO.....06

INTRODUÇÃO.....07

1. BASE CONCEITUAL E METODOLÓGICA.....08

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA.....12

2.1. Uso e ocupação do solo Amazônico.....13

2.2. Áreas Naturais de Proteção e Terras Indígenas.....14

2.3. Zonas inundáveis.....15

2.4. Classificação hidrogeoquímica dos rios Amazônicos: águas claras, brancas e pretas.....16

3. PRESSÕES SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....17

3.1. Desmatamento.....18

3.2. Queimadas.....19

3.3. Mineração.....20

3.4. Agropecuária.....21

3.5. Hidrelétricas.....22

3.6. Exploração petrolífera.....22

3.7. Esgotos domésticos e resíduos sólidos.....24

3.8. Hidrovias.....25

3.9. Mudanças climáticas.....26

4. ESTADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....27

4.1. Condutividade elétrica.....30

4.2. pH.....31

4.3. Oxigênio Dissolvido (OD).....31

4.4. Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO).....32

4.5. Metais.....33

5. RESPOSTAS ÀS PRESSÕES IDENTIFICADAS.....34

6. SÍNTESE GERAL.....39

6.1. Áreas críticas.....40

6.2. Proposta para a gestão integral da qualidade da água na Bacia Amazônica.....43

6.3. Desafios para a gestão da qualidade da água na Bacia Amazônica.....44

TABELA DE FONTES PRIMÁRIAS.....45

BIBLIOGRAFIA.....46

PREFÁCIO

O “Projeto Amazonas - Ação Regional na Área de Recursos Hídricos” é uma iniciativa dos oito países amazônicos: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela implementada por meio da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) com a cooperação técnica e financeira da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e da Agência Brasileira de Cooperação (ABC/MRE).

O projeto tem como objetivo o fortalecimento da cooperação entre os países amazônicos e a integração numa região de importância global visando ao planejamento e à execução de ações estratégicas de proteção e gestão dos recursos hídricos transfronteiriços.

Iniciado em 2012, e já em sua segunda fase, o projeto está alinhado com a Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica e com o Tratado de Cooperação Amazônica

(TCA-1978), no qual os países membros assumiram, dentre outros, o compromisso de cooperar para promover a utilização racional do recurso água, condição essencial para o desenvolvimento sustentável da bacia, onde vivem mais de 33 milhões de pessoas. A gestão da qualidade da água é desafio comum. Assim, é com grande satisfação que se apresenta este resumo executivo do Relatório sobre a Situação da Qualidade da Água na Bacia Amazônica para benefício dos gestores em recursos hídricos na Bacia Amazônica, componente essencial do Projeto, e resultado do trabalho conjunto das instituições dos 8 países amazônicos responsáveis pelas políticas públicas de meio ambiente e de gestão dos recursos hídricos, que forneceram dados de monitoramento de suas redes nacionais. O documento mostra os principais vetores que impactam a qualidade das águas amazônicas resultando na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos, entre outros.

Estudos deste tipo são importantes para informar adequadamente e envolver a sociedade, contribuindo para que se estabeleçam políticas públicas direcionadas à proteção, recuperação e monitoramento dos ecossistemas aquáticos. Inserem-se, por outro lado, no conteúdo dinâmico do Observatório Regional Amazônico, que é a ferramenta mais importante para o fortalecimento da OTCA em sua missão de promover o desenvolvimento sustentável na Amazônia. A íntegra do Diagnóstico estará disponível no site da OTCA (www.otca.org).

Essa publicação contribuirá efetivamente para a gestão integral e integrada dos recursos hídricos na Bacia Amazônica.

Secretaria Permanente da OTCA
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)
Agência Brasileira de Cooperação (ABC/MRE)

INTRODUÇÃO

A Amazônia tem um atributo singular: grandiosidade! Tudo o que lhe diz respeito é superlativo, desafiador e, por vezes, imensurável. Para que seja possível atuar nesse território ímpar e proteger a sua riqueza, é imprescindível conhecer suas peculiaridades e características.

A Amazônia caracteriza-se pela grande biodiversidade e extensa rede hidrográfica, além da vasta diversidade cultural, resultado de um processo histórico de ocupação do território e interação entre grupos humanos de distinta procedência étnica e geográfica. Tais aspectos, somados ao seu importante papel em relação à regulação do clima, têm grande influência no transporte de calor e vapor d’água para regiões com latitudes mais elevadas, bem como o fundamental sequestro de carbono, que auxilia na redução do aquecimento global. Por esses e outros motivos, tem atraído os olhares do mundo (OTCA, 2022).

Conhecida como a maior floresta tropical, representando um terço das florestas tropicais do mundo, a Amazônia abriga cerca de 30 mil espécies de plantas, 3 mil espécies de peixes, 384 espécies de anfíbios, 550 espécies de répteis, 950 espécies de aves, 350 espécies de mamíferos e 57 espécies de primatas (OTCA, 2022).

A Bacia Hidrográfica Amazônica (BHA) é a maior bacia hidrográfica do planeta, ocupa 5,9 milhões de km² (ANA, 2017) e une territórios de sete países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela, abrigando cerca de 33 milhões de pessoas (Adaptado de IBGE, 2020 e OTCA, 2021).

Em termos hidrológicos, após o encontro de seus afluentes (rios Negro e Solimões), a quantidade de água transportada no leito do rio Amazonas varia de 220 mil m³/s a 300 mil m³/s na estação chuvosa. Nenhum outro rio do mundo sequer se aproxima dessa medida, sendo assim, é considerado o rio com o maior volume de água do planeta, e tem como principais afluentes os rios Putumayo, Japurá e Negro (vertente norte), Juruá, Purus, Madeira, Tapajós e Xingu (vertente sul) (OTCA, 2022).

As enormes distâncias entre os centros urbanos; as embarcações como primordiais para o sistema de transporte da região; os desafios para o suprimento de energia elétrica, internet, entre outros bens e serviços; a exuberância e adversidades da floresta amazônica e a coalizão de oito países para harmonizar a gestão de suas águas são algumas das singularidades da Bacia Amazônica (SATHLER; MONTE-MÓR; CARVALHO, 2009).

Por outro lado, toda essa riqueza vem sofrendo grandes alterações ao longo do tempo, tanto no contingente populacional quanto nas formas de exploração do território. As mudanças colocam em risco a estabilidade natural e cultural da região como um todo, com reflexos diretos na disponibilidade hídrica, em termos quantitativos e qualitativos (Elaboração própria - COBRAPE, 2022).

A água, culturalmente tratada como um bem infinito, tem-se demonstrado um recurso cada vez mais escasso frente aos crescentes consumos dos mais diversos usos, de modo que um dos maiores desafios atuais dos gestores é garantir o acesso à água em quantidade e qualidade para as futuras gerações, bem como superar o baixo dinamismo socioeconômico da região (Elaboração própria - COBRAPE, 2022).

Surge então a necessidade de cooperação entre os países, tanto no compartilhamento das informações técnicas e científicas sobre a bacia hidrográfica como no uso razoável e equitativo dos recursos hídricos.

Diante disso, os oito países amazônicos assinaram o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), em 03 de julho de 1978, com o objetivo de promover o desenvolvimento harmônico dos territórios amazônicos, de maneira que as ações conjuntas gerem resultados equitativos e mutuamente benéficos para alcançar o desenvolvimento sustentável da Região Amazônica. Como parte do Tratado, os Países Membros assumiram o compromisso comum para a preservação do meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais da Amazônia (OTCA, 2023).

Posteriormente, em 1995, os oito países decidiram criar a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), como plataforma de diálogo político e de cooperação regional. Com a criação da OTCA, ações conjuntas para o desenvolvimento harmônico dos países amazônicos começaram a ser implementadas, até que, em 2010, a aprovação da Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica (AECA), que estabelece a visão, a missão e os objetivos estratégicos da OTCA, além de definir os eixos temáticos e as atividades para a cooperação, coloca em pauta a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Amazônica. Neste contexto, prioriza-se o tema água visando adotar um enfoque integrado para a gestão dos recursos hídricos da Bacia, por meio do Programa de Ações Estratégicas (PAE) (OTCA, 2023).

O Programa de Ações Estratégicas, por sua vez, é um instrumento orientador da cooperação regional e da atuação dos Países Membros, que requer o suporte do mais alto nível dos setores relevantes dos governos, já que estabelece estratégias e prioridades para a ação regional, ao passo que oferece delineamentos de políticas e normativas no contexto do fortalecimento institucional. Já o Projeto Amazonas, iniciado em 2012, estabeleceu várias ações de cooperação técnica entre os Países Membros, incluindo o monitoramento das águas e a gestão dos recursos hídricos, buscando uma maior nivelção nas capacidades instaladas das entidades envolvidas com relação a este tema (OTCA, 2023).

Na esteira desse desenvolvimento, foi elaborado o Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica (RQAA), englobando sete produtos, de modo a fornecer conhecimento adequado e contextualizado sobre a situação atual da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica Amazônica. O principal propósito é apoiar os tomadores de decisão dos países amazônicos na definição de políticas públicas e no fortalecimento da gestão integrada dos recursos hídricos.



1. BASE CONCEITUAL E METODOLÓGICA

A partir da definição do conteúdo, metodologia e premissas para o estudo, foi estabelecido contato com cada um dos Países Membros, por meio de videoconferências, para elucidar os objetivos do trabalho e mostrar quais dados seriam necessários para o pleno andamento da consultoria (Figura 1). Desse contato foram obtidos os dados de monitoramento de qualidade da água do período de 2000 a 2019, os quais foram compilados e padronizados. Além dos dados de qualidade da água foram levantadas as informações sobre aspectos da gestão institucional e gestão compartilhada entre os países vizinhos, bem como a identificação de boas práticas para melhorar a qualidade das águas na Bacia Amazônica, incluindo ações nacionais e regionais, e um levantamento inicial das pressões que afetam diretamente a qualidade das águas. As informações descritas, dentre outras informações fundamentais para o estudo, estão dispostas no **Contexto sobre a situação da qualidade da água nos países da Bacia Amazônica**.

De posse dos dados de monitoramento, e já no **Diagnóstico e linha de base sobre a qualidade das águas superficiais da Bacia Amazônica**, aplicou-se a metodologia Pressão-Estado-Resposta (PER), com o propósito de diagnosticar a situação da qualidade da água nos corpos hídricos da região. A metodologia PER é baseada na ideia de que as atividades humanas exercem pressões no meio ambiente, afetando o estado da qualidade e quantidade dos recursos naturais e que a sociedade, por sua vez, responde a essas alterações através da proposição de políticas ambientais, econômicas e setoriais, além de mudanças no próprio comportamento.

Com esses resultados, foram avaliadas as melhores práticas globais em compartilhamento de águas transfronteiras, de maneira a conceber uma **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica**. Ela compreende um conjunto de proposições de medidas e ações específicas a serem desenvolvidas nos âmbitos subnacionais, nacionais e de cooperação intergovernamental da OTCA, com fundamento em boas práticas sistematizadas, a fim de contribuir para a melhoria da gestão, do monitoramento e do controle da qualidade da água na BHA.

Para validação dessas proposições, na procura por garantir a máxima convergência e aderência com as diferentes realidades regionais, foram realizadas entrevistas com os representantes dos Países Membros, por meio de questionários escritos e videoconferências, com o intuito de ouvir múltiplas perspectivas a respeito do desenvolvimento da região e inclinações preferenciais acerca da qualidade da água.

Dessas entrevistas, afloraram percepções, indicações de prioridades, sugestões de diretrizes e projetos de ação para subsidiar a **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica**. As entrevistas captaram as expectativas e orientações relativas ao desenvolvimento da região, permitindo avaliar possíveis programas e campos prioritários de ação no tema da qualidade da água.

O RQAA ainda contempla o **Relatório de articulação e coordenação com outros estudos e processos da Bacia Amazônica**, que apresenta estudos com os quais possui ou deveria possuir relação direta, visando uma forma de integração.

Também incorpora o **Banco de dados**, para armazenar e fornecer, com os devidos critérios, todos os dados e informações gerados pelo estudo. A criação de um Banco de Dados Geográfico (BDG) permite prover dados para outros serviços, como o sistema do Observatório Regional Amazônico (ORA - <https://oraotca.org/pt/>). A afinidade existente entre ambos possibilita perfeita integração para o armazenamento, manipulação, visualização e compartilhamentos dos dados geográficos.

O estudo culmina em dois relatórios finais. O **Relatório final** traz a consolidação de todas as principais informações colhidas durante o estudo, ou seja, o “status” em termos qualitativos sobre a situação da água nos âmbitos nacional e regional da Bacia Amazônica, e este **Resumo executivo** expõe de maneira mais ilustrativa a síntese dos resultados alcançados.

Em complemento, com o intuito de melhor atender o objeto da contratação, mostrando a real situação da qualidade da água da Bacia Amazônica, foram realizadas reuniões estratégicas entre a equipe da Cobrape e da OTCA/ANA com as consultorias responsáveis pela elaboração de outros estudos da entidade na região e que têm relação direta com o RQAA.

Figura 1. Resumo ilustrado do percurso do projeto



A Bacia Hidrográfica Amazônica (BHA) abrange uma área de aproximadamente 5,9 milhões de km², desde os andes peruanos, onde se encontra a nascente do Rio Solimões, até a foz do rio Amazonas, no Oceano Atlântico (ANA, 2015). Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários do Brasil (ANTAQ, 2013), a bacia possui cerca de 25 mil km de rios navegáveis, o que a torna a mais extensa rede hidrográfica do planeta.

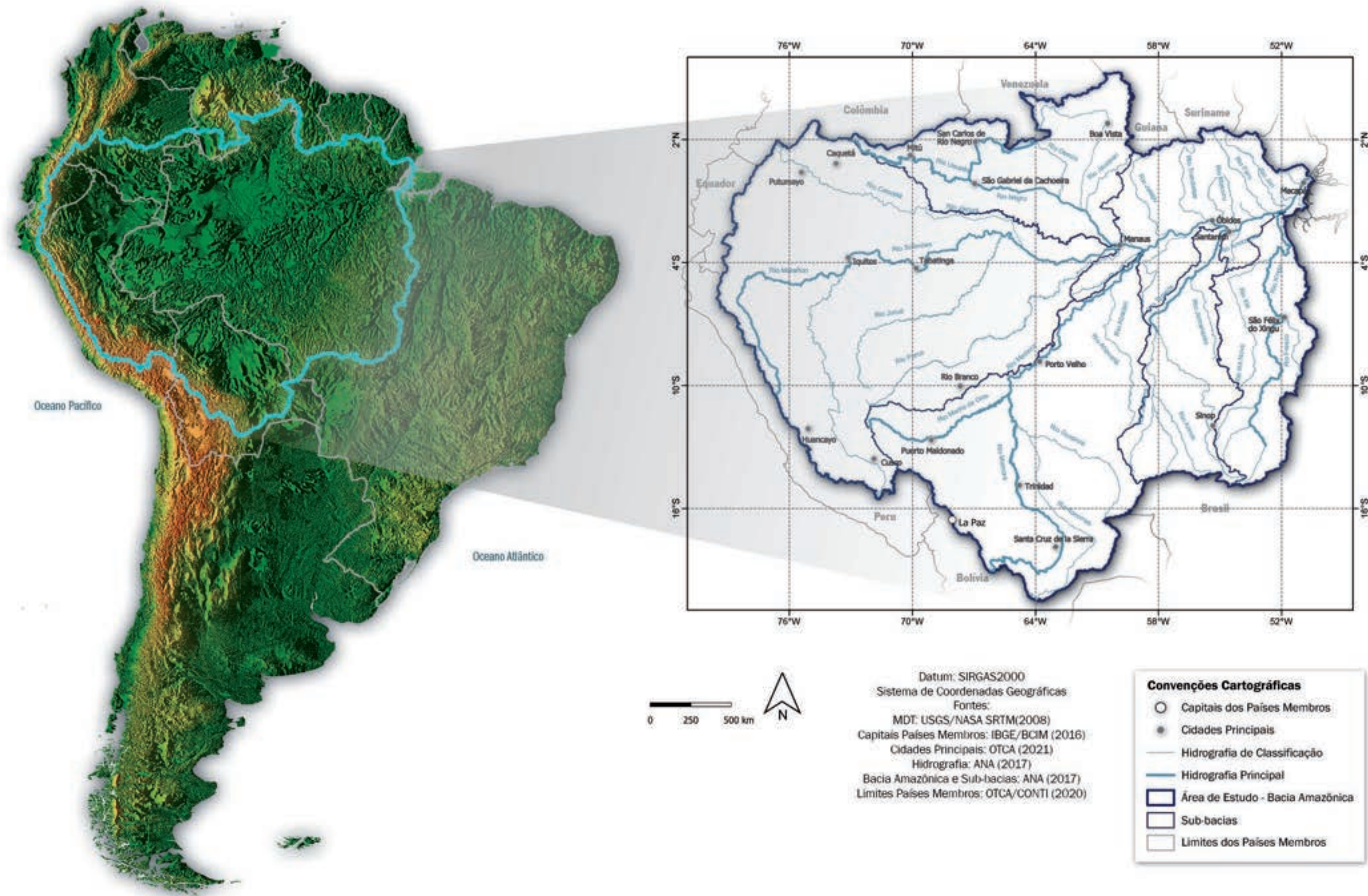
Toda essa área engloba sete países: Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela. No caso particular do Suriname, que também é um país membro da OTCA, este não possui área de contribuição hídrica para efeito deste estudo. Na Tabela 1 é apresentada a área ocupada por País e na Figura 2 é mostrada a área da BHA considerada para este estudo.

Tabela 1. Área dos Países na Bacia Hidrográfica Amazônica

| País | Área do país (km²) | Área do país na BHA (km²) | % da área do país na área total da BHA |
|--------------|--------------------|---------------------------|--|
| Bolívia | 1.089.314 | 713.152 | 12,06% |
| Brasil | 8.515.707 | 3.709.067 | 62,73% |
| Colômbia | 1.133.063 | 345.462 | 5,84% |
| Equador | 248.619 | 131.265 | 2,22% |
| Guiana | 209.902 | 12.565 | 0,21% |
| Peru | 1.291.221 | 961.459 | 16,26% |
| Venezuela | 912.235 | 39.626 | 0,67% |
| Total | | 5.912.598,61 | 100% |

Fonte: Calculado pela interseção entre a base administrativa do IBGE (2016) e a base otocodificada da ANA (2017).

Figura 2. Localização da Bacia Hidrográfica Amazônica e rios principais



A base hidrográfica utilizada no estudo foi extraída da base de ottobacias (ANA, 2017), por meio de um filtro que selecionou apenas a área compreendida pela Bacia Amazônica, totalizando 129.705 ottobacias.

Para facilitar as análises a serem realizadas, elas foram agregadas tendo como base os maiores tributários da calha principal do rio Amazonas, o que resultou em seis sub-bacias: Baixo Amazonas, Madre de Dios/Madeira/Mamoré, Marañon/Solimões, Tapajós, Vaupés/Siapa/Negro e Xingu.

Essas sub-bacias, juntamente com suas principais características, são apresentadas na Figura 3.

Figura 3. Sub-bacias - Divisão e características



¹ Red Amazônica de Información Socioambiental Georreferenciada, RAISG. Disponível em: https://geo.socioambiental.org/arcgis/services/raisg/raisg_base/MapServer/WMServer?request=GetCapabilities&service=WMS.
² Programa de Ações Estratégicas: Estratégia Regional para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia Amazônica (PAE) da OTCA. Disponível em: <http://otca.org/pt/project/programa-de-acoes-estrategicas/>



2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA

Encontro das águas do Rio Negro e Solimões | Manaus - Brasil | Banco de Imagens Adobe Stock

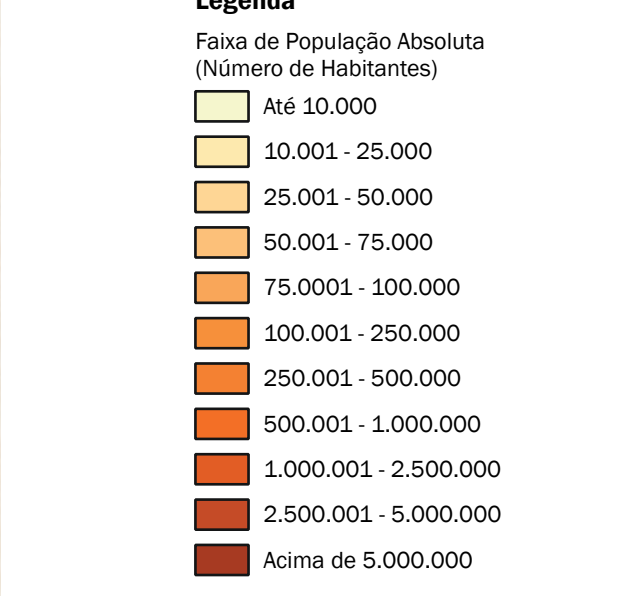
2.1. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO AMAZÔNICO

Na chegada ao rio Amazonas, os europeus depararam-se com uma densa floresta habitada por povos indígenas de culturas diversas e que as usavam a seu favor para sustentar uma população bastante numerosa (VERÍSSIMO, 2014). Cunha *et al.* (2006) indicam que a população indígena amazônica antes da colonização europeia girava em torno de sete milhões de habitantes. Apesar do número significativo, essa população conseguia extrair da floresta todo o seu sustento, gerando baixo impacto no solo, especialmente devido à forma de cultivo, que utilizava o chamado revezamento de terras, dando tempo para a revegetação natural, proporcionando um solo antropogênico de maior fertilidade, intitulado "terra preta do índio".

Posteriormente, durante os séculos XVII e XVIII, caracterizados pela fase de colonização, houve expressiva diminuição dos povos indígenas originários da Amazônia. Todavia, em

Como consequência, e já no século XIX, a configuração populacional da Amazônia era prioritariamente composta por indivíduos miscigenados (índigenas, brancos e negros), o que levou à mudança no uso e ocupação do solo, com a coleta de produtos naturais e substituição da agricultura pelo ciclo econômico da borracha (IMAZON, 2021).

Apesar do ciclo econômico da borracha, ocorrido no Brasil e compreendido entre o final do século XIX até a década de 1940, a exploração mais acentuada da terra amazônica ocorreu apenas a partir da segunda metade do século XX (AB'SABER, 2002). Segundo Veríssimo (2014), o período foi marcado pela devastação da floresta, com alteração significativa da paisagem, especialmente em decorrência da abertura de estradas que abriram espaço para pastagens e a exploração de madeira de modo predatório, especialmente na Amazônia brasileira. Nesse período, ao lado dessas pressões, e já englobando os demais países, se intensificam outras atividades, como garimpos, hidrelétricas e lotes petrolíferos.



Fonte: Adaptado de IBGE (2020) e Atlas de Vulnerabilidade Hidroclimática da Bacia Amazônica OTCA (2021).

³ Baseando-se na área drenada e na topologia hídrica, Pfafstetter (1989) elaborou uma proposta metodológica de codificação hierárquica de bacias hidrográficas. As bacias são tratadas como áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica codificada numericamente e considera como insumo principal as áreas de contribuição direta de cada trecho dessa mesma rede hidrográfica. O detalhamento da metodologia está disposto no Produto 3.

Atualmente a Bacia Amazônica concentra cerca de 33 milhões de pessoas, das quais 1,1 milhão se refere à população indígena, representando 3,6% da população total. Essa população, distribuída nos sete países, se concentra principalmente ao longo dos grandes rios da bacia e da fronteira oeste, que é a Cordilheira dos Andes, e em cidades polos regionais. A figura 4 mostra a distribuição da população atual, na qual é possível observar a distribuição da população por otobacias² nível 3. Cabe ressaltar que estas informações se referem ao território que abrange exclusivamente a Bacia Hidrográfica Amazônica.

A seguir, na Figura 5, está representada a situação atual de uso e ocupação do solo da Bacia Amazônica.

Figura 5. Uso do solo da Bacia Amazônica

Legenda

Classificação de Uso do Solo

- 1. Floresta
- 1.1. Formação Florestal
- 1.2. Formação Savânica
- 1.3. Mangue
- 1.4. Floresta Inundável
- 2. Formação Natural não Florestal
- 2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa
- 2.2. Formação Campestre
- 2.3. Afloramento Rochoso
- 2.4. Outras Formações não Florestais
- 3. Agropecuária
- 3.1. Mosaico de Agricultura e Pastagem
- 4. Área não Vegetada
- 4.1. Área Urbanizada
- 4.2. Mineração
- 4.3. Outras Áreas não Vegetadas
- 5. Corpos D'água
- 5.1. Rio, Lago e Oceano
- 5.2. Glacial
- 6. Não Observado

Fonte: Adaptado de Mapbiomas (2020).

2.2. ÁREAS NATURAIS DE PROTEÇÃO E TERRAS INDÍGENAS

A Amazônia é uma área emblemática e conhecida internacionalmente. Antes do início da sua exploração, era isolada devido ao acesso severamente restrito, que se dava apenas por via fluvial (KIRBY *et al.*, 2005). Desde então, e ainda hoje, o transporte aquaviário é o principal meio de transporte da região.

Posteriormente ao início da exploração dos recursos naturais, aconteceu em paralelo maior pressão pela preservação, principalmente como forma de evitar as grandes queimadas que passaram a ocorrer. Para tal fim, várias áreas de proteção foram solicitadas e/ou declaradas, como as Áreas Naturais Protegidas (ANPs) e as Terras Indígenas (TIs). (Figura 6)

As Áreas Naturais Protegidas perfazem 1.349.169 km², enquanto as Terras Indígenas ocupam 1.804.174 km², representando, respectivamente, 22,82% e 30,51% da área total da Bacia Amazônica. A região conta com cerca de 395 ANPs e cerca de 3.610 territórios indígenas distribuídos em cerca de 305 etnias, que sofrem os efeitos negativos relacionados à exploração da bacia.

Tanto as Áreas Naturais de Proteção quanto as Terras Indígenas têm papel fundamental na preservação ambiental, envolvendo a conservação dos recursos hídricos, a conservação de florestas e da biodiversidade, a redução nos efeitos das mudanças climáticas, entre outras. O uso dos recursos naturais sem comprometer os ecossistemas, por meio do manejo adequado, sempre foi característica dos povos indígenas, e tem se mostrado de suma importância para a conservação da biodiversidade. É incontestável que os conhecimentos dos povos indígenas trazem diversos *insights* para a sustentabilidade como um todo, tais como a utilização do solo de forma racional, não caçar além do necessário, bem como a utilização dos recursos hídricos de forma que não se esgotem, seja quantitativa ou qualitativamente.

Cuyabeno - Equador | Banco de Imagens Adobe Stock



Figura 6. Áreas Naturais de Proteção e Terras Indígenas na Bacia Amazônica

Legenda

- Áreas Naturais Protegidas
- Terras Indígenas

Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrepe. Ver tabela de fontes na página 45, itens 1 e 2.

2.3. ZONAS INUNDÁVEIS

A Amazônia apresenta várias zonas inundáveis (Figura 7), uma característica natural da região. Em termos ecológicos, áreas inundáveis são as que periodicamente recebem aportes laterais de água, seja de rios, lagos ou por meio da contribuição subterrânea ou da precipitação. No caso da região amazônica, as zonas inundáveis associadas a rios e lagos são de maior interesse (SOARES *et al.*, 1999).

Há milhões de anos, perto de 25% da região amazônica transformou-se em um ecossistema aquático pela dinâmica das inundações – pulsos –, um tipo de processo natural que enriquece o solo, produto de sedimentos arrastados das várias bacias andinas para as terras baixas. O processo foi definidor para as culturas indígenas, pois as enchentes contribuem para a abundância e alta diversidade das espécies aquáticas, especialmente peixes, bem como de aves que migram de áreas distantes para os locais inundados, devido à fartura de alimentação. Assim, esse período de inundação é um elo fundamental na consolidação da cadeia alimentar, sustentando a biodiversidade que é a base para a manutenção da vida dos povos indígenas (RAISG, 2020).

É importante salientar que, devido às suas especificidades, as áreas inundáveis reciclam rapidamente matéria orgânica e nutrientes, tornando, assim, o solo fértil para atividades socioeconômicas, implicando em indicadores de produtividade superiores se comparadas com áreas secas (SOARES *et al.*, 1999). Por outro lado, essas áreas, quando preservadas, têm significativa importância para a garantia da qualidade da água e para a biodiversidade local, dado que são *habitat* para diversas espécies de fauna e flora. Essa dicotomia torna as áreas inundáveis palco para diversos conflitos tanto no uso e ocupação da terra quanto na exploração dos recursos hídricos.

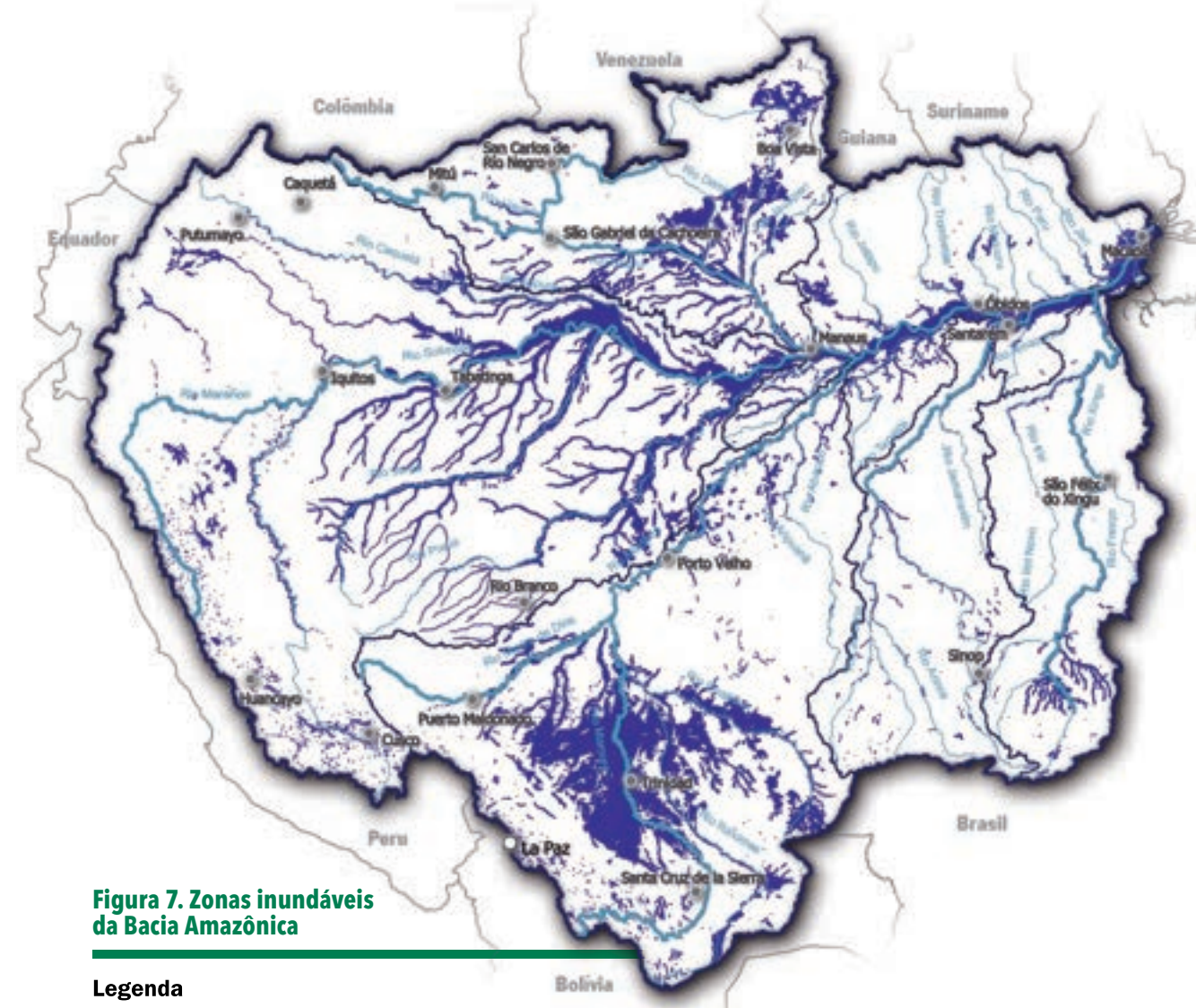


Figura 7. Zonas inundáveis da Bacia Amazônica

Legenda

- Zonas Inundáveis

Fonte: Adaptado de OTCA (2021).



Características geográficas

- Intermediária Tipo A
- Intermediária Tipo B
- Salobra

Fonte: Villamizar *et al.* (2020).

Estas pressões corroboram as principais causas de contaminação das águas na Bacia Amazônica dispostas na Análise de Diagnóstico Transfronteiriço (OTCA, 2018), citando as atividades de mineração, águas residuais domésticas e industriais, o transporte fluvial, dentre outros.



3.1. DESMATAMENTO

O desmatamento na Bacia Amazônica está relacionado a diversas causas: a expansão dos assentamentos humanos e as diversas formas de uso dos recursos naturais, em alguns países os cultivos de usos legais e a extração ilegal de minerais, a construção de infraestrutura não planejada, as queimadas, a exploração de madeira, agropecuária, instalação de hidrelétricas, e é uma das pressões mais antigas enfrentadas pela região. O principal efeito do desmatamento está relacionado ao assoreamento dos corpos hídricos, pois, sem a floresta, o escoamento superficial carrega com maior velocidade os sedimentos para os rios. Nesse processo, junto com os sedimentos, várias substâncias, inclusive tóxicas, se depositam no corpo hídrico de forma mais intensa, podendo favorecer alterações na qualidade da água.

A Figura 9 ilustra as regiões de desmatamento identificadas entre 2001 e 2018. Nela é possível notar áreas significativas na bacia como um todo, com a ocorrência de uma região bastante desmatada nas cabeceiras localizadas entre o Peru e a Colômbia, na sub-bacia Maraño/Solimões. Nessa sub-bacia, as causas de desmatamento observadas são ligadas principalmente à mineração, por poços e aluvionares, além das atividades agropecuárias. Na figura salienta-se também uma região próxima a Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia, além de toda região sudeste da bacia localizada no Brasil, onde se encontra o chamado “Arco do desmatamento”, região onde a fronteira agrícola avança em direção à floresta e onde se encontra cerca de 75% do desmatamento da Amazônia (OVIEDO; LIMA; AUGUSTO, 2020). Ainda de acordo com os autores, é um território que abrange 256 municípios, indo do oeste do estado do Maranhão e sul do Pará em direção a oeste, passando por Mato Grosso, Rondônia e Acre.

Nessa região de intenso desmatamento, destaca-se a sub-bacia Tapajós como a mais impactada por essa pressão, sobretudo na região próxima ao rio São Manuel, ou Teles Pires, caracterizada pela presença de zonas inundáveis. A madeira resultante do desmatamento nessa sub-bacia é queimada ou comercializada e as áreas desmatadas ocupadas na maior parte pela agropecuária. O mesmo ocorre na sub-bacia Xingu – parte do “Arco do desmatamento” –, onde essas áreas são ocupadas pela mineração e pela infraestrutura do setor elétrico.

Na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro, o desmatamento ocorre de forma mais intensa no distrito de Calamar e no entorno de Mitú (Colômbia), e nas regiões brasileiras no entorno de Boa Vista; próximo à terra indígena do Alto Rio Negro, no rio Paduari, no município de Barcelos; e no rio Catrimani, que percorre os municípios de Iracema e Caracará. As áreas de maior destaque na sub-bacia Madre de Dios/Mamoré são o entorno de Porto Velho (Brasil) e Santa Cruz de La Sierra (Bolívia), pressão diretamente relacionada à agropecuária.

O Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena) concluiu que os impactos do desmatamento na Bacia Amazônica provocam uma reação em cadeia na esfera ambiental. Alguns rios da Bacia do Ji-Paraná atingiram níveis de materiais dissolvidos semelhantes a cursos d’água contaminados no interior de São Paulo (FAPESP, 2002).

Figura 9. Desmatamento na Bacia Amazônica de 2001 a 2020

Legenda

Desmatamento

Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrape. Ver tabela de fontes na página 45, item 3.

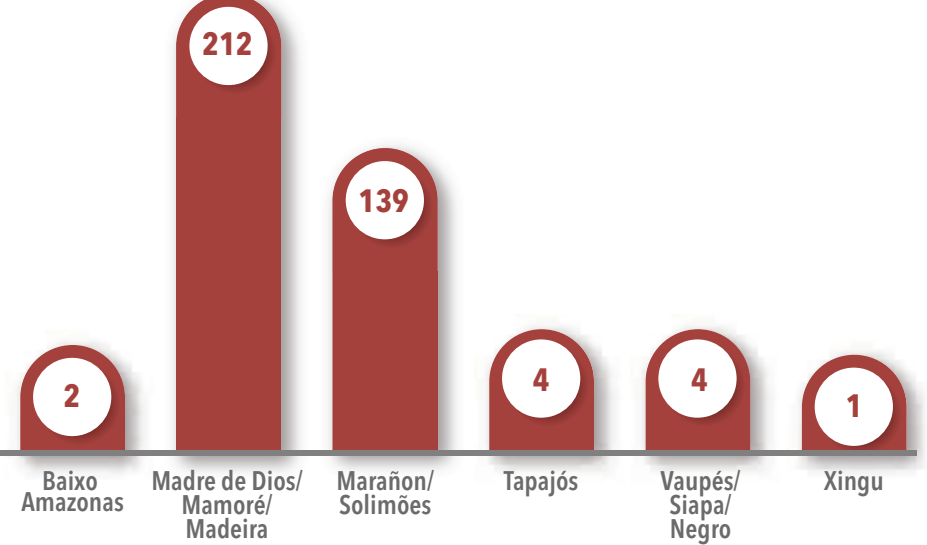


3.2. QUEIMADAS

Apesar das queimadas representarem uma prática muito antiga, inclusive adotada pelos povos originários amazônicos, seu objetivo era diferente, especialmente quando se trata da intensidade das queimadas. Os povos originários utilizavam as queimadas como jeito de “limpar” pequenos territórios, sem atingir as árvores, e entre elas plantavam seus cultivos. Isso fazia com que o carvão produzido servisse como fertilizante, o que em menores proporções não ocasiona impactos na qualidade da água (National Geographic, 2020).

Por outro lado, quando as queimadas são realizadas em grandes proporções, a Embrapa (2019) analisa que, apesar das cinzas serem ricas em nutrientes para as atividades agropecuárias (cálcio, fósforo, magnésio e nitrogênio), acarretam consequências aos corpos hídricos, como a redução do oxigênio dissolvido na água em ambiente lântico, o aumento do pH, e geram toxicidade para espécies aquáticas.

Figura 10. Total de focos de queimadas por sub-bacia (24 e 25 de outubro de 2021)



O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Brasil realiza o monitoramento das queimadas via satélite em tempo quase real, identificando os focos de incêndio nas últimas 24 horas. Os dados obtidos têm demonstrado significativo aumento das queimadas na Amazônia, inclusive relacionando esse fato à diminuição das chuvas no Sul da América do Sul.

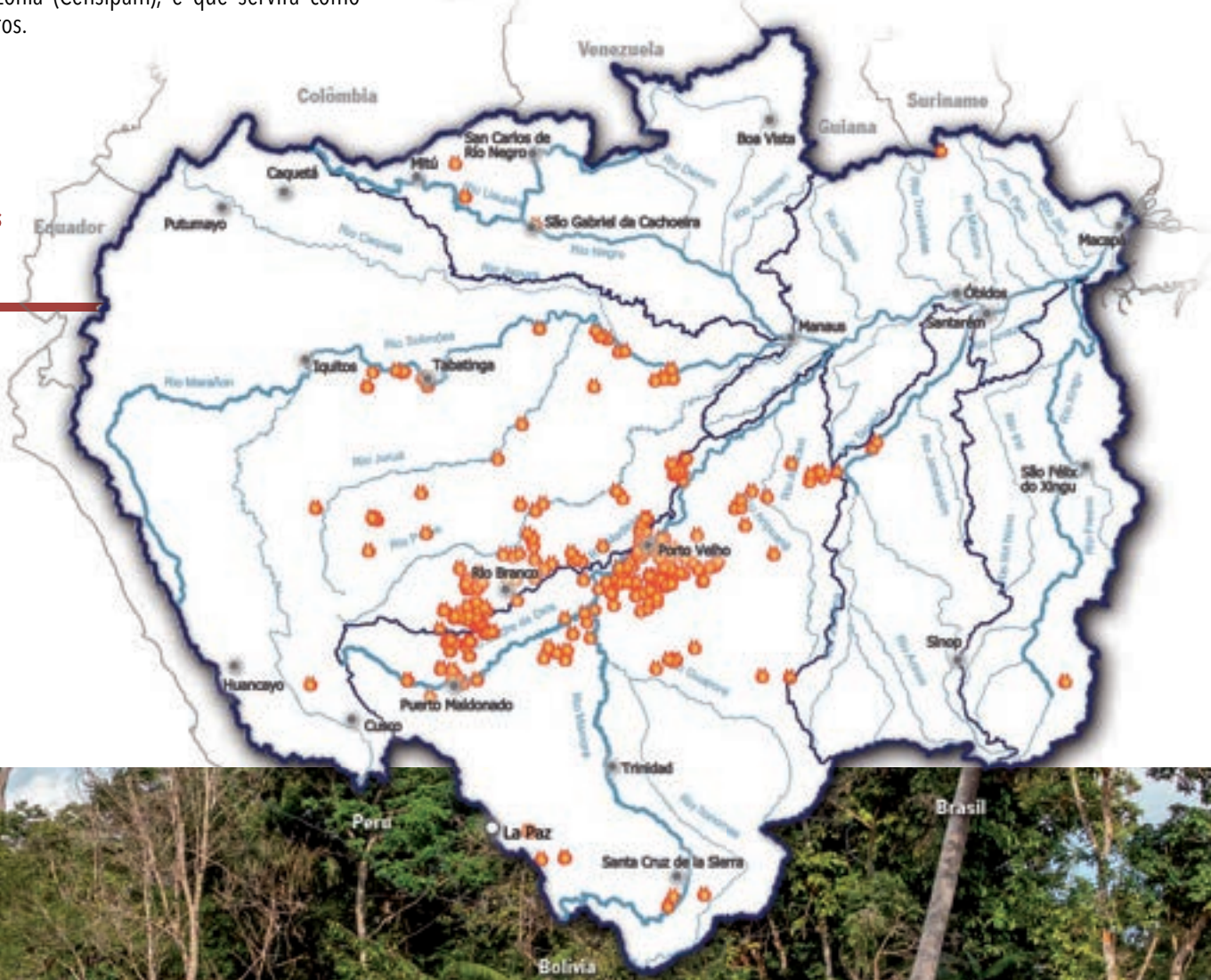
Em paralelo, a OTCA está trabalhando no uso do ORA também com o monitoramento em tempo real dos focos de queimadas, além dos dados do INPE, os dados do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam), e que servirá como ferramenta para utilização para os 8 Países Membros.

Figura 11. Focos de queimadas identificados por satélite na Bacia Amazônica entre os dias 24 e 25 de outubro de 2021

Legenda

Focos de incêndio identificados pelo satélite AQUA M-T (INPE)

Fonte: Adaptado do INPE (2021) – Dados do satélite AQUA M-T.



3.3. MINERAÇÃO

O setor de mineração é uma pressão significativa sobre a qualidade das águas por contaminá-las com substâncias poluentes, tais como óleos, graxas, silte, argila e metais pesados, dentre os quais o mercúrio.

Os metais pesados são particularmente preocupantes em relação à saúde pública devido ao seu caráter cumulativo, pois a concentração desses metais vai aumentando ao longo da cadeia trófica. Além dos efeitos na saúde pública, há os impactos diretos sobre os recursos hídricos, tais como a alteração de pH e condutividade elétrica que, por sua vez, podem alterar o equilíbrio de outros componentes físicos e químicos da água. Nesse sentido, destaca-se o garimpo ilegal, que afeta negativamente todo o ecossistema local, o que resulta em outros prejuízos diretos à qualidade da água.

Existem diversas lavras de mineração na Bacia Amazônica, concedidas (exploração ou exploração*) e solicitadas, como pode ser observado na Figura 12, na qual nota-se também a ocorrência de diversas áreas de garimpos ilegais. Já a Figura 13 mostra o número de lavras de mineração por sub-bacia. Dessa forma, a mineração é uma forte pressão sobre a qualidade das águas dos rios amazônicos e está presente em todas as sub-bacias, sobretudo impulsionada pelos garimpos ilegais.

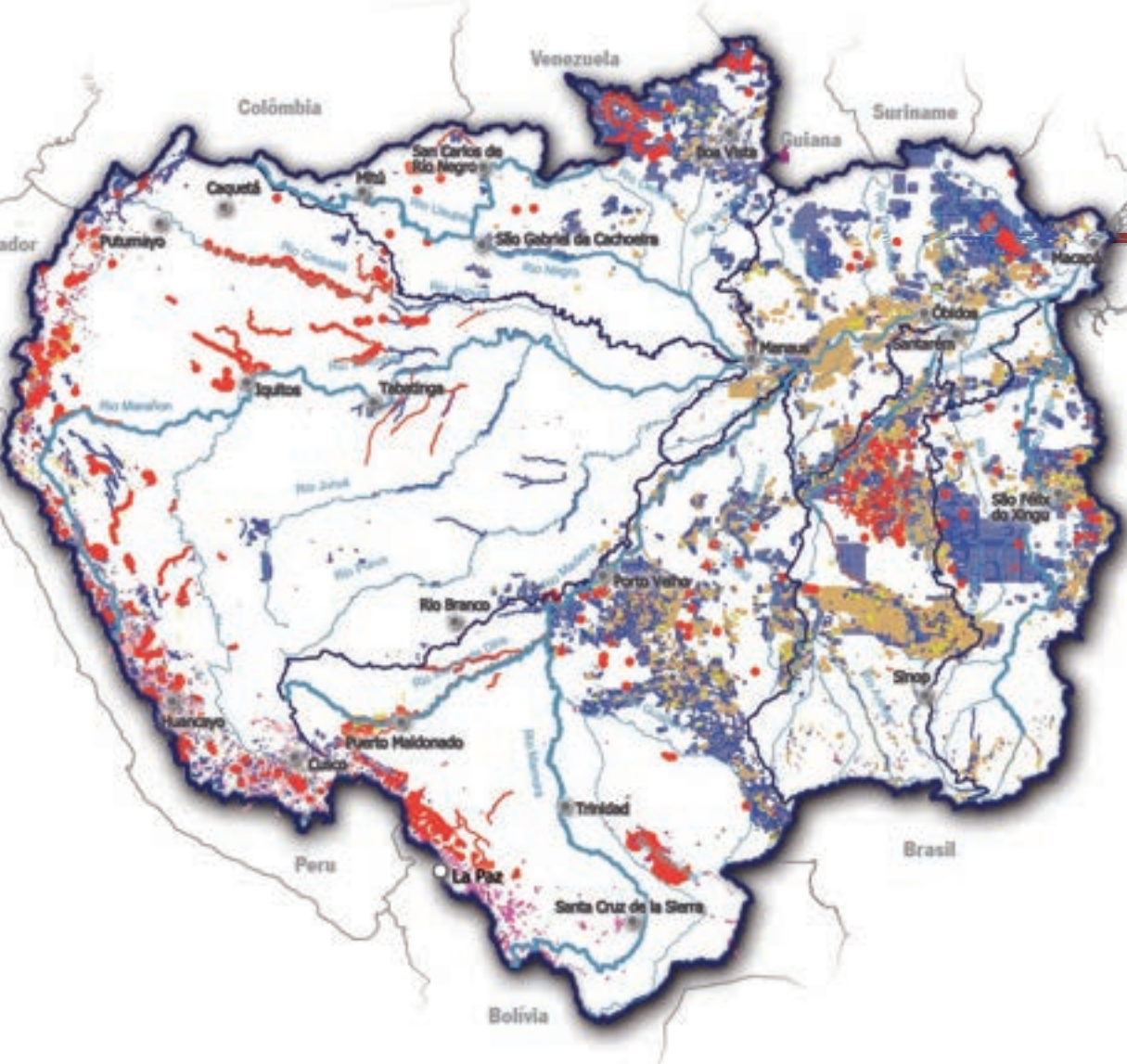


Figura 12. Lavras de mineração na Bacia Amazônica

Legenda

- Localidades de prática de mineração ilegal
- Rios com atividade permanente de mineração ilegal
- Áreas com mineração ilegal

Situação das lavras

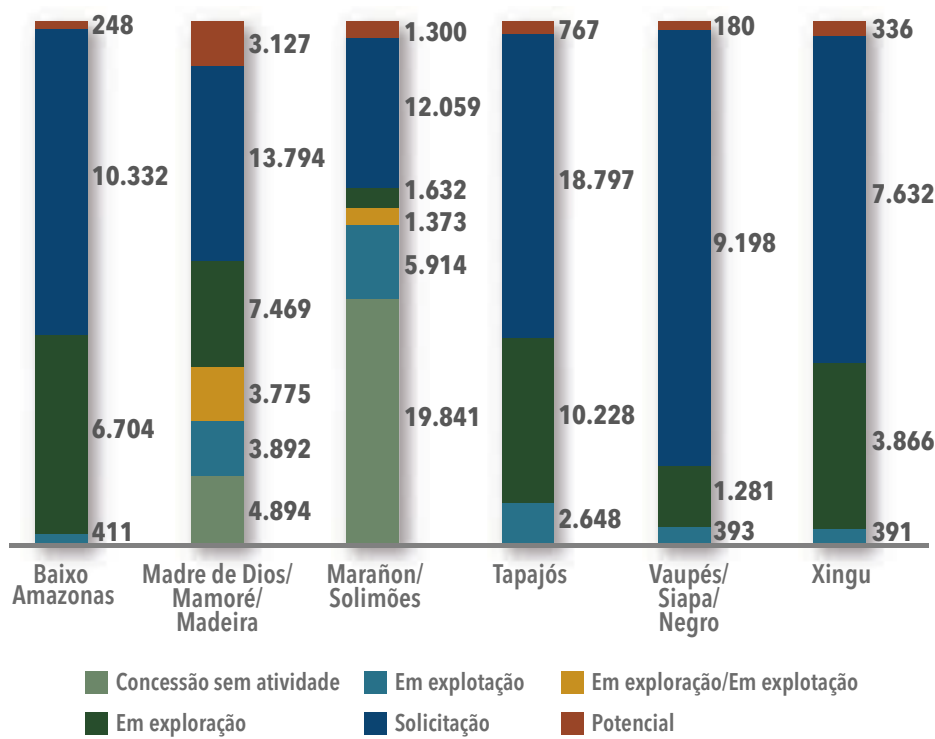
- Concessão sem atividade
- Em exploração
- Em exploração/ em exploração
- Em exploração
- Solicitação
- Potencial

Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrepe. Ver tabela de fontes na página 45, itens 4 e 5.

*Lavras de exploração são aquelas concedidas para fins de pesquisa, sem a retirada de material, para analisar se há ou não um determinado recurso, sua viabilidade de exploração, estudo do minério e outros fins semelhantes. Já as lavras de exploração significam que há a retirada de recursos naturais. Nota-se que algumas lavras são concedidas para ambos os casos, tanto para exploração quanto para exploração.



Figura 13. Número de lavras de mineração por sub-bacia



3.4. AGROPECUÁRIA

As atividades agropecuárias são um tipo de pressão com significativo impacto na qualidade da água, mas de forma diferenciada por atividade, pois a agricultura está mais associada à poluição difusa enquanto a pecuária é tanto difusa quanto pontual.

A poluição difusa decorrente da agricultura acontece por meio do carreamento de agrotóxicos e fertilizantes para a água, o que faz aumentar as concentrações de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, além de outras substâncias. Além disso, por devastar a área vegetada natural, favorece o carreamento de sedimentos e o assoreamento dos rios, conforme comentado.

A pecuária, por sua vez, impacta os corpos hídricos superficiais de forma direta, quando se trata da travessia dos animais pelos córregos, e de forma indireta, pelo carreamento dos dejetos animais (EMBRAPA, 2011).

As atividades agropecuárias em territórios amazônicos são amplamente difundidas. Elas se evidenciam em território brasileiro nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará; em

território boliviano, nos departamentos de Beni, Santa Cruz e Cochabamba; em território colombiano, principalmente nos departamentos de Putumayo e Caquetá; e, em território equatoriano e peruano, nos departamentos que costeiam as cabeceiras da sub-bacia Maraion/Solimões.

O levantamento das atividades agropecuárias apresentado pela RAISG (2020) e representados nas Figuras 14 e 15 foi elaborado em uma escala maior, permitindo visualização macro. Nele, as atividades de agricultura e pecuária foram identificadas separadamente, complementando a análise de uso do solo e demonstrando que essas atividades continuam avançando significativamente nas áreas de floresta.

Conforme mencionado, a sub-bacia Maraion/Solimões se destaca pela pressão agropecuária na sua porção oeste, coincidente às nascentes, na região dos Andes; no entorno de Rio Branco (Brasil), na tripla fronteira entre Brasil, Colômbia e Peru; além de San Juan Bautista, ao sul de Iquitos, no distrito de Maynas (Peru).

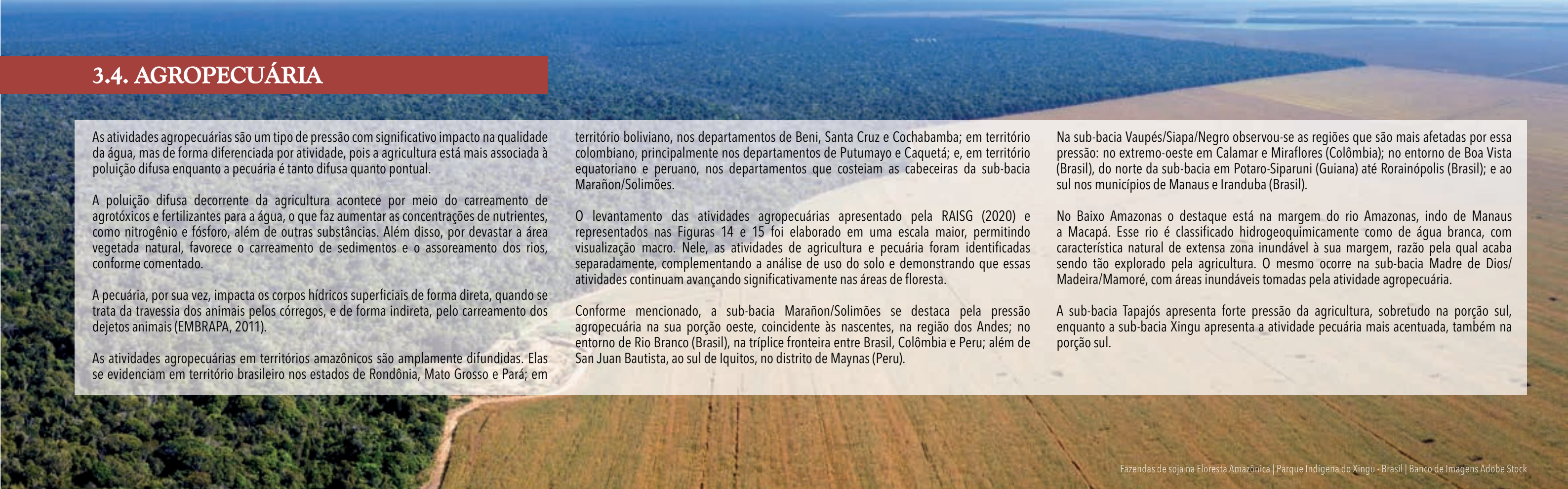


Figura 14. Área de agropecuária por sub-bacia (km² x 1.000)

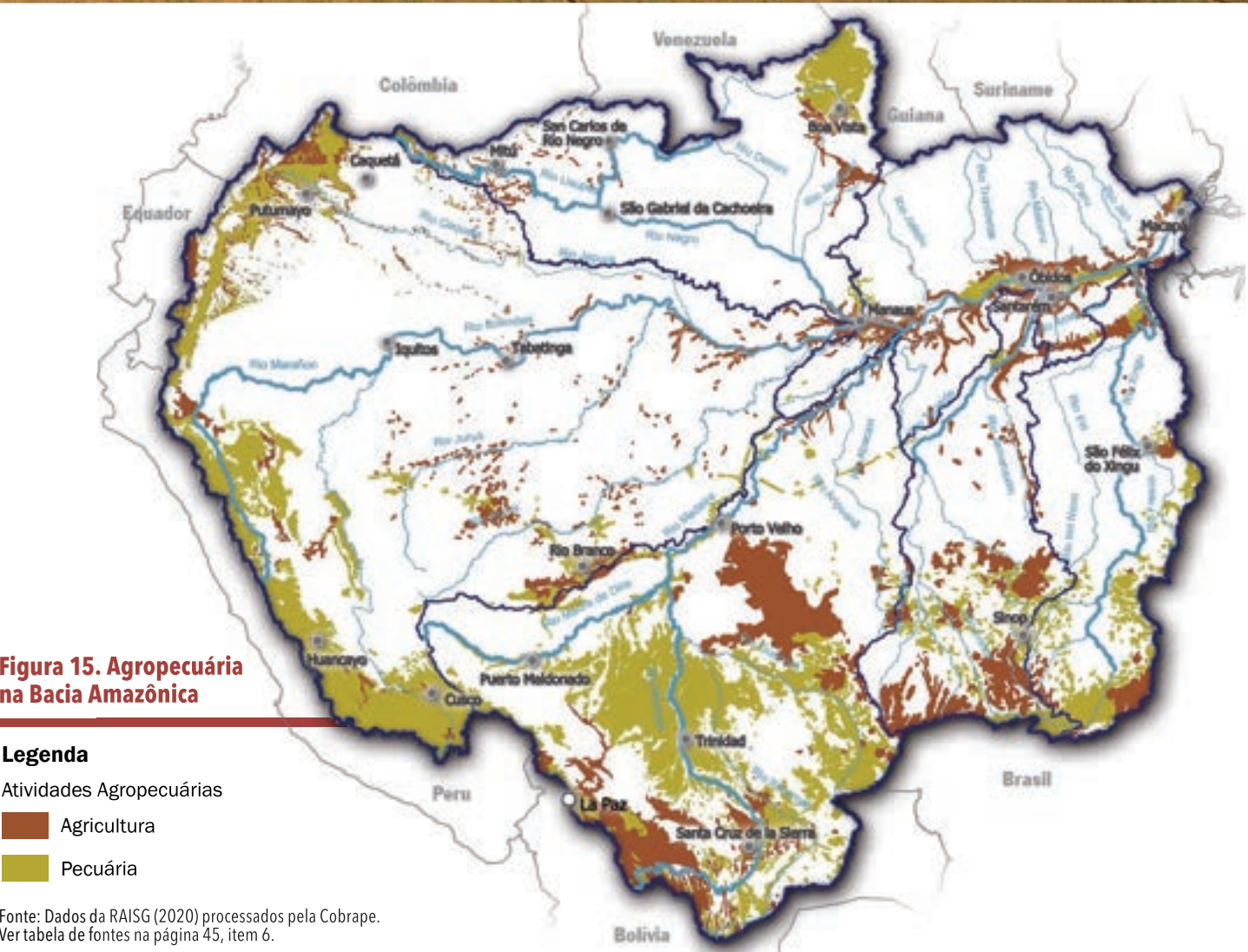
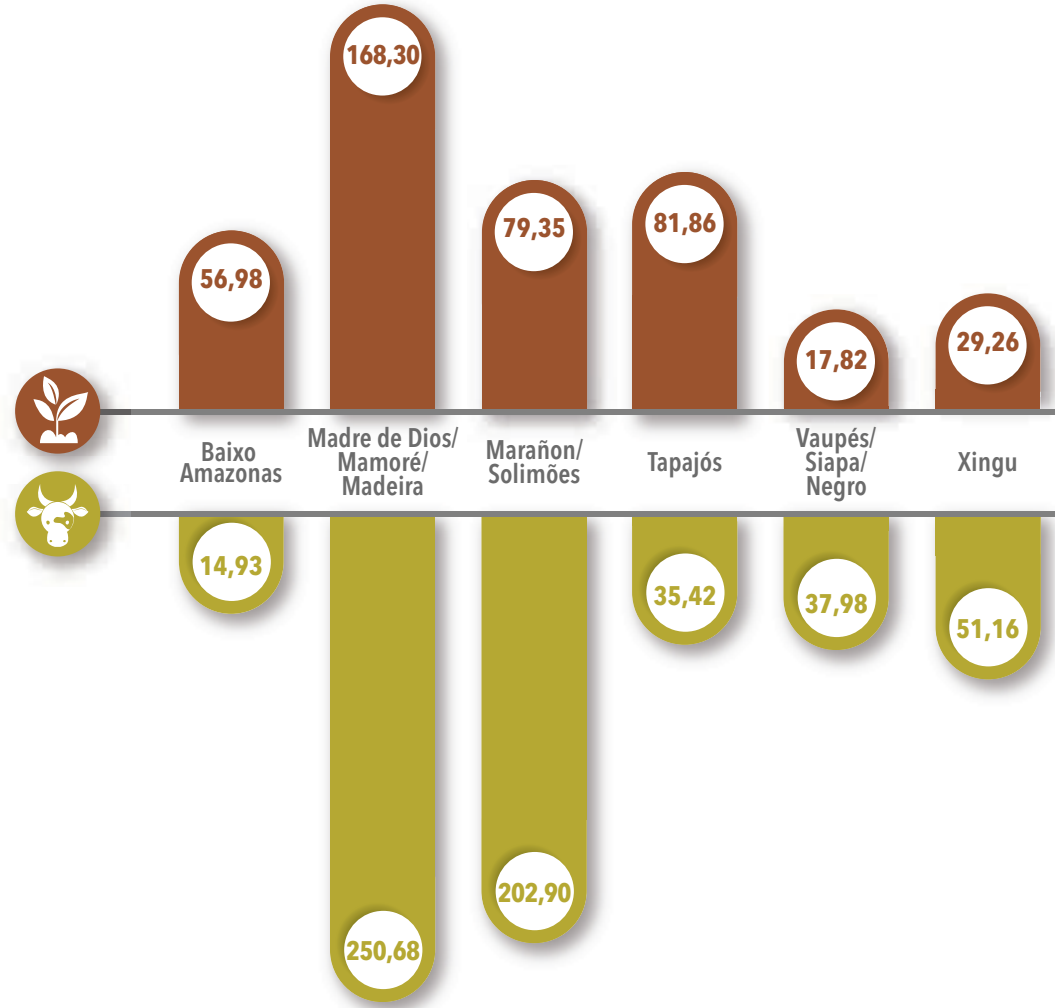


Figura 15. Agropecuária na Bacia Amazônica

Legenda

Atividades Agropecuárias

- Agricultura
- Pecuária

Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrepe. Ver tabela de fontes na página 45, item 6.

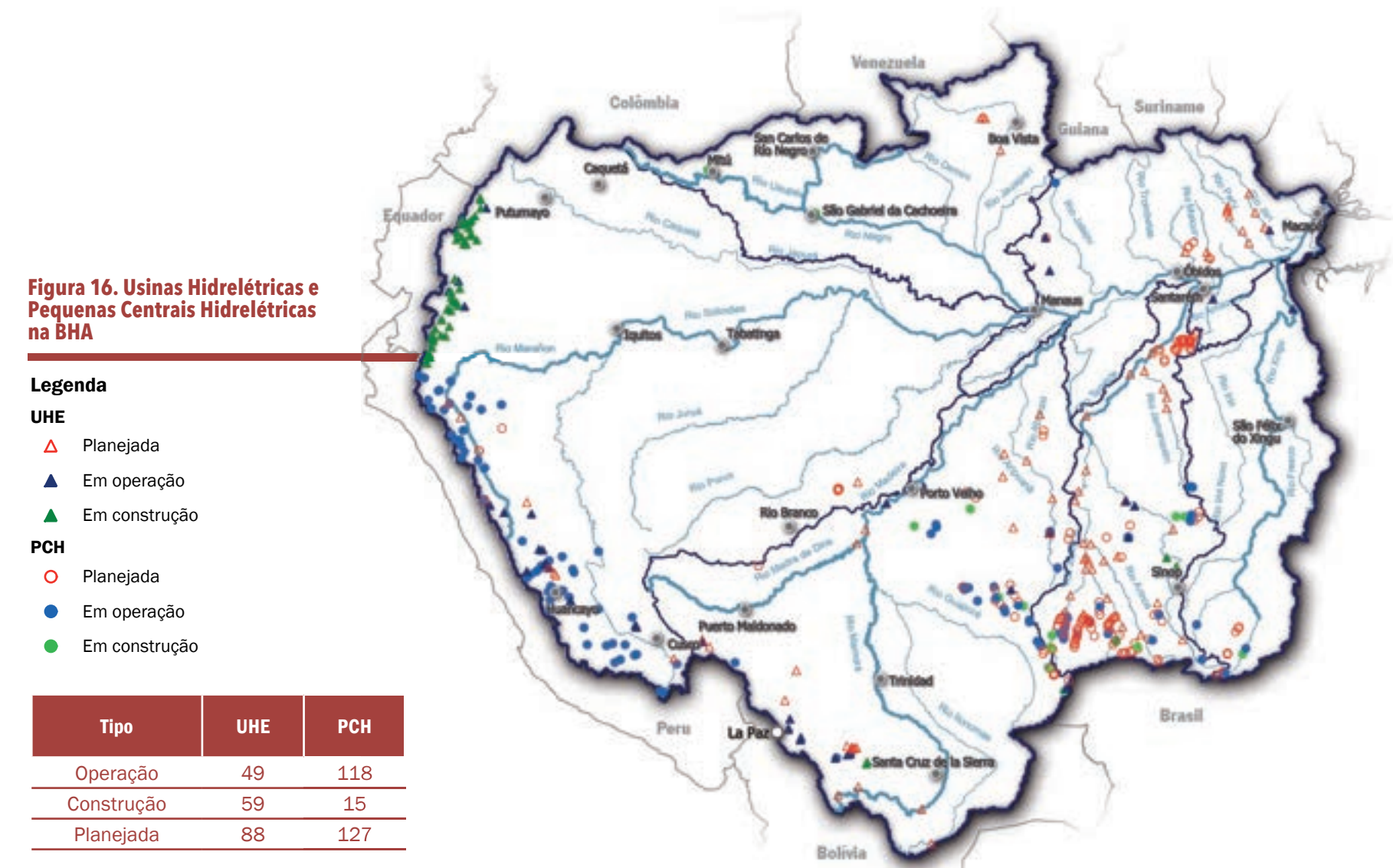
3.5. HIDRELÉTRICAS

Na área de abrangência da Bacia Amazônica existem diferentes tipos de empreendimentos para a geração de energia elétrica, dentre as quais destacam-se as hidrelétricas, por possuírem relação direta com a qualidade da água.

A construção desses empreendimentos, comumente de grande porte, afeta significativamente a região no entorno e as alterações físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos são expressivas, podendo-se mencionar, dentre outras: (i) acidificação da água quando não ocorre desmatamento prévio em escala adequada; (ii) eutrofização produzida pela lixiviação de fertilizantes em áreas agrícolas adjacentes; (iii) interferências em processos migratórios e reprodutivos da ictiofauna; (iv) alterações hidrológicas a jusante do reservatório; (v) aumento nos sedimentos acumulados tanto nos canais do rio a

montante e a jusante quanto na bacia de acumulação, potencializando fenômenos erosivos; (vi) aumento nos casos de doenças de veiculação hídrica; (vii) alteração na temperatura da água, oxigenação (oxigênio dissolvido) e acidificação (pH); e (viii) retenção de fósforo e exportação de nitrogênio capazes de eutrofizar a jusante do reservatório (HYNES, 1979; HENRY, 1989; HARPER, 1992; CMB, 2000; NAIMÉ, 2012).

A Figura 16 ilustra as Usinas Hidrelétricas (UHE) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) identificadas na Bacia Amazônica e o quadro a seguir contabiliza essas estruturas, incluindo os empreendimentos planejados, denotando o potencial de crescimento dessa atividade na bacia.



Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrape.
Ver tabela de fontes na página 45, item 7.



3.6. EXPLORAÇÃO PETROLÍFERA

Segundo o estudo “Amazônia sob pressão” (tradução própria – RAISG, 2020), uma das atividades de impacto nos recursos hídricos da Bacia Amazônica é a atividade petrolífera, que representa 9,4% da superfície, concentrada na Amazônia andina (Bolívia, Colômbia, Peru e Equador). A poluição ambiental decorrente da atividade petrolífera ocorre principalmente nas áreas de extração e durante o transporte de petróleo bruto para as grandes refinarias. Dado que hidrovias são o principal meio de transporte, o risco de derramamento nos cursos d’água torna-se bastante elevado.

Apesar da extensa área com essa atividade na bacia, apresentada na Figura 17, observam-se poucas áreas de exploração de petróleo, pois a maioria das lavras são das categorias exploração e potenciais. As maiores áreas explotadas estão localizadas a sudoeste de Putumayo (Colômbia e Equador) e no entorno de Santa Cruz de La Sierra (Bolívia).

A contaminação dos corpos d'água por petróleo e seus derivados atinge tanto as águas superficiais quanto as subterrâneas, com danos de longo prazo. Dentre os recentes acidentes ocasionados pela extração de petróleo na Bacia Amazônica, destacam-se:

- Em 2010, no Peru, um derramamento de aproximadamente 500 barris na altura da Comunidade Nativa San José de Saramuro, ocasionado pela exploração de petróleo e derivados, atingiu as bacias Corrientes, Pastaza, Tigre e Marañón;

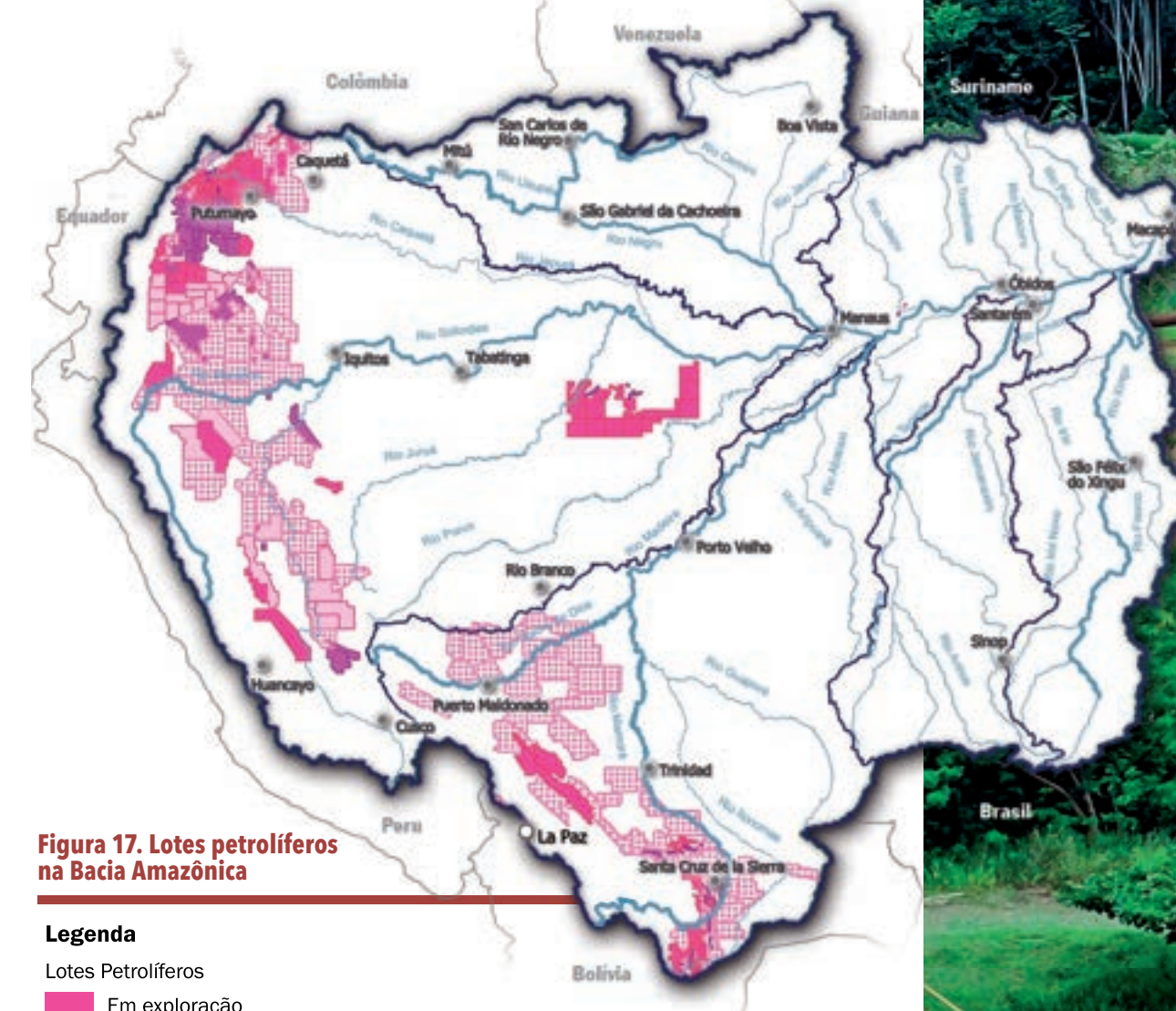
- Em 2016, um derramamento de grande escala fez o governo do Peru declarar estado de emergência em 16 comunidades na região de Loreto. O derramamento de 3 mil barris de petróleo na bacia do rio Marañón, causado pelo rompimento do principal oleoduto do país, poluiu trechos dos rios Chiriacó e Morona;

- Em abril de 2020, ocorreu um derramamento nos rios Napo e Coca, no Equador. O derramamento foi de cerca de 15 mil barris, afetou mais de 2 mil famílias indígenas e comprometeu o acesso de pelo menos 120 mil pessoas à água potável.

Apesar dos acidentes envolvendo a indústria petrolífera, não foram identificados pontos de monitoramento da qualidade da água de órgãos governamentais nessas regiões, já impactadas ou não. Essa lacuna de dados representa um risco, pois não permite o acompanhamento e a compreensão de como a atividade impacta os recursos hídricos.

O petróleo é uma fonte de hidrocarbonetos na água que, dependendo da concentração, pode ser nocivo à saúde. Além disso, a "mousse" de petróleo causa danos à biota aquática, intoxicando os organismos, impedindo suas funções vitais. Também há o risco de intoxicação de aves e outros animais que venham a ter contato com essas substâncias.

Os lotes petrolíferos com autorização de exploração estão em sua maioria concentrados na sub-bacia Marañón/Solimões, sobretudo no Equador, mas também presentes no Peru, Colômbia e Brasil. Esses lotes são um tema polêmico na disputa territorial com as comunidades tradicionais, principalmente no Equador e Peru. Essas disputas ganharam maior proporção com os casos de derramamento de produtos derivados desse tipo de extrativismo, como o que atingiu as bacias Corrientes, Pastaza, Tigre e Marañón em 2010 (BUENO e RIQUELME, 2016). A forte presença desse tipo de indústria na região afeta a água em quantidade e qualidade, limitando o acesso das pessoas, gerando disputas pela água.



Fonte: Dados da RAISG (2020) processados pela Cobrape.
Ver tabela de fontes na página 45, item 8.

Em ambientes costeiros ou margens de rios, na ocorrência de um derramamento, o material residual do petróleo, após a evaporação e solubilização das frações leves, forma uma espécie de emulsão gelatinosa, pouco estável, conhecida como "mousse".

3.7. ESGOTOS DOMÉSTICOS E RESÍDUOS SÓLIDOS

O setor de saneamento básico, mais especificamente os eixos relativos aos esgotos domésticos e aos resíduos sólidos urbanos, constitui uma das pressões identificadas.

Apesar de uma oferta hídrica abundante, a cobertura dos serviços públicos de água potável e saneamento na região amazônica é alarmante. Estima-se que cerca de 61% das pessoas que vivem na selva andino-amazônica não têm serviços de água potável e pelo menos 70% não têm serviços de esgoto. Toneladas de resíduos líquidos e sólidos são despejadas diretamente nos rios.

Os esgotos domésticos são ricos em matéria orgânica que, quando lançada nos corpos hídricos em grande quantidade, pode diminuir o oxigênio dissolvido, causando mortandade de peixes e tornando a água imprópria para consumo. Além disso, contém substâncias como detergentes, nutrientes e produtos farmacêuticos, que alteram as características naturais dos corpos hídricos e podem trazer prejuízos à biota e à saúde humana.

No que se refere aos resíduos sólidos, a poluição pode ser associada ao carreamento e

deposição direta desse material nos rios, margens e igarapés. A qualidade da água é afetada de várias formas, como por meio da dispersão de plásticos, metais e materiais tóxicos oriundos de lâmpadas e baterias. Além disso, a deposição dos resíduos de forma inadequada faz com que o chorume, resultante da decomposição, seja absorvido pelos corpos hídricos. Esse material tem alta carga orgânica e pode conter metais pesados e outros materiais tóxicos.

A poluição por esgotos domésticos ou resíduos sólidos é problema diretamente relacionado à rápida urbanização e à falta de infraestrutura adequada para o tratamento e destinação desses materiais, situações bastante comuns nos municípios da BHA. Apesar disso, há poucos dados oficiais sobre a infraestrutura de saneamento e sobre como essas fontes de poluição impactam a qualidade dos corpos hídricos, havendo apenas relatos da imprensa e ONGs, e estudos específicos em artigos científicos sobre a situação. No Brasil, destaca-se o “Atlas esgotos”, da ANA, que apresenta o cenário atual, analisa dados e propõe ações e estratégias de investimento em esgotos para todos os 5.570 municípios brasileiros, com o horizonte de 2035.

Em estudos de escalas mais específicas, a ONG Instituto Mamirauá, que atua na região do Médio Solimões, relata grande quantidade de lixo na floresta, onde foi constatada a presença de 600 gramas de lixo por hectare em uma área de estudo de 2,5 hectares (IDSM, 2019). No mesmo estudo, o Grupo de Pesquisa em Ecologia Florestal observou resíduos de outros países, o que comprova que os materiais acabam sendo transportados pelos corpos hídricos. Outros relatam a presença de microplásticos em peixes e igarapés da região, como de Ribeiro-Brasil *et al.* (2020) que encontrou nanoplastico e microplástico nas brânquias dos peixes analisados em território brasileiro.

Diante desse amplo problema, a OTCA junto com os 8 países vem trabalhando pela primeira vez em nível regional sobre o assunto. Para isso, estão sendo coletadas informações para identificar a lacuna na desigualdade sociodemográfica, bem como em água, saneamento e resíduos sólidos, com o objetivo de melhorar a Gestão Integral dos Recursos Hídricos com ênfase em sua qualidade, por meio de planejamento estratégico no que diz respeito à provisão de serviços nesses três setores na região amazônica.

3.8. HIDROVIAS

O uso dos rios como vias de transporte constituiu desde sempre um elemento determinante do povoamento e da presença do estado na região.

As hidrovias quando bem conservadas e administradas provêm diversos impactos positivos tanto de ordem social, quanto econômicas e ambientais para a região. Segundo Oliveira (2016), as principais vantagens são:

- Maior integração vocacional – facilitam a integração regional, com grande importância no transporte de carga e de passageiros;
- Maior utilização da navegação interior – possibilidade de maior alcance em regiões que são de difícil acesso por outros meios de transporte;
- Maior alcance a regiões isoladas ou novas rotas fluviais – possibilita às comunidades isoladas benefícios sociais, como acesso a saúde e educação, e econômicos, como por exemplo o escoamento da produção local para os centros mais desenvolvidos;
- Maior uso dos recursos hídricos – possibilidade de desenvolvimento regional, com ampliação das áreas agrícolas, controle de cheias, utilização harmoniosa das águas com os demais setores, entre outros;
- Maior custo de oportunidade – em comparação com os demais modais, o transporte hidroviário possui maior eficiência energética, maior vida útil dos equipamentos e infraestrutura, maior capacidade de concentração de cargas, menores custos operacionais e frete, dentre outros;
- Maior desenvolvimento regional – possibilidade de formação de novos polos urbano-industriais, além de intensificar e facilitar o fluxo comercial em nível nacional, regional e internacional.

Embora ainda não se tenha estabelecido formalmente uma rede de hidrovias no âmbito da bacia (Figura 18), à exceção da hidrovia do Madeira, que liga Porto Velho a Itacatiara, os países membros da OTCa criaram um grupo de trabalho para elaborar e aprovar um Regulamento para a Navegação Comercial Fluvial nos Rios Amazônicos. Esse é o primeiro passo para a futura rede de hidrovias, que terá seu eixo mais importante na calha do Rio Amazonas/Solimões, ou seja, a ligação entre Belém do Pará e Pucallpa, no Peru, tendo como principais pontos intermediários os portos fluviais de Manaus, Tabatinga, Leticia (CO) e Iquitos (PE), além de Itacatiara.

No contexto da gestão integral e integrada dos recursos hídricos, que é uma das principais metas do TCA, o regulamento deverá certamente abordar os impactos da navegação, com vistas à sua operação ambientalmente sustentável.

São de diversas ordens os impactos a serem avaliados, para efeito de mitigação. O primeiro deles é a poluição do próprio tráfego de embarcações, na forma de gases e óleos dos motores e dejetos variados, ademais do risco de derramamento de combustível e outros tipos de carga tóxica.

Existem, por outro lado, evidências de que o adensamento da navegação pode elevar a velocidade do corpo hídrico, aumentando os riscos de inundação e alterando as características hidrodinâmicas que influenciam seus processos físico-químicos; ou mesmo de erosão das margens e de assoreamento dos rios, o que incrementa a quantidade de sólidos suspensos e pode causar a redução dos organismos aquáticos.

Por fim, há o impacto na biodiversidade, pois afeta os processos migratórios e de reprodução de peixes e outras espécies aquáticas (BUCHER e HUSZAR, 1995).

A calha principal da Bacia Amazônica também é afetada pelo tráfego comercial internacional, com fluxo de grandes embarcações no trecho de Itacoatiara até o Atlântico, que são responsáveis, principalmente, por escoar a produção ganeira. Além disso, há risco de acidentes com transporte de produtos tóxicos e o descarte de águas de lastro, que podem trazer espécies exóticas à região, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos e seu equilíbrio ecossistêmico.

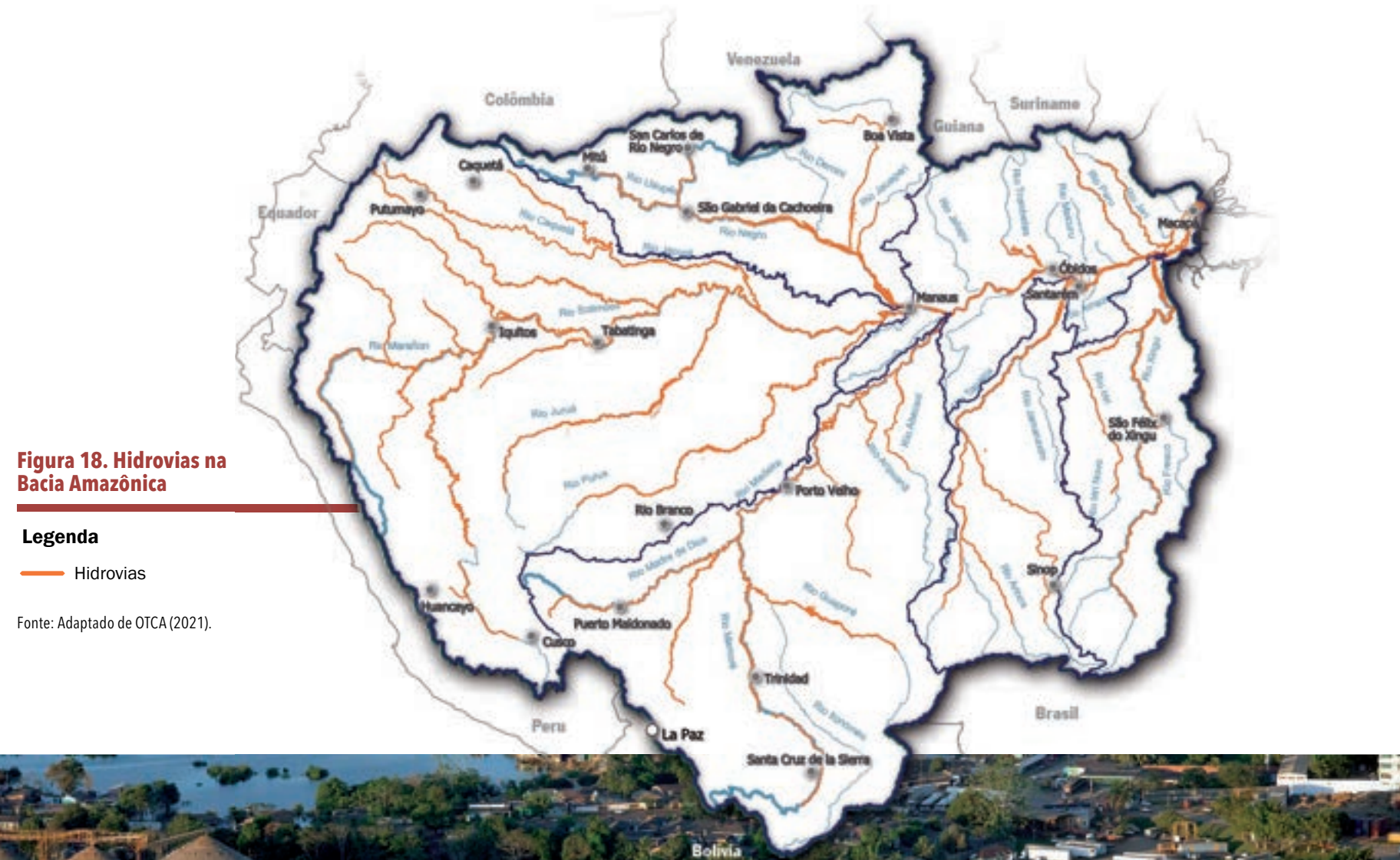


Figura 18. Hidrovias na Bacia Amazônica

Legenda

— Hidrovias

Fonte: Adaptado de OTCA (2021).



3.9. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As mudanças climáticas também podem ser consideradas pressões sobre a qualidade das águas amazônicas, apesar de ainda não ser possível relacioná-las de forma direta aos dados de monitoramento existentes.

As pressões apresentadas, mais especificamente as queimadas, o desmatamento e a pecuária, são algumas das atividades responsáveis pelo aumento da emissão dos gases de efeito estufa, que está diretamente relacionado às mudanças climáticas.

O bioma amazônico é caracterizado pelos elevados índices pluviométricos. No entanto, a região tem apresentado períodos de estiagem, que vêm se repetindo de forma peculiar e que estão relacionados às mudanças climáticas – foram registradas secas significativas nos anos de 2005 e 2010. Durante esses períodos, são observadas drásticas reduções dos níveis de oxigênio em igarapés e lagos, decorrentes da baixa renovação das águas.

Essa "água parada", com baixa oxigenação, é a principal causa da morte de peixes e outros organismos aquáticos, em grande quantidade. Por outro lado, a putrefação desses animais consome mais oxigênio, o que agrava ainda mais a situação. Nesse cenário, as populações ribeirinhas ficam com suas atividades econômicas e cotidianas dificultadas, além de se tornarem mais vulneráveis, com o comprometimento de sua subsistência (ANA, 2012).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), por meio do Report AR6 lançado em 2021, aborda com mais precisão as simulações de mudanças climáticas. Com a diminuição das incertezas relacionadas às simulações, a

redução de emissões de gás carbônico debatida anteriormente entre os países precisa ser discutida de forma mais pragmática.

O relatório se baseia em cinco simulações de emissões, conjunto denominado CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6). São dois cenários de baixa emissão, um de média e dois de alta. As estimativas resultantes para a Amazônia e a bacia como um todo são alarmantes e demonstram que os possíveis cenários não podem mais ser comparados a ciclos climáticos naturais.

Ainda de acordo com o relatório, a Bacia Amazônica deve experimentar maior aridez, considerando a diminuição da umidade relativa global verificada desde o ano 2000 e projetando-se aumentos nos índices de evaporação, que consequentemente gera menor umidade do solo.

Outra previsão alarmante refere-se à temperatura, já que o relatório afirma que o número de dias por ano com temperatura excedente a 35 °C pode aumentar em mais de 150 dias no ano até o final do século.

Para a América do Sul de forma integral, projeta-se que a precipitação média mude em um padrão de dipolo com aumentos no noroeste e sudeste e diminuições no nordeste e sudoeste. Está previsto ainda aumento na velocidade dos ventos, o que pode tornar região amazônica uma área de potencial eólico.

Apesar do relatório ter apontado que parte da cobertura vegetal global teve um aumento de 7% entre os anos 1982-2016, na Amazônia foi constatada uma "área de escurecimento", ou seja, área que, ao contrário da tendência mundial, tem vivenciado diminuição da massa verde.

O aumento da temperatura intensifica a evaporação, eleva a temperatura da água, compromete a vida aquática e diminui a oxigenação, que altera o equilíbrio físico-químico dos corpos hídricos, além de poder ocasionar a mortandade dos organismos aquáticos. Essa baixa oxigenação é mais intensa nos períodos recorrentes de secas citados.

A tendência de perda de cobertura vegetal reforça o cenário de alteração do equilíbrio natural dos corpos hídricos, ressaltado pelo fato de que a floresta é fundamental para a manutenção das áreas inundáveis, tão características da bacia.

As alterações de temperatura e precipitação na Bacia Amazônica afetam diretamente os denominados "rios voadores", que são caracterizados pela grande massa atmosférica gerada pela evapotranspiração proveniente da densa floresta amazônica, e responsáveis pelo macro ciclo hídrico, que é fundamental para a manutenção do correto regime pluviométrico de toda a porção à leste dos Andes da América Latina, afetando, portanto, as demais bacias hidrográficas e biomas vizinhos.

4. ESTADO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Seca na Amazônia | Banco de Imagens Adobe Stock

Índices de qualidade da água

Os índices de qualidade da água representam a composição de um indicador a partir de dados de monitoramento de diferentes parâmetros, com o objetivo de facilitar a interpretação dos dados. Três dos oito Países Membros da OTCA apresentaram informações quanto à utilização de índices de qualidade da água: Brasil, Colômbia e Peru. Cada um tem metodologia própria de cálculo do indicador e de aplicação em termos de avaliação da qualidade da água. Dessa forma, neste primeiro *Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica* não foi definido nenhum índice único para a avaliação da qualidade da água, visto as diferentes metodologias e parâmetros monitorados pelos países. A metodologia de cálculo e os índices apresentados pelos três países estão descritos no *Contexto sobre a situação da qualidade da água nos países da Bacia Amazônica* e no *Diagnóstico e linha de base sobre a qualidade das águas superficiais da Bacia Amazônica*, deste estudo.

A fim de caracterizar a qualidade da água quanto à poluição orgânica e dada a baixa disponibilidade de dados relativos ao monitoramento dos indicadores desse tipo de poluição, foi elaborado um Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO), mostrado na sequência.

Destaca-se que os resultados da avaliação da qualidade da água foram obtidos com base nos dados oriundos do monitoramento realizado pelos Países Membros e disponibilizados para este estudo, o que exclui Equador, Guiana, Venezuela e Suriname.

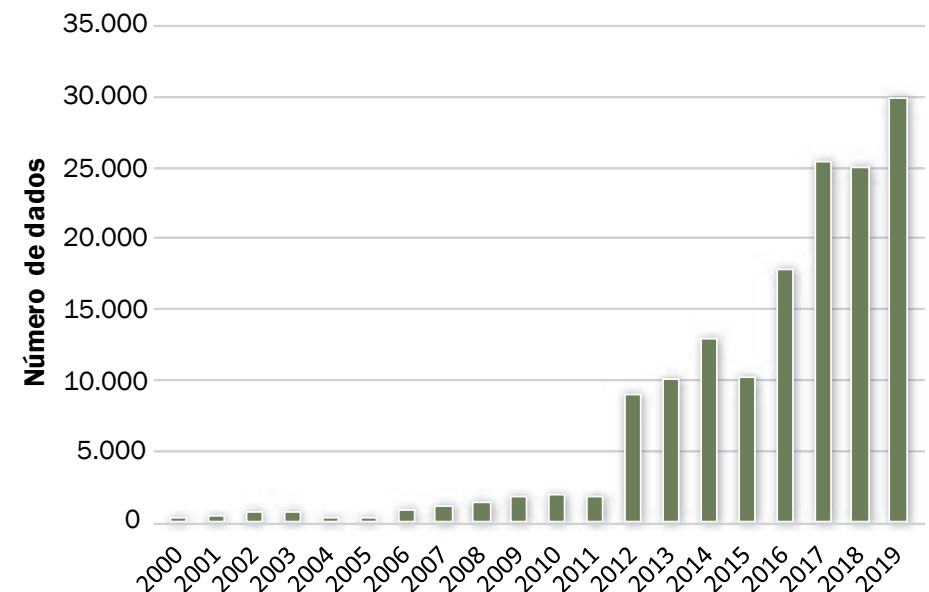
Rio Amazonas | Brasil | Banco de Imagens Adobe Stock

A metodologia adotada para a avaliação do “Estado” leva em consideração os padrões legais de qualidade da água dos Países Membros da OTCA. Dessa forma, foram considerados os limites legais de cada país associados ao uso da água para abastecimento público e proteção e conservação dos ambientes aquáticos. No caso de haver diferentes limites, eles foram divididos entre mais e menos restritivos.

Dados de monitoramento da qualidade da água

A avaliação da qualidade da água para o relatório foi alicerçada nos dados de monitoramento recebidos da Bolívia, Brasil, Colômbia e Peru. A Figura 19 apresenta um resumo do número destes dados de monitoramento de qualidade da água, os quais se referem ao período de 2000 a 2019⁵. É possível observar aumento significativo nos últimos três anos, que está relacionado sobretudo ao monitoramento na Bolívia, iniciado nesta bacia apenas em 2016.

Figura 19. Dados de monitoramento de qualidade da água disponíveis por ano



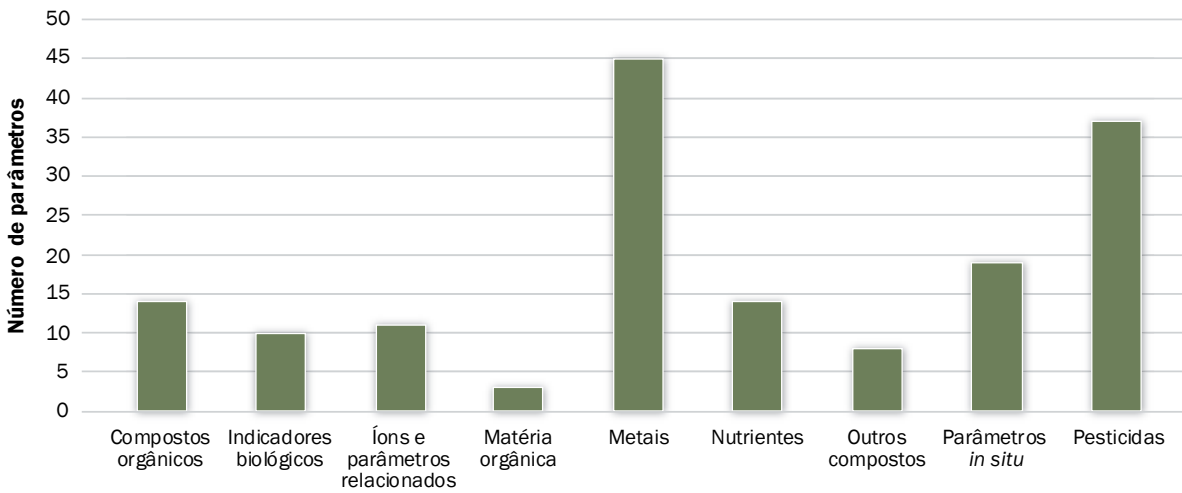
Fonte: Cobrape (2021), adaptado dos dados recebidos dos Países Membros.

Os dados recebidos totalizam o monitoramento de 161 parâmetros distintos distribuídos em categorias conforme a Figura 20, com variação desses parâmetros por ponto de monitoramento, mesmo dentro de um mesmo país. Embora as categorias metais e pesticidas apresentem mais parâmetros, são monitoradas majoritariamente no Peru, país que mais apresentou dados.

Os parâmetros mais monitorados em termos de distribuição espacial são os da categoria denominada *in situ*, que representam os determinados em campo, dentre os quais destacam-se o pH – parâmetro mais monitorado por todos os países –, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez e sólidos.

⁵ Destaca-se que o Equador não forneceu os dados de monitoramento, a Guiana e a Venezuela não monitoram a Bacia Amazônica em seu território e o Suriname não possui corpos d’água na bacia.

Figura 20. Parâmetros monitorados por categoria



Fonte: Cobrape (2021), adaptado dos dados recebidos dos Países Membros.

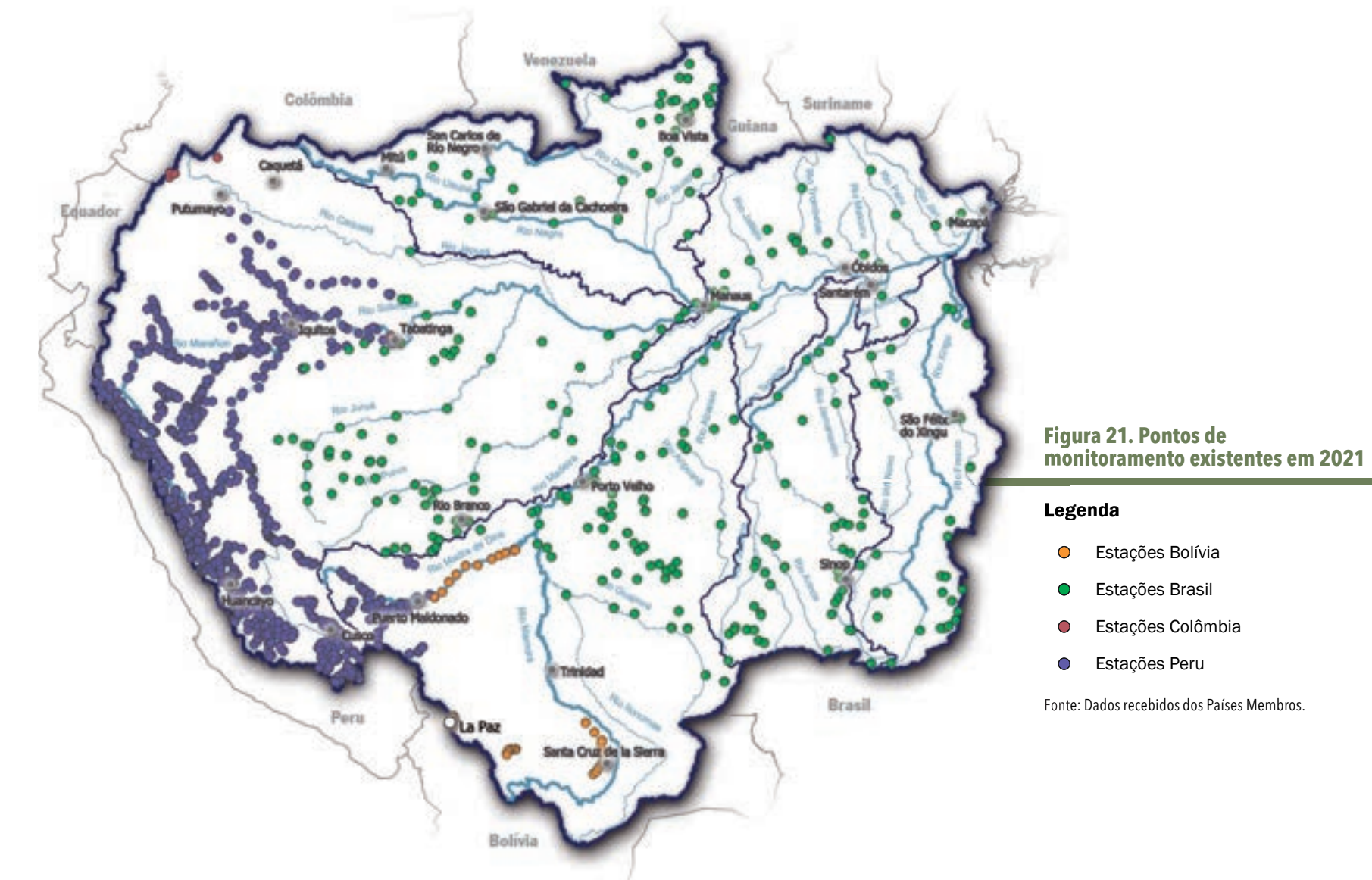
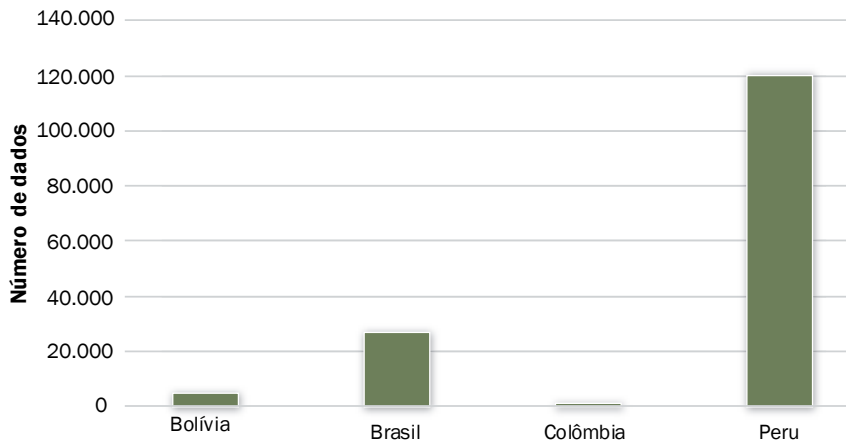


Figura 22. Dados monitoramento de qualidade da água disponíveis por país



Fonte: Cobrape (2021), adaptado dos dados recebidos dos Países Membros.

A totalidade dos dados recebidos (Figura 22) é proveniente dos 1.938 pontos de monitoramento apresentados na Figura 21, com destaque por país.

Eles passaram posteriormente por um processo de consolidação, de forma a excluir pontos com localizações equivocadas e sem monitoramento dos parâmetros selecionados para o período de análise, resultando em 705 estações. Conforme a Figura 23, elas foram distinguidas entre as que apresentaram dados apenas para o ano de 2019 e as que possuíam um período mínimo de sete anos de dados.

Outros dados de monitoramento

Devido à grande extensão do território amazônico e aos elevados custos de monitoramento convencional, alternativas tecnológicas têm sido buscadas para suprir a necessidade do monitoramento hidrológico em sua escala temporal e espacial.

A ANA/Brasil, em parceria com o órgão de pesquisa francês *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD), desenvolve desde 2009, por meio de convênio com a Agência Brasileira de Cooperação, o Projeto de Cooperação Técnica Monitoramento Espacial Hidrológico de Grandes Bacias (Projeto MEG-HIBA). O projeto consiste na obtenção de dados hidrológicos coletados a partir de sensores de satélites, denominados “estações virtuais”. Por meio desses radares, foram desenvolvidas estimativas de nível de rios e reservatórios e informações para a avaliação da qualidade da água. Esses resultados são disponibilizados no portal Hidrosat3⁶. Os dados do Hidrosat para a Bacia Amazônica contam com informações de concentração de sedimentos em suspensão para 15 estações entre 2000 e 2021.

Projeto similar é desenvolvido por meio do Serviço de Observação SO-Hybam (Hidro-Geodinâmica Atual da Bacia Amazônica)⁷, em operação desde 2003, em oito países, com parceiros científicos e técnicos do Brasil, França, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e Congo. O SO-Hybam fornece dados do ciclo da água para a região da Bacia Amazônica por meio de bancos de dados *online* e de documentos que disponibilizam todo o conteúdo que o observatório gerou desde a sua criação. O monitoramento conta com 13 estações localizadas na área de interesse da BHA e os parâmetros analisados são organizados entre as categorias: físicos (temperatura, condutividade elétrica), químicos (totalizando 46 parâmetros diferentes analisados, incluindo pH).

⁶ hidrosat.ana.gov.br.
⁷ hybam.obs-mip.fr.

Figura 23. Estações com dados em 2019 e nos últimos sete anos para a análise da situação da qualidade da água na BHA

Legenda

- Estações com dados em 2019
- Estações com pelo menos sete anos de dados

Fonte: Dados recebidos dos Países Membros.



Análise da qualidade da água

A partir dos dados consolidados, a análise da qualidade da água na Bacia Amazônica foi baseada em três aspectos:

- Análise da situação atual: representada pela média dos dados monitorados por estação em 2019, considerando as características hidrogeoquímicas definidas por Rios-Villamizar *et al.* (2020) e os limites legais de cada país;
- Análise da tendência: foi verificado se no período de sete anos de monitoramento ocorreu aumento, redução ou estabilidade nos valores monitorados, o que pode indicar que a condição da qualidade da água piorou, melhorou ou manteve-se constante no período;
- Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO): definido com base na estimativa da matéria orgânica oriunda dos efluentes domésticos urbanos. Foi realizada uma estimativa das concentrações resultantes da diluição pelos rios amazônicos da carga de DBO gerada pela população urbana. Essas concentrações foram comparadas com os limites definidos na legislação dos países que contemplam esse parâmetro, para água destinada ao abastecimento público e proteção e conservação dos ambientes aquáticos, seguindo a definição de água de boa qualidade dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Ressalta-se que o IPPO proposto é específico para a Bacia Amazônica, considerando a legislação vigente nos Países Membros da OTCA, não devendo ser aplicado a outras bacias e em situações de alteração das legislações. Essa compatibilização resultou nas categorias de qualidade da água apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2. Categorias do Indicador Potencial de Poluição Orgânica (IPPO)

| Categoria | IPPO | Interpretação |
|-----------|--------------|--|
| Ótima | ≤ 1 | A vazão do rio é suficiente para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L |
| Boa | 1 < IPPO ≤ 2 | O rio precisaria de vazão até 2 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L |
| Regular | 2 < IPPO ≤ 4 | O rio precisaria de vazão entre 2 e 4 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L |
| Ruim | 4 < IPPO ≤ 8 | O rio precisaria de vazão entre 4 e 8 vezes maior que a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L |
| Péssima | > 8 | O rio precisaria de vazão maior que 8 vezes a atual para diluir a carga recebida e ficar com a concentração de DBO de até 5 mg/L |

Foram analisados dez parâmetros de qualidade da água: condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez. Entre eles, destacam-se a condutividade elétrica e o pH, com mais dados de monitoramento na bacia e diretamente relacionados às características hidrogeoquímicas das águas amazônicas, e o oxigênio dissolvido (OD), consumido no processo de estabilização da matéria orgânica.

Dos dez parâmetros analisados na elaboração do **Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica**, são apresentados a seguir os resultados principais de três deles (condutividade, pH, oxigênio dissolvido), dada a representatividade dos dados e a sua relação com as características hidrogeoquímicas. Adicionalmente é apresentado o resultado do IPPO estimado para BHA e as considerações acerca dos metais, visto que a mineração é uma das maiores pressões identificadas.

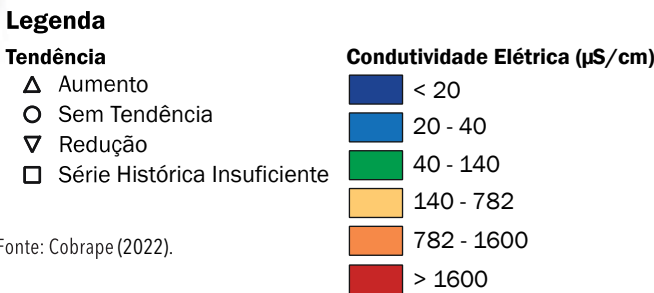
4.1. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A avaliação da condutividade elétrica na Bacia Amazônica, apresentada na Figura 24, indicou que em 2019 a maioria das estações apresentaram valores médios compatíveis com a faixa de valores esperada para cada tipo de água. As exceções foram observadas para:

- Águas Pretas (condutividade <20 µS/cm): três estações na sub-bacia Marañon/Solimões, localizadas em regiões inundáveis e com focos de desmatamento, apresentaram condutividade superior ao esperado para essa categoria de água. Na sub-bacia Baixo Amazonas, três apresentaram valores médios abaixo do esperado para essa categoria de água;
- Águas Intermediárias do Tipo A (condutividade média de 18,9 µS/cm.): a maioria das estações em rios dessa categoria localizados na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro apresentaram médias de condutividade superior ao esperado. Situação identificada também em uma estação no rio Teles Pires, sub-bacia Tapajós, e em uma na sub-bacia Xingu. Em todos os casos, as áreas de drenagem dessas estações contam com focos de desmatamento e atividade agrícola. Na sub-bacia Baixo Amazonas, algumas apresentaram valores médios abaixo do esperado, embora tenham sido identificados alguns focos de desmatamento. Valores bastante abaixo do esperado foram verificados em estações localizadas em rios de cabeceira da sub-bacia Xingu, apesar da intensa atividade agrícola;
- Águas Intermediárias do Tipo B (condutividade média de 21,9 µS/cm): essa categoria ocorre apenas na sub-bacia Marañon/ Solimões, na qual apenas uma estação apresentou valor médio muito acima do esperado, o que pode ser associado ao desmatamento que ocorre na região;



Figura 24. Condutividade elétrica na Bacia Amazônica



4.2. pH



As médias de pH mais básico na BHA se concentram na sub-bacia Marañon/Solimões, enquanto várias das demais sub-bacias têm a maior parte das médias próximas ao pH neutro, com alguns pontos específicos mais ácidos e mais básicos inclusive que o limite superior da faixa legal (5 a 9). De maneira geral, as médias encontradas estão de acordo com o previsto na legislação de todos os países e de acordo com o esperado para cada tipo de água (Figura 25), com as seguintes exceções:

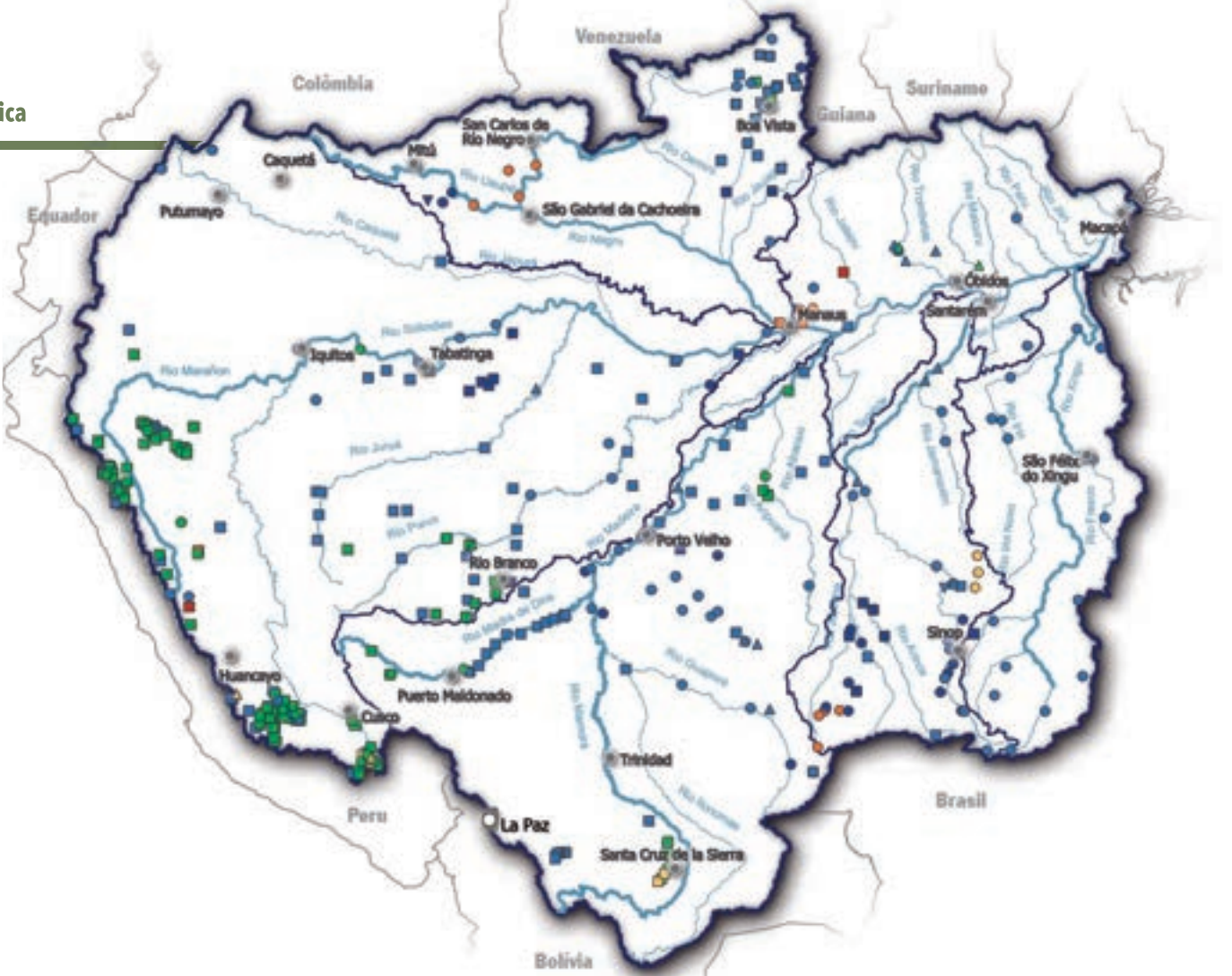
- Águas Pretas (pH entre 4 e 5): apenas duas estações na sub-bacia Marañon/Solimões apresentaram pH mais neutro do que o esperado para águas pretas. Elas estão localizadas nos rios Javari e Tefé, próximo a pequenos núcleos populacionais;
- Águas Intermediárias do Tipo A (pH médio de 5,9): a maioria das estações em rios desse tipo na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro apresentaram pH mais básico ou mais ácido que o esperado, e estão em áreas com intensa atividade agrícola. O mesmo foi notado nas sub-bacias Tapajós e Xingu, destacando-se os rios Teles Pires, Azul, Iriri e Curuá. Nessas sub-bacias ocorre intensa atividade agrícola, além de mineração legal e ilegal, principalmente na sub-bacia Xingu;
- Águas Intermediárias do Tipo B (pH médio de 6,1): na sub-bacia Marañon/Solimões, mais especificamente na bacia do rio Purus, muitas estações apresentaram pH mais básico do que o esperado. Elas estão em regiões de intenso desmatamento e agricultura;
- Águas Brancas (pH próximo a 7): na sub-bacia Marañon/Solimões, duas estações no rio Purus apresentaram resultados de pH abaixo do esperado e duas apresentaram média elevada de pH, uma situada no rio Marañon, próximo a áreas protegidas, e outra no rio Juruá, onde ocorrem áreas inundáveis e exploração de petróleo. Na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré, estações nas regiões de Santa Cruz de La Sierra e de La Paz apresentaram pH mais básico, reflexo da urbanização e das atividades correlatas. Valores mais básicos foram registrados igualmente no rio Aripuanã, onde ocorre o predomínio de áreas de florestas, mas com presença da agropecuária;
- Águas Claras (pH entre 4,5 e 8): na sub-bacia Tapajós, três estações apresentaram pH médio mais básico do que o esperado, uma delas localizada na área urbana de Itaituba e as outras duas em áreas sujeitas a desmatamento e agricultura;
- Sem categoria definida: estações nos rios Colquijirca e Huallaga, sujeitos a intensa atividade de mineração, apresentaram pH com alta acidez na sub-bacia Marañon/Solimões. Uma estação na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro apresentou pH abaixo do limite legal inferior (5), ela fica no rio Uaupés, com aparente mineração ilegal. Essa situação ocorreu com mais frequência na sub-bacia Tapajós, onde sete estações apresentaram pH médio abaixo de 5, mas nessa sub-bacia os extremos de pH observados podem estar mais relacionados à atividade de agricultura.

A tendência não foi identificada na maioria das estações com dados disponíveis, porém, o aumento de pH foi identificado em 20 delas, e a maioria indicou média de pH neutro em 2019. Entretanto, uma estação na sub-bacia Baixo Amazonas havia apresentado pH médio acima de 9 e o mesmo ocorreu para quatro estações em rios de águas claras da sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré. Nesse caso, pode-se dizer que os rios monitorados por essas estações estão se afastando do padrão natural. Duas apresentaram tendência de diminuição de pH, uma na sub-bacia Tapajós e outra na Vaupés/Siapa/Negro. As duas apresentaram média de pH neutro em 2019.

Figura 25. pH na Bacia Amazônica



Fonte: Cibrape (2022).



4.3. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

A maioria das estações analisadas apresentou boas condições de qualidade da água em termos de concentração de oxigênio dissolvido, com médias acima de 5 mg/L, mínimo legal adotado pelos Países Membros da OTCA, conforme Figura 26.

Na sub-bacia Marañon/Solimões, duas estações indicaram tendência de aumento na concentração de OD e quatro de redução, configurando uma situação mais preocupante, visto que apresentaram média abaixo dos 5 mg/L em 2019. Todas essas estações estão próximo a ocupações urbanas e em zonas inundáveis, uma localizada no rio Javari, de águas pretas, e as demais no rio Solimões, de águas brancas. Além dessas quatro com tendência, mais 21 apresentaram média de OD abaixo de 5 mg/L em 2019, a maioria localizada em zonas inundáveis. É também frequente a ocorrência de áreas de mineração próximas a essas estações.

Concentrações médias abaixo dos 5 mg/L na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro foram observadas em sete estações, cinco localizadas em rios de águas pretas, uma em Intermediária do tipo A e uma sem informação. Apenas duas delas não ocorrem em áreas urbanizadas, uma no rio Catrimani e outra no rio Paduari, esta última numa região com áreas de desmatamento.

Baixas concentrações médias de OD em 2019 foram encontradas nas estações localizadas no rio Amazonas. As duas com concentrações inferiores ao limite legal ficam a jusante de Manaus, próximas a alguns povoados, mas numa região sujeita a inundações, o que pode contribuir para as baixas concentrações.

Na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré apenas seis estações estão com situação crítica de OD, três delas localizadas no rio Guaporé, uma no rio Abunã, uma no rio Marmelo, afluente do Madeira, e uma no rio Rocha em Cochabamba, embora, nesse caso, as outras estações próximas, no mesmo rio, apresentem valores acima de 40 mg/L de OD.

Apenas uma estação na sub-bacia Tapajós apresenta baixa concentração de OD, localizada no rio Arinos, próximo a áreas naturais protegidas, mas sujeitas a inundações, o que pode ser a causa desse valor, visto que as outras estações desse rio apresentam resultados melhores para o parâmetro.

Na sub-bacia rio Xingu, apenas uma estação indicou concentração inferior a 5 mg/L, sendo, portanto, crítica. Está localizada no rio Comandante Fontoura, de característica Intermediária do tipo A, em uma região de intensa atividade agrícola.

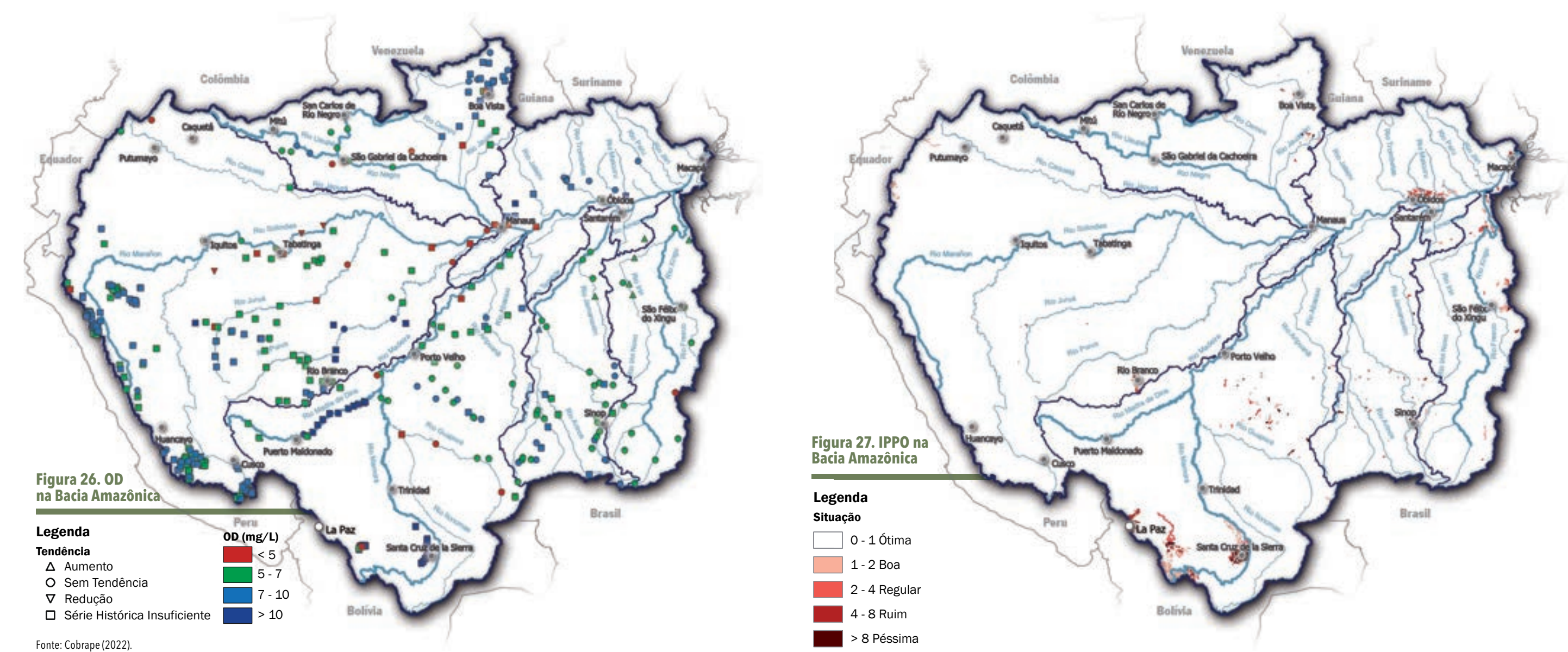


Figura 27. IPPO na Bacia Amazônica

Legenda
Situação
0 - 1 Ótima
1 - 2 Boa
2 - 4 Regular
4 - 8 Ruim
> 8 Péssima

Fonte: Cobrape (2022).

4.4. INDICADOR POTENCIAL DE POLUIÇÃO ORGÂNICA (IPPO)

Conforme Figura 27, a maior parte da BHA apresentou IPPO compatível com a categoria “ótima”, o que era esperado, pois ele é estimado com base na população, que está adensada em pontos específicos, resultando no destaque das maiores áreas urbanas como regiões com péssima qualidade da água. Dentre elas sobressaem-se Santa Cruz de La Sierra, maior área com IPPO com péssima qualidade na BHA, localizada na sub-bacia Madre de Dios/ Madeira/ Mamoré, na qual se destaca também a cidade boliviana de Cochabamba e as cidades brasileiras Rolim de Moura, Caracol e Espigão d'Oeste.

Na sub-bacia Maraon/Solimões, Tapajós e Xingu, pequenas regiões apresentaram IPPO de péssima qualidade, com evidência para Rio Branco, Sinop e Altamira, no Brasil. Uma

área maior de criticidade, com IPPO péssimo e ruim, é vista na sub-bacia Baixo Amazonas, próximo ao rio Curuá, nos municípios paraenses de Obidos, Curuá e Alenquer. Na sub-bacia Vaupés/Siapa/Negro, regiões com IPPO péssimo e ruim são observadas principalmente em Boa Vista e Manaus. Sobre esse município, cabe ressaltar que é o que possui maior população, mas com uma mancha relativa à criticidade aparentemente pequena porque a área urbana de Manaus está em duas sub-bacias diferentes: Vaupes/Siapa/Negro e Baixo Amazonas. Ademais, dentro da metodologia empregada, a localização da maioria da população manauense coincide com o rio Negro, cuja vazão é bastante elevada e facilita a diluição do esgoto. Contudo, parte dos igarapés e pequenos corpos d'água que cortam o município apresentam situação crítica em termos de poluição por efluentes.

Como forma de estudo complementar, a Unicamp(2021) apontou a presença de compostos, oriundos da atividade humana e reflexo da falta de saneamento básico, como cafeína, nicotina, hormônios, analgésicos e psicoestimulantes, que ameaçam a biodiversidade da bacia do rio Amazonas. Junto veio o alerta para a urgência de medidas com vistas a reduzir o lançamento desses poluentes nos corpos hídricos.

4.5. METAIS

A mineração foi uma das pressões que mais se destacou na BHA. Algumas estações para análise de qualidade da água indicaram sofrer influência dessa atividade e os metais são os parâmetros que mais diretamente poderiam indicar esse impacto. Contudo, apenas o Peru monitora metais e, portanto, essas informações estão disponíveis apenas para os rios das sub-bacias Maraon/Solimões e Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

O mercúrio (metal) e o arsênio (semi-metal - metalóide) foram analisados em termos de média em 2019 e da tendência. Destaca-se que esses metais estão entre os que apresentam baixa solubilidade e por isso apresentam baixas concentrações nas águas superficiais. Apesar de baixas, elas podem ter efeitos nocivos nos organismos aquáticos, especialmente em peixes e demais organismos superiores da cadeia alimentar. Isso porque os organismos vivos não metabolizam esses metais, assim, qualquer concentração pode ser considerada prejudicial (VON SPERLING, 2005). Além disso, pelo fato de não serem metabolizados ou excretados, ocorre o processo de bioacumulação, em que o organismo sempre exposto a essa substância tem a concentração aumentada no decorrer da vida. De acordo com Cain *et al.* (2018), a bioacumulação pode levar a um aumento na concentração desses compostos em animais do topo da cadeia alimentar, à medida que animais de cada nível trófico consomem presas com concentrações mais altas, processo conhecido como biomagnificação.

Dessa forma, os resultados das médias monitoradas para esses parâmetros servem apenas como indicativo da presença ou não dessas substâncias na água. Estudos específicos acerca da concentração de metais nos organismos vivos são mais representativos dos efeitos danosos da mineração sobre a qualidade da água e a saúde humana.

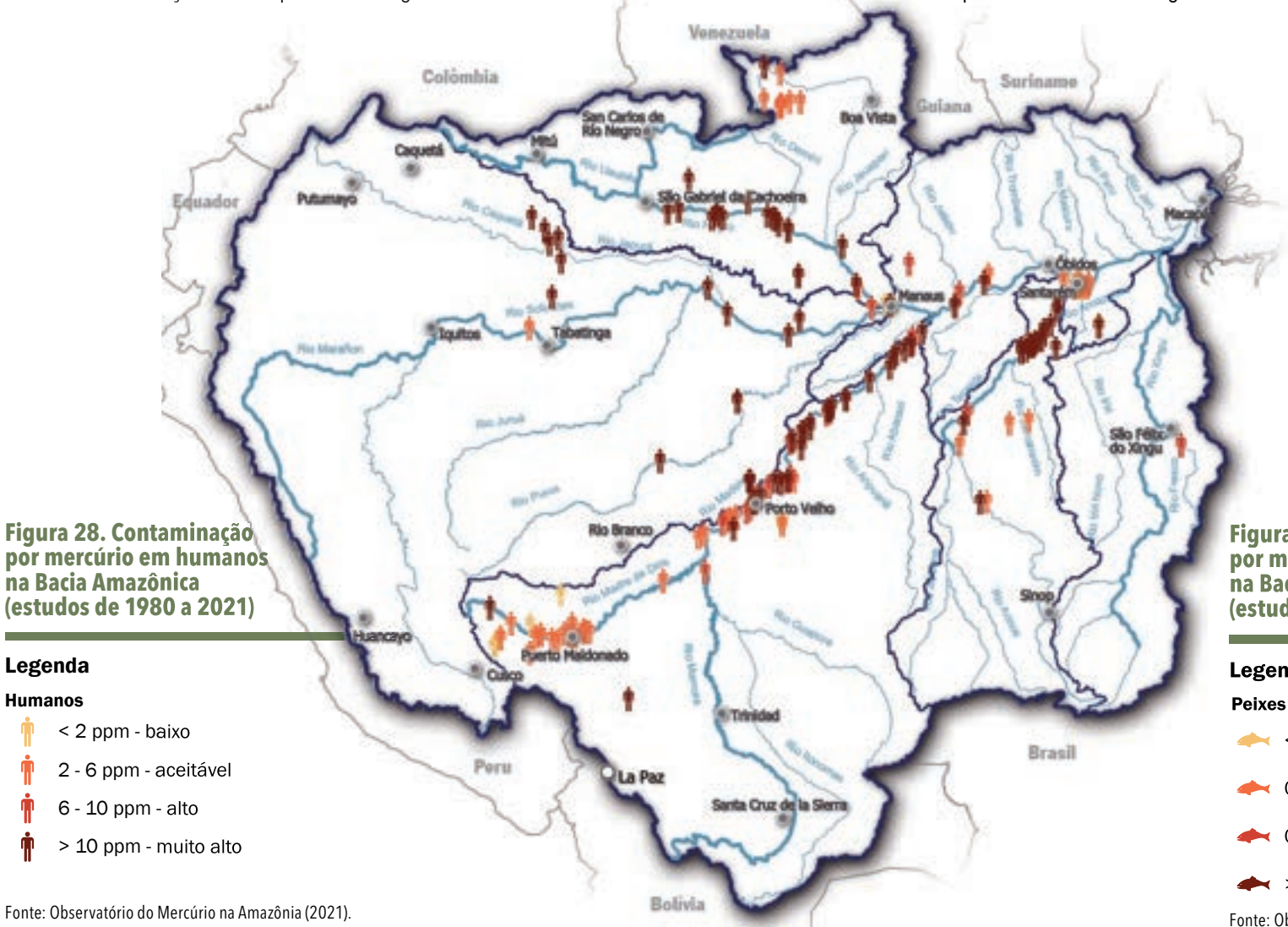


Figura 28. Contaminação por mercúrio em humanos na Bacia Amazônica (estudos de 1980 a 2021)

Legenda
Humanos
< 2 ppm - baixo
2 - 6 ppm - aceitável
6 - 10 ppm - alto
> 10 ppm - muito alto

Fonte: Observatório do Mercúrio na Amazônia (2021).

No que se refere ao mercúrio, cujo impacto é mais estudado na bacia, todas as médias de 2019 do monitoramento no Peru não foram superiores ao limite legal mais restritivo (0,0001 mg/L) e seis estações na sub-bacia Maraon/Solimões com dados suficientes para a análise de tendência indicaram redução das concentrações, das quais, cinco são as mesmas em que as concentrações de arsênio estavam entre o limite mais restritivo e mais permissível. A outra estação está localizada no rio Maraon, povoado de San Juan Bautista, distrito de Maynas (Peru), numa área em que ocorre atividade agrícola, além de ser cercada por mineração ilegal. Na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré não foi identificada tendência.

O problema do mercúrio na Amazônia levou à criação do Observatório do Mercúrio, uma plataforma lançada pela ONG WWF em parceria com Flocruz, Cincia e outras instituições, com o objetivo de reunir estudos e informações sobre mercúrio e garimpo na região panamazônica, e de trazer mais transparência com essas informações.

O observatório analisa que, apesar do mercúrio ser de venda controlada no Brasil, isso não acontece em todos os países. Ele é contrabandeado pelos garimpeiros para a captura de ouro e lançado de forma inadequada no solo, água e ar. O mercúrio se torna ainda mais tóxico em contato com micro-organismos, quando se transforma em metilmercúrio, contaminando flora, fauna e se tornando nocivo à saúde humana.

A ferramenta criada pelo Observatório do Mercúrio reúne literatura científica resultante de revisão sistemática realizada entre 1980 e 2021, compilando registros de mercúrio em humanos e em peixes, ilustrados nas Figuras 28 e 29, a seguir.

Nota-se que há mais informações para os humanos e que várias localidades apresentam concentrações muito altas, sobretudo nos rios Madeira, Tapajós e Negro. Para a maioria das localidades com estudos em peixes, especialmente em rios afluentes dos principais, as concentrações estão na faixa considerada aceitável. As altas concentrações em peixes se encontram nas localidades de Itaituba e Jardim do Ouro (Bacia do Tapajós), localidade de Assis Brasil (Bacia Maraon/Solimões) e Fortaleza do Abunã e Libertad (Bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré).

A mineração ilegal, aliada às queimadas e ao desmatamento, está elevando a contaminação da água, solo, animais, plantas e pessoas. O periódico El País, em 2021, trouxe evidências do rastro de destruição do mercado ilegal de ouro brasileiro nos recursos hídricos, na flora, na fauna fluvial e na saúde dos povos indígenas em Jacareacanga, no sudoeste do estado do Pará.

A atividade petrolífera também é uma fonte de contaminação por metais. Yusta-García *et al.* (2017) conduziram um estudo com 2.961 amostras de água e 652 análises químicas de águas residuais, a partir de instituições governamentais e relatórios de companhias petrolíferas, coletadas em quatro bacias de rios amazônicos (Maraon, Tigre, Corrientes e Pastaza) e seus afluentes, e identificaram que um número significativo de amostras de água apresentou níveis de cádmio, bário, cromo e chumbo que não atendem aos padrões peruanos e internacionais de água.

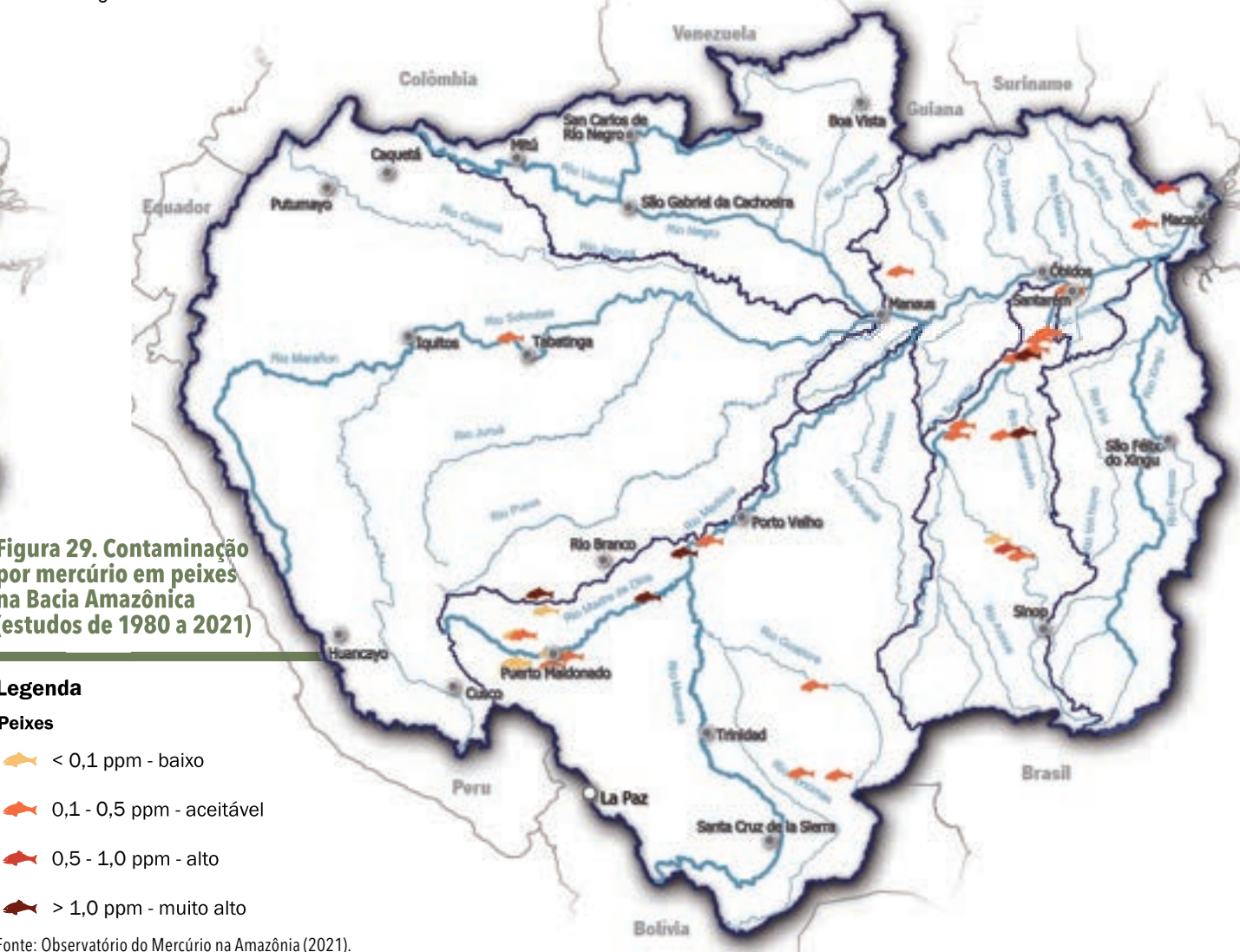


Figura 29. Contaminação por mercúrio em peixes na Bacia Amazônica (estudos de 1980 a 2021)

Legenda
Peixes
< 0,1 ppm - baixo
0,1 - 0,5 ppm - aceitável
0,5 - 1,0 ppm - alto
> 1,0 ppm - muito alto

Fonte: Observatório do Mercúrio na Amazônia (2021).



Diversas civilizações e povos nativos da bacia amazônica já dispunham de avançada tecnologia de gestão da água séculos antes da chegada dos europeus. A extensa rede de canais, fontes e os sistemas de irrigação, de drenagem e de controle de erosão estabelecidos pelo Império Inca em Macchu Picchu impressionam até hoje. (WRIGHT, K.R., 2021).

5. RESPOSTAS ÀS PRESSÕES IDENTIFICADAS

Machu Picchu | Peru | Banco de Imagens wirestock no Freepick

As respostas que os governos e a sociedade têm dado à degradação da qualidade das águas superficiais amazônicas envolvem uma grande variedade de ações relacionadas a políticas públicas que geram legislações, regulamentos, ações de comando e controle, obras, programas, projetos, além daqueles relativos à participação da sociedade civil e dos setores usuários da água.

Para o presente produto, foram sintetizadas e selecionadas algumas respostas mais significativas para as principais pressões na Bacia Amazônica. Ressalta-se que uma “resposta” no contexto da metodologia Pressão-Estado-Resposta está vinculada à redução dos impactos oriundos da pressão, mas não necessariamente a apenas uma, visto que pode haver resposta para várias pressões.

Também não foi possível mensurar de forma linear como as respostas aqui listadas se refletiram diretamente no estado da qualidade das águas, considerando a base de dados atual para a Bacia Amazônica, principalmente por conta de que tanto as pressões como as respostas alteram muitas vezes a qualidade da água de forma indireta ou com uma defasagem temporal de difícil mensuração sem monitoramento contínuo e em escala adequada.

A seguir descrevem-se resumidamente algumas destas ações de abrangência regional. Essa não é uma análise exaustiva de todas as ações relacionadas ao tema qualidade das águas superficiais, mas uma tentativa de sintetizar as principais ações. Além destas repostas, também são apresentadas ações para melhoria do monitoramento da qualidade da água da Bacia Amazônica.

Mineração

O principal problema relativo à mineração na Bacia Amazônica é o garimpo ilegal de ouro que contamina os rios com mercúrio e sedimentos.

Segundo OTCA/PNUMA (2018) é necessário promover estudos sobre os impactos da contaminação por mercúrio na Bacia Amazônica e implementar programas de recuperação das áreas degradadas pelo garimpo.

Com relação aos estudos uma iniciativa importante foi a criação do Observatório do Mercúrio desenvolvido pelo WWF-Brasil, em parceria com Fiocruz, CINCIA e outras instituições, e que reúne estudos e informações sobre contaminação do mercúrio na região Amazônica e permite sua visualização de forma georreferenciada.

Com relação a acordos sobre o tema, a **Convenção de Minamata sobre Mercúrio** tem como principal objetivo proteger o meio ambiente e a saúde humana das emissões de mercúrio e compostos, estabelecendo uma série de medidas para alcançar tal intento. Atualmente a convenção conta com 137 países signatários e, dentre os países que integram a Bacia Amazônica, somente a Venezuela não faz parte.

Três países da bacia agiram de forma mais efetiva em relação à redução da utilização do mercúrio, com a formulação de políticas públicas a partir da Convenção de Minamata: Peru, Colômbia e recentemente o Equador.

O Peru adotou um plano de ação intersetorial a fim de cumprir as premissas da convenção e, entre as medidas adotadas, destacam-se um projeto de lei que visa proibir a extração de mercúrio em seu território, a adoção de um plano nacional para a mineração artesanal de pequena escala e a definição de procedimentos para a importação e exportação de mercúrio, além de trabalhar para melhorar a rastreabilidade do mercúrio que entra ilegalmente no país (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

A Colômbia adotou a Lei nº 1.658/2013, que regulamenta o uso e a comercialização de mercúrio em todas as atividades industriais e, nos termos dessa lei, estabeleceu como meta erradicar o uso de mercúrio nas operações de mineração em um prazo de cinco anos. Além disso, adotou diversas medidas para eliminar progressivamente o uso de mercúrio, substituindo-o por tecnologias limpas em todas as áreas em que é utilizado (INSTITUTO IGARAPÉ, 2021).

O Equador criou em 2020 um plano de ações especificamente para a mineração artesanal e de pequena escala no país, denominado “*Plan de Acción Nacional sobre el uso de Mercurio em la Minería Artesanal y de Pequeña Escala de Oro en Ecuador Conforme la Convención de Minamata sobre Mercurio*”. O objetivo deste plano é a redução ou eliminação do uso de mercúrio no setor de ouro por meio da definição de linhas estratégicas de trabalho, ações e atividades.

Também é importante evidenciar a iniciativa da Conservação Estratégica (CSF) e do Ministério Público Federal do Brasil, com a criação da “Calculadora de Impactos de Garimpo Ilegal de Ouro”, uma ferramenta analítica e pedagógica para descrever os impactos do garimpo ilegal de ouro, além dos valores monetários e o passo-a-passo para sua mensuração.

A Convenção de Minamata, se colocada em prática por todos os países da Bacia Amazônica, se constituirá em importante resposta para a mitigação da presença do mercúrio nos rios amazônicos.

Saneamento básico

Os países amazônicos possuem legislações sobre saneamento básico de modo a fornecer este importante serviços às populações. No entanto, em geral os níveis de coleta e tratamento de esgotos e resíduos sólidos ainda são baixos na Bacia Amazônica.

A Bolívia possui um conjunto de obras legais que atendem questões de meio ambiente e saneamento, tendo estabelecido que os serviços de saneamento serão prestados por empresas estatais, públicas, comunitárias, cooperativas ou mistas.

O Brasil possui Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que no ano de 2020, com a alteração do Marco Legal do Saneamento, passou a estabelecer normas de referência para os serviços de saneamento do país, regidos pela Lei nº 11.445/07. Esse Marco Legal, além de alterar a atuação da agência, estabeleceu novas diretrizes para o alcance das metas do setor até 2030.

Na Colômbia, a Constituição faz referência específica sobre o saneamento, sobre financiamento de serviços prioritários e bem-estar da população com acesso à água de forma equitativa. A Lei nº 373/97 preconiza que todo plano regional e municipal deverá incorporar um programa de uso eficiente e economia de água, em consonância com projetos adotados pelos usuários de água e prestadores dos serviços de saneamento.

Na Constituição do Equador é citado que cabe aos governos provinciais as competências de prestar serviços de saneamento, entendendo-se por tal o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e depuração de águas residuais.

A Guiana não possui legislação específica para saneamento, e sim uma lei de águas e esgotos (*Water and Sewerage Act*), que é o marco regulatório no que se refere a parâmetros de desenvolvimento da política nacional de águas. O *Ministry of Housing and Water* (habitação e água) está ligado ao tema saneamento básico.

No Peru, a *Autoridad Nacional del Agua* é o organismo responsável pela administração e vigilância das fontes naturais de água, por autorizar volumes de águas captadas pelos prestadores de serviço de saneamento, por avaliar instrumentos ambientais, por outorgar os direitos pelo uso da água, por autorizar os lançamentos de efluentes e reúso de água residual tratada, por autorizar obras em fontes naturais e pela condução do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos.

Por fim, na Venezuela também não há legislação específica sobre saneamento, entretanto, sua Carta Magna estabelece que os serviços de saneamento básico são de competência municipal.

Com relação à instrumentos de planejamento destaca-se o “Plano de Ação Regional para Água Potável, Saneamento Básico e Gestão de Resíduos Sólidos” que está sendo elaborado pela OTCA com apoio do BID.



Palmeira Açaí | Banco de Imagens da OTCA



Casal de papagaio | Banco de Imagens da OTCA



Este plano irá identificar áreas críticas e apresentar um modelo de informação regional, com análises de cada país e da região. Também apresentará recomendações para modernização, inovação e melhores práticas, propostas de governança e medidas por país. A partir da informação coletada será realizado o Plano Estratégico Transfronteiriço para o fornecimento de serviços de água potável, saneamento básico e resíduos sólidos na região amazônica com planos integrados de ação a nível nacional e regional tais como planos para a conservação da qualidade hídrica, planos de segurança hídrica, planos de segurança do saneamento e a sociabilização destes planos com os Países Membro.

A OTCA/PNUMA, por meio do documento “Análise Diagnóstica Transfronteiriça Regional da Bacia Amazônica (2018)” destaca ações necessárias para melhor a situação do saneamento na bacia. Dentre elas podemos citar:

- Fortalecer as capacidades técnicas, financeiras e institucionais dos principais atores da bacia, por meio da criação de competências para mitigar a poluição das águas e garantir a participação efetiva na gestão dos recursos hídricos da região;
- Estabelecer diretrizes para políticas públicas em nível regional para viabilizar a GIRH na Bacia Amazônica, que visam enfrentar a poluição da água, promover o planejamento territorial, o uso da terra, a gestão dos ecossistemas florestais e hídricos, bem como promover práticas produtivas sustentáveis;
- Promover políticas e estratégias para a proteção e monitoramento de fontes de água;
- Promover a revalorização de saberes, experiências e boas práticas das comunidades e populações locais;
- Promover programas de educação ambiental sobre os riscos e impactos da poluição da água.

Exploração Petrolífera

Os acidentes em oleodutos (falhas operativas, corrosão de dutos, etc.) são uma fonte significativa de contaminação e demandam ações de fiscalização e de resposta rápida em casos de vazamentos, além de processos de remediação das áreas contaminadas e reparação das populações afetadas.

No Equador a empresa Petroecuador desenvolve deste 2014 o Projeto Amazônia Viva com o objetivo de remediar a contaminação através ações de limpeza e reabilitação ambiental de áreas afetadas pela exploração do petróleo. As ações envolvem a descontaminação do solo e a eliminação de fontes de contaminação.

Neste projeto também foi criado um Centro de Investigação de Tecnologia Ambiental que trabalha em coordenação com universidades do Equador para o desenvolvimento de tecnologias de tratamento de solos com microrganismos. A empresa também criou viveiros para a produção de espécies florestais e desenvolve ações educativas com a população das áreas afetadas (PETROECUADOR, 2018).

Uma outra fonte de contaminação na atividade petrolífera é a água produzida durante o processo de exploração que contém metais, cloretos e hidrocarbonetos. Ao ser lançada nos solos e nos rios estas águas causam extensa contaminação. No Peru uma legislação nacional de 2009 estabeleceu a obrigatoriedade de que a água produzida no processo de exploração do petróleo fosse re-injetada no poço de exploração (Yusta, 2017).

Segundo OTCA/PNUMA (2018) outras causas diretas da contaminação por petróleo são a manutenção insuficiente das tubulações, instalações e embarcações, o vandalismo de oleodutos, a falta de capacitação de técnicos, e tecnologia obsoletas na exploração, sendo também necessária uma maior presença do Estado no controle ambiental desta atividade e maior participação das comunidades afetadas pela atividade petroleira.

Desmatamento e queimadas

Os países amazônicos adotam ações de comando e controle para atuar nas ocorrências de desmatamento e queimadas.

Devido às grandes dimensões da Bacia Amazônica é necessária a utilização de satélites que identificam as áreas afetadas e que permitem a geração de alertas para os órgãos fiscalizadores.

No Brasil, o Programa Queimadas desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desde 1998 publica diariamente informações de ocorrências de queimadas no Brasil e demais países da América do Sul e Central, com destaque para as detecções de focos ativos de queima em tempo quase-real feitas com satélites de observação da Terra.

O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES), também desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais monitora o desmatamento por corte raso na Amazônia Legal desde 1988 e calcula as taxas anuais de desmatamento na Amazônia brasileira.

Outros mecanismos, como a Moratória da Soja no Brasil estabelecida em 2006, colaboram para reduzir o desmatamento. A iniciativa da Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE) e a Associação Nacional dos Exportadores de Cereais (ANEC) tem como principal objetivo assegurar que a soja produzida e comercializada na Amazônia não seja associada à supressão da floresta. A Moratória não coíbe a expansão da soja na Amazônia, mas incentiva seu plantio em áreas abertas anteriores a 2008, evitando a conversão de floresta para soja.

De acordo com OTCA/PNUMA (2018), algumas ações são necessárias para reduzir ou mitigar estas atividades. Dentre elas podemos citar:

- Promover o desenvolvimento e implementação de planos de ordenamento do território;
- Promover acordos multilaterais para harmonizar leis e regulamentos ambientais e de recursos naturais;
- Promover o desenvolvimento de diretrizes para mitigação e/ou compensação de impactos ambientais;
- Promover a melhoria da fiscalização florestal e a aplicação efetiva da legislação;
- Promover instrumentos de controle, vigilância e fiscalização e incentivos na exploração florestal;
- Promover auditorias ambientais nas áreas de exploração florestal;
- Promover mecanismos de compensação por funções/serviços ecossistêmicos para a conservação florestal;
- Promover mecanismos, programas e incentivos para a conservação das florestas nativas;
- Promover mecanismos de participação das comunidades e populações locais nos processos de ordenamento do território;
- Promover estudos de viabilidade de um sistema “agrossilvipastoril” adequado ao tipo de solo afetado tanto pelo desmatamento quanto/ou degradação florestal.

Mudanças climáticas

Medidas de adaptação às mudanças climáticas são essenciais para que a sociedade se adapte a estes eventos que são cada vez mais frequentes e intensos na Amazônia com um aumento de secas e inundações.

Neste sentido, uma ação importante foi a implementação do Sistema de Alerta Precoce na região MAP que abrange os rios Madre de Dios (Peru), Acre (Brasil) e Pando (Bolívia).

Com relação ao conhecimento do problema, ressalta-se o Atlas de vulnerabilidade hidroclimática da Bacia Amazônica (OTCA, 2021) que tem como objetivo contribuir para o conhecimento território amazônico, aprofundando aspectos de vulnerabilidade socioeconômica e física da Região Amazônica e a exposição das populações a eventos climáticos extremos como as secas e inundações.

De acordo com OTCA/PNUMA (2018), algumas ações são necessárias para minimizar os impactos dos eventos climáticos extremos. Dentre elas podemos citar:

- Promover o monitoramento de eventos hidrológicos extremos;
- Promover a expansão dos sistemas da rede hidrometeorológica;
- Promover a implementação de sistemas de alerta precoce e planos de gestão de riscos e desastres;
- Promover a cooperação regional para mitigar os impactos de grandes obras de infraestrutura;
- Fomentar a cooperação regional para mitigar os impactos da variabilidade climática e das mudanças climáticas;
- Promover planos de ordenamento territorial;
- Promover mecanismos de incentivo à proteção e conservação dos mananciais das “nascentes das bacias”;
- Promover mecanismos de incentivo econômico à conservação florestal;
- Promover programas e projetos de compensação por funções/serviços ecossistêmicos.

Hidroviás

A navegação é um fator essencial de integração e desenvolvimento regional na Bacia Amazônica. Nos últimos anos as hidroviás na bacia têm apresentado um aumento significativo do movimento de cargas (grãos, combustíveis, containers, etc), especialmente na Bacia do Rio Madeira.

No período de estiagem os rios ficam mais rasos e são registrados encalhes de embarcações que podem resultar em acidentes e poluição dos rios. Nestes períodos é necessário o monitoramento hidrológico e a manutenção de vazões nos rios que permitam a navegação segura.

Para a gestão deste regime de vazões é necessário o estabelecimento de um acordo de cooperação regional para o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia, considerando as

demandas de navegação para a manutenção das condições de navegabilidade.

Segundo OTCA/PNUMA (Diagnóstico Analítico Transfronteiriço Regional da Bacia Amazônica), outras causas da poluição causada pela navegação são a informalidade no transporte de cargas e passageiros, o descumprimento de normas de segurança e práticas inadequadas de manutenção das embarcações. Neste sentido é necessária a implementação de ordenamento fluvial, melhoria da fiscalização pelas Capitânicas de Portos e políticas de investimento nas estruturas portuárias.

Hidrelétricas

O investimento em outros tipos de energia renovável (como eólica e solar) pelos países membros da OTCA poderia diminuir a pressão da construção de hidrelétricas na região amazônica. Estas hidrelétricas não utilizam grandes reservatórios e se aproveitam da força da correnteza para gerar energia sem precisar armazenar grandes quantidades de água. Deste modo uma área menor é inundada, reduzindo os impactos sobre os ecossistemas terrestres e sobre a qualidade da água.

São exemplos de hidrelétricas a fio d’água a UHE Jirau e a UHE Santo Antônio, ambas no Rio Madeira no Brasil. O Programa de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Madeira e de seus Afluentes realizado desde 2009 pela Companhia Santo Antônio Energia em um trecho de 300 quilômetros é um bom exemplo de monitoramento associado a empreendimentos hidrelétricos.

De acordo com OTCA/PNUMA (2018), algumas ações são necessárias para minimizar os impactos relativos às grandes obras de infraestrutura. Dentre elas podemos citar:

- Promover planos e programas de uso da terra;
- Promover mecanismos para fortalecer as agências e instituições nacionais de controle, vigilância e fiscalização ambiental;
- Promover mecanismos para integrar o ciclo de planejamento de grandes projetos ao processo de planejamento nacional, incluindo revisões e aprovações em cada fase do projeto;
- Promover mecanismos de coordenação e harmonização a nível regional dos instrumentos nacionais de planejamento;
- Promover mecanismos de transparência e informação sobre os megaprojetos individuais ao longo de sua maturação e no processo de planejamento;

- Promover programas e projetos de implementação de sistemas de monitoramento de impactos de grandes infraestruturas;
- Promover mecanismos de compensação financeira para as comunidades e populações locais afetadas pelos impactos das grandes infraestruturas;
- Promover estudos e pesquisas sobre os impactos de grandes obras de infraestrutura.

Agropecuária

A adoção de práticas agrícolas e pecuárias que reduzam a contaminação das águas, como a prevenção da erosão do solo com a adoção de práticas de manejo e a correta utilização de fertilizantes e agrotóxicos é essencial para reduzir os impactos sobre a qualidade dos corpos d’água.

A implementação de políticas de pagamento por serviços ambientais, por meio de incentivos aos proprietários agrícolas para a recuperação e manutenção de remanescentes florestais, pode contribuir para reduzir o impacto destas atividades.

Segundo OTCA/PNUMA as seguintes ações são necessárias para reduzir o impacto da agropecuária na Bacia Amazônia:

- Promover programas e projetos de recuperação de solos e ecossistemas degradados;
- Promoção de sistemas de produção agroflorestais em terras aptas para silvicultura e recuperação de florestas degradadas;
- Promover programas e projetos de aproveitamento dos solos aluviais aptos para a agricultura;
- Promoção de programas e projetos de combate à erosão do solo decorrente do desmatamento em encostas e má gestão do solo;
- Promoção de programas e projetos de conservação de solos mais férteis nas planícies aluviais (“várzeas”);
- Promover estudos e pesquisas sobre serviços hidráulicos de solo;
- Promover estudos e pesquisas sobre as características e potencialidades de uso dos solos não aluviais em restingas, terraços altos, morros e montanhas;
- Promover investimentos e negócios ambientais por meio do fortalecimento das comunidades e organizações locais para a apropriação e aplicação de práticas ambientais sustentáveis.

Rede Regional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

Após finalizada, a rede contará com 111 pontos de monitoramento a serem instalados em três fases diferentes e que permitirá o acompanhamento da qualidade da água na Bacia Amazônica, facilitando a gestão compartilhada. No início da operação, os parâmetros de monitoramento serão: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total e ortofosfato. Na segunda fase, serão analisados parâmetros de qualidade da água como DQO, DBO, coliformes, clorofila-a, metais pesados, entre outros.

O Observatório Regional da Amazônia (ORA) é resultado da iniciativa dos 8 países amazônicos (Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela). Esta iniciativa vem sendo promovida no âmbito da cooperação exercida pela Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) com base nos postulados do Tratado de Cooperação Amazônica (TCA) assinado pelos Países Membros (PM) em 1978.

Sua Missão é “coletar, processar, organizar e disseminar informações da Amazônia de forma abrangente e comparável sobre os temas estabelecidos na Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica da OTCA (AECA), prestando serviços de informação à comunidade científica governamental, não governamental e sociedade civil para o estudo e desenvolvimento da Amazônia”.

O ORA é suportado por uma estrutura informática funcional, com acesso através de um portal web (<https://ora.cta.org/>), e o seu funcionamento está baseado numa cadeia de valor de informação que inclui desde os processos de obtenção e carregamento de informação, bem como a homogeneização, armazenamento, filtragem, processamento, consulta e download de dados. A estrutura funcional do ORA permite organizar a informação de forma modular, organizada em módulos temáticos e integradores. Esses módulos têm suas respectivas funções, produtos e serviços, de forma que permitem uma gestão adequada do conhecimento amazônico.

Os temas priorizados no ORA estão vinculados à agenda da AECA e até o momento foram desenvolvidos os módulos temáticos relacionados a Espécies CITES, Biodiversidade, e aqueles relacionados a Florestas, Recursos Hídricos e Povos Indígenas estão sendo concluídos, assim como está iniciando a construção dos módulos MIPYMES, bem como a RedCIA e Mudanças Climáticas.

Os módulos integradores estão concebidos para fornecer serviços integrados de consulta de informação sobre temas e subtemas especializados, que são apresentados através de diferentes ferramentas de visualização, consoante o objetivo da comunicação e o formato associado.

No Módulo Geoamazonia a informação é apresentada em escala regional, através de um geovisor, que permite a sobreposição de diferentes camadas de informação e que é alimentada por um catálogo de mapas de fontes oficiais e não oficiais, organizados em diferentes categorias, temas e subtemas.

No Módulo de Recursos Hídricos verificamos os mapas temáticos das variáveis climatológicas (Precipitação, Evapotranspiração, Temperatura) e os estudos das características hidroológicas da região (canais, zona de inundação, entre outros). Como nos outros módulos disponíveis no geovisor, os mapas e informações sobre recursos hídricos podem se sobrepor entre si e com qualquer outro módulo.

O Módulo Redes Amazônicas articula informações de diferentes redes de monitoramento estabelecidas na região que geram dados oficiais para a gestão dos recursos hídricos nos Países Membros, como a Rede Hidrológica Amazônica (RHA), a Rede de Estações HYBAM e a Rede de Monitoramento da Qualidade da Água.

O ORA possui uma Sala de Situação que abriga a Rede Hidrológica Amazônica (RHA) e a Rede Regional de Monitoramento da Qualidade da Água (RR-MCA) da OTCA para monitorar de forma sistemática diversos aspectos relacionados aos recursos hídricos e eventos críticos em nível regional Amazônico.

Assim, o ORA, através das suas várias fontes de informação disponíveis e com as ferramentas disponíveis, permitirá o acompanhamento/monitoramento das diferentes fontes de pressão (cheias, secas, incêndios, entre outras) bem como o cruzamento de diferentes informações que permitem uma análise detalhada das fontes de pressão, subsidiando a tomada de decisão dos Países Membros para a prevenção e/ou mitigação dos diferentes impactos sobre a qualidade da água.



Legenda

Pontos de Monitoramento

- Estratégia
- Impacto
- Referência

Fonte: OTCA (2021).

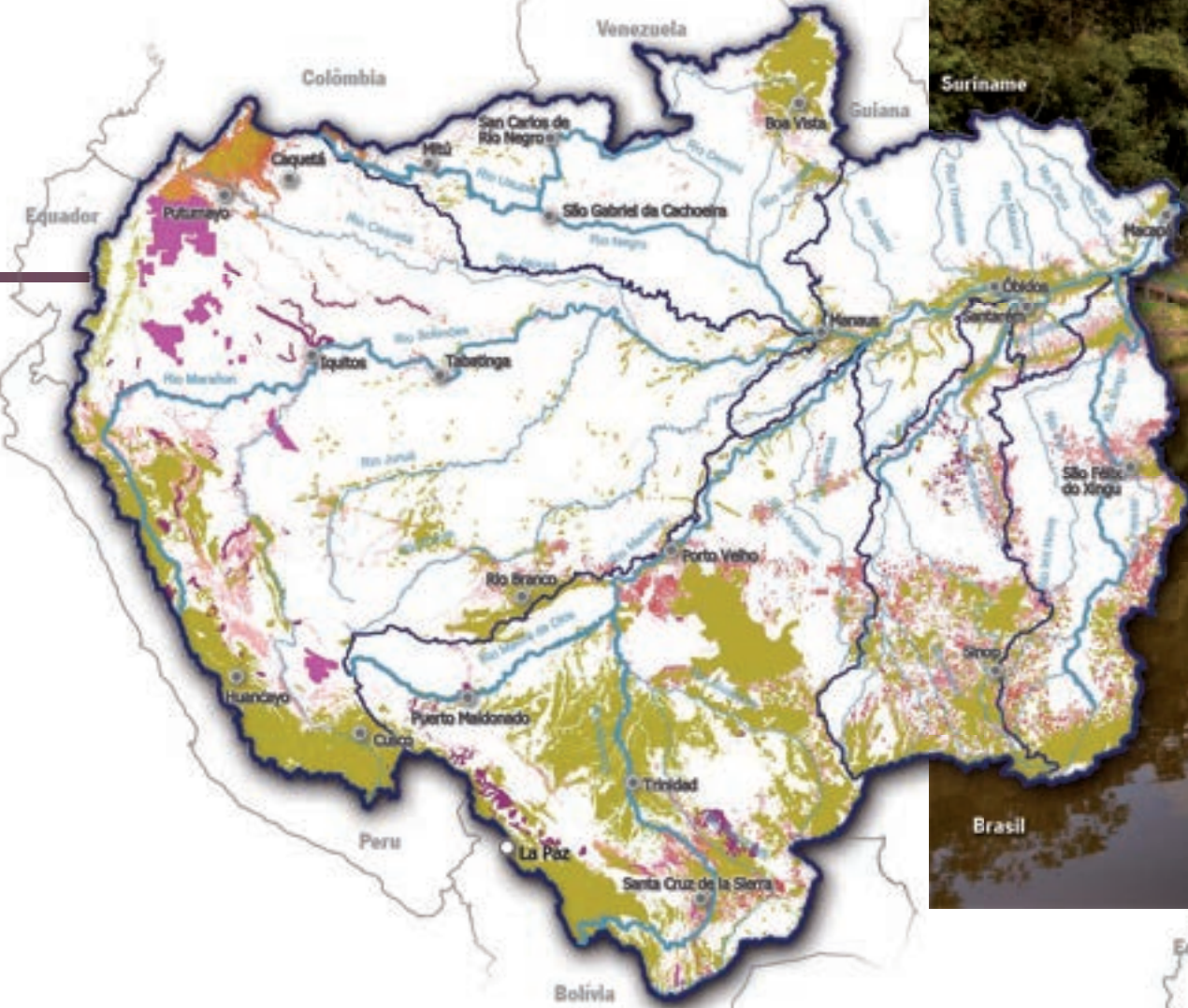
6. SÍNTESE GERAL

6.1. ÁREAS CRÍTICAS

Figura 31. Áreas críticas em termos de pressões

- Legenda**
- Áreas Agropecuárias
 - Desmatamento
 - Lotes Petrolíferos
 - Mineração

Fonte: Cobrape (2022).



Considerando os dados existentes e a sua heterogeneidade em termos temporal, espacial e de parâmetros monitorados, não foi possível propor áreas críticas especificamente de qualidade da água. Portanto, a partir da aplicação da metodologia PER, especialmente com base nas pressões identificadas, foram definidas regiões que podem ser consideradas críticas em termos de suscetibilidade à degradação da qualidade da água. Essas áreas foram definidas com base em cinco abordagens, mostradas nas figuras seguintes:

- Pressões: compreendem as áreas de desmatamento, mineração (exploração), lotes petrolíferos (exploração) e áreas de agropecuária levantadas neste estudo e que por si só representam áreas potencialmente críticas (Figura 31);
- Pressões em áreas especiais: compreendem o resultado das sobreposições das pressões já citadas com as áreas consideradas especiais: Áreas Protegidas, Territórios Indígenas e zonas inundáveis (Figura 32);

Figura 32. Áreas críticas em termos de pressões em áreas especiais

- Legenda**
- Áreas de desmatamento em Áreas Protegidas e Territórios Indígenas
 - Lotes petrolíferos em Áreas Protegidas e Territórios Indígenas
 - Áreas de mineração em Áreas Protegidas e Territórios Indígenas
 - Áreas de agropecuária em zonas inundáveis

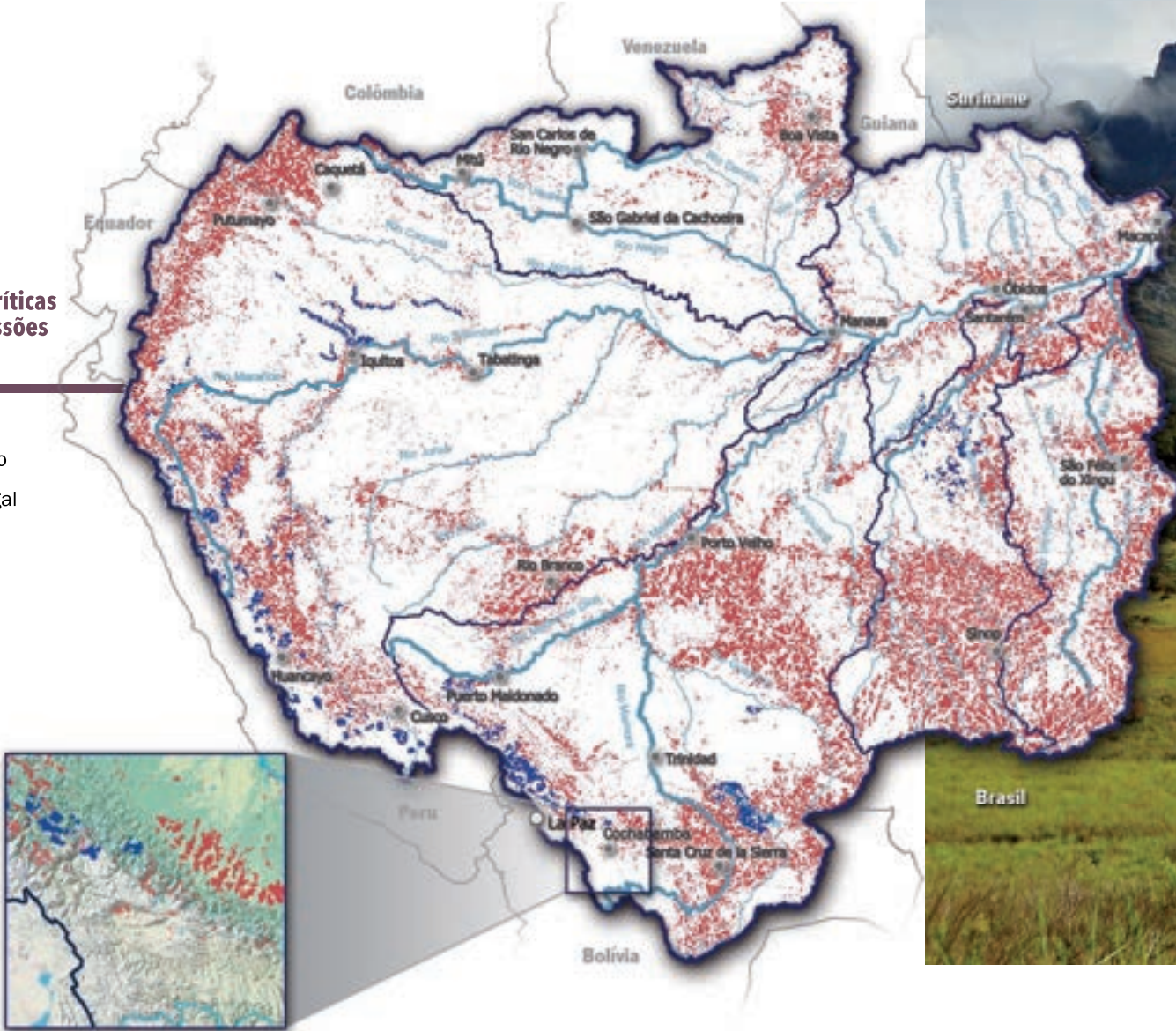
Fonte: Cobrape (2022).



Figura 33. Áreas críticas em termos de pressões em cabeceiras

- Legenda**
- Desmatamento
 - Mineração Ilegal

Fonte: Cobrape (2022).



- Pressões em cabeceiras: compreendem as áreas resultantes do cruzamento das áreas de desmatamento e de mineração ilegal com as cabeceiras identificadas na base hidrográfica (Figura 33);
- IPPO (Indicador Potencial de Poluição Orgânica): compreendem as áreas em que o IPPO estimado corresponde às faixas "Regular", "Ruim" ou "Péssimo" (Figura 34);
- Mercúrio: compreendem as áreas resultantes do cruzamento dos dados históricos (1980-2001) de monitoramento com elevadas concentrações de mercúrio, em humanos e peixes, com as áreas de drenagem com mineração (legal e ilegal) (Figura 35).

Pelas figuras é possível verificar que as pressões estão distribuídas em todas as sub-bacias da BHA, presentes notoriamente em cabeceiras e áreas especiais, sobretudo nos territórios indígenas. Essa situação de maneira geral é preocupante, visto que nessas regiões normalmente não ocorre monitoramento da qualidade da água, além de que comunidades tradicionais costumam consumir água sem tratamento prévio.

Apesar da agropecuária se evidenciar em termos de área ocupada, o significativo impacto da mineração ficou evidente – duas pressões que podem ser associadas ainda a uma terceira

Figura 34. Áreas críticas em termos de IPPO (Indicador Potencial de Poluição Orgânica)

- Legenda**
- Situação**
- IPPO Regular
 - IPPO Ruim
 - IPPO Péssimo

Obs: faixas definidas com base na legislação dos países amazônicos, sendo específica para este estudo.

Fonte: Cobrape (2022).



pressão: o desmatamento. Essa é normalmente a etapa inicial de alteração do uso da terra para o desenvolvimento das demais atividades, e que por si só indicou alterações na qualidade da água, sobretudo no parâmetro condutividade elétrica, ligado diretamente às características hidrogeoquímicas dos rios amazônicos.

O avanço da mineração, que deixa a população vulnerável a doenças de veiculação hídrica e gera contaminação dos corpos hídricos, especialmente por mercúrio, além da poluição difusa da agricultura, das pastagens, da exploração petrolífera e das hidrelétricas também acabam acarretando problemas para a população, que depende de água de boa qualidade para diversas atividades como a pesca, a agricultura de subsistência, abastecimento doméstico, entre outras.

As áreas urbanas com grande contingente populacional e com rios de pequeno porte se evidenciaram na análise de IPPO crítico (Figura 34), com destaque para os municípios de Manaus, na sub-bacia Baixo Amazonas, e Santa Cruz de La Sierra e Cochabamba, ambos na sub-bacia Madre de Dios/Madeira/Mamoré.

No que se refere ao mercúrio, destacam-se grandes regiões nas sub-bacias Tapajós, Madre de Dios/Madeira/Mamoré e na região mais a montante da sub-bacia Baixo Amazonas (Figura 35). Regiões mais distribuídas espacialmente, mas também em áreas significativas, são observadas na sub-bacia Marañon/Solimões, nas regiões de cabeceiras e próximo a Iquitos (Peru).

De maneira geral, a análise mostra que a qualidade da água em boa parte dos rios amazônicos pode ser considerada boa, mas a influência das atividades de mineração, agricultura e da própria ocupação urbana ficou evidente em muitas das sub-bacias. Isso foi demonstrado por meio da aplicação de metodologia que relaciona as pressões com a alteração da qualidade da água. Fica também salientada a necessidade de um monitoramento adequado, para que essa relação aconteça de maneira mais precisa e seja possível tomar medidas sobre as pressões que de fato têm representado impacto na qualidade dos corpos hídricos.

Outros problemas relacionados à qualidade da água são a falta de coleta e tratamento de esgotos sanitários – especialmente nos centros urbanos – e a ocupação indevida das regiões de preservação. Ambos se devem principalmente à falta de planejamento urbano aliada ao desrespeito à legislação ambiental. Esse cenário acentua diversos problemas como a lixiviação oriunda das áreas degradadas e o desmatamento da mata ciliar e erosão do solo, os quais aumentam a concentração de poluentes nos rios localizados no entorno das cidades.

É preciso ressaltar que poucos rios tinham suas características hidrogeoquímicas estabelecidas, e que o critério de análise dos limites legais considerando o mais e o menos restritivo contou com valores bem discrepantes entre si. Isso reforça a importância da definição dos padrões de qualidade da água para os rios amazônicos baseados nas características naturais desses rios, com a diferenciação das características hidrogeoquímicas.

Vale mencionar ainda a temática das mudanças climáticas, cujos efeitos mais aparentes e significativos na BHA estão relacionados às secas, que, em termos de qualidade da água, prejudicam a oxigenação dos corpos hídricos, e às cheias, que afetam principalmente as populações ribeirinhas, trazendo doenças de veiculação hídrica, bem como provocando perdas humanas e materiais.

Outro efeito bastante significativo decorrente das mudanças climáticas é o derretimento das geleiras dos Andes, que é fato extremo em algumas localidades, como foi o caso da geleira Chacaltaya, desaparecida do cenário boliviano em 2009 depois de uma série de anos encolhendo. O Peru, que concentra cerca de 70% de todo o gelo tropical, perdeu cerca de 25% de suas geleiras na última década. Ainda é incipiente o conhecimento sobre os impactos que o derretimento das geleiras pode causar; no entanto, rios como Madeira e Solimões, que se formam a partir da contribuição das geleiras da porção oriental dos Andes, podem ser afetados. Caso os aportes de sedimentos que fertilizam esses grandes rios diminuam nas próximas décadas, existe risco de prejuízos aos ecossistemas (ZORZETTO, 2013).



Figura 35. Áreas críticas em termos de mercúrio

Legenda

- △ Locais com registro de contaminação elevada por mercúrio em peixes e pessoas entre 1980 e 2021
- Áreas de mineração ilegal a montante dos locais com contaminação elevada

Fonte: Cobrepe (2022).



6.2. PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

A elaboração da **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica** teve seu ponto de partida na análise dos dados de monitoramento de qualidade da água recebidos dos Países Membros.

Os obstáculos relacionados à questão do monitoramento da qualidade da água e as boas práticas, identificados por meio da aplicação da metodologia PER, foram validados com os Países Membros, primeiramente por meio de questionários, e posteriormente por meio de entrevistas *online* com entidades representantes de cada um dos países. As entrevistas confirmaram as deficiências encontradas por meio da análise técnica e forneceram ainda mais subsídios para a estruturação da Proposta.

A proposta foi desenvolvida em quatro fases. Na primeira, foram incorporadas as medidas e ações específicas desenvolvidas nos âmbitos subnacionais, nacionais e de cooperação intergovernamental da OTCA, articuladas com as visões da Agenda Estratégica de Cooperação Amazônica e do Programa de Ações Estratégicas. Na segunda, apresentaram-se e discutiram-se experiências da gestão da qualidade das águas dos rios Mekong, Reno e Danúbio. Na terceira, foram recebidas as contribuições dos Países Membros por meio de um sistema de perguntas e respostas no formato de um questionário. Na quarta, ocorreram entrevistas com todos para colher sugestões.

Destaca-se que para a consolidação da proposta utilizou-se como guia o documento intitulado *Mekong Agreement and Procedures* (1995), que trata de protocolos de cooperação adotados nessa bacia hidrográfica. A escolha da bacia do rio Mekong decorreu de sua organização, do amplo acesso aos seus documentos e, sobretudo, pelo trabalho de altíssima qualidade desenvolvido pela *Mekong River Commission* (MRC).

Nesse contexto, a **Proposta para a gestão integral da qualidade da água da Bacia Amazônica** está materializada na criação de três Protocolos de Cooperação:

- Primeiro Protocolo: visa a troca e compartilhamento de informações entre os Países Membros da OTCA. Seus objetivos específicos são (i) operacionalizar a troca e o compartilhamento de informações de qualidade da água entre os Países Membros; (ii) disponibilizar os dados básicos e as informações conforme determinado pelos Países Membros; e (iii) promover o entendimento mútuo e a cooperação entre os Países Membros no monitoramento e conservação da qualidade da água da região amazônica;
- Segundo Protocolo: trata do monitoramento da qualidade da água. Tem os objetivos de (i) providenciar um amplo e flexível arcabouço para facilitar a implementação do monitoramento da qualidade da água na região amazônica; e (ii) promover melhor entendimento e cooperação entre os Países Membros no sistema de monitoramento da qualidade da água da região amazônica;
- Terceiro Protocolo: trata do arcabouço institucional para o gerenciamento da qualidade da água em níveis consensuados entre os países. Tem como objetivo estabelecer um arcabouço cooperativo para a proteção e manutenção da boa qualidade da água da região amazônica nos níveis acordados entre os Países Membros.





6.3 DESAFIOS PARA A GESTÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA AMAZÔNICA

Um dos grandes resultados da aplicação da metodologia PER (Pressão-Estado-Resposta) foi a identificação da necessidade de informações adequadas em termos espaciais e temporais para que a relação pressão-estado-resposta seja analisada de forma mais precisa. Com isso seria mais factível identificar como as pressões estão alterando os aspectos de qualidade da água e as possíveis consequências para a biota e para a população humana. Ademais, seria possível elencar quais ações têm trazido bons resultados para melhorar essa temática, possibilitando a tomada de decisões de forma mais correta.

Mais especificamente sobre o monitoramento da qualidade da água, foram identificados diversos gargalos, tais como: produção e aprofundamento das informações sobre recursos hídricos de forma contínua; monitoramento de qualidade da água mais robusto em termos espaciais e temporais; monitoramento focado na definição das características naturais dos diferentes tipos de rios amazônicos; monitoramento com foco no impacto das principais pressões; protocolos comuns para coleta e análise das amostras; procedimento para consolidação e disponibilização dos dados.

Alguns desses aspectos estão em processo de resolução por meio das ações desenvolvidas no âmbito de atuação da OTCA, tais como a implantação da Rede de Monitoramento de Qualidade da Água e os protocolos das coletas e análises das amostras. Contudo, sabe-se que entre a elaboração dessas propostas, o acordo realizado e a ação propriamente dita ainda se encontram muitos desafios, tanto em termos técnicos quanto financeiros e políticos. Ainda dentre os avanços identificados, mas que trazem consigo desafios de ampliação, está o monitoramento via satélite, iniciado na bacia, mas que requer continuidade e ampliação, demandando parcerias e investimentos.

Notou-se também a falta de informações geoespecializadas que facilitariam a identificação do impacto dos efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água. Embora seus efeitos sejam normalmente mais locais, em rios de pequeno porte, dependendo da composição e da quantidade, podem se espalhar e trazer prejuízos à qualidade da água e à saúde humana em escalas maiores. Para uma análise mais detalhada desses problemas, seria necessário



que cada país possuísse e disponibilizasse essas informações numa base comum, num grande desafio de compatibilização.

Assim, a implantação do Observatório Regional Amazônico (ORA) tem sido priorizada pela OTCA como um espaço de articulação em diferentes áreas de informação dos países amazônicos. Este observatório compila, armazena e publica os dados que provêm de diversas entidades governamentais dos Países Membros ou, melhor ainda, dos Sistemas Nacionais de Informação.

A atividade de mineração foi uma das pressões mais expressivas identificadas e há uma série de estudos publicados acerca dessa temática, todavia, eles normalmente são desenvolvidos por diferentes instituições e em pequena escala. O Observatório de Mercúrio pode ser considerado boa prática nesse contexto, pois procura integrar essas informações. Considerando os prejuízos à saúde e ao ambiente associados à presença de metais nas águas, um grande desafio para a gestão na BHA é monitorar de forma mais precisa esse impacto para poder planejar ações de mitigação numa atividade que pode crescer, dado o potencial da região. Ainda sobre esse aspecto, cabe mencionar o avanço das atividades minerárias ilegais e a necessidade de atuação conjunta das diferentes instituições dos

Países Membros para combater essa prática que traz prejuízos ao meio ambiente e à saúde da população, principalmente as tradicionais.

Um dos desafios envolvidos na gestão qualitativa dos rios amazônicos está na definição de padrões comuns a serem seguidos por todos os países que têm território na bacia. Esse processo exige a construção de um ambiente de discussão que seja pautado em análises técnicas e que permita deliberação adequada a respeito do que pode ser considerado água de boa qualidade de acordo com os usos.

Ainda nesse sentido, salienta-se a necessidade de que na definição desses padrões sejam consideradas as condições naturais dos rios, visto as significativas diferenças hidrogeoquímicas observadas. Isso envolve também as diferenças do meio físico e vegetal, citando-se a peculiaridade das áreas inundáveis, em que as condições de qualidade da água são bastante distintas. Esse processo abrange melhor entendimento a respeito das condições naturais para que então sejam incluídas na definição dos padrões de avaliação da qualidade da água.

Este primeiro Relatório sobre a situação da qualidade da água na Bacia Amazônica trouxe uma visão integrada das pressões, dos estados e das respostas, levando em conta diferentes fontes de dados. É, portanto, um primeiro passo, mas ao mesmo tempo um avanço para a gestão qualitativa na bacia. Muitas lacunas foram identificadas, demonstrando a importância de que estudos similares sejam realizados e apontando soluções para grandes desafios de gestão que envolvam tanto as instituições em si quanto a necessidade de ações contínuas e com financiamentos de longo prazo.

Considerando toda a riqueza de recursos da Amazônia e suas singularidades culturais, construir essa gestão compartilhada é importante para que os problemas identificados sejam mitigados e ações para lidar melhor com problemas emergentes, como a mudança climática, sejam estruturadas de forma a garantir qualidade da água apropriada para os rios e para a população que dela dependem.

TABELA DE FONTES PRIMÁRIAS

| Item | Tema | Fontes |
|------|--|--|
| 1 | Áreas Naturais Protegidas | "Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), 2015; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital Parques Nacionales Naturales según la categoría. Escala 1:100.000.República de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia 2019; Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador (MAAE, 2020); DCW; DEAL, 2007; Ministerio del Ambiente (MINAM)-Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), 2019; World Database Protected Areas (WDPA), 2006; Provita, 2020, a partir de gacetas oficiales." |
| 2 | Terras Indígenas | "Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), 2018; ISA, 2020, a partir de los documentos oficiales; Mapa Digital de Resguardos Indígenas. República de Colombia. Agencia Nacional de Tierras 2019; Capa de EcoCiencia, 2019; Indigenous Affair/Gobierno de la Guyana, 2009; DEAL, 2007; Comunidades nativas: IBC-SICNA 2019; Comunidades campesinas: SICCAM-IBC/CEPES, 2019; Reservas indígenas (creadas y propuestas): Ministerio de Cultura, 2019; Freire, G., Tillet, A. 2007. Salud Indígena en Venezuela. Mapa general. Ediciones de la Dirección de Salud Indígena, Caracas, Venezuela. - MPP Ambiente y MPP Pueblos Indígenas 2014. Mapa Tierras Indígenas. Dir. Gen. POT / Sec. Tec. Com. Nac. Demarcación del Hábitat y Tierra de los Pueblos y Comunidades Indígenas. Caracas, Venezuela. - Wataniba 2019 (en trabajo conjunto con organizaciones indígenas Oipus, HOY, Kuyunu, Kuyukani, Kuyujani originario, Kubawy)." |
| 3 | Desmatamento | Coleção de mapas anuais de desmatamento gerados pela RAISG, 2020, com base nos mapas MapBiomass Amazonia Land Cover and Use (2001-2018), uma iniciativa liderada pela RAISG. |
| 4 | Mineração | "Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Catastro minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2017." |
| 5 | Mineração Ilegal | "Servicio Nacional de Geología y Técnico de Minas (SERGETECMIN), 2013; DNPM, 2020; Catastro minero digital de la república de Colombia. Agencia Nacional de Minería, 2019; Agencia de Regulación y Control Minero, (ARCOM, 2019); Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2019; Ministerio de Energía y Minas, 2017." |
| 6 | Agropecuária | "Extraído dos mapas anuais (2001 e 2018) de Cobertura e Uso do Solo da Coleção 2 gerados no âmbito da iniciativa MapBiomass Amazonia, liderado pela RAISG; dados disponíveis para download em https://amazonia.mapbiomas.org/ " |
| 7 | Usinas hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas | "Empresa Nacional de Electricidad (ENDE), 2018; ANEEL, set/2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; Organismo Supervisor de la Inversión em Energía y Minería - OSINERGMIN, 2018; Camacho Gabriel y Carrillo Augusto, 2000. EDELCA, 2004. Herrera Karina, 2007. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica, 2013. Grupo Orinoco Energía y Ambiente, 2015." |
| 8 | Lotes Petrolíferos | "Viceministerio de Exploración y Explotación de Hidrocarburos (VMEEH), 2017; ANP - Banco de Datos de Exploração e Produção BDEP, 2019; Mapa digital de Áreas. Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2019; Ministerio de Energías y Recursos no Renovables del Ecuador, 2019; PerúPetro/ Ministerio de Energía y Minas - MINEM, 2019; Ministerio de Energía y Petróleo, 2017." |

Fonte: RAISG

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, v. 16 n°. 45, pg. 7-30.

AMAZONAS ATUAL. **MPF processa responsáveis pelo PROSAMIM III por danos ambientais**. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/mpf-processa-responsaveis-pelo-prosamim-3-por-danos-ambientais/>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Catálogo de Metadados da ANA. **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 (BHO 2017)**. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0c698205-6b59-48dc-8b5e-a58a5dfcc989>. Acesso em jun/2021.

Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial**. -- Brasília: ANA, 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: 2012. 264 p.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores**. Brasília: ANA, 2019. 94 p.

ANA, IRD. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico; Institut de Recherche pour le Développement. HidroSat – **Monitoramento Hidrológico por Satélite**. Disponível em <http://hidrosat.ana.gov.br/#>. Acesso em jun/2021.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Plano Nacional de Integração Hidroviária, Laboratório de Transportes e Logísticas – LABTRANS/UFSC**, Fevereiro de 2013.

BOLÍVIA. Informe Nacional Voluntário - 2021. Disponível em < https://www.udape.gob.bo/portales_html/ODS/28230Bolivia_VNR.pdf>. Acesso em fev-2022.

BUCHER, B. H.; HUSZAR, P. C. **Critical environmental costs of the Paraguay-Paraná waterway project in South America**. Ecological Economics, Vol 15, Issue 1, 1995, p.3-9.

BUENO, C. V. G.; RIQUELME, E. M. P. **El impacto de la actividad extractiva petrolera en el acceso al agua: el caso de dos comunidades kukama kukamiría de la cuenca del Marañón (Loreto, Perú)**. Revista Anthropologica. Ano 34, n° 37, 2016, p. 33-59.

CAER. Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. Disponível em: <http://www.caer.com.br/static/ambiental/projeto_socioambiental.jsp>. Acesso em: 1º set. 2021..

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

CINCIA. Centro de Innovación Científica Amazónica. Disponível em: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/CINCIA-Fact_Sheet-Spanish-February_2021.pdf>.

CMB. Comissão Mundial de Barragens. **Barragens e desenvolvimento: uma nova estrutura para a tomada de decisão**. UK/USA: Earthscan, 2000.

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; MADARI, B. E. Manejo indígena, substâncias húmicas e fertilidade de solos antropogênicos. **Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**, vol. 16, 2006. Resumos e palestras. Aracaju: SBCS; UFS: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

DINIZ, C., MARINHO, R., CORTINHAS, L., SADECK, L., WALFIR, P., SHIMBO, J., ROSA, M., & AZEVEDO, T. **Nota Técnica sobre Sedimentos em Suspensão na Bacia do Tapajós**. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Rogério-Marinho/publication/358078041_

Nota_Tecnica_sobre_Sedimentos_em_Suspensao_na_Bacia_do_Tapajos/links/61eeeb79a753545e2f3baca/Nota-Tecnica-sobre-Sedimentos-em-Suspensao-na-Bacia-do-Tapajos.pdf>. Acesso em: jun./2021.

EL PAIS. **Derramamentos de petróleo que destroem florestas e tradições no Equador**. A Amazônia está em perigo constante. Petroleiras exploram algumas áreas da floresta equatoriana há décadas e causam danos irreversíveis. Gianmarco Di Costanzo e Lorenzo Ambrosino, publicada em 30 de julho de 2021. Disponível em < https://brasil.elpais.com/brasil/2021/07/14/album/1626269452_663435.html#foto_gal_1>. Acesso em out/2021.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras SA. **Avaliação Ambiental Integrada Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. São Paulo-SP: Governo Federal/ELETROBRAS, v. 1, 2009, 204p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Análise do impacto da bovinocultura sobre a qualidade da água**. Embrapa Cerrados. Bioma: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pampa, Pantanal. 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisas comprovam efeitos danosos das cinzas de queimadas no solo e na água**. Notícias. Produção vegetal - Recursos naturais - Gestão ambiental e territorial. Publicado em 29/01/19. Disponível em < https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/40809567/pesquisas-comprovam-efeitos-danosos-das-cinzas-de-queimadas-no-solo-e-na-agua ->. Acesso em set/2021.

FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. **O alerta da poluição nos rios da Amazônia**. 2002. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/o-alerta-da-poluicao-nos-rios-da-amazonia/. Acesso em: jun./2021.

FAS. Fundação Amazônia Sustentável. **Iniciativa “Rios Limpos para mares limpos” da ONU Meio Ambiente é lançada no Amazonas**. Disponível em: <https://fas-amazonia.org/iniciativa-rios-limpos-para-mares-limpos-da-onu-meio-ambiente-e-lancada-no-amazonas/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

FASSONI-ANDRADE, Alice César *et al.* **Amazon hydrology from space: scientific advances and future challenges**. Reviews of Geophysics, v. 59, n. 4, p. e2020RG000728, 2021.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M. **Cheias e vulnerabilidade social: estudo sobre o rio Xingu em Altamira/PA**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 21. 2018.

HARPER, D. **Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration**. London, Chapman Hall, 1992.

HENRY, H. **Environmental science and engineering**. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1989.

HYBAM. **SO-HYBAM Amazon basin water resources observation service**. Disponível em < https://hybam.obs-mip.fr/pt/website-under-development-4/>. Acesso em jun/2021.

HYNES, H. B. N. **The ecology of running water**. Liverpool, Liverpool University Press, 1979.

IAGUA. **La contaminación petrolera del Amazonas está modificando la composición química del agua**. 2017. Disponível em: https://www.iagua.es/noticias/espana/universitat-autonoma-barcelona/17/08/01/contaminacion-petrolera-amazonas-esta. Acesso em: jun./2021.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Disponível em: <http://www.amazonia-ibam.org.br>. Acesso em: 1º set. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da População**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=resultados>. Acesso em: jul./2021.

IDS.M. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. **Lixo na floresta: pesquisa mostra alta quantidade de resíduos sólidos em região da Amazônia**. Publicado em 10 de dezembro de 2019. Disponível em <https://www.mamiraua.org.br/noticias/lixo-floresta-pesquisa-residuos-solidos-amazonia>. Acesso em out/2021.

IHA. International Hydropower Association. Disponível em: <https://www.hydropower.org>. Acesso em: 29 ago. 2021.

IMAZON. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **A floresta habitada: História da ocupação humana na Amazônia**. Disponível em: <https://imazon.org.br/a-floresta-habitada-historia-da-ocupacao-humana-na-amazonia/>. Acesso em: set./2021.

INFOAMAZONIA. Rede InfoAmazonia cria o “Mãe d’Água” para monitorar a qualidade d’água. Disponível em: <https://rede.infoamazonia.org/mae-dagua/>. Acesso em: 23 ago. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil. **BDQueimadas**. Disponível em < https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas >. Acesso em out/2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021 - The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC AR6 WGI. Ago/2021. 3.949p.

ISA. Instituto Socioambiental. **Xingu: o rio que pulsa em nós**. Monitoramento independente para registro de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. Altamira, 2018.

KIRBY, K. R.; Laurance, W. F.; Albernaz, A. K.; Schroth, G.; Fearnside, P. M.; Bergen, S.; Venticinque, E. M.; Costa, C. **The future of deforestation in the Brazilian Amazon**. Futures. Vol. 38, Issue 4, pág. 432-453. Maio de 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez83.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0016328705001400?via%3Dihub>. Acesso em: ago./2021.

MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra. **Mapeamento anual da cobertura e uso da terra no Brasil (1985 - 2020) – Destaques Amazônia**. Setembro, 2021. 15p.

MOBILITAS. **Hidrovia Amazônica: integração e segurança**. Disponível em: <https://mobilitas.lat/2019/10/23/hidrovia-amazonica-integracao-e-seguranca/>. Acesso em: 1º set. 2021.

MOYA, J. **Migração e formação histórica da América Latina em perspectiva global**. Revista Sociologias, Porto Alegre, ano 20, n. 49, set-dez 2018, p. 24-68.

NAIME, R. **Impactos socioambientais de hidrelétrica se reservatórios nas bacias hidrográficas brasileiras**. Monografias Ambientais, v. 9, n. 9, p. 1924-1937, 2012.

NUNES, W. Rio e cidade de Ji-Paraná: em alguns trechos, quase tão alterado quanto o Piracicaba, no interior paulista. **Revista Pesquisa Fapesp**, ed. 74, abr. 2002.

OBSERVATÓRIO DO MERCÚRIO NA AMAZÔNIA. **Mapeando os impactos do garimpo de ouro na Amazônia**. Disponível em <https://panda.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e74f4fc219b3428b8e4bce4d7295f210>. Acesso em out/2021.

OTCA. **Análisis Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica** - ADT. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.

OTCA. **Programa de Acciones Estratégicas: Estrategia Regional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en la Cuenca Amazónica**. Projeto OTCA/PNUMA/GEF Amazonas. 2018.

OTCA/PNUMA/GEF. **Atlas de Vulnerabilidade Hidroclimática da Bacia Amazônica**. Projeto OTCA/PNUMA/GEF – Recursos Hídricos e Mudanças Climáticas, 2021.

OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. **OTCA e Países Membros dão início ao processo de definição do Comitê Gestor do Observatório Regional Amazônico**. Informativo, Proyecto Bioamazonia. 2021. Disponível em: <http://otca.org/otca-e-paises-membros-dao-inicio-ao-processo-de-definicao-do-comite-gestor-do-observatorio-regional-amazonico/>. Acesso em: 25 out 2021.

OTCA. Organização do Tratado de Cooperação Amazônica. Quem Somos? 2023. Disponível em: <http://otca.org/pt/quem-somos/>. Acesso em: 19 jan 2023.

OVIEDO, Antonio; LIMA, William Pereira; AUGUSTO, Cicero. **O arco do desmatamento e suas flechas**. 2020.

PETROECUADOR. **Gobierno de la República del Ecuador**. 2022. Disponível em: < https://www.eppetroecuador.ec/?p=9596>. Acesso em: 22 nov. 2022.

PREFEITURA DE MANAUS. **Prefeitura e UGPE Prosamim debatem novo termo de cooperação técnica**. [s.d]. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/noticia/prefeitura-e-ugpe-prosamim-debatem-novo-termo-de-cooperacao-tecnica/>. Acesso em: mai./2022.

PROSAMIM. **Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus**. Disponível em: <http://prosamim.am.gov.br/o-prosamim/o-programa/>. Acesso em: 31 de agosto de 2021.

RAISG. Red Amazônica de Información Socioambiental Georreferenciada. **Amazonia bajo presión**. São Paulo: ISA - Instituto Socioambiental, 2020.

RIBEIRO-BRASIL, D. R. G.; TORRES, N. R.; PICANÇO, A. B.; SOUZA, D. S. RIBEIRO, V. S.; BRASIL, L. S.; MONTAG, L. F. A. **Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon**. Revista Environmental Pollution. Volume 266 – parte 1, novembro de 2020. 11 p.

RÍOS-VILLAMIZAR, E.A.; ADENEY, J.M.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J. **Hydrochemical Classification of Amazonian Rivers: A Systematic Review and Meta-Analysis**. Revista Caminhos da Geografia. v.21, n.78, p.211-226. 2020.

SANTO ANTONIO ENERGIA. **Monitoramento atesta a qualidade da água do rio Madeira**. Disponível em: <https://www.santoantonioenergia.com.br/monitoramento-atesta-a-qualidade-da-agua-do-rio-madeira/>. Acesso em: 02 de setembro de 2021.

SANTOS. F.A. dos. **Caracterização citogenômica em Hoplias malabaricus (Bloch, 1774) provenientes de rios de águas brancas, águas claras e águas pretas da Bacia Amazônica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará. Santarém, 2012.

SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno de. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova economia**, v. 19, p. 11-39, 2009.

SERVIR. **Servir-Amazônia**. Disponível em: <https://servir.ciat.cgiar.org>. Acesso em: 1º set. 2021.

SIOLI, H.; KLINGE, H. **Solos, Tipo de Vegetação e Águas na Amazônia**. Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi. Belém. v. 1, p. 1 - 18. 1962.

SOARES, M. G. M.; PIEDADE, M. T. F.; MAIA, L. A.; DARWICH, A.; OLIVEIRA, A. C. M. **Influência do pulso de cheia e vazantes na dinâmica ecológica de áreas inundáveis**. In: Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil – Resultados (Fase Emergencial e Fase I). 1999. p. 425-445.

UN. UNITED NATIONS. **The 17 Goals**. [s.d.]. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: jun./2021.

UN. UNITED NATIONS. **UN-Water**. 2021. Disponível em: <https://sdg6data.org>. Acesso em: jun./2021.

UNICAMP. Universidade Estadual de Campinas. **Compostos identificados no Rio Amazonas ameaçam biodiversidade**. 2021. Disponível em < https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2021/08/11/compostos-identificados-no-rio-amazonas-ameacam-biodiversidade >. Acesso em mar/2022.

VERÍSSIMO, Tatiana Corrêa. **A floresta habitada: história da ocupação humana na Amazônia** / Tatiana Veríssimo, Jakeline Pereira; colaboração de: Adalberto Veríssimo; ilustrado por: Livando Malcher e Biratan Porto; Jakeline Pereira – Belém, PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 2005**. In: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG, vol. 3 ed. 2005.

WORLD BANK. The World Bank Data. **Free and open access to global development data – by country**. Disponível em <https://data.worldbank.org/>. Acesso em ago/2021.

YUSTA-GARCÍA, Raúl *et al.* **Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers**. Environmental Pollution, v. 225, p. 370-380, 2017.

ZEIDEMANN, V.K. **O Rio das Águas Negras**. [s.d.]. Disponível em < http://www.ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/images/livro/RioNegro02.pdf>. Acesso em junho 2021.

ZORZETTO, R. **Degelo nos Andes**. Revista Fapesp, ed. 206. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (abril, 2013), pag. 44-47. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/degelo-nos-andes/>. Acesso em: 24 nov. 2021.



Cidade de Manaus | Brasil | Banco de Imagens da OTCA



Tucano | Banco de Imagens da OTCA



Rio Napo | Equador | Banco de Imagens da OTCA

