XV ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI ALICANTE - ESPANHA

DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIETALISMO II

CAROLINA MEDEIROS BAHIA

GABRIELA SOLDANO GARCEZ

Copyright © 2026 Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria – CONPEDI
Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU – São Paulo
Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC – Santa Catarina
Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa – Pará
Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG – Goiás
Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos – Rio Grande do Sul
Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio – Rio de Janeiro
Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:
Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão
Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais
Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Fernando Passos – UNIARA - São Paulo
Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo
Secretarias
Relações Institucionais:
Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná
Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia
Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal
Comunicação:
Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina
Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe
Relações Internacionais para o Continente Americano:
Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão
Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM – São Paulo
Relações Internacionais para os demais Continentes:
Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará
Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul
Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI – Santa Catarina
Educação Jurídica
Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR
Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP
Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello – UFMS – MS
Eventos:
Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo
Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina
Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial
Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ
Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB
Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG
Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito ambiental, agrário e socioambientalismo II[Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Carolina Medeiros Bahia; Gabriela Soldano Garcez.– Florianópolis: CONPEDI, 2026.

Inclui bibliografia
ISBN: 978-65-5274-679-5
Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações
Tema: Meio ambiente e sustentabilidade: perspectivas globais e locais na agenda 2030

2. Direito ambiental. 3. Socioambientalismo. XV Encontro Internacional do CONPEDI Alicante - Espanha (1: 2026: Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



Conselho Nacional de Pesquisa
e Pós-Graduação em Direito Florianópolis
Santa Catarina – Brasil
www.conpedi.org.br

XV ENCONTRO INTERNACIONAL DO CONPEDI ALICANTE - ESPANHA

DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIETALISMO II

Apresentação

APRESENTAÇÃO - Grupo de Trabalho “Direito Ambiental, Agrário e Socioambientalismo II”

O XV Encontro Internacional do CONPEDI ocorreu entre os dias 27, 28 e 29 de maio de 2026, na cidade de Alicante, Espanha, consolidando um espaço de reflexão e diálogo crítico sobre a ciência.

Nesse sentido, o Grupo de Trabalho denominado “Direito Ambiental, Agrário e Socioambientalismo II” abriu espaço para apresentação (e posterior publicação) de artigos de pesquisadores (docentes e discentes) espalhados por várias regiões do Brasil e de outros países, representando um significativo fortalecimento do debate das questões e dos e dos desafios atuais socioambientais.

Foram 16 pesquisas apresentadas que abordaram relevantes temáticas, representando a qualidade e profundidade das respectivas pesquisas.

O 1º trabalho, intitulado “O ACORDO DE ESCAZÚ E OS DESAFIOS DA PROTEÇÃO DE DEFENSORES DE DIREITOS HUMANOS AMBIENTAIS NO VALE DO JAVARI DIANTE DO GARIMPO ILEGAL”, de Cássio André Borges dos Santos, Brainer Rian de Souza Arevalo, Katrine Castro Sarmento, analisou de forma específica a aplicação dos princípios contidos no Acordo de Escazú para o caso concreto do Vale do Rio Javari, considerando as particularidades da região no que se refere a presença do garimpo.

O 2º trabalho, com o título de “DA DESIGUALDADE CLIMÁTICA À GARANTIA DE PROTEÇÃO: DESAFIOS JURÍDICOS, SOCIAIS E ÉTICOS PARA A SOBREVIVÊNCIA DA HUMANIDADE”, elaborado por Valéria Giumelli Canestrini, Denise S. S. Garcia, analisou a desigualdade climática, e os desafios jurídicos e estruturais da distribuição social dos riscos em face dos mais vulneráveis.

Já o 3º trabalho, intitulado “A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E A DESCARBONIZAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: O HIDROGÊNIO VERDE À LUZ DO DIREITO CONSTITUCIONAL ECOLÓGICO”, de Andreza Maria Nascimento De Mattos,

Fabricio Vasconcelos de Oliveira, Jimmy Souza Do Carmo, abordou a imprescindibilidade da transição energética para a construção de um modelo de desenvolvimento sustentável.

Na sequência, o 4º trabalho, com o título: "ACORDO DE PARIS E A PARTICIPAÇÃO DAS ONGS ENQUANTO NON-PARTY STAKEHOLDERS: APONTAMENTOS À LUZ DA SOCIOLOGIA COSMOPOLITA DE ULRICH BECK E DA TEORIA DO MULTILATERALISMO HÍBRIDO", de Guilherme Edson Merege de Mello Cruz Pinto, Norma Sueli Padilha, qualificou a participação das ONGS conforme o Acordo de Paris, num cenário de Sociedade de Risco.

O 5º trabalho sobre: "A TECNOLOGIA ASEC COMO INSTRUMENTO DE EFETIVAÇÃO DO ZERO LIQUID DISCHARGE (ZLD): ANÁLISE À LUZ DO GREEN DEAL EUROPEU E DA AGENDA 2030", de Idel Profeta Ribeiro, abordou a inovadora tecnologia de Evaporação Sônica Adiabática e Cristalização (ASEC).

O 6º trabalho com o título "A PROTEÇÃO JURÍDICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AMAZÔNIA: DESAFIOS REGULATÓRIOS E A GOVERNANÇA DO SISTEMA AQUÍFERO GRANDE AMAZÔNIA", de Verônica Maria Félix Da Silva, Rejane da S. Viana, abordou a importância da proteção do Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA), através de um sistema de governança.

Já o 7º trabalho, sobre: "A METAMORFOSE DA SOBERANIA AMBIENTAL: A LEX SPORTIVA COMO VETOR DE GOVERNANÇA CLIMÁTICA TRANSNACIONAL E A EXPERIÊNCIA DO GRANDE PRÊMIO DE SÃO PAULO", de Abner Batista David, Patricia Ayub da Costa, Kallyanne Yukaren Okada, utilizou da Fórmula 1 e do Grande Prêmio de São Paulo (2024–2025) como estudo de caso para avaliar a eficácia da Regulação Privada Transnacional (TPR) na mitigação das mudanças climáticas.

Na sequência, o 8º trabalho, com o título "A DISTRIBUIÇÃO DE COMPETÊNCIAS AMBIENTAIS E A DESCENTRALIZAÇÃO DO PODER POLÍTICO: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MODELOS CONSTITUCIONAIS DO BRASIL E DA ESPANHA", de Marcos Fey Probst, Alice Francisco da Cruz, comparou a distribuição de competências ambientais nos sistemas constitucionais do Brasil e da Espanha.

O 9º trabalho sobre "O ESTADO DE COISAS INCONSTITUCIONAL EM MATÉRIA AMBIENTAL NA JURISDIÇÃO CONSTITUCIONAL BRASILEIRA", de Gerson Luiz Martins Dos Santos, Cássio André Borges dos Santos, buscou estudar o instituto do estado de coisas inconstitucional, conectando-o com a disciplina ambiental.

Já o 10º trabalho, sobre o tema: “TERRITÓRIOS SEGUROS E MOBILIDADE HUMANA EM TEMPOS DE EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: REFLEXÕES A PARTIR DO REENVIO PREJUDICIAL DO TRIBUNAL DE BOLONHA À UNIÃO EUROPEIA”, de Sabrina Lehnen Stoll, Rogerio Borba, demonstrou como o deslocamento humano em virtude das mudanças climáticas é, atualmente, um dos principais desafios globais.

O 11º trabalho, com o título: “BIG TECHS E ESG: A RESPONSABILIDADE JURÍDICA DIANTE DOS RISCOS DE GREENWASHING EM MATÉRIA AMBIENTAL”, de Rogerio Borba, Eduarda Lopes Bolela, procura analisar a necessidade de uma nova estrutura de responsabilidade para as Big Techs, diante da insuficiência ambiental do marco regulatório atual.

Na sequência, o 12º trabalho, “ALÉM DA DEMOCRACIA REPRESENTATIVA: O PAPEL DA GOVERNANÇA DELIBERATIVA PARA A CONCRETIZAÇÃO DOS OBJETIVOS DA AGENDA 2030”, de Marcos Felipe de Assis Ribeiro, Gabriela Soldano Garcez, Angela Limongi Alvarenga Alves, buscou analisar a importância da democracia deliberativa para alcançar os marcos da Agenda 2030.

O 13º trabalho, “AS EXTERNALIDADES AMBIENTAIS GERADAS PELOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS”, de Valmir César Pozzetti, Marie Joan Nascimento Ferreira, José Alcides Queiroz Lima, analisa as mazelas dos alimentos transgênicos nas mais diversas espécies de meio ambiente.

Já o 14º trabalho, com o título “DRAGAGEM DE HIDROVIAS NA AMAZÔNIA À LUZ DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO NO CASO DO RIO TAPAJÓS”, de Alcemir Filomeno Pinto, Anne Vitória Santiago Morais do Nascimento, Marie Joan Nascimento Ferreira, analisou o papel do licenciamento como instrumento de efetivação da precaução ambiental, conectando-a a temática com as atividades de dragagem no rio Tapajós.

O 15º trabalho, sobre “A INVISIBILIDADE DA AMAZÔNIA URBANA E A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MANAUS NO CONSTITUCIONALISMO AMBIENTAL BRASILEIRO”, de Darcilene Davies Lopes Dourado, Alcemir Filomeno Pinto, Glaucia Maria de Araújo Ribeiro, interpretou os desafios da proteção constitucional brasileira para a realidade ambiental urbana amazônica.

Por fim, o 16º trabalho, “A ATUALIDADE DA JUSTIÇA CLIMÁTICA NO BRASIL: ENTRE VULNERABILIDADE URBANA, RACISMO CLIMÁTICO E INSUFICIÊNCIA REGULATÓRIA”, de Maria Fernanda Leal Maymone, Angela Limongi Alvarenga Alves,

Maria Érica Batista dos Santos, avaliou a efetividade das políticas públicas ambientais brasileiras à luz da justiça climática.

Assim, de forma crítica, todos os trabalhos deste Grupo evidenciam a importância da temática ambiental no Brasil e no mundo, demonstrando o papel estratégico da sustentabilidade na busca por justiça socioambiental para as presentes e futuras gerações.

Desejamos a todas e todos uma excelente leitura!

Junho/2026

Coordenadoras:

• Profª drª Carolina Medeiros Bahia - Universidade Federal de Santa Catarina

• Profª drª Gabriela Soldano Garcez - Universidade Católica de Santos - UNISANTOS

A PROTEÇÃO JURÍDICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AMAZÔNIA: DESAFIOS REGULATÓRIOS E A GOVERNANÇA DO SISTEMA AQUÍFERO GRANDE AMAZÔNIA

THE LEGAL PROTECTION OF GROUNDWATER IN THE AMAZON: REGULATORY CHALLENGES AND THE GOVERNANCE OF THE GREATER AMAZON AQUIFER SYSTEM

Verônica Maria Félix Da Silva
Rejane da S. Viana

Resumo

O presente estudo analisa a proteção jurídica das águas subterrâneas na Amazônia , com enfoque na governança do Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA), uma das maiores reservas de água doce do planeta. A pesquisa parte do reconhecimento da complexidade hidrogeológica do subsolo amazônico, evidenciada por estudos científicos que demonstram a existência de fluxos hídricos profundos e interconectados, afastando a concepção de um sistema estático. O problema central reside no descompasso entre essa dinâmica natural e o modelo jurídico vigente, marcado pela fragmentação do domínio hídrico entre União e Estados, o que compromete a efetividade da proteção normativa. O objetivo é avaliar a suficiência do arcabouço jurídico brasileiro diante da complexidade do SAGA, especialmente no que se refere à gestão integrada, à segurança hídrica e à preservação ambiental. A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza teórico-dogmática, orientada pelo método dedutivo, estruturando-se na análise crítica e sistemática do ordenamento jurídico, em diálogo com a complexidade hidrogeológica e socioambiental que permeia a governança das águas subterrâneas na Amazônia Legal. Conclui-se que a atual estrutura regulatória é insuficiente para lidar com a dimensão sistêmica e transfronteiriça do aquífero, sendo necessária a construção de um modelo de governança hídrica integrado, orientado pelos princípios da precaução, da função socioambiental e da justiça hídrica.

Palavras-chave: Palavras-chave: águas subterrâneas, Amazônia, Direito ambiental, Governança hídrica, Segurança hídrica

Abstract/Resumen/Résumé

This study analyzes the legal protection of groundwater in the Amazon, focusing on the governance of the Great Amazon Aquifer System (SAGA), one of the largest freshwater reserves on the planet. The research begins with the recognition of the hydrogeological complexity of the Amazonian subsoil, evidenced by scientific studies that demonstrate the existence of deep and interconnected water flows, thus challenging the conception of a static system. The central problem lies in the mismatch between this natural dynamic and the current legal model, marked by the fragmentation of water resources between the Federal Government and the States, which compromises the effectiveness of normative protection.

The objective is to evaluate the sufficiency of the Brazilian legal framework in the face of the complexity of SAGA, especially regarding integrated management, water security, and environmental preservation. The research adopts a qualitative approach, of a theoretical-dogmatic nature, guided by the deductive method, structured on the critical and systematic analysis of the legal system, in dialogue with the hydrogeological and socio-environmental complexity that permeates the governance of groundwater in the Legal Amazon. It is concluded that the current regulatory framework is insufficient to address the systemic and transboundary dimension of the aquifer, making it necessary to build an integrated water governance model guided by the principles of precaution, socio-environmental function, and water justice.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Keywords: groundwater, Amazon, Environmental law, Water governance, Water security

1.INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira representa o epicentro da segurança hídrica global, abrigando não apenas a maior bacia hidrográfica superficial do mundo, mas também o colossal Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA). Este reservatório subterrâneo constitui uma reserva estratégica de água doce que transcende fronteiras estaduais e nacionais. No entanto, o tratamento jurídico dispensado a esse patrimônio ainda padece de uma visão fragmentada, que ignora a complexidade hidrogeológica revelada por estudos científicos. Pesquisas de ponta indicam que o subsolo amazônico não é um depósito estático, mas um sistema dinâmico de fluxos profundos que interconectam diversos ecossistemas e sustentam a resiliência da floresta tropical.

O problema central que motiva esta pesquisa reside na "dualidade do domínio hídrico" estabelecida pela Constituição Federal de 1988. Ao atribuir aos Estados a propriedade das águas subterrâneas (Art. 26, I) e à União o domínio sobre os recursos minerais (Art. 20, IX), o ordenamento jurídico cria um cenário de potencial insegurança regulatória e conflitos de competência. Essa fragmentação administrativa é particularmente grave na Amazônia, onde a ausência de uma gestão integrada e sistêmica compromete a efetividade das normas de proteção e dificulta a implementação de políticas públicas .

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficácia da proteção jurídica das águas subterrâneas na Amazônia Legal, identificando como os desafios regulatórios impactam a preservação e a governança do SAGA. Busca-se examinar os limites da autonomia estadual frente à necessidade de uma gestão coordenada nacionalmente, propondo caminhos para um modelo de governança que reconheça a água subterrânea como recurso de segurança estratégica e ambiental.

A pesquisa reside na demonstração de que a gestão hídrica no subsolo amazônico exige uma nova racionalidade jurídica, pautada na cooperação federativa e na superação

do isolamento normativo. A justiça hídrica demanda que a proteção desses recursos seja tratada de forma transfronteiriça, assegurando a sustentabilidade para as futuras gerações.

A presente pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza teórico-dogmática, orientada pelo método dedutivo, partindo da análise de normas constitucionais, infraconstitucionais e diretrizes internacionais para avaliar sua adequação à complexidade hidrogeológica do Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA). No plano procedimental, fundamenta-se em revisão bibliográfica especializada nas áreas de Direito Ambiental, Constitucional e governança hídrica, ademais, realiza-se análise de diplomas normativos, como a Constituição Federal de 1988 e a Lei nº 9.433/1997 e resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

O presente artigo estrutura-se em quatro seções interdependentes. Inicialmente, analisa-se a magnitude hidrogeológica do Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA), com base em evidências científicas que demonstram sua natureza dinâmica e integrada. Em seguida, examina-se o arcabouço jurídico nacional, com ênfase na dualidade do domínio hídrico e seus impactos sobre a governança das águas subterrâneas. Na terceira seção, discute-se a crise da governança hídrica na Amazônia, evidenciando limitações normativas e institucionais à luz da doutrina ambiental contemporânea. Por fim, aborda-se a inserção do SAGA na geopolítica dos recursos naturais.

2 A MAGNITUDE DO SUBSOLO AMAZÔNICO: O GIGANTE SAGA

A compreensão da riqueza hídrica da Amazônia passou por uma profunda inflexão epistemológica, consolidando o Sistema Aquífero Grande Amazônia como o maior reservatório de água doce do planeta. Superando a visão tradicional focada apenas na rede hidrográfica superficial, evidências geocientíficas demonstram que a verdadeira fronteira estratégica encontra-se no subsolo, em um megassistema de proporções continentais que abrange uma área de aproximadamente 1.305.000 km² em território brasileiro (Abreu et al., 2013a, 2013b).

Do ponto de vista litoestratigráfico, o SAGA não é uma unidade isolada, mas um complexo hidrológico formado por unidades sedimentares depositadas entre o Cretáceo e o Cenozoico. O sistema é composto primordialmente pelas Formações Içá (porção superior, com até 300 metros de espessura) e Alter do Chão (porção profunda, que atinge até 1.250 metros de espessura na Bacia do Amazonas) (Abreu et al., 2013; Duarte et al., 2019). Esta configuração garante um armazenamento colossal estimado em 162.520 km³

de água doce, volume que supera em cerca de 3,5 vezes o do Aquífero Guarani (Abreu et al., 2013; Gastmans et al., 2021).

A robustez deste "gigante invisível" revela-se na distribuição volumétrica por suas bacias sedimentares, evidenciando uma riqueza hídrica sem paralelos:

Tabela 1- Bacias componentes do SAGA

Bacia	Reservas (Km³)
Acre	23.960
Solimões	25.950
Amazonas	37.900
Marajó	74.710
Total	**162.520**

Disponível em : <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27831/18054

A Formação Alter do Chão destaca-se como o coração pulsante deste sistema. Composta por arenitos de granulometria fina a média e elevada porosidade (entre 25% e 30%), a formação apresenta uma produtividade excepcional, com vazões de poços que podem atingir 450 m³/h, como observado na região de Santarém (Abreu et al., 2013; Pita et al., 2018). Em Manaus, a espessura saturada média de 175 metros sustenta fluxos subterrâneos vitais que garantem a perenidade dos rios mesmo em períodos de estiagem extrema, configurando uma reserva estratégica de resiliência climática (Brito et al., 2021; Pita et al., 2018).

Além da magnitude quantitativa, a qualidade hidroquímica das águas do SAGA reforça sua relevância geopolítica. Estudos de isótopos estáveis indicam águas com tempos de residência de até 21.380 anos na Bacia do Amazonas, revelando um sistema protegido por camadas geológicas que garantem baixos teores de sais dissolvidos e proteção contra contaminantes superficiais (Gastmans et al., 2021; Pita et al., 2018). Esta condição torna o SAGA um ativo ambiental de valor incalculável frente à crescente escassez de água potável no cenário global.

Em síntese, o SAGA deve ser compreendido como o pilar central da segurança hídrica do século XXI. Sua proteção exige modelos de gestão que integrem o conhecimento geológico à governança territorial, assegurando que a explotação deste recurso respeite as taxas de recarga natural e preserve a integridade deste imenso patrimônio subsuperficial brasileiro (Abreu et al., 2013; Galvão et al., 2023).

3.1A CONTRIBUIÇÃO DE ELIZABETH PIMENTEL: A DESCOBERTA DO RIO INVISÍVEL HANSA NA AMAZÔNIA

A compreensão científica da hidrogeologia sul-americana foi profundamente impactada pela conclusão da tese de doutorado de Elizabeth Tavares Pimentel, desenvolvida sob a orientação do Professor Valiya Mannathal Hamza no Observatório Nacional, Rio de Janeiro (Pimentel et al., 2011; Pimentel & Hamza, 2013). O trabalho, intitulado "Fluxo de Água Subterrânea no Sistema Aquífero Amazonas", não apenas identificou um fenômeno de escala continental, mas estabeleceu um novo paradigma para o balanço hídrico da região amazônica, revelando a existência de um sistema de fluxo hídrico subterrâneo que corre em paralelo ao Rio Amazonas (Pimentel et al., 2011). Este sistema, que se convencionou denominar "Rio Hamza" em uma justa homenagem acadêmica de Pimentel ao seu orientador, representa uma das mais significativas descobertas das geociências brasileiras no século XXI, unindo rigor geofísico a uma visão integrada dos ciclos hidrológicos profundos (Pimentel & Hamza, 2013).

A base metodológica da pesquisa de Pimentel destaca-se pela robustez e pelo uso criativo de dados pré-existentes da indústria petrolífera. A pesquisadora analisou meticulosamente informações de temperatura de fundo de poço provenientes de 241 perfurações realizadas pela Petrobras nas décadas de 1970 e 1980 (Pimentel et al., 2011). Esses poços, distribuídos ao longo das bacias sedimentares do Acre, Solimões, Amazonas e Marajó, haviam sido perfurados originalmente para a exploração de hidrocarbonetos, mas continham dados térmicos valiosos que permitiram a Pimentel investigar o gradiente geotérmico da região (Pimentel et al., 2011). O rigor acadêmico da tese reside na aplicação do método de Bredehoeft e Papadopulos, uma técnica clássica da hidrologia de águas subterrâneas que permite inferir o fluxo de fluidos a partir de desvios no gradiente de temperatura (Pimentel et al., 2011). Ao constatar que a distribuição de calor no subsolo amazônico não seguia um padrão meramente condutivo, Pimentel demonstrou que o

transporte de calor ocorria por convecção forçada, evidenciando o movimento de massas de água em larga escala no subsolo (Pimentel et al., 2011).

As dimensões do sistema identificado são monumentais e justificam a classificação da descoberta como um marco científico. O fluxo subterrâneo estende-se por aproximadamente 6.000 quilômetros, partindo das encostas orientais da Cordilheira dos Andes e atravessando todo o território amazônico até alcançar a margem continental do Oceano Atlântico (Pimentel et al., 2011). Esse movimento de água ocorre em profundidades de cerca de 4.000 metros, percorrendo camadas sedimentares profundas da crosta terrestre (Pimentel et al., 2011). Em termos de largura, o sistema Hamza apresenta uma escala que supera o rio superficial em diversos trechos, atingindo entre 200 e 400 quilômetros de amplitude (Pimentel et al., 2011). Embora o fluxo ocorra em velocidades muito baixas características de águas subterrâneas que fluem através de meios porosos e permeáveis a magnitude da descarga é impressionante. Pimentel calculou que a vazão média anual deste sistema é de aproximadamente 3.000 a 4.000 metros cúbicos por segundo (Pimentel et al., 2011). Para fins de comparação, esse volume representa cerca de 3% da vazão total do Rio Amazonas, sendo, isoladamente, superior à vazão de muitos rios perenes de grande porte no Brasil e no mundo (Pimentel et al., 2011; Pimentel & Hamza, 2013).

A nomenclatura "Rio Hamza" foi proposta pela doutoranda como um reconhecimento à trajetória de Valiya Hamza, geofísico de renome internacional que dedicou décadas ao estudo do fluxo de calor terrestre e cujas teorias foram fundamentais para a interpretação dos dados (Pimentel et al., 2011). Na tradição acadêmica, nomear uma descoberta em homenagem ao mentor é um gesto que simboliza a continuidade da linhagem científica e a validação de uma linha de pesquisa pioneira. No entanto, é importante ressaltar que a utilização do termo "rio" é frequentemente debatida na comunidade hidrológica. Tecnicamente, o sistema Hamza não é um rio de canal aberto, mas sim um fluxo regional de água subterrânea em meio poroso (Pimentel & Hamza, 2013). O uso da metáfora do rio, contudo, cumpriu o papel essencial de comunicar a natureza dinâmica e direcional desse movimento hídrico, diferenciando-o de aquíferos estáticos tradicionais e destacando a conectividade transcontinental do fluxo (Pimentel et al., 2011).

A descoberta de Elizabeth Pimentel não se encerrou com a defesa de sua tese, mas abriu um vasto campo de investigação que permanece ativo até os dias atuais. O impacto desses estudos estende-se à compreensão da salinidade oceânica na foz do Amazonas,

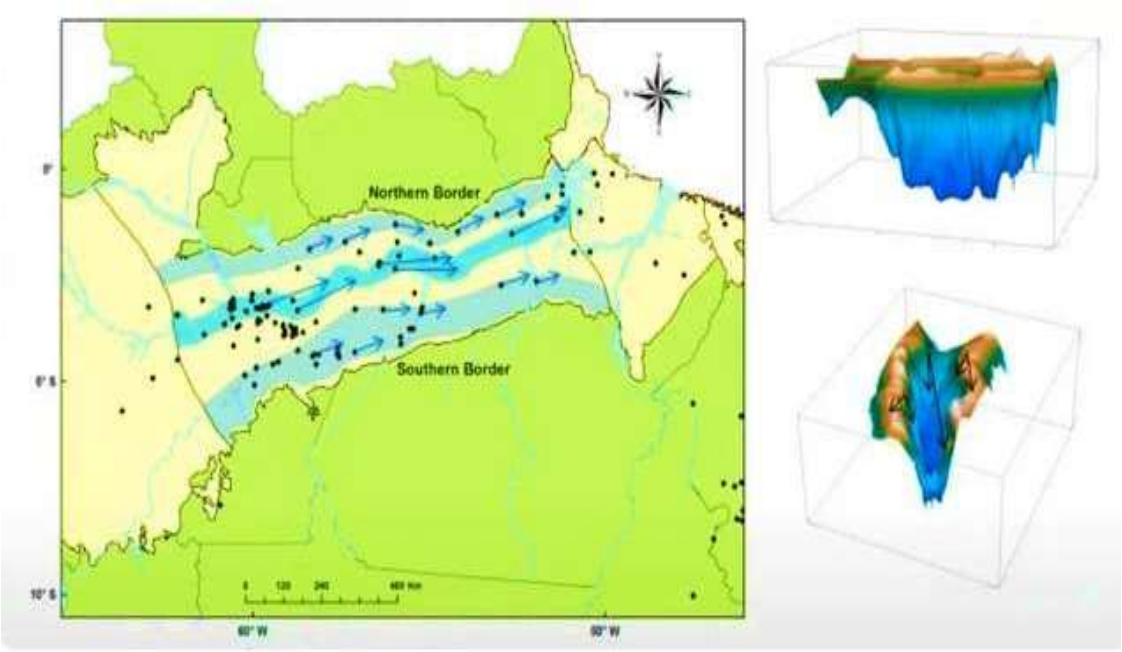
uma vez que a descarga profunda de água doce pode influenciar a estabilidade química da água do mar naquela região (Pimentel & Hamza, 2013). Além disso, a pesquisa levanta questões críticas sobre a gestão de recursos hídricos estratégicos e a proteção de bacias sedimentares frente às atividades de exploração mineral e energética. O trabalho de Pimentel e Hamza continua a ser refinado por novas modelagens geofísicas e estudos de isótopos, que buscam determinar com maior precisão a idade das águas e os tempos de residência no subsolo (Pimentel et al., 2011). Em última análise, a tese de Elizabeth Pimentel consolidou a ideia de que a Amazônia possui uma estrutura hidrológica dual, onde o gigantismo superficial é espelhado por um sistema subterrâneo de igual complexidade e importância ambiental, reafirmando a posição da ciência brasileira na vanguarda do conhecimento sobre a dinâmica da Terra (Pimentel et al., 2011; Pimentel & Hamza, 2013).

IMAGEM I- Rio Hamza: o rio com mais de 6 mil km de extensão que corre abaixo do Rio Amazonas



Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/01/29/rio-hamza-o-rio-com-mais-de-6-mil-km-de-extensao-que-corre-abaixo-do-rio-amazonas.ghtml>.

IMAGEM 2- O fluxo da água em rios subterrâneos, segundo Elizabeth, ocorre entre as rochas, de maneira lenta.



Fonte:Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/01/29/rio-hamza-o-rio-com-mais-de-6-mil-km-de-extensao-que-corre-abaixo-do-rio-amazonas.ghtml>.

A relevância dessas descobertas para o Direito e para a governança ambiental é profunda. Ao evidenciar um sistema dinâmico e interconectado, a tese de Pimentel oferece substrato científico para o questionamento da atual fragmentação administrativa hídrica no Brasil. Se o fluxo subterrâneo ignora fronteiras estaduais em um movimento contínuo, a regulação de atividades de alto impacto no subsolo não pode ser tratada de forma estanque ou puramente local (FUCCILLE et al., 2018; PIMENTEL et al., 2011). A vulnerabilidade do sistema é latente: intervenções profundas e desordenadas podem comprometer a qualidade hidrogeológica de uma reserva vital para a resiliência climática (PIMENTEL et al., 2011; PITA et al., 2018). Portanto, a magnitude do SAGA impõe um novo rigor à proteção jurídica, exigindo que o Estado brasileiro adote um modelo de governança integrada e federalizada, capaz de salvaguardar o subsolo amazônico como patrimônio ambiental estratégico (BRAGA et al., 2011; FUCCILLE et al., 2018).

4. A CRISE DA GOVERNANÇA HÍDRICA NA AMAZÔNIA: DUALIDADE DO DOMÍNIO E FRAGMENTAÇÃO NORMATIVA

A proteção das águas subterrâneas na Amazônia Legal é marcada por uma tensão estrutural entre a complexidade biofísica do território e a fragmentação normativa do ordenamento jurídico brasileiro. A doutrina contemporânea identifica esse fenômeno como a "dualidade do domínio hídrico", expressão que traduz a clivagem constitucional entre a titularidade das águas subterrâneas, atribuída aos Estados (art. 26, I, CF/88), e o domínio dos recursos minerais e das águas superficiais transfronteiriças, pertencentes à União (art. 20, III e IX, CF/88). Na prática amazônica, essa repartição fomenta um cenário de invisibilidade jurídica do Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA), em que o subsolo é frequentemente regulado sob a lógica extrativista, em detrimento da proteção integrada do recurso hídrico, contrariando a diretriz de gestão sistêmica defendida por Paulo Affonso Leme Machado (2018).

Essa fragmentação revela-se particularmente problemática quando confrontada com a magnitude hidrogeológica do SAGA, cuja dinâmica sistêmica demonstra a existência de fluxos interconectados que transcendem fronteiras políticas. Nesse sentido, a dissociação entre os regimes jurídicos compromete a efetividade da tutela ambiental, sobretudo em um contexto de "sociedade de risco", na qual os danos ambientais possuem caráter difuso e potencialmente irreversível, conforme leciona José Rubens Morato Leite (2015).

No plano infraconstitucional, a Lei nº 9.433/1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo a gestão integrada como princípio estruturante. Contudo, sua implementação na Amazônia enfrenta limitações operacionais relevantes. A aplicação isolada da outorga pelos órgãos estaduais, dissociada do licenciamento mineral federal, revela um déficit de coordenação institucional que compromete a proteção do aquífero. Tal cenário evidencia a necessidade de integração entre instrumentos de política ambiental, conforme destaca Édis Milaré (2020), ao afirmar que a efetividade do Direito Ambiental depende da articulação entre seus mecanismos de controle.

A fragilidade desse modelo é agravada pela baixa densidade de monitoramento técnico, o que dificulta a gestão baseada em evidências. A vulnerabilidade torna-se mais evidente nas zonas de afloramento da Formação Alter do Chão, onde a elevada porosidade

favorece a contaminação. Diante desse contexto, a aplicação do Princípio da Precaução revela-se imprescindível, exigindo atuação preventiva do Estado frente à incerteza científica, conforme consolidado na doutrina de Paulo Affonso Leme Machado (2018).

Sob a perspectiva do Estado de Direito Ecológico, a proteção das águas subterrâneas deve superar a lógica fragmentada e antropocêntrica. Para Ingo Wolfgang Sarlet e Tiago Fensterseifer (2017), a tutela ambiental exige a incorporação de uma dimensão ecológica aos direitos fundamentais, impondo ao Estado deveres de proteção ampliados. Nessa linha, a governança do SAGA demanda uma abordagem integrada, capaz de articular ciência, direito e política pública.

Por fim, a compreensão da Amazônia como território estratégico e não apenas como espaço de exploração econômica reforça a necessidade de uma mudança de paradigma. Como sustenta Carlos Walter Porto-Gonçalves (2012), a região deve ser pensada a partir de uma lógica socioambiental integrada, que reconheça seus limites ecológicos e sua centralidade para o equilíbrio climático global.

5. O SAGA NA IMPLEMENTAÇÃO DAS DIRETRIZES DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

A magnitude do SAGA impõe um desafio regulatório inserindo o aquífero no centro do debate. A continuidade física do sistema, revelada por Pimentel (2011), por meio da identificação de um fluxo hídrico regional de aproximadamente 6.000 quilômetros que acompanha o curso do Rio Amazonas desde o sopé dos Andes até o Atlântico, mostra a grandiosidade desse aquífero e nessa perspectiva, por se tratar de um reservatório compartilhado por múltiplos Estados, a sua administração no formato de Comitês de Bacias suscita questões importantes, assim vejamos o art. 3º da Política Nacional de Recursos Hídricos:

> Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:
> I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
> **II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;**
> III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e a gestão eletroenergética; (Redação dada pela Lei nº 15.269, de 2025)

> **IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;**
> V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
> VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.
> VII - o incentivo e a promoção de obras de acumulação de água para garantir a segurança hídrica e energética. (Incluído pela Lei nº 15.269, de 2025)
> Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum**.**
> **(grifos nossos).**

A própria lei 9433 de 08 de janeiro de 1997 com as alterações de 2025 traz claramente a necessidade de uma adequação às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do país, assim como forma de alcançar o formato de gestão que foi estabelecido também exige a participação dos usuários, em planejamento regional, estadual e nacional num formato de cooperação.

A complexidade desse aquífero vai requerer outras considerações para assegurar a garantia da sua gestão responsável.

É preciso compreender as extensões amazônicas, sobretudo dentro dos estados do Amazonas e Pará no momento de mobilizar os Comitês de Bacias, desde que instalados, além do fatos de se tratarem em sua maioria de rios federais estariam vinculados ao Conselho Federal, onde o estado submeteria a sua aprovação ao CNRH.

> **Art. 39. Os Comitês de Bacia Hidrográfica são compostos por representantes:**
> **I - da União;**
> **II - dos Estados e do Distrito Federal cujos territórios se situem, ainda que parcialmente, em suas respectivas áreas de atuação;**
> **III - dos Municípios situados, no todo ou em parte, em sua área de atuação;**
> **IV - dos usuários das águas de sua área de atuação;**
> **V - das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia.**
> § 1º O número de representantes de cada setor mencionado neste artigo, bem como os critérios para sua indicação, serão estabelecidos nos regimentos dos comitês, limitada a representação dos poderes executivos da União, Estados, Distrito Federal e Municípios à metade do total de membros.
> **§ 2º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias de rios fronteiriços e transfronteiriços de gestão compartilhada, a representação da União deverá incluir um representante do Ministério das Relações Exteriores.**
> **§ 3º Nos Comitês de Bacia Hidrográfica de bacias cujos territórios abranjam terras indígenas devem ser incluídos representantes:**
> **I - da Fundação Nacional do Índio - FUNAI, como parte da representação da União;**
> **II - das comunidades indígenas ali residentes ou com interesses na bacia.**
> § 4º A participação da União nos Comitês de Bacia Hidrográfica com área de atuação restrita a bacias de rios sob domínio estadual, dar-se-á na forma estabelecida nos respectivos regimentos**. (grifos nossos).**

Importante observar que a complexidade da região exige a representação dos inúmeros segmentos de seus usuários, considerando ainda a representação da FUNAI para as áreas indígenas e nas regiões de rios transfronteiriços deverá ser incluído o representante do Ministério das Relações Exteriores.

As distancias podem inviabilizar a gestão eficiente dessas áreas e se faz necessário atentar para a Agência de Águas e a viabilidade financeira dos comitês, que poderia se concretizar através da cobrança de dos recursos hídricos sem nos esquecermos que nos grandes espaços do interior da Amazônia não teríamos usuários em condições de pagar pelo uso da água se ajustando mais ao uso insignificante desse recurso, ou seja, fora da esfera de cobrança.

O assunto requer reflexão e ajustes para termos políticas aplicáveis numa região tão distinta das demais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise conduzida permite concluir que o Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA) constitui não apenas a maior fronteira hídrica do planeta, mas também o principal desafio regulatório e geopolítico para o Direito Ambiental brasileiro no século XXI. A complexidade hidrogeológica evidenciada pelos estudos de Elizabeth Pimentel (2011), que identificou fluxos hídricos profundos e interconectados em escala continental, exige uma revisão urgente dos paradigmas de gestão hídrica e minerária atualmente vigentes no país.

Ficou evidente o descompasso crítico entre a realidade biofísica do SAGA e o tratamento normativo a que é submetido. Enquanto a ciência demonstra a existência de um sistema dinâmico, contínuo e transfronteiriço, a legislação brasileira permanece fragmentada, dividindo competências entre União e Estados de forma a criar zonas de "invisibilidade jurídica" que comprometem a segurança hídrica estratégica. Esse déficit institucional, somado à ausência de monitoramento técnico contínuo, reduz instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, como as outorgas, a meros procedimentos burocráticos, incapazes de assegurar o equilíbrio hidrodinâmico das bacias sedimentares.

A gestão efetiva do SAGA exige, portanto, que o Estado brasileiro supere a visão reducionista da água como insumo econômico inesgotável, reconhecendo-a como bem

comum estratégico. É imperativo consolidar políticas públicas que assegurem a proteção integral do aquífero, garantindo a disponibilidade hídrica para as presentes e futuras gerações, em consonância com as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos e com os princípios constitucionais de sustentabilidade e proteção ambiental.

Adicionalmente, a complexidade social e territorial da Amazônia, marcada por extensões vastas, baixa densidade populacional e presença de comunidades tradicionais e povos indígenas, impõe a necessidade de mecanismos de governança inclusivos. A representação de órgãos como a FUNAI e a articulação com o Ministério das Relações Exteriores em regiões transfronteiriças demonstram que a gestão do SAGA deve integrar ciência, direito, políticas públicas e direitos territoriais, assegurando que decisões estratégicas considerem impactos socioambientais e geopolíticos.

Por fim, a proteção do SAGA demanda uma perspectiva de longo prazo, baseada em monitoramento contínuo, integração interinstitucional e cooperação regional. Apenas por meio de políticas adaptativas, fundamentadas em evidências científicas e na participação efetiva de todos os atores sociais e institucionais, será possível transformar o SAGA em um modelo de gestão hídrica sustentável e resiliente, garantindo sua preservação como patrimônio estratégico da humanidade.

REFERÊNCIAS

ABREU, Francisco de Assis Matos de; CAVALCANTE, Itabaraci Nazareno; MATTA, Milton Antônio da Silva. **O Sistema Aquífero Grande Amazônia – SAGA: um imenso potencial de água subterrânea no Brasil**. 2013.

BERNINI, Carina Inserra. **Políticas de conservação ambiental no Brasil e a mercadificação da natureza**. 2019.

BRAGA, B. P. F.; VARELLA, P.; GONÇALVES, Helena. **Transboundary Water Management of the Amazon Basin**. 2011.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.Disponível em :

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em 17 de mar. de 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em :< https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm > Acesso em 17 de mar. de 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Código Florestal). Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: Acesso em 17 de mar. de 2026.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 4903**. Relator: Min. Luiz Fux. Julgado em 28/02/2018. Brasília, DF: STF, 2018. Disponível < https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=370937&ori=1> em: Acesso em 17 de mar. de 2026.

CALHMAN, Olga Kelman Brocki; HORA, Mônica de Aquino Galeano Massera da. **The Amazon Basin in the Context of Shared Management of Transboundary Water Resources**. 2017.

CANSI, Francine; MELGAREJO, Joaquín. **Underground Waters: changes in groundwater policies**. 2019.

CARRILLO A., Ana Julia. **Direito de águas à luz da governança**. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Diretrizes e critérios para a proteção e conservação das águas subterrâneas**. Resolução nº 107. 2009.Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20107.pdf>.Acesso em 18 de mar. de 2026.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001. Estabelece diretrizes gerais para a gestão das águas subterrâneas.

Disponível em:< https://www.aesa.pb.gov.br/assets/uploads/2024/09/Resolucao-no-15-de-11-de-Janeiro-de-2001-CNRH.pdf>.Acesso em: 17 de mar. de 2026.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=545>.Acesso em 17 de mar. de 2026.

COUCEIRO, Sheyla Regina Marques et al. **Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil**. 2011.

DUARTE, Miquéias Lima; LOCATELLI, Marília; SILVA FILHO, Eliomar Pereira da. **Vulnerabilidade à contaminação do aquífero Alter do Chão em sua área de afloramento no município de Itacoatiara/AM**. 2019.

FERREIRA, Edinaldo Inoçêncio; NASCIMENTO, Manoel Henrique Reis. **A proteção ambiental como princípio norteador da gestão pública no Amazonas: uma análise sob a perspectiva do direito administrativo**. 2023.

FUCCILLE, Alexandre; BRAGATTI, Milton Carlos; LEITE, Maria Luísa Telarolli de Almeida. **Geopolítica dos Recursos Naturais na América do Sul: um panorama dos recursos hídricos sob a ótica da Segurança Internacional**. 2018.

G1. **Rio Hamza: o rio com mais de 6 mil km de extensão que corre abaixo do Rio Amazonas. G1 – Amazonas, 29 jan. 2022.** Disponível em:< https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2022/01/29/rio-hamza-o-rio-com-mais-de-6-mil-km-de-extensao-que-corre-abaixo-do-rio-amazonas.ghtml>. Acesso em: 17 de mar.de 2026.

LEITE, José Rubens Morato. Direito Ambiental de dezoito quilates. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito Ambiental Brasileiro. 26. ed. São Paulo: Malheiros, 2018.

MILARÉ, Édis. Direito do Ambiente. 12. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020

ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DE COOPERAÇÃO AMAZÔNICA. Tratado de Cooperação Amazônica assinado em 1978 e atualizado para a gestão de recursos hídricos.

Disponível em: Acesso em: https://otca.org/wp-content/uploads/2023/07/3.-PORTUGUES-Tratado-de-Cooperacao-Amazonica-TCA.pdf. Acesso em 18 de mar. de 2026.

PIMENTEL, ELIZABETH TAVARES**. Estrutura termal da crosta na região Amazônica com enfoque no movimento de águas subterrâneas nas áreas de bacias sedimentares.** *2013.* Tese (Doutorado em Geofísica) – Observatório Nacional, Rio de Janeiro, 2013

PITA, Renato Cosme dos Santos et al. **Sistema aquífero Alter do Chão a oeste da cidade de Manaus: processos hidrogeoquímicos, origem da salinidade e relações com aquíferos adjacentes**. 2018.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A ecologia política na América Latina: reapropriação social da natureza e reinvenção dos territórios**. 2012.

SILVA, Aichely Rodrigues da et al. **A gestão e monitoramento das águas: uma abordagem das legislações em Portugal e Brasil**. 2018.