Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

PROTEÇÃO HIDROLÓGICA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E TERRAS INDÍGENAS NO PARÁ: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

HYDROLOGICAL PROTECTION IN CONSERVATION UNITS AND INDIGENOUS LANDS IN PARÁ: A SYSTEMATIC REVIEW

Oleane Barros Vieira, Kailany Beatriz da Silva, Yasmim Pandilha Braga, Emilly Ketlyn Martins da Silva, Naira da Fé Santos e Álisson Rangel Albuquerque

RESUMO
Os sistemas de água doce na Amazônia brasileira oriental estão cada vez mais vulneráveis à expansão do uso da terra, à mineração, à intensificação agrícola e ao enfraquecimento da governança ambiental. Este estudo sintetiza evidências revisadas por pares publicadas entre 2020 e 2025 para avaliar a eficácia hidrológica das Unidades de Conservação e Terras Indígenas na proteção dos recursos hídricos no estado do Pará. Uma revisão sistemática baseada no PRISMA 2020 identificou treze estudos elegíveis. Os territórios protegidos apresentaram consistentemente um desempenho hidrológico superior, incluindo índices mais elevados de integridade do habitat, menor contaminação por metais, regimes hidrológicos mais estáveis e comunidades biológicas mais saudáveis. Em contrapartida, as áreas não protegidas afetadas pela mineração, pressões urbanas e agronegócio apresentaram concentrações elevadas de ferro, manganês e alumínio, maior turbidez, enriquecimento de nutrientes e comprometimento biológico em peixes e macroinvertebrados. As terras indígenas demonstraram significativa capacidade de amortecimento hidrológico, embora a ocupação ilegal e o desmatamento tenham minado cada vez mais sua resiliência. As projeções climáticas também indicam um aumento da vulnerabilidade hidrológica em toda a Amazônia. As evidências confirmam que os territórios protegidos atuam como infraestruturas naturais críticas para sustentar a integridade da água doce no Pará, enfatizando a necessidade de fortalecer a governança, o monitoramento e a proteção ambiental.
Palavras-chave: Integridade Ambiental. Serviços Ecossistêmicos. Amazônia Oriental. Qualidade da Água. Conectividade Hidrológica.

ABSTRACT
Freshwater systems in the eastern Brazilian Amazon are increasingly vulnerable to land-use expansion, mining, agricultural intensification and weakening environmental governance. This study synthesizes peer-reviewed evidence published between 2020 and 2025 to evaluate the hydrological effectiveness of Conservation Units and Indigenous Lands in protecting water resources in the State of Pará. A systematic review based on PRISMA 2020 identified thirteen eligible studies. Protected territories consistently exhibited superior hydrological performance, including higher habitat-integrity indices, lower metal contamination, more stable hydrological regimes and healthier biological communities. In contrast, non-protected areas affected by mining, urban pressures and agribusiness presented elevated concentrations of iron, manganese and aluminum, higher turbidity, nutrient enrichment and biological impairment in fish and macroinvertebrates. Indigenous Lands demonstrated significant hydrological buffering capacity, although illegal occupation and deforestation have increasingly undermined their resilience. Climate projections also indicate rising hydrological vulnerability across the Amazon. The evidence confirms that protected territories act as critical natural infrastructures for sustaining freshwater integrity in Pará, emphasizing the need for strengthened governance, monitoring and environmental protection.
Keywords: Environmental Integrity. Ecosystem Services. Eastern Amazon. Water Quality. Hydrological Connectivity.

Data de recebimento: 19/05/2026.
Aceito para publicação: 25/08/2026.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de água doce da Amazônia oriental sustentam processos ecológicos essenciais e devem ser analisados em articulação com a dinâmica da paisagem e com a integridade dos ambientes terrestres e aquáticos (Melack; Coe, 2021; De Benedicto *et al.*, 2025; Jenkins *et al.*, 2025; Ribas *et al.*, 2025). Nas grandes bacias do estado do Pará, como Tapajós, Xingu, Tocantins e Itacaiúnas, a manutenção da cobertura florestal influencia infiltração, recarga hídrica, evapotranspiração, transporte de sedimentos e ciclagem de nutrientes, condicionando a estabilidade dos fluxos (Melack *et al.*, 2004; Wei *et al.*, 2023;

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

Fleischmann *et al.*, 2025). A persistência de ecossistemas florestais conservados também favorece a manutenção de regimes hidrológicos menos instáveis e reduz a entrada de poluentes nos sistemas lóticos e lênticos amazônicos (Melack; Coe, 2021; Jenkins *et al.*, 2025; Zanin *et al.*, 2024).

No Pará, a intensificação das mudanças no uso e na cobertura da terra vem ampliando a pressão sobre os ambientes aquáticos, sobretudo em áreas sujeitas à mineração, à expansão agropecuária e à ocupação territorial desordenada (Damiani *et al.*, 2023; Kawakami *et al.*, 2024). O aumento do carreamento de sedimentos, da mobilização de metais e da introdução de compostos químicos tem sido associado à deterioração da qualidade da água (Ferreira *et al.*, 2023; Damiani *et al.*, 2023; De Benedicto *et al.*, 2025). A ocorrência de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas próximas a territórios indígenas pressionados pelo cultivo de dendê reforça o caráter multifatorial da degradação hídrica regional (Damiani *et al.*, 2023; Ferreira *et al.*, 2023; Kawakami *et al.*, 2024). Análises conduzidas no rio Tocantins demonstraram que alterações do uso da terra e piora da qualidade da água podem ocorrer de forma simultânea em ambientes amazônicos sob pressão antrópica (Silva *et al.*, 2024a).

Nesse cenário, os territórios protegidos tendem a restringir a conversão acelerada da paisagem e a preservar faixas ripárias (Silva *et al.*, 2024b; Soares-Filho *et al.*, 2023; Zanin *et al.*, 2024). Estudos recentes indicam que áreas protegidas podem melhorar a qualidade das águas superficiais (Zanin *et al.*, 2024). Riachos localizados no interior do Parque Nacional da Amazônia apresentaram maior integridade de habitat do que cursos d'água situados fora da área protegida (Brito *et al.*, 2024; Zanin *et al.*, 2024). O fortalecimento institucional das Unidades de Conservação pode reduzir o desmatamento e as emissões (Soares-Filho *et al.*, 2023).

As Terras Indígenas desempenham papel decisivo na manutenção da cobertura vegetal e da conectividade ecológica, constituindo espaços fundamentais para a permanência de processos ambientais dos quais dependem os sistemas aquáticos amazônicos (Ritter *et al.*, 2025; Ribas *et al.*, 2025). A relevância desses territórios não elimina sua vulnerabilidade frente ao avanço de ocupações ilegais e à abertura de acessos informais, ao desmatamento (Conceição *et al.*, 2021; Damiani *et al.*, 2023; De Benedicto *et al.*, 2025). A Terra Indígena Ituna/Itatá evidencia como a pressão fundiária e a supressão florestal podem comprometer a integridade territorial e enfraquecer a proteção socioambiental (Conceição *et al.*, 2021; Ritter *et al.*, 2025).

A intensificação das mudanças climáticas tende a ampliar a vulnerabilidade hidrológica da Amazônia, seja pela alteração dos padrões de precipitação e vazão, seja pela maior frequência de secas severas e mudanças na composição da vegetação (Mello *et al.*, 2025; Arruda *et al.*, 2024; Wagner *et al.*, 2024). Projeções indicam que parcelas expressivas de áreas protegidas e Terras Indígenas poderão sofrer alterações relevantes na vegetação, com impactos sobre a estabilidade ecológica e hidrológica dessas paisagens (Arruda *et al.*, 2024). A seca extrema de 2023, por sua vez, evidenciou a magnitude desses eventos, sinalizando que a pressão climática opera como componente concreto da crise ambiental regional (Wagner *et al.*, 2024; Fleischmann *et al.*, 2025).

Embora a literatura tenha avançado, ainda permanecem escassas as sínteses sistemáticas voltadas ao desempenho hidrológico comparado entre diferentes categorias de territórios protegidos no estado do Pará (Brito *et al.*, 2024; Zanin *et al.*, 2024; Ritter *et al.*, 2025). Diante dessa lacuna, o presente estudo avalia a eficácia hidrológica de Unidades de Conservação e Terras Indígenas, com ênfase na qualidade da água e na integridade ecológica (Brito *et al.*, 2024; Arruda *et al.*, 2024; Ritter *et al.*, 2025).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura, conduzida segundo as recomendações do PRISMA 2020, sobre a importância de Unidades de Conservação e Terras Indígenas para a proteção dos sistemas de água doce no estado do Pará, Amazônia oriental brasileira (Page *et al.*, 2021). A pergunta norteadora da revisão foi formulada nos seguintes termos: qual é o desempenho hidrológico de Unidades de Conservação e Terras Indígenas na manutenção da qualidade da água, da integridade ecológica e da estabilidade hidrológica em territórios paraenses?

2.2 BASES DE DADOS E ESTRATÉGIA DE BUSCA

A busca bibliográfica foi realizada nas bases SciELO, ScienceDirect, Scopus, Web of Science e SpringerLink, por reunirem periódicos com ampla cobertura nas áreas ambiental, ecológica e hidrológica. A estratégia de busca foi construída a partir da combinação de três eixos temáticos: categorias territoriais protegidas, componentes hidrológicos e delimitação geográfica. Nas bases com maior flexibilidade de indexação, utilizou-se a seguinte expressão:

*("protected area" OR "conservation unit" OR "protected landscape" OR "indigenous land" OR "indigenous territory" OR "área protegida" OR "unidade de conservação" OR "terra indígena") AND ("water resource" OR "freshwater resource" OR "hydrological service" OR "water-related ecosystem service" OR "streamflow" OR "river discharge" OR "runoff" OR "water yield" OR "recurso hídrico" OR "serviços hidrológicos" OR "vazão" OR "escoamento") AND ("Pará" OR "estado do Pará" OR "State of Pará")**

Na base ScienceDirect, em razão das limitações operacionais da própria plataforma, foi empregada uma versão sintética da estratégia de busca, sem alteração do núcleo temático do levantamento.

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram incluídos apenas artigos científicos revisados por pares, com delineamento empírico, publicados no intervalo temporal definido e desenvolvidos no estado do Pará. Também foi exigido que os estudos abordassem, de forma direta, Unidades de Conservação, Terras Indígenas ou áreas comparativas relacionadas, desde que apresentassem algum componente analítico associado aos sistemas de água doce, como qualidade da água, conectividade hidrológica, vazão, transporte de sedimentos, contaminação, integridade ripária, bioindicadores aquáticos ou respostas biológicas vinculadas ao ambiente hídrico.

Foram excluídos estudos sem interface efetiva com recursos hídricos continentais, pesquisas centradas exclusivamente em biodiversidade terrestre, vegetação ou uso da terra sem conexão analítica com a água, trabalhos sobre ambientes estritamente marinhos ou costeiros, revisões de literatura, literatura cinzenta, documentos não submetidos à avaliação por pares, publicações duplicadas e artigos que, após leitura integral, não apresentaram aderência ao objetivo da revisão.

2.4 TRIAGEM, ELEGIBILIDADE E SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os registros identificados nas bases consultadas foram exportados e reunidos em uma planilha de controle, na qual foi realizada a conferência inicial e a remoção das duplicatas. Em seguida, os estudos passaram por triagem em duas etapas sucessivas: leitura de título e resumo e, posteriormente, leitura do texto completo.

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

A organização e a seleção dos estudos foram conduzidas com auxílio do software Rayyan, ferramenta amplamente empregada em revisões sistemáticas por permitir rastreamento das decisões, gerenciamento dos registros e avaliação independente entre revisores (Ouzzani *et al.*, 2016). Todo o processo de triagem foi realizado em duplo cego, com dois revisores atuando de forma independente e com ocultação recíproca de suas decisões, de modo que um avaliador não tivesse acesso prévio ao julgamento do outro durante as etapas de inclusão e exclusão. As divergências foram reavaliadas de forma conjunta até o estabelecimento de consenso e, quando necessário, houve consulta a um terceiro revisor. Esse procedimento foi adotado para reduzir vieses de seleção e conferir maior robustez ao corpus final da revisão (Ouzzani *et al.*, 2016).

2.5 EXTRAÇÃO E SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES

Após a definição dos estudos elegíveis, procedeu-se à extração padronizada das seguintes informações: autoria, ano de publicação, área de estudo, categoria territorial avaliada, objetivo da pesquisa, indicadores hidrológicos ou ecológicos utilizados, principais pressões antrópicas identificadas e síntese dos resultados. Essas informações foram organizadas em matriz analítica própria, construída para permitir comparação entre os estudos incluídos.

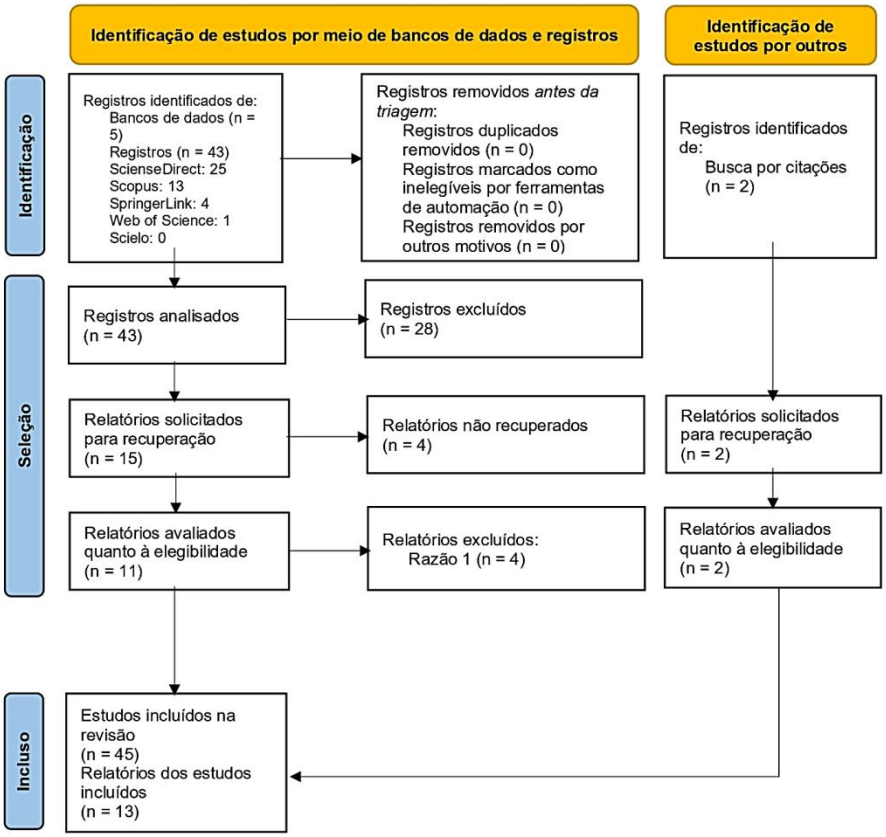
Considerando a heterogeneidade metodológica do conjunto amostral, os resultados foram integrados por meio de síntese narrativa comparativa. O fluxograma final de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos foi elaborado de acordo com o modelo proposto pelo PRISMA 2020, assegurando transparência, reprodutibilidade e auditabilidade ao percurso metodológico adotado (Page *et al.*, 2021).

3 RESULTADOS

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 13 estudos compuseram a amostra final desta revisão, conforme apresentado no fluxograma PRISMA 2020 (Figura 1) (Page *et al.*, 2021). O conjunto selecionado reuniu estudos desenvolvidos em Unidades de Conservação, Terras Indígenas, reservatórios, tributários e bacias hidrográficas do Pará, além de modelagens em escala mais ampla com implicações diretas para a região amazônica (Brito *et al.*, 2024; Conceição *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2020; Serrão *et al.*, 2022; Arruda *et al.*, 2024).

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

Figura 1 - Fluxograma PRISMA 2020 do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos analisados.



Fonte: autoria própria.

De modo geral, os estudos incluídos convergiram para três evidências principais: melhor condição hidrológica em territórios protegidos, agravamento da degradação em áreas submetidas a mineração e uso intensivo da terra, e aumento da vulnerabilidade futura mesmo em áreas formalmente protegidas (Brito *et al.*, 2024; Ferreira *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024a; Arruda *et al.*, 2024; Conceição *et al.*, 2021; Giannini *et al.*, 2025). As características centrais de cada artigo, incluindo foco territorial, objetivo e resultado principal, estão sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos estudos incluídos na revisão sistemática sobre desempenho hidrológico de territórios protegidos no Pará entre 2020 e 2025.

ID	Primeiro autor/ano	Foco territorial	Objetivo	Principais resultados
1	Brito *et al.* (2024)	Riachos dentro e fora do Parque Nacional da Amazônia	Avaliar a diversidade de Odonata	Maior integridade do habitat no interior do parque
2	Conceição *et al.* (2021)	Terra Indígena Ituna/Itatá	Analisar o desmatamento induzido por ações territoriais	A perda florestal severa comprometeu a conectividade hidrológica
3	Meybeck *et al.* (2024)	Transformação rural e gestão de recursos naturais	Analisar a gestão de recursos naturais para transformação rural resiliente e inclusiva	A gestão integrada de terra e água foi apontada como componente estratégico da resiliência socioecológica
4	Oliveira *et al.* (2020)	Reservatório de Tucuruí	Avaliar a qualidade da água em diferentes zonas	A zona de transição apresentou maior eutrofização

RESCX Revista de Educação, Saúde e Ciências do Xingu
Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

5	Arruda *et al.* (2024)	Rede brasileira de UCs e TIs	Modelagem dos impactos climáticos	Entre 37% e 42% das áreas avaliadas apresentaram ameaça hidrológica
6	Oliveira *et al.* (2025)	Tributários do rio Itacaiúnas	Aplicar índice biótico	A mineração reduziu a integridade de macroinvertebrados
7	Cavalcante *et al.* (2022)	Amazônia oriental	Modelagem dos cenários de restauração	A conectividade hidrológica foi critério central de priorização
8	Ferreira *et al.* (2023)	Rio Parauapebas	Avaliar risco de contaminação por metais	Ferro, manganês e alumínio estiveram muito acima dos limites de referência
9	Silva *et al.* (2024a)	Rio Tocantins, em Marabá	Empregar abordagem de múltiplas evidências	Os peixes apresentaram comprometimento biológico acentuado
10	Mandai *et al.* (2024)	Áreas no entorno de barragens	Avaliar desmatamento próximo a UCs e TIs	Houve forte perda florestal após a implantação das barragens
11	Lima *et al.* (2022)	Territórios indígenas	Investigar exposição a agrotóxicos	Foi identificada contaminação da água por agroquímicos
12	Giannini *et al.* (2025)	Floresta Nacional de Carajás	Avaliar serviços ecossistêmicos	Os serviços hidrológicos foram fortemente valorizados
13	Serrão *et al.* (2022)	Bacias paraenses	Modelagem dos processos hidrológicos com SWAT	Mudanças no uso da terra alteraram sedimentos e vazão

Fonte: autoria própria.

Os resultados indicaram que as Unidades de Conservação concentraram os sinais mais consistentes de integridade hidrológica relativa, com destaque para melhor condição de habitat, preservação ripária e maior estabilidade ecológica dos ambientes aquáticos (Brito *et al.*, 2024; Giannini *et al.*, 2025). As Terras Indígenas também apresentaram função protetiva relevante, sobretudo pela manutenção da cobertura florestal e pela capacidade de amortecer alterações da paisagem, embora esse efeito tenha se mostrado vulnerável à pressão fundiária, ao desmatamento e à contaminação externa (Conceição *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2022; Ritter *et al.*, 2025). Em contraste, as áreas não protegidas reuniram os registros mais recorrentes de contaminação, eutrofização, empobrecimento biótico e alteração da dinâmica hidrossedimentológica (Oliveira *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2024a; Serrão *et al.*, 2022).

A comparação entre categorias territoriais evidenciou um gradiente consistente de qualidade ambiental, no qual as Unidades de Conservação ocuparam a condição mais favorável, as Terras Indígenas apresentaram desempenho intermediário a alto, e as áreas não protegidas concentraram o pior quadro hidrológico e ecológico (Brito *et al.*, 2024; Ferreira *et al.*, 2023; Arruda *et al.*, 2024), como sintetizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Síntese comparativa do desempenho hidrológico entre Unidades de Conservação, Terras Indígenas e áreas não protegidas.

Dimensão analisada	Unidades de Conservação	Terras Indígenas	Áreas não protegidas
Cobertura florestal	Alta	Moderada a alta	Baixa
Integridade ripária	Contínua	Geralmente preservada	Fragmentada
Qualidade da água	Boa	Intermediária	Ruim
Contaminação por metais	Muito baixa	Baixa a moderada	Alta
Integridade biológica	Favorável	Intermediária	Comprometida
Vulnerabilidade climática	Crescente	Alta	Severa

Fonte: autoria própria.

Em termos prospectivos, parte dos estudos indicou que a superioridade hidrológica observada em territórios protegidos não elimina sua exposição a riscos futuros, sobretudo em contextos de mudança climática, pressão sobre a vegetação e expansão de grandes empreendimentos no entorno (Arruda *et al.*, 2024; Mandai *et al.*, 2024; Wagner *et al.*, 2024).

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

Assim, embora os resultados confirmem melhor desempenho relativo de Unidades de Conservação e Terras Indígenas na proteção dos sistemas de água doce no Pará, também revelam que essa função depende da permanência da cobertura florestal, da contenção de vetores de degradação e do fortalecimento da governança territorial (Soares-Filho *et al.*, 2023; Arruda *et al.*, 2024; Ritter *et al.*, 2025).

4 DISCUSSÃO

consistente sobre a manutenção de funções hidrológicas e ecológicas nos sistemas de água doce amazônicos, sobretudo quando associada à conservação da cobertura florestal, da estrutura ripária e da heterogeneidade do habitat aquático (Heino *et al.*, 2022; Bănăduc *et al.*, 2022; Jenkins *et al.*, 2025). Esse padrão é coerente com a literatura que relaciona paisagens menos fragmentadas a melhores condições de infiltração, retenção de sedimentos, estabilidade geomorfológica e qualidade da água em bacias hidrográficas tropicais (Singh *et al.*, 2021; Graziano *et al.*, 2022; Serrão *et al.*, 2022). No contexto paraense, a superioridade observada em territórios protegidos sugere que a presença de instrumentos formais de proteção, embora não resolva isoladamente todos os vetores de degradação, ainda constitui elemento central para conter a intensificação de pressões sobre os ambientes aquáticos continentais (Soares-Filho *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024b).

No caso das Unidades de Conservação, os resultados apontam que seu papel hidrológico não se limita à preservação cênica ou florística da paisagem, mas se expressa na conservação de atributos diretamente relacionados ao funcionamento dos cursos d'água e à manutenção da biota aquática (Brito *et al.*, 2024; Giannini *et al.*, 2025). A presença de mata ciliar contínua e de menor perturbação antrópica tende a reduzir a entrada de sedimentos, estabilizar margens, moderar a temperatura da água e ampliar a disponibilidade de micro-habitats, favorecendo a integridade de organismos associados a riachos amazônicos (Singh *et al.*, 2021; Graziano *et al.*, 2022; Brito *et al.*, 2024). Essa interpretação é reforçada por evidências de que a configuração do uso da terra influencia a distribuição de poluentes metálicos e a vulnerabilidade sedimentar em escala de sub-bacia, o que torna a preservação territorial componente decisivo da qualidade ambiental da água doce (Mohammadi *et al.*, 2022; Serrão *et al.*, 2022). Assim, o melhor desempenho relativo das Unidades de Conservação parece decorrer menos da categoria jurídica em si e mais da capacidade concreta de manter processos ecológicos que seriam rapidamente degradados em contextos de ocupação mais intensiva da paisagem (Soares-Filho *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024b).

As Terras Indígenas também emergem da revisão como espaços de elevada relevância hidrológica, especialmente porque ainda conservam extensos blocos florestais e, em muitos casos, preservam a continuidade funcional entre ecossistemas terrestres e aquáticos (Ritter *et al.*, 2025; Sze *et al.*, 2022). Essa condição amplia sua importância não apenas para a biodiversidade, mas também para a estabilidade dos fluxos ecológicos que sustentam os sistemas de água doce amazônicos em escala regional (Ritter *et al.*, 2025; Mardegan *et al.*, 2025). Entretanto, os estudos revisados mostram que a proteção conferida por esses territórios tem sido progressivamente tensionada por desmatamento, ocupação ilegal, pressão fundiária e contaminação oriunda de atividades econômicas desenvolvidas em seu entorno imediato ou em áreas hidrologicamente conectadas (Conceição *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2022; Damiani *et al.*, 2023). Isso significa que a efetividade hidrológica das Terras Indígenas não depende apenas de seu reconhecimento formal, mas da capacidade estatal e territorial de restringir vetores externos de degradação e de assegurar condições políticas e institucionais mínimas para sua proteção contínua (Froese *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2024; Ritter *et al.*, 2025).

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

A situação das áreas não protegidas, por outro lado, evidencia com maior nitidez os efeitos cumulativos da intensificação do uso da terra sobre a água doce paraense (Ferreira *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024a). Nos ambientes influenciados por mineração, por exemplo, a elevação de ferro, manganês e alumínio indica não apenas contaminação química, mas potencial comprometimento de cadeias tróficas, organismos bentônicos e peixes, sobretudo quando a degradação físico-química se associa à simplificação do habitat e à redução da qualidade ecológica dos corpos hídricos (Ferreira *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2024a). Em sistemas sob influência agrícola, a presença de agrotóxicos em água superficial e subterrânea sugere um padrão de exposição difusa que extrapola os limites imediatos das áreas produtivas e alcança territórios formalmente protegidos, inclusive Terras Indígenas, o que reforça a insuficiência de análises que tratam a paisagem de modo compartimentado (Damiani *et al.*, 2023; Brain; Prosser, 2022; Shortle *et al.*, 2021). Já em ambientes represados ou submetidos a forte alteração hidrológica, como Tucuruí, a ocorrência de eutrofização em zonas específicas revela que a degradação da água pode assumir formas espacialmente heterogêneas, exigindo abordagens integradas de monitoramento e gestão (Oliveira *et al.*, 2020; Bănăduc *et al.*, 2022).

Outro aspecto importante revelado pela literatura analisada é que a degradação hidrológica na Amazônia oriental não decorre de um único fator isolado, mas da convergência entre mineração, expansão agropecuária, barramentos, desmatamento e fragilização da governança territorial (Ferreira *et al.*, 2023; Damiani *et al.*, 2023; Mandai *et al.*, 2024). Esse caráter cumulativo amplia a vulnerabilidade dos sistemas aquáticos porque reduz a capacidade de recuperação da paisagem e impõe pressões simultâneas sobre água, solo, vegetação e organismos aquáticos (Bănăduc *et al.*, 2022; Jenkins *et al.*, 2025). Por essa razão, a leitura comparativa dos estudos reforça que a qualidade da água não deve ser interpretada apenas por parâmetros físico-químicos isolados, mas por um conjunto integrado de respostas ecológicas, biológicas e territoriais capazes de refletir a complexidade do funcionamento ambiental amazônico (Heino *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2024a; Oliveira *et al.*, 2025).

A discussão também mostra que a existência de territórios protegidos, embora fundamental, não deve ser tomada como garantia definitiva de estabilidade hidrológica em cenários futuros (Arruda *et al.*, 2024; Wagner *et al.*, 2024). As projeções climáticas indicam que alterações na vegetação, secas mais severas e reorganização dos fluxos hidrológicos poderão atingir tanto áreas protegidas quanto Terras Indígenas, reduzindo sua resiliência e ampliando a exposição de rios, igarapés e lagos a condições ambientais mais extremas (Arruda *et al.*, 2024; Mello *et al.*, 2025; Wagner *et al.*, 2024). Esse quadro exige compreender a conservação da água doce não apenas como questão fundiária ou jurídica, mas como agenda integrada de monitoramento, gestão adaptativa, fiscalização ambiental e incorporação explícita da dimensão climática no planejamento territorial amazônico (Soares-Filho *et al.*, 2023; Arruda *et al.*, 2024; Ritter *et al.*, 2025).

Em síntese, os achados desta revisão sustentam que Unidades de Conservação e Terras Indígenas atuam como componentes territoriais decisivos para amortecer a degradação hidrológica no Pará, ainda que esse efeito varie conforme o contexto de pressão antrópica e a capacidade de governança associada a cada território (Brito *et al.*, 2024; Lima *et al.*, 2022; Conceição *et al.*, 2021). A superioridade relativa desses espaços frente às áreas não protegidas não elimina suas fragilidades, mas evidencia que, sem eles, a tendência de perda de qualidade da água, de simplificação ecológica e de intensificação da vulnerabilidade hídrica regional seria provavelmente ainda mais acentuada (Ferreira *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2024a; Arruda *et al.*, 2024). À luz do conjunto analisado, fortalecer a proteção efetiva desses territórios representa não apenas uma medida de conservação da biodiversidade, mas uma estratégia concreta de segurança hídrica e estabilidade

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

socioecológica para a Amazônia oriental brasileira (Jenkins *et al.*, 2025; De Benedicto *et al.*, 2025; Ritter *et al.*, 2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão evidenciou que Unidades de Conservação e Terras Indígenas apresentam melhor desempenho hidrológico que áreas não protegidas no Pará, com melhores condições de integridade ambiental, menor contaminação e maior estabilidade dos sistemas de água doce. Ainda assim, a manutenção dessas funções depende da conservação da cobertura florestal, da proteção das áreas ripárias e do enfrentamento efetivo das pressões associadas ao desmatamento, à mineração, à expansão agropecuária e à ocupação irregular. Desse modo, a proteção desses territórios permanece essencial para a segurança hídrica regional, mas sua eficácia está diretamente condicionada à governança, à fiscalização e ao monitoramento ambiental contínuo.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, Daniel Meira *et al.* **Amazonian vegetation types and indigenous lands threatened by upcoming climate change: Forecast impact for Brazilian biomes**. **Austral Ecology** John Wiley and Sons Inc, , 2024. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85160085643&doi=10.1111%2Faec.13369&partnerID=40&md5=6703883b47914661f7005bad1a13034b>

BĂNĂDUC, Doru *et al.* Freshwater as a Sustainable Resource and Generator of Secondary Resources in the 21st Century: Stressors, Threats, Risks, Management and Protection Strategies, and Conservation Approaches. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, p. 16570, jan. 2022.

BENEDICTO, Samuel Carvalho De *et al.* Integrating Strategies Aimed at Biodiversity and Water Resource Sustainability in the Amazonian Region. **Sustainability**, v. 17, n. 9, p. 4010, jan. 2025.

BRAIN, Richard Aaron; PROSSER, Ryan Scott. Human induced fish declines in North America, how do agricultural pesticides compare to other drivers? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 44, p. 66010–66040, 1 set. 2022.

BRITO, Joás Silva *et al.* **The importance of national parks in maintaining the habitat integrity and diversity of Odonata species in Amazonian streams**. **Journal of Insect Conservation**Springer Nature, , 2024.

CAVALCANTE, Rosane Barbosa Lopes *et al.* Multicriteria approach to prioritize forest restoration areas for biodiversity conservation in the eastern Amazon. **Journal of Environmental Management**, v. 318, p. 115590, 2022.

CONCEIÇÃO, Katyanne V. *et al.* **Government policies endanger the indigenous peoples of the Brazilian Amazon**. **Land Use Policy**Elsevier Ltd, , 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111576580&doi=10.1016%2Fj.landusepol.2021.105663&partnerID=40&md5=89235e7bcfc44ebcd5e72878bb429b9d>. Acesso em: 7 nov. 2025

COSTA, Francisco de Assis *et al.* Complex, diverse and changing agribusiness and

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

livelihood systems in the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 54, p. e54es22096, 2024.

DAMIANI, Sandra *et al.* Water and sediment pesticide contamination on indigenous lands surrounded by oil palm plantations in the Brazilian Amazon. **Heliyon**, v. 9, n. 10, p. e19920, 2023.

FERREIRA, Danieli Mara *et al.* Modeling transport and fate of metals for risk assessment in the Parauapebas river. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 102, p. 107209, 2023.

FLEISCHMANN, Ayan *et al.* Unprecedented social-ecological impacts of the 2023 extreme drought in the central Amazon. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 41239, 21 nov. 2025.

FROESE, Rebecca *et al.* Conflicts over Land as a Risk for Social-Ecological Resilience: A Transnational Comparative Analysis in the Southwestern Amazon. **Sustainability**, v. 14, n. 11, p. 6520, jan. 2022.

GIANNINI, Tereza Cristina *et al.* Measuring the natural capital of Amazonian forests: A case study of the National Forest of Carajás, Brazil. **Ecosystem Services**, v. 74, p. 101734, 2025.

GRAZIANO, Michael P.; DEGUIRE, Amanda K.; SURASINGHE, Thilina D. Riparian Buffers as a Critical Landscape Feature: Insights for Riverscape Conservation and Policy Renovations. **Diversity**, v. 14, n. 3, p. 172, mar. 2022.

HEINO, Jani *et al.* Assessing the conservation priority of freshwater lake sites based on taxonomic, functional and environmental uniqueness. **Diversity and Distributions**, v. 28, n. 9, p. 1966–1978, 2022.

JENKINS, Clinton N. *et al.* Global importance of Amazonian freshwaters. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. n/a, n. n/a, p. e2868, 2025.

KAWAKAMI, Silvia K. *et al.* Background of persistent organic pollutants in estuarine sediments from the Marajó Island, an Amazonian environmental protection area for sustainable use. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 57, p. 65481–65495, 1 dez. 2024.

LIMA, Francco Antonio Neri de Souza e; CORRÊA, Marcia Leopoldina Montanari; GUGELMIN, Silvia Angela. Territórios indígenas e determinação socioambiental da saúde: discutindo exposições por agrotóxicos. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 28–44, 2022.

MARDEGAN, Alexssandra Muniz; LOPES, Josélia Leontina de Barros; MANAÇAS, Mirtes Emília Almeida. O papel das terras indígenas na Amazônia legal para o desenvolvimento sustentável. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 1, p. 211, 2025.

MELACK, John M. *et al.* Regionalization of methane emissions in the Amazon Basin with microwave remote sensing. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 530–544, 2004.

MELACK, John M.; COE, Michael T. Amazon floodplain hydrology and implications for aquatic conservation. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 5, p. 1029–1040, 2021.

MELLO, Carlos R. *et al.* Mitigating severe hydrological droughts in the Brazilian tropical

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

high-land region: A novel land use strategy under climate change. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 13, n. 3, p. 627–643, 1 set. 2025.

MEYBECK, Alexandre *et al.* Natural resources management for resilient inclusive rural transformation. **Global Food Security**, v. 42, p. 100794, 2024.

MOHAMMADI, M. *et al.* How does land use configuration influence on sediment heavy metal pollution? Comparison between riparian zone and sub-watersheds. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 36, n. 3, p. 719–734, 1 mar. 2022.

OLIVEIRA, Terezinha Ferreira de *et al.* Using hydrodynamic and water quality variables to assess eutrophication in a tropical hydroelectric reservoir. **Journal of Environmental Management**, v. 256, p. 109932, 2020.

OLIVEIRA, J. S. *et al.* Adaptation of the biotic index for macroinvertebrates in tributaries of the Itacaiúnas River. **Limnologica**, v. 111, p. 126239, 1 mar. 2025.

OUZZANI, Mourad *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 5, n. 1, p. 210, 5 dez. 2016.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. n71, 29 mar. 2021.

RIBAS, Camila C. *et al.* The role of rivers in the origin and future of Amazonian biodiversity. **Nature Reviews Biodiversity**, v. 1, n. 1, p. 14–31, jan. 2025.

RITTER, Camila Duarte *et al.* Indigenous territories and protected areas are crucial for ecosystem connectivity in the Amazon basin. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 122, n. 31, p. e2418189122, 5 ago. 2025.

SERRÃO, Edivaldo Afonso de Oliveira *et al.* Impacts of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield determined using the SWAT model. **International Journal of Sediment Research**, v. 37, n. 1, p. 54–69, 2022.

SHORTLE, James; OLLIKAINEN, Markku; IHO, Antti. Agricultural Land Use, Production, and Water Quality. *In*: SHORTLE, James; OLLIKAINEN, Markku; IHO, Antti (Orgs.). **Water Quality and Agriculture: Economics and Policy for Nonpoint Source Water Pollution**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 75–132.

SILVA, Daniel C. V. R. *et al.* A multi-evidence approach in an Amazonian river based on land use, water quality, histopathological effects and habitat selection behavior in fish. **Chemosphere**, v. 361, p. 142492, 2024a.

SILVA, Thiago Henrique Costa *et al.* Para além do papel: estudo das unidades de conservação brasileiras. **Interações**, p. e2523911–e2523911, 19 jun. 2024b.

SINGH, Rinku; TIWARI, A. K.; SINGH, G. S. Managing riparian zones for river health improvement: an integrated approach. **Landscape and Ecological Engineering**, v. 17, n. 2, p. 195–223, 1 abr. 2021.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira *et al.* Contribution of the Amazon protected areas program to forest conservation. **Biological Conservation**, v. 279, p. 109928, 1 mar. 2023.

Jan-Dez/2026, v1., n.9
e-ISSN: **2675-2956**
DOI: https://doi.org/10.65573/rescx.v1n9.0039

SZE, Jocelyne S. *et al.* Indigenous lands in protected areas have high forest integrity across the tropics. **Current Biology**, v. 32, n. 22, p. 4949- 4956.e3, 21 nov. 2022.

WAGNER, Fabien H. *et al.* The Amazon's 2023 Drought: Sentinel-1 Reveals Extreme Rio Negro River Contraction. **Remote Sensing**, v. 16, n. 6, p. 1056, jan. 2024.

WEI, Linyong *et al.* Fusion of gauge-based, reanalysis, and satellite precipitation products using Bayesian model averaging approach: Determination of the influence of different input sources. **Journal of Hydrology**, v. 618, p. 129234, 1 mar. 2023.

ZANIN, Paulo Rodrigo *et al.* Do protected areas enhance surface water quality across the Brazilian Amazon? **Journal for Nature Conservation**, v. 81, p. 126684, 1 set. 2024.