

AValiação da Governança das Águas Subterrâneas no Estado do Pará

Ana Claudia da Conceição Macambira

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, Discente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Bragança, Pará e Brasil¹
claudia.yalanna123@gmail.com

Cleide Maria Santos Fernandes

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, Discente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Bragança, Pará e Brasil²
cleidemariasf@gmail.com

Glorgia Barbosa de Lima de Farias

Doutora em Geografia, Professora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pará, Bragança, Pará e Brasil³
glorgia.farias@gmail.com

RESUMO: A água, bem fundamental à vida, sofre forte pressão das atividades antrópicas, que acarretam problemas como: perda de qualidade, escassez e até conflitos sociais. A boa governança é um modo eficaz de assegurar o acesso a esse bem para todos. Este estudo buscou refletir e avaliar a governança das águas subterrâneas no estado do Pará. Justifica-se pelo caráter pioneiro e pela necessidade de produção de dados relacionados às águas subterrâneas no estado. Buscou-se nos sites oficiais do Governo do Estado do Pará, na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, e na Companhia de Saneamento do Pará dados que fornecessem respostas a ferramenta desta pesquisa. Através do método de análise da governança das águas subterrâneas, criado por Foster et al., (2009) e adaptada por Goetten (2015), foram analisados critérios técnicos, institucionais e legais. Autores como Hirata, Villar, Goetten contribuíram para discutir e analisar as principais temáticas da pesquisa: águas subterrâneas e governança das águas. Verificou-se que, dos 19 critérios avaliados, 5 não existem; 1 critério tem previsão de implementação; 3 estão em elaboração e 10 já estão implantados. São necessários alguns ajustes, arranjos legais para que a governança dos recursos hídricos, seja uma realidade em todo o estado do Pará, contribuindo para melhorar o acesso da população à água de qualidade. Entretanto, deve-se considerar a extensão territorial e questões de logística como obstáculos à articulação de ações do estado e municípios.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Estado do Pará; Aquífero; Governança.

EVALUATION OF GROUNDWATER GOVERNANCE IN THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT: Water is essential to life, yet it is under severe pressure from human activities that cause problems such as quality loss, scarcity, and even social conflict. Good governance is an effective way to ensure everyone has access to this resource. This study reflects on and evaluates groundwater governance in the state of Pará. The study is justified by its pioneering nature and the need to produce groundwater-related data in the state. Data to answer the research questions was gathered from the official websites of the Government of the State of Pará, the State Secretariat for the Environment and Sustainability of Pará, the Mineral Resources Research Company, the National Water and Basic Sanitation Agency, and the Sanitation Company of Pará. Technical, institutional, and legal criteria were analyzed using the groundwater governance analysis method created by Foster et al. (2009) and adapted by Goetten (2015). Authors such as Hirata, Villar, and Goetten contributed to the discussion and analysis of the research's main themes: groundwater and water governance. Of the 19 evaluated criteria, it was found that five do not exist, one is planned for implementation, three are under development, and ten are already in place. Adjustments and legal arrangements are necessary for water resource governance

¹ Endereço para correspondência: Rua Zacarias Corrêa, 902, CEP: 68600-000, Bragança, Pará, Brasil.

² Endereço para correspondência: Tv. Amândio Sousa, 534, CEP: 68600-000, Bragança, Pará, Brasil.

³ Endereço para correspondência: Av. Alcindo Cacela, 2268, 301, CEP: 66040-273, Belém, Pará, Brasil.

to become a reality throughout Pará, improving the population's access to quality water. Of the 19 evaluated criteria, it was found that five do not exist, one is scheduled for implementation, three are under development, and ten are already in place. Adjustments and legal arrangements are necessary for water resource governance to become a reality throughout Pará, thereby improving the population's access to quality water. However, the state's large size and logistical issues should be considered obstacles to coordinating actions by the state and municipalities.

Keywords: Groundwater; State of Pará; Aquifer; Governance.

EVALUACIÓN DE LA GOBERNANZA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ESTADO DE PARÁ

RESUMEN: El agua, un bien fundamental para la vida, está sometida a una fuerte presión debido a las actividades humanas, lo que provoca problemas como la pérdida de calidad, la escasez e incluso conflictos sociales. Una buena gobernanza es una forma eficaz de garantizar el acceso a este recurso para todos. Este estudio ha buscado reflexionar y evaluar la gobernanza de las aguas subterráneas en el estado de Pará. El estudio se justifica por su carácter pionero y por la necesidad de obtener datos relacionados con las aguas subterráneas en este estado. Se buscaron datos que proporcionaran respuestas a la herramienta de esta investigación en los sitios web oficiales del Gobierno del Estado de Pará, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Sostenibilidad de Pará, de la Compañía de Investigación de Recursos Minerales, de la Agencia Nacional de Aguas y Saneamiento Básico y de la Compañía de Saneamiento de Pará. Mediante el método de análisis de la gobernanza de las aguas subterráneas, creado por Foster et al. (2009) y adaptado por Goetten (2015), se analizaron criterios técnicos, institucionales y legales. Autores como Hirata, Villar y Goetten contribuyeron al debate y análisis de los principales temas de la investigación: las aguas subterráneas y la gobernanza del agua. De los 19 criterios evaluados, se verificó que 5 no existen, 1 está previsto que se implante, 3 están en fase de elaboración y 10 ya están implantados. Para que la gobernanza de los recursos hídricos sea una realidad en todo el estado de Pará y se contribuya así a mejorar el acceso de la población al agua de calidad, es necesario realizar algunos ajustes y disposiciones legales. No obstante, se debe tener en cuenta la extensión territorial y las cuestiones logísticas como obstáculos para coordinar las acciones del Estado y los municipios.

Palabras clave: Aguas subterráneas; Estado de Pará; Acuífero; Gobernanza.

Introdução

A água, recurso essencial para a manutenção da vida no planeta e indispensável para todas as atividades humanas, passa por diversas pressões em função do crescimento populacional e da intensificação da degradação ambiental imposta pelo “modelo de desenvolvimento civilizatório” (KUHN, ZART e OLIVEIRA, 2015; BORELLI, 2018).

No Brasil, os problemas ambientais relacionados à água vão desde a sua falta com qualidade para consumo, passando pela ausência de tratamento de efluentes, até os eventos de inundações e de escassez hídrica nas diferentes regiões. Esses problemas têm se agravado no território brasileiro nos últimos anos em função das mudanças climáticas e do crescimento demográfico (FIGUEIREDO, 2020). A escassez, que era típica das regiões áridas ou semiáridas, agora é partilhada por todas as regiões, e os conflitos e restrições pelo uso da água estão afetando o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população (BEZERRA, LIMA, et al., 2020).

Apesar do cenário de escassez hídrica ter a tendência de se agravar nos próximos anos, conforme indicam os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), o Brasil é considerado privilegiado por possuir uma das maiores reservas hídricas do mundo, com 12% de toda água doce do planeta, com destaque para o rio Amazonas e dois grandes Sistemas Aquíferos: o Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SCHEIBE e HIRATA, 2008) e o Aquífero Alter do Chão (BORELLI, 2018). Esse privilégio, entretanto, não é sinônimo de segurança hídrica, já que sua distribuição pelo território não é homogênea (FIGUEIREDO, 2020).

A degradação das águas superficiais, o uso excessivo pelos setores da indústria e agropecuária, bem como a má gestão, contribuem para o aumento da demanda pelas águas

subterrâneas, tanto pela boa qualidade e menor necessidade de tratamento quanto pela facilidade de acesso (MILITÃO, SILVÉRIO, et al., 2016; RAMOS et al., 2017). Isso leva à intensificação da exploração, e já transformou as águas subterrâneas, recurso natural mais extraído do subsolo brasileiro, na única opção de água potável para cerca de 15,6% das residências no Brasil (HIRATA et al., 2019; HUNSCHÉ, 2010).

Em vista da importância das águas subterrâneas para a segurança hídrica, das diversas pressões que as atividades antrópicas causam sobre as mesmas e dos conflitos pelo uso das águas nas últimas décadas, diversos autores (RAMOS, 2017; GOETTEN, 2015; VILLAR, 2022) tem apresentado a Gestão Integrada das Águas e a Governança das Águas como soluções para proteger esse recurso vital. Visando gerenciar o uso comum desse bem fundamental, foi instituído nas últimas décadas, nos âmbitos federal e estadual, um arcabouço legal com modernos fundamentos, tendo como referência a Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei nº 9433 de janeiro de 1997, visando garantir água em quantidade e qualidade para a atual e para as futuras gerações.

Quanto ao estado do Pará, é notória a carência de estudos que avaliem a governança das águas subterrâneas no Estado do Pará, tendo em vista que este foi um dos primeiros a criar a sua Política Estadual dos Recursos Hídricos, implementada pela Lei nº 6.381, de 25 de julho 2001 (PARÁ, 2012), a qual institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado, dando os primeiros passos no processo de gestão das águas. A partir daí várias normas legais entraram em vigor como subsídio para o processo de governança das águas subterrâneas no Pará, mas não se tem conhecimento de estudos que avaliem o processo, demonstrando sua eficácia ou a necessidade de ajustes.

Embora já tenham se passado duas décadas desde a publicação desta lei, ainda existem muitas problemáticas relacionadas ao gerenciamento das águas no estado do Pará. Nesse sentido questiona-se: Como está o desempenho do Estado do Pará no que se refere à gestão das águas subterrâneas?

Diante da complexidade do território e do uso das águas, bem como das peculiaridades regionais, observa-se a necessidade de conhecer os instrumentos legais no contexto das águas subterrâneas, bem como avaliar a eficácia e abrangência desses processos. Assim, o estudo se propôs a avaliar o desempenho do Estado do Pará na governança das águas subterrâneas, com base nas legislações vigentes, analisando os avanços nos processos e arranjos institucionais, caracterizando o estado de acordo com suas particularidades regionais.

A pesquisa justifica-se pelo seu caráter pioneiro no estado do Pará, bem como pela importância que o mesmo representa ambiental e economicamente, com destaque para as suas águas subterrâneas, em especial o aquífero Alter do Chão. Além disso, os poucos dados e estudos voltados para governança das águas subterrâneas na região norte do país mostram a necessidade de se compreender e adequar as leis relacionadas a essas águas, as quais vêm sendo cada vez mais demandadas e impactadas pelas ações antrópicas.

Área de Estudo

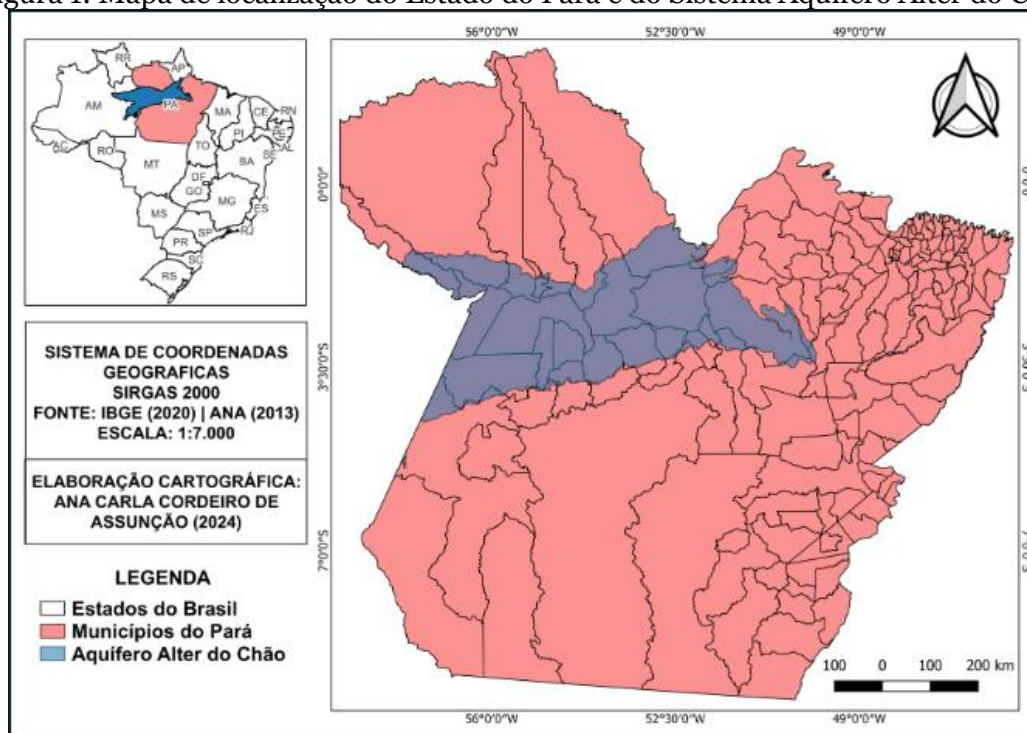
O Estado do Pará, está localizado na região norte do Brasil, é considerado o segundo maior estado em extensão territorial com 1,2 milhões de km², e dividido em 144 municípios (Figura 1). Destes, 74% das sedes municipais são abastecidas por águas subterrâneas, 9% por sistemas mistos e 17% por águas superficiais (PARÁ, 2022).

O estado possui 8.120.131 habitantes, deste total apenas 48,22% ou seja 3.883.718 habitantes são atendidos por sistema de abastecimento de água (IBGE, 2023). Desse montante, 66,26% ou seja 3.455.676 habitantes residem na zona urbana e 17,99%, 428.042 habitantes na zona rural (SANEAMENTO, 2023).

O estado possui características únicas como: a grande extensão territorial e ser constituído por mais de 20 mil quilômetros de rios, aspectos que implicam diretamente sobre o processo de gestão das águas. O clima predominante no estado é o tropical ou equatorial

quente e úmido, apenas na região noroeste do estado ocorre o clima equatorial semiúmido (NASCIMENTO et al., 2022).

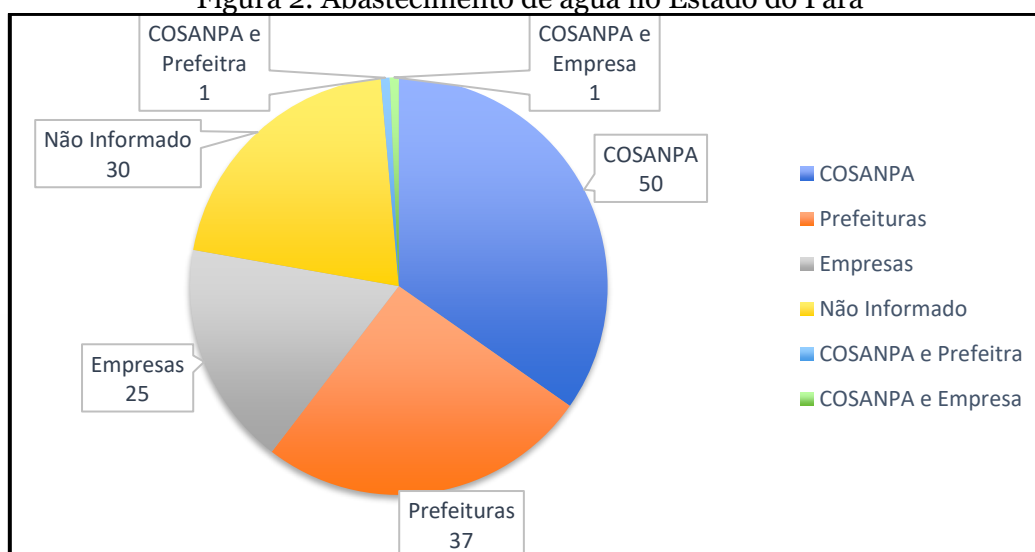
Figura 1: Mapa de localização do Estado do Pará e do Sistema Aquífero Alter do Chão



Fonte: Assunção, 2024.

A Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA atende a 50 municípios; 37 municípios são atendidos exclusivamente pelas Prefeituras; 25 municípios são atendidos exclusivamente por Empresas; 1 município é atendido de forma complementar pela COSANPA e pela Prefeitura; 1 município é atendido de forma complementar pela COSANPA e por uma Empresa; e 30 municípios não informaram como é feito o abastecimento em seus municípios (SANEAMENTO, 2023) (Figura 2).

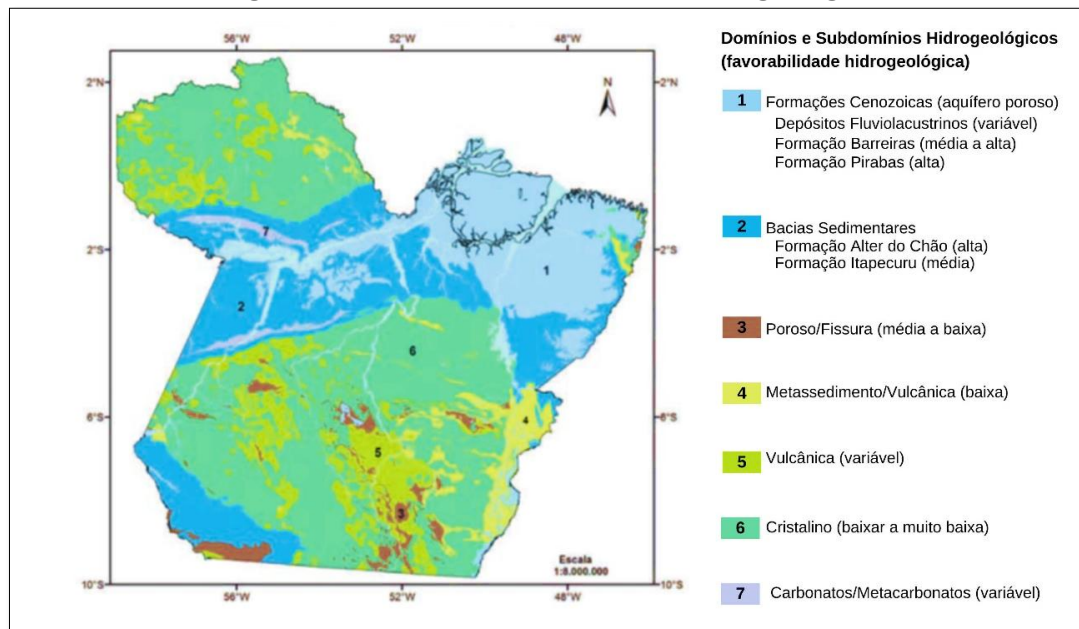
Figura 2: Abastecimento de água no Estado do Pará



Fonte: Autores, 2024.

Quanto à disponibilidade hídrica, o estado dispõe de três das doze regiões hidrográficas do país com 27 bacias hidrográficas distribuídas em 7 regiões hidrográficas. Está dividido em 7 grandes domínios hidrogeológicos de acordo com as afinidades hidrogeológicas (Figura 3).

Figura 3: Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos



Fonte: Adaptado de BOMFIM, 2006.

Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas são aquelas retidas abaixo do solo preenchendo os poros das rochas e sedimentos formando os aquíferos, onde considera-se estar 99% de toda água doce do planeta (UNESCO, 2022). São fundamentais para a segurança hídrica global, consideradas uma fonte segura de abastecimento, e o recurso natural mais extraído do subsolo brasileiro, (Hirata et al., 2019). São utilizadas em várias regiões do Brasil e do mundo como a principal fonte de água potável para o uso doméstico, agricultura, indústria e lazer (CONICELLI e HIRATA, 2022; HUNSCHKE, 2010; MARQUES, 2011).

Hunsche (2010) define um aquífero como um reservatório onde a água circula ou estagna após permear através das rochas. É um processo simultâneo em que a rocha contém a água e a água está contida na rocha, com duas características bem definidas: a de armazenar água, e a de fazer com que ela circule e flua. Observa-se a necessidade de conhecer os aquíferos brasileiros, os espaços onde as águas subterrâneas estão armazenadas e a dinâmica delas nesses espaços para assim alcançar uma gestão abrangente e eficaz (GOETTEN, 2015).

No que se refere à disponibilidade de águas subterrâneas, o Brasil detém reservas importantes, dispõe de 181 aquíferos e sistemas aquíferos regionais, divididos em três domínios: fraturados, sedimentares e cársticos com disponibilidade hídrica estimada em torno de 13.205 m³/s, no entanto sua distribuição pelo território não é uniforme (VILLAR, 2016; ANA, 2021).

Destacam-se dois destes aquíferos, o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, localizado nas regiões centro-oeste, sul e sudeste no Brasil, além de outros países (Paraguai, Uruguai e Argentina), contando com uma extensão territorial de aproximadamente 1,2 milhões de km² (HUNSCHKE, 2010). E o Aquífero Alter do Chão, localizado nos estados do Amazonas, Pará e Amapá (Figura 1). No Pará, possui uma área aproximada de 9.870 km², constituído por

dois sistemas, livres e confinados. Na região de Santarém, possuem espessura média de 50m para aquíferos livres e 430m para aquíferos confinados (JUNIOR, 2012).

O Aquífero Alter do Chão possui o potencial de ser o maior reservatório de água do planeta com capacidade para abastecer cem vezes a quantidade total da população mundial. Embora seja um aquífero com maior nível de acessibilidade por estar localizado em rochas sedimentares formadas por arenito e argilito, os dados acerca deste aquífero ainda são incipientes apesar dos estudos terem se intensificado na última década (PENA, 2022; BENTES e MESCHÉDE, 2020).

Além da disponibilidade das águas subterrâneas, os aquíferos porosos das bacias sedimentares, geralmente possuem água de boa qualidade, eles estão situados no cretáceo com destaque para as formações Alter do Chão, Pirabas, Barreiras e Itapecuru que abastecem o território paraense (OLIVEIRA et al., 2008).

Dentre as características dos aquíferos das formações Pós-Barreiras, está o nível estático da constituição litológica que é propício à infiltração, e torna os aquíferos sedimentares Pós-Barreiras com potencial hidrológico baixo, além de vulneráveis à contaminação antrópica devido a sua acessibilidade por serem rasos. Já os aquíferos do grupo Barreiras estão localizados a uma profundidade média de 40 metros o que os torna menos suscetíveis a contaminação, se comparados aos aquíferos quaternários, devido a existência de alguns níveis argilosos sobrepostos. Outra característica são os seus horizontes lateríticos que apresentam cavidades com interligação em alguns locais criando aquíferos com elevada transmissão de água. Já os aquíferos da formação Pirabas estão localizados a partir de 100 metros de profundidade em média, o que é uma vantagem natural em relação a contaminação química ou biológica, além de ser um obstáculo de acesso pela perfuração de poços tubulares (PICANÇO, LOPES e SOUZA, 2002).

O acúmulo de lixo, a falta de saneamento, as atividades industriais e agrícolas, são algumas das causas de contaminação dos aquíferos, que comprometem a qualidade e a quantidade das águas disponíveis para consumo (FAGUNDES e ANDRADE, 2015). Além disso, o uso excessivo das águas subterrâneas as coloca em risco (Carvalho, 2013). A perfuração indiscriminada de poços, em sua maioria, por empresas clandestinas sem os estudos necessários e sem o controle e a fiscalização adequada, podem levar à contaminação dos aquíferos e comprometer a recarga dos mesmos devido a exploração excessiva (Lins, Silva, et al., 2020; GOETTEN, 2015; MORALES, CHAVES e SILVA, 2012).

É fato, que dependendo das características intrínsecas do aquífero, ele pode estar mais protegido da contaminação. Entretanto, estudos comprovaram a contaminação de vários aquíferos ao longo dos anos em todos os continentes, a qual está fortemente relacionada com a perfuração de poços sem os devidos critérios e técnicas de proteção das águas subterrâneas (BIGUELINI e GUMY, 2000). As diversas atividades humanas sem planejamento contaminam os aquíferos, e o agravante é a dificuldade para detectar, sendo necessário o investimento em produção de dados e pesquisas sobre o assunto (VILLAR, 2016; SILVA PEREIRA E OLIVEIRA FRANCO, 2023).

A poluição das águas superficiais e a superexploração das águas subterrâneas tem provocado a degradação de águas que se constituíram ao longo de séculos e milênios (Villar, 2016). Por serem consideradas como uma reserva estratégica, a utilização das águas subterrâneas de maneira intensiva preocupa, tanto pelo risco de contaminação dos mananciais subterrâneos, quanto pela falta de informações acerca dos impactos no longo prazo (JOHN e AREND, 2021).

Considerando as diversas características dos aquíferos, observa-se a importância de estudos para subsidiar a gestão dessas águas. Entretanto, essa gestão deve considerar os princípios da Governança e da Gestão Integrada das águas subterrâneas e superficiais.

Governança e Gestão Integradas das Águas

No grego, o termo “Governança” quer dizer direção, dirigir algo ou a sociedade. (PETERS, 2013). CONICELLI e HIRATA (2010) definem a governança das águas como a formulação, estabelecimento e implementação de políticas de recursos hídricos, com base na legislação e nas instituições vigentes, buscando sempre abordar a gestão integrada e o uso equilibrado entre as atividades socioeconômicas e o meio ambiente.

Para Farias (2023), a governança reporta às formas de gestão em que a negociação, a comunicação e a confiança seriam fundamentais, e atores públicos, comunitários e privados cooperariam em prol da coletividade.

A governança das águas subterrâneas ganhou força nos debates e discussões a partir dos anos 2000, com grandes avanços nas legislações federais, e estaduais, mas ainda há um longo caminho a ser percorrido.

Segundo Vieira e Barreto (2019), não é a ausência de legislação e normas federais que dificultam a implementação efetiva da Governança no território nacional, já que existe um arcabouço legal com fundamentos modernos para uma gestão abrangente das águas, as quais incentivam a participação dos usuários, da sociedade em geral e do poder público. Entretanto, observa-se que a participação das comunidades nas tomadas de decisão ainda é ínfima, o que limita o desenvolvimento de ações efetivas para a governança.

Arelado à Governança está a Gestão Integrada das Águas, prevista na Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433/97 como fator essencial na garantia de segurança hídrica no território brasileiro, e que deve considerar as águas superficiais e subterrâneas como um recurso único, tendo a Bacia Hidrográfica como a unidade de gestão. No entanto, os recursos hídricos superficiais foram por muito tempo a prioridade dos gestores públicos, que não consideram a interdependência das águas superficiais e subterrâneas (JUNIOR, 2012; VILLAR, et al., 2018; VILLAR, 2022 e 2016).

A perda da qualidade das águas superficiais e as características favoráveis que apresentam, no que se refere à disponibilidade e qualidade, fez aumentar a demanda por água pela sociedade e os diferentes setores econômicos (SOLDERA e OLIVEIRA, 2017). A facilidade de acesso e o baixo custo, incentivam a intensa exploração deste recurso, fazendo aumentar o interesse do setor privado pelas águas subterrâneas (CONICELLI e HIRATA, 2022). Nesse sentido, a superexploração gera preocupação, já que pode levar ao rebaixamento do lençol freático e mesmo à exaustão dos aquíferos.

Embora as águas subterrâneas tenham ganhado espaço nas discussões, observa-se a necessidade de adequações nas leis, que considerem as particularidades regionais tornando-as específicas para as regiões e microrregiões (PAGNOCCHESCHI, 2016). É necessário a reestruturação das políticas públicas, e legislações específicas, com novos embasamentos, fundados nos conhecimentos científicos, envolvendo os diversos atores sociais para o planejamento das políticas ambientais (BOHN et al., 2015).

Entre os principais obstáculos para a implementação da governança das águas subterrâneas estão a invisibilidade natural e cultural deste recurso, já que a poluição e os níveis das águas nos aquíferos não são percebidos aos olhos humanos. Assim, o conhecimento dos aquíferos brasileiros, e a dinâmica das águas nestes espaços, é fundamental para a gestão deste recurso (GOETTEN, 2015).

Para que a governança das águas subterrâneas seja eficiente é necessário tratá-las como as águas superficiais criando métodos de combate à degradação e o uso sustentável e racional de ambas (SOLDERA e OLIVEIRA, 2017). Além disso, é necessário criar mecanismos para que a população se insira nas discussões e na tomada de decisão acerca dessas águas.

Alguns estados ainda não conseguiram implementar ou adequar suas legislações de acordo com os acervos legais da Federação, que permitem uma gestão das águas descentralizada e integrada, outros já estão mais avançados nesse objetivo, porém alguns obstáculos precisam ser superados, como: os arranjos institucionais e a falta de conhecimento específico sobre o assunto (BOHN et al., 2015; VIEIRA e BARRETO, 2019).

Sendo assim, fica evidente a dificuldade para se avaliar a governança das águas no âmbito estadual devido à carência de estudos que comprovem os resultados da aplicação do processo jurídico de gestão. Sem uma avaliação completa não haverá o melhoramento ou o aperfeiçoamento dos métodos no processo de governança (VILLAR e HIRATA, 2022).

Metodologia

A pesquisa foi de caráter exploratória, pois baseia-se no pressuposto de que através do uso de procedimentos de comparação sistemáticos pode-se desenvolver hipóteses relevantes acerca de um determinado fenômeno (RÉVILLION, 2003).

O estudo se propôs a avaliar a governança das águas subterrâneas no estado do Pará, a partir de informações e dados coletados nos sites oficiais do Governo do Estado do Pará, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS/PA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). As informações foram coletadas no período de março a dezembro de 2023 e sistematizadas em fichas para cada critério, as quais possibilitaram a organização e discussão dos resultados.

Utilizou-se a proposta metodológica criada por Foster et al., (2009) e adaptada por Goetten (2015) para avaliar a governança das águas subterrâneas no Brasil. Este método foi utilizado por outros autores em estudos na África do sul, Índia e Quênia (PIETERSEN et al., 2012; MUMMA et al., 2011; GARDUÑO et al., 2011). No Brasil, Bohn, Goetten e Primo (2014) foram os primeiros a utilizar o método para avaliar a governança da água subterrânea nos estados das regiões Sul e Sudeste.

Na região norte, especificamente no estado do Pará, não existem estudos, até o momento, que tenham utilizado esse método para avaliar a governança das águas subterrâneas. Assim como nos outros estudos, a pesquisa utilizou apenas 19 dos 20 critérios criados por Foster et al. (2009) por compreender que o critério 20 não se encaixa no objetivo desta pesquisa e não compatibiliza com a realidade brasileira (Quadro1).

Os resultados apresentados nessa pesquisa contemplam os 19 critérios pertencentes aos três domínios: o técnico, o operacional/legal e o institucional/legal. Aos critérios foram atribuídas pontuações que variam de 0 a 3 (0-inexistente, 1- existe previsão, 2- em elaboração, 3- implantado), sendo que cada critério recebeu apenas uma pontuação, não sendo a mesma cumulativa (Quadro 2).

Quadro 1 - Critérios para avaliação da governança da água subterrânea

Nº	Domínio Técnico	Contexto
1	Existência de mapas hidrogeológicos básicos.	Verificar a existência de mapas que identifiquem as águas subterrâneas
2	Caracterização das águas subterrâneas.	Verificar a existência de estudos que classifiquem a tipologia das águas subterrâneas.
3	Rede de monitoramento piezométrico.	Verificar a existência de uma rede de monitoramento piezométrico que estabeleça o status do recurso.
4	Rede de monitoramento da qualidade da água subterrânea.	Verificar a existência de uma rede de monitoramento que identifique a qualidade das águas subterrâneas.
5	Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas.	Verificar a existência de estudos que identifiquem atividades e situações que possam colocar em risco a qualidade das águas subterrâneas
6	Base de dados referente à prospecção geofísica.	Verificar a existência de dados que identifiquem os locais mais propícios à perfuração de poços.
7	Existência de um mapa potenciométrico.	Verificar a existência de mapas potenciométricos que identifiquem zonas de recarga, fluxo e descarga de aquíferos.
8	Disponibilidade de modelos numéricos de gestão de aquíferos.	Verificar a existência de modelos numéricos de gestão ao menos preliminares dos aquíferos críticos e estratégicos
Nº	Domínio Operacional/Legal	Contexto
9	Enquadramento das águas subterrâneas.	Verificar a existência de enquadramento das águas subterrâneas nos termos da resolução CONAMA n 396/2008
10	Outorga de direito de uso da água subterrânea.	Verificar a existência e aplicação de procedimentos administrativos de outorga
11	Cobrança pelo uso da água subterrânea.	Verificar a existência e procedimentos administrativos de cobrança
12	Sistema de informações sobre recursos hídricos subterrâneos.	Verificar a existência de um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre águas subterrâneas e fatores intervenientes em sua gestão
13	Plano de ação para a gestão das águas subterrânea.	Verificar a existência de regulamentação e elaboração de plano estadual de recursos hídricos que contemplem diagnósticos medidas e instrumentos para gestão das águas subterrâneas
14	Licenciamento para perfuração de poços.	Verificar a existência e aplicação de procedimento administrativo de licenciamento
15	Licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras das águas subterrâneas;	Verificar a existência e aplicação de procedimento administrativo de licenciamento capaz de proibir ou restringir atividade se oferecer risco as águas
16	Sanções pelo descumprimento da legislação de proteção da água subterrânea.	Verificar a existência e aplicação de procedimento administrativo de responsabilização pelo descumprimento da legislação.
Nº	Domínio Institucional/Legal	Contexto
17	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	Verificar a existência de sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos, cujos órgãos, tenham competência para gestão da água subterrânea
18	Organizações comunitárias de gestão de aquíferos.	Verificar a existência de regulamentação e a criação de organizações voltadas a mobilizar a participação da comunidade para gestão de aquíferos.
19	Participação da sociedade civil na gestão das águas subterrâneas.	Verificar a existência de paridade na representação da sociedade civil junto ao comitê de Bacia Hidrográfica.
Nº	Coordenação política intersetorial	Contexto
20	Coordenação entre as políticas de recursos hídricos, ambiental, agrícola, energética, econômica, prevenção de desastres e ordenamento territorial.	Verificar a existência de articulação entre as políticas públicas mencionadas no âmbito do planejamento estadual (plano plurianual).

Fonte: Adaptado de BOHN, GOETTEN e PRIMO, 2014.

Quadro 2 - Regras de atribuição de pontos conforme o domínio dos critérios

Pontuação dos critérios de domínio técnico			
Inexistente	Existe previsão	Em elaboração	Implantado
o (zero) ponto	1 (um) ponto	2 (dois) pontos	3 (três) pontos
Pontuação dos critérios de domínio operacional/legal e institucional/legal			
Inexistente (Sem previsão)	Existe previsão (Previsão constitucio- nal e/ ou legal)	Em elaboração (Previsão de regula- mentação infra legal)	Implantado
o (zero) ponto	1 (um) ponto	2 (dois) pontos	3 (três) pontos

Fonte: Adaptado de BOHN, GOETTEN e PRIMO, 2014.

A soma dos valores atribuídos aos critérios permitiu analisar como a governança das águas subterrâneas está sendo aplicada no Estado do Pará para cada domínio básico. Ou seja, foi possível ter um panorama acerca de aspectos relacionados ao monitoramento das águas subterrâneas, da produção de dados técnicos, do desenvolvimento e aplicação de leis direcionadas para essas águas, possibilitando assim apontar os fatores que merecem atenção e investimentos.

Resultados e discussão

Os resultados apresentados a seguir são divididos e elencados de acordo com a ordem de critérios apresentada no Quadro 1, os quais são separados por seções representativas de cada domínio: Técnico, Operacional/Legal e Institucional/Legal.

Critérios do domínio Técnico

Existência de mapas hidrogeológicos básicos

Os mapas hidrogeológicos ou mapas das águas subterrâneas, são representações gráficas que refletem o estado da arte do conhecimento hidrogeológico, e é um importante instrumento de gestão das águas subterrâneas. Permite tornar os aquíferos visíveis, auxiliando os especialistas nas tomadas de decisão quanto a resolução de conflitos e construção de políticas públicas específicas.

Um mapa hidrogeológico contém informações detalhadas sobre as peculiaridades de cada aquífero, suas vulnerabilidades, potencialidades, fluxo subterrâneo, além de traçar o zoneamento da água subterrânea nas condições hidrogeológicas da região. Um mapa detalhado tem múltiplas funções e permite que a sociedade em geral conheça os aquíferos. É necessário dar o sentido certo para que o mapa hidrogeológico possa atender às diversas questões (Rodrigues e Maia, 2004).

Os principais aquíferos explorados no estado para o abastecimento público e particular são o Alter do Chão, na porção centro-oeste, Pirabas e Barreira no Nordeste, e Itapecuru no Sudeste (PARÁ, 2022).

Na pesquisa realizada nos sítios oficiais não foi encontrado o Mapa Hidrogeológico do Pará. No entanto, o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos do Pará 2021 (PARÁ, 2022), dispõe de informações relativas a alguns aspectos do mapa hidrogeológico, como: identificação de aquíferos, áreas de aquíferos e potencialidades dos aquíferos.

Foi possível encontrar alguns estudos com informações relevantes ao aspecto hidrogeológico dos aquíferos no estado do Pará, alguns contendo até mapas hidrogeológicos outros apenas informações como: localização dos aquíferos, área, potencialidades e localização de poços cadastrados (Quadro 3).

Quadro 3 - Estudos referentes aos aspectos hidrogeológicos dos aquíferos explorados no estado do Pará

Autor	Ano	Estudo
Pontes et al.		Cartografia das bacias hidrogeológicas usando os métodos potenciômetros e gravimétricos Nordeste do estado do Pará
CPRM	2012	Diagnostico aquífero Alter do Chão no Estado do Pará Bacia Sedimentar do Amazonas
Jorge	2017	Arcabouço Geológico-Geofísico da região nordeste do estado do Pará
ANA	2018	Estudo Hidrogeológico para gestão das águas subterrâneas da região de Belém/ PA

Fonte: Autores, 2024.

Dessa forma, observa-se que embora existam, para algumas regiões do estado, estudos hidrogeológicos, ainda não existem mapas hidrogeológicos para o estado do Pará como um todo. Dessa forma, foi atribuída a pontuação (o ponto) ao critério.

Caracterização da água subterrânea

Caracterizar as águas subterrâneas corresponde à classificação delas de acordo com as suas propriedades químicas. Essa classificação é realizada com base nos íons dominantes por meio de diagramas triangulares, como o diagrama de Piper (Custódio; Llamas, 1983). O diagrama de Piper é uma ferramenta consistente para a análise de conjuntos de dados hidroquímicos, os quais são capazes de classificar várias amostras por vez, possibilitando a distinção de grupos hidroquímicos e a avaliação da evolução hidroquímica ocorrida em determinado aquífero, função de processos hidroquímicos ocorridos, ou da ocorrência de misturas de águas (Gastmans, 2004). Vários são os fatores que contribuem para que a composição das águas subterrâneas seja alterada: o clima na região, as rochas que compõem o aquífero, o tempo de recarga, entre outros. No entanto são as atividades antrópicas e a falta de saneamento básico que mais preocupam, por comprometerem a qualidade das águas subterrâneas, além de causar impactos na saúde pública, e interferir na qualidade de vida da população. (ANA, 2017).

A resolução CONAMA 396, de 03 de abril de 2008, considera a caracterização da água essencial para se estabelecer a referência de sua qualidade a fim de viabilizar o seu enquadramento em classes.

O Pará possui parceria com a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas - RIMAS e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM para o monitoramento e observação das águas subterrâneas, contando com 35 poços de monitoramento distribuídos nos aquíferos Alter do Chão Barreiras Pirabas e Itapecuru. Esse monitoramento tem o propósito de registrar as variações do nível de água, sendo um monitoramento quantitativo.

A pesquisa, encontrou informações que classificam as águas subterrâneas nos termos da Resolução CONAMA no. 396/2008, não dispondo de detalhes como: procedimento de análise, resultado das análises, número das análises, parâmetros analisados e disposição da informação. Contudo, o contexto de avaliação buscou verificar a existência de enquadramento das águas subterrâneas nos termos da Resolução CONAMA no. 396/2008, o que foi considerado enquadramento efetuado (3 pontos).

Foram encontrados alguns estudos específicos sobre a caracterização das águas subterrâneas para algumas regiões do estado (Quadro 4).

Quadro 4 - Estudos relevantes ao critério caracterização das águas subterrâneas

Autor	Ano	Estudo
CPRM	2012	Relatório diagnostico Aquífero Alter do Chao no estado do Pará bacía sedimentar do Amazonas
CPRM	2013	Principais aquíferos do estado e qualidades de suas águas
Rodrigues	2016	Caracterização hidroquímica dos aquíferos freáticos costeiros na cidade de Salinópolis
Filho	2018	Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquífero Barreiras: estudo de caso em Benevides
ANA	2018	Plano de gestão para as águas subterrâneas da região de Belém/ PA relatório final volume3

Fonte: Autores, 2024.

Rede de Monitoramento Piezométrico

O monitoramento piezométrico é um importante instrumento muito utilizado nos processos de mineração e para conhecer o comportamento dos aquíferos, a dinâmica de funcionamento e atividades destes, o fluxo de água, a pressão na coluna da água e a condutividade hidráulica. No Brasil as águas subterrâneas são monitoradas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através da (RIMAS) em parceria com diversas instituições.

No entanto, na consulta realizada em busca de informações referentes ao critério Rede de monitoramento piezométrico, não foram encontrados estudos que classifiquem a tipologia das águas subterrâneas, ou seja, não foram encontrados dados referentes ao critério avaliado. Assim, foi considerado como parâmetro inexistente, em que foi atribuída a pontuação zero (0 ponto).

Rede de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea

A RIMAS e o CPRM realizam o monitoramento sistêmico dos principais aquíferos brasileiros, com 395 estações automáticas, nas quais são realizadas periodicamente análises químicas das águas (CPRM 2021). O monitoramento é um instrumento importante para avaliar as condições de um aquífero.

No geral as águas subterrâneas no Pará apresentam boa qualidade com baixa e média mineralização e PH médio variando entre 4.8 e 8.0 CPRM (2013).

Constatou-se que o CPRM por meio da rede RIMAS dispõe de poços de monitoramento nos principais aquíferos explorados no estado. Apesar do foco não ser o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas, a rede dispõe de um sistema de alerta e controle de qualidade com verificações anuais avaliando a condutividade elétrica, o pH, potencial de oxirredução atendendo parcialmente os parâmetros mínimos fixado pela resolução CONAMA no. 396.

Foram encontrados estudos com propostas e suporte para o monitoramento da água subterrânea em várias regiões do estado (Quadro 5). Dessa forma, o estado do Pará atende parcialmente ao critério, recebendo assim a pontuação (2 pontos).

Quadro 5 – estudos referentes ao critério rede de monitoramento da água subterrânea

Autor	Ano	Estudo
Penner	2018	Proposta de programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea para o município de Belém / PA
Filho	2018	Qualidade das águas subterrâneas rasas do aquíferos barreiras; estudo de caso em Benevides.
Rimas	2021	Relatório de atividades Departamento de Hidrologia área recursos hídricos subterrâneos
Branco	2018	Composição Aniónica e parâmetros físico-químico de águas subterrâneas: subsídio para a gestão ambiental do nordeste paraense.

Fonte: Autores, 2024.

A Avaliação de Risco de Contaminação de Águas Subterrâneas

Considerando os múltiplos usos das águas subterrâneas, e as diversas formas de contaminação e contaminantes, é fundamental identificar possíveis pontos de risco de contaminação destas, para que se possa implantar ações e medidas preventivas para evitar gastos e impactos ambientais (Capalonga, 2019).

Na pesquisa foi possível detectar estudos que mostram a vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, e que o risco médio é dominante, especialmente nos aquíferos de menor permeabilidade, e o nível “extremo” foi detectado pontualmente, ao norte e ao sul do rio Amazonas. Diante dos dados pesquisados para o estado do Pará, compreende-se que o critério: contempla material e documentos já realizados ou publicados sobre a avaliação risco a qualidade as águas subterrâneas, o mesmo está implantado, recebendo assim a pontuação (3 pontos). O Quadro 6 acrescenta dados coletados que estão associados a este parâmetro.

Quadro 6 – Estudos referentes a avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas

Autor	Ano	Estudo
Junior	2002	Mapeamento da vulnerabilidade e análises de risco de contaminação como instrumento de proteção das águas subterrâneas em áreas industriais: Albras, Barcarena PA
Nascimento	2009	Estudo Investigação Geofísica Ambiental e Forense nos cemitérios do Bengui e do Tapanã (Belém/PA)
ANA	2018	Estudos Hidrogeológicos para gestão das águas subterrâneas da região de Belém/PA volume 2 impactos da urbanização
CPRM	2012	Diagnostico aquífero Alter do Chão no Estado do Pará Bacia Sedimentar do Amazonas

Fonte: Autores, 2024.

Base de Dados Referentes a Prospecção Geofísica

A prospecção geofísica compreende um conjunto de estudos que utilizam diversos métodos aplicando os princípios da física para investigar falhas geológicas, depósitos de argilas de areia, zonas mineralizadas, entre outros, com vários interesses dentre eles localizar zonas favoráveis à circulação de águas subterrâneas (FERNANDES, 1984).

A prospecção geofísica, por caracterizar-se como uma tecnologia não invasiva, se apresenta como um ótimo instrumento para auxiliar na perfuração de poços, reduzindo os custos com perfurações indesejadas e evitando contaminações (GOETTEN, 2015).

Na consulta para a averiguação do Critério Base de dados referente à prospecção geofísica, dentro do Contexto: verificar a existência de dados que identifiquem os locais mais propícios a perfurações de poços. Não foram encontradas informações referentes ao critério

avaliado. O parâmetro de avaliação considerado foi inexistência (o ponto). No entanto, no quadro 7 são apresentadas algumas pesquisas referentes ao parâmetro avaliado.

Quadro 7 – estudos pesquisas correlacionadas com o a Prospecção Geofísica

Autor	Ano	Estudo
Kobayashi	1979	Métodos Geofísicos aplicados a prospecção de água subterrânea no município de Ponta de Pedras Ilha de Marajó Pará
Filho	2006	Prospecção no município de Novo Repartimento PA: Aplicando Métodos elétricos e eletromagnéticos.
Oliveira et al.	2008	Prospecção de águas subterrâneas na região sudeste do estado do Pará com método geofísico eletrorresistividade

Fonte: Autores, 2024.

Existência de mapa potenciômetro

Um mapa potenciômetro é um instrumento muito importante para que um especialista possa estudar o fluxo da água subterrânea, apesar da facilidade no processo de confecção do mesmo a dificuldade está nos custos, com mão de obra especializada e equipamentos caros (Demétrio et al., 2006).

O contexto de avaliação deste critério foi de verificar a existência de mapas potenciométricos que identifiquem zonas de recarga, fluxo e descarga de aquíferos.

Foram encontrados dados relativos à reserva potencial explorável dos sistemas aquíferos paraenses. Entretanto, são dados incompletos que não podem ser considerados como um mapa potenciométrico. Dessa forma, a pesquisa considerou que o mapa potenciômetro está em processo de confecção (2 pontos). Entretanto, foram encontrados estudos com informações referentes ao contexto deste critério, que poderiam auxiliar e dar suporte na criação de um mapa potenciômetro oficial (Quadro 8).

Quadro 8 estudos relevantes com o critério mapa potenciômetro

Autor	Ano	Estudo
ANA	2018	Estudos hidrogeológicos para a gestão das águas subterrâneas da região de Belém/PA
CPRM	2012	Diagnostico aquífero Alter do Chão no Estado do Pará Bacia Sedimentar do Amazonas

Fonte: Autores, 2024.

Disponibilidade de Modelos Numéricos de Gestão de Aquíferos

O modelo numérico de gestão de aquífero, é um instrumento importante para planejar a exploração da água subterrânea a longo prazo e de maneira sustentável. O modelo avalia a disponibilidade hídrica do aquífero, sendo necessário o conhecimento hidrogeológico do sistema aquífero, suas características específicas, recarga, descarga, capacidade de infiltração, características das formações rochosas, conexão com as águas superficiais, vazão de poços, entre outros fatores. Com isso é possível fazer a simulação de vários contextos para o fluxo da água subterrânea (Correa, 2021; Freire, 2002).

Com o modelo numérico de gestão é possível analisar as reservas de água através do balanço de massa e da simulação de diversos cenário de exploração, garantindo o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos (BACK, 2020).

Na consulta realizada, não foi possível encontrar dados relativos à existência deste critério. Assim, foi considerado como inexistente e atribuída a pontuação (o ponto).

Quadro 9 - síntese de avaliação do desempenho do estado Pará para os critérios do domínio Técnico

Critérios	Pontuação				
	Inexiste (0 ponto)	Existe Previsão (1 ponto)	Em elaboração (2 pontos)	Implantado (3 pontos)	Pontuação
1. Existência de Mapa hidrogeológico básico	0				0
2. Caracterização da água subterrânea				3	3
3. Rede de monitoramento piezométrico	0				0
4. Rede de monitoramento de qualidade da água subterrânea			2		2
5. Avaliação de risco de contaminação da água subterrânea				3	3
6. Base de dados referente à prospecção geofísica	0				0
7. Existência de mapa potenciométrico			2		2
8. Modelos numéricos de gestão de aquíferos	0				0
Pontuação Total do Estado					10

Fonte: Adaptado de BOHN, GOETTEN e PRIMO, 2014.

Critérios do domínio Operacional /Legal

Enquadramento das águas subterrâneas

O enquadramento das águas subterrâneas é um importante instrumento de gestão instituído na Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e na política Estadual do Recursos Hídricos, determinado pelo CONAMA, estabelecido pela resolução CONAMA no 396/2008 que estabelece que as águas subterrâneas sejam classificadas em 6 classes distintas:

- classe especial, corresponde às águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadradas como classe especial.

- classe 1: água dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses sem alterações de sua qualidade por atividades antrópicas e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.

- classes 2: Água dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.

- classes 3: Águas de aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às características hidrogeoquímicas naturais.

- classes 4: Água dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo.

- classes 5: Águas de aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses que possam estar com alterações de sua qualidade por atividades antrópicas destinadas a atividades que não tem requisitos de qualidade para uso.

As propostas para o enquadramento das águas subterrâneas no Brasil ainda são muito limitadas, agravadas pela falta de informações hidrogeológicas adequadas, de monitoramento qualidade e quantitativo, da potencialidade, disponibilidade, vulnerabilidade e risco dos aquíferos, fatores estes que tornam o enquadramento das águas subterrâneas no país um desafio (ARAÚJO, 2021).

Na avaliação do Critério Enquadramento das águas subterrâneas, constatou-se que no estado do Pará ainda não está implantado o enquadramento das águas subterrâneas, porém, há previsão de implantação desse instrumento de gestão. Desse modo, foi atribuída a pontuação (2 pontos) ao critério.

Outorga de direito de uso da água subterrânea

A outorga de direito é um ato administrativo em que o poder público outorgante faculta ao outorgado o uso do recurso hídrico, por determinado tempo, finalidade e condições expressas no respectivo ato.

A outorga de direito é um dos instrumentos de gestão na PNRH e da PERH, no que se refere a poços ainda não perfurados. O requerente deve iniciar o processo solicitando outorga para perfuração de poço, a autorização sendo concedida o requerente poderá perfurar o poço e em seguida deverá dar entrada no novo processo de solicitação de outorga, para a captação da água subterrânea.

Na busca por informações referentes à existência e aplicação de procedimento administrativo de outorga, constatou-se que há um protocolo de solicitação de outorga de direito do uso da água subterrânea. A pesquisa considera que é aplicado o sistema de outorga de direito de uso da água subterrânea no estado do Pará, sendo atribuídos (3 pontos) ao critério.

Cobrança pelo uso da água subterrânea

A cobrança pelo uso da água subterrânea é um instrumento de gestão previsto na PNRH e da PERH, não é um imposto, mas é uma remuneração pelo uso de um bem público, com o objetivo de incentivar o seu uso racional, sustentável e a valoração como um bem finito. Além de gerar uma receita financeira importante para gestão do referido recurso hídrico.

Constatou-se que este instrumento de cobrança não está implantado no estado sob a alegação de falta de normatização legal, em que existe apenas a previsão legal por meio de norma primária. Sendo assim, foi atribuído (1 ponto) ao critério.

Sistema de informação sobre recursos hídricos subterrâneos

As dificuldades de acesso a informações importantes como: exploração, captação, controle, proteção, quantidade qualidade, localização etc., das águas subterrâneas, instigaram a desenvolver o Sistema de Informação das Águas Subterrâneas (SIAGAS). Um importante sistema de informações geralmente alimentado pela CPRM através de sua rede de monitoramento das águas subterrâneas implantado em todo o território nacional (Vasconcelos, 2015).

Na avaliação deste critério foi identificada a existência de um sistema de informação sobre os recursos hídricos subterrâneos, porém ineficiente, com poucas informações, havendo a necessidade de ser alimentado. Dessa forma, a pesquisa concluiu que existe o sistema de informação sobre recursos hídricos contemplando as águas subterrâneas no estado e dessa forma foram atribuídos (3 pontos) ao critério.

Plano de ação para a gestão das águas subterrâneas

O Plano Estadual de Recursos Hídricos é um instrumento de gestão previsto nas legislações específicas, de domínio estadual, com base na sua Política Estadual de Recursos

Hídricos, com o objetivo de retratar e gerenciar da melhor maneira os recursos hídricos estaduais, buscando sempre estimular a gestão dos aquíferos fornecendo informações como: a disponibilidade, demanda e qualidade da água subterrânea assim como propostas para área de exploração, proteção, restrições de uso, prioridades de monitoramento e estratégias para coordenação dos Comitês de Bacia Hidrográfica - CBHs do mesmo aquífero, para águas subterrâneas (VILLAR; HIRATA, 2022).

A pesquisa acerca da existência de regulamentação e elaboração de plano estadual de recursos hídricos que contemple diagnóstico, medidas e instrumentos para a gestão da água subterrânea identificou a existência do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Embora a água subterrânea apresente pouca visibilidade dentro do diagnóstico e prognóstico do PERH, a pesquisa considerou as informações relevantes para contexto de avaliação, considerando como implantado o plano de ação para gestão das águas subterrâneas e assim atribuída a pontuação (3 pontos).

Licenciamento para perfuração de poços

De acordo com Resolução no 15 de 2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), toda empresa que execute perfuração de poço tubular profundo deverá ser cadastrada junto aos conselhos regionais de engenharia arquitetura e agronomia e órgãos estaduais de gestão dos recursos hídricos e apresentar as informações técnicas necessárias semestralmente e sempre que solicitado. No entanto, a resolução não abrange os poços tubulares de menor profundidade, considerados domésticos, e isentos de licenciamento, sendo está uma preocupação constante quanto a perfuração de poços de maneira inapropriada e por empresas ilegais que expõe os aquíferos aos mesmos riscos que os poços profundos. A exploração clandestina é um desrespeito ao direito de uso e impede que se possa ajuizar seus impactos. Estes usuários não se sentem motivados a legalizar suas situações, a falta de fiscalização e de monitoramento impedem que se possa perceber suas irregularidades ou prejuízos aos aquíferos (VILLAR, 2016).

Na consulta realizada em busca de informações referentes a existência e aplicação de procedimento administrativo de licenciamento, constatou-se que há um protocolo de Licenciamento Ambiental para a perfuração de poços, em que o usuário pode solicitar a autorização para perfuração junto a SEMAS. Dessa forma a pesquisa considerou o critério como implantado e foi atribuída a pontuação (3 pontos).

Licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras das águas subterrâneas

O licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras das águas subterrâneas é um instrumento de gestão previsto e assegurado pelas legislações ambientais e específicas dos recursos hídricos, dentre elas a Lei 6.381/2001 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. É um processo necessário de controle que permite a preservação e a busca pelo equilíbrio dos recursos hídricos.

Os riscos ambientais podem ser de origens diversas e multidimensionais, por isso a dificuldade de previsibilidade, contudo diante da explícita degradação que a humanidade vem causando aos recursos hídricos, é necessário reconhecê-lo como um recurso finito, vulnerável e dotado de valor econômico, para que se faça valer o poder das legislações ambientais que os protegem (JOHN e AREND, 2020).

Ao consultar em busca de informações referentes constatou se que existe protocolos para estas atividades abrangendo o contexto: Verificar a existência e aplicação de procedimento administrativo de licenciamento, capaz de proibir ou restringir a atividade se oferecer risco às águas subterrâneas. Dessa forma a pesquisa considerou o critério como implantado e foi atribuída a pontuação (3 pontos).

Sanções pelo descumprimento da legislação de proteção da água subterrânea

As sanções pelo descumprimento da legislação de proteção da água subterrânea estão previstas na PNRH legislação federal 9.605/98 e na PERH, e de acordo com FONSECA e RUSCHEL (2021), o embargo de suspensão de atividades e multas são as sanções mais aplicadas pelos órgãos ambientais após julgamento dos autos de infração.

A busca por informações referentes à existência e aplicação de procedimento administrativo de responsabilização pelo descumprimento da legislação, para avaliar as Sanções pelo descumprimento da legislação de proteção da água subterrânea, mostrou que existem dados relativos com o critério avaliado. Dessa forma a pesquisa considerou o critério como implantado e foi atribuída a pontuação (3 pontos).

Quadro 10 - Sínteses de avaliação do desempenho para os critérios do domínio Operacional/Legal

Nº	Crítérios	Inexiste (0 ponto)	Existe Previsão (1 ponto)	Em elaboração (2 pontos)	Implantado (3 pontos)	Pontuação
9	Enquadramento das águas subterrâneas.			2		2
10	Outorga de direito de uso da água subterrânea.				3	3
11	Cobrança pelo uso da água subterrânea.		1			1
12	Sistema de informações sobre recursos hídricos subterrâneos.				3	3
13	Plano de ação para a gestão das águas subterrânea.				3	3
14	Licenciamento para perfuração de poços.				3	3
15	Licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras das águas subterrâneas;				3	3
16	Sanções pelo descumprimento da legislação de proteção da água subterrânea.				3	3
Subtotal (2)						21

Fonte: Adaptado de BOHN, GOETTEN e PRIMO, 2014.

Critérios do domínio Institucional/Legal

Sistema Estadual de Gerenciamento de recursos hídricos

O sistema de gerenciamento dos recursos hídricos do estado foi criado pela PERH instituída pela lei 6.381/2001. Tem como objetivos fundamentais permitir que a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará SEMAS/PA tenha uma visão simultânea da disponibilidade hídrica e dos possíveis conflitos no uso da água possibilitando criar políticas públicas integradas a regularização ambiental.

Dessa forma, constatou-se que o sistema estadual de gerenciamento dos recursos hídricos do estado está implantado e foram atribuídos (3 pontos) ao critério.

Organizações comunitárias de gestão de aquíferos

No geral as organizações comunitárias promovem o fortalecimento, a união e integração de uma comunidade além de favorecer a melhor eficiência na gestão e uso dos recursos locais. E para que a gestão das águas aconteça são necessários o envolvimento e a participação de toda a sociedade. No Brasil, cada bacia hidrográfica possui um comitê próprio descentralizado favorecendo a participação das organizações comunitárias, no gerenciamento dos recursos hídricos de maneira organizada e disposta a cumprir regras e acordos, solucionando conflitos e cuidando para que todos exerçam o direito a água. (IRIARTE e DEL PRADO, 2009).

O parâmetro para avaliação deste critério verificou a existência de regulamentação e a criação de organizações voltadas a mobilizar a participação da comunidade para a gestão de aquíferos. Entretanto, não foram encontradas informações referentes a este critério. Dessa forma, foi atribuída a pontuação (o ponto), devido o critério ser avaliado como inexistente.

Participação da sociedade civil a gestão das águas subterrâneas

Sem a participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos o processo não acontece, estes atores estão envolvidos diretamente na engrenagem do processo de implementação dos instrumentos de gestão vai além de uma necessidade é um direito constituído (VILLAR, 2022), e estão representados nos Comitês de bacias hidrográficas (CBHs), onde um grupo de pessoas com diferentes visões e atuações se reúnem para discutir sobre um interesse comum, o uso da água. É um importante instrumento na gestão e governança das águas, uma célula menor, com mais probabilidade de solução para os conflitos pelo uso múltiplo das águas.

No entanto, o estado do Pará tem apenas um CBH abrangendo 12 municípios. Pode-se dizer que é “uma gota no oceano”, considerando a importância dos recursos hídricos e os conflitos pelo uso das águas.

Ao verificar a existência de paridade na representação da sociedade civil junto ao Comitê de Bacia Hidrográfica, foi possível localizar dados referentes a este critério. Dessa forma, foi avaliado como de participação efetivada por meio da verificação da composição dos CBHs e da publicidade das atas das reuniões. Dessa forma foi atribuída a pontuação (3 pontos).

Quadro 11 - Sínteses de avaliação do desempenho para os critérios do domínio Institucional/Legal

Nº	Critérios	Inexiste (0 ponto)	Existe Previsão (1 ponto)	Em elaboração (2 pontos)	Implantado (3 pontos)	Pontuação
17	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.				3	3
18	Organizações comunitárias de gestão de aquíferos.	0				0
19	Participação da sociedade civil na gestão das águas subterrâneas.				3	3
Subtotal (3)						6

Fonte: Adaptado de BOHN, GOETTEN e PRIMO, 2014.

O principal obstáculo para se avaliar a governança das águas no âmbito estadual é a carência de estudos que comprovem os resultados da aplicação do processo jurídico de gestão. Sem uma avaliação completa não pode haver melhoramento ou aperfeiçoamento dos métodos no processo de governança. As águas subterrâneas necessitam da ciência para quebrar o ciclo da invisibilidade. Somente através de estudos e procedimentos técnicos é possível identificar os danos, perigos e ameaças aos aquíferos.

Avaliando o domínio técnico, considerado o processo da ciência para desnudar as águas subterrâneas através das pesquisas: básicas, aplicadas e tecnológicas, foi possível constatar que 50% dos critérios de avaliação da governança das águas subterrâneas no estado do Pará inexistem, 25% estão em elaboração e 25% está implantado. Ou seja, o Estado não possui uma boa conexão entre governo e ciência e consequentemente entre governo e sociedade, deixando de considerar e aproveitar as informações científicas já existentes, como suporte de referência para melhor transparecer suas ações rumo a governança das águas subterrâneas no estado.

Em relação ao domínio operacional/legal, que busca mostrar a conexão entre governo e sociedade através da implementação das legislações específicas para a gestão dos recursos hídricos, observou-se que, 12% dos critérios têm previsão de implementação, 13% estão em elaboração e 75% já estão implantados. Embora existam instrumentos legais, ainda faltam algumas regulamentações legais e alguns ajustes para uma gestão mais abrangente e eficiente.

Por fim, a análise dos resultados do domínio institucional/legal, que busca mostrar a participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos, mostrou que 33% inexistem e 67% já estão implantados. É possível perceber que embora haja uma abertura para a participação da sociedade nos processos burocráticos, nas manifestações sociais e nas tomadas de decisão quanto às políticas públicas ainda é muito limitada, seja por falta de conhecimento ou reconhecimento da interrelação de dependência e da importância da água subterrânea para o desenvolvimento de diversas atividades humanas e a existência e subsistência de ambas.

Conclusão

Dos 57 pontos possíveis, o estado do Pará recebeu 37. Ficou evidente que os critérios técnicos necessitam de atenção e investimentos, já que receberam as menores pontuações dentre todos os critérios. Com relação aos critérios do domínio Operacional/Legal, observa-se que os seus resultados considerados satisfatórios são frutos dos aparatos legais e normativas de operacionalização dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos e em relação aos

critérios do domínio Institucional/legal, embora tenham recebido boa pontuação, nota-se sérios problemas de articulação e mobilização da sociedade civil na tomada de decisão.

A participação popular, no nível local, é fundamental para que a governança de fato aconteça. E mesmo que existam instrumentos e normas que apoiem essa participação, não serão suficientes caso na prática essa participação não aconteça para pressionar o governo e a ciência a trabalharem juntos na implementação e efetivação de políticas públicas voltadas às águas subterrâneas, na busca de soluções para os conflitos pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos.

Observa-se tecnicamente, que a governança das águas envolve fatores e princípios importantes, para a organização política administrativa dos recursos hídricos que pode ser centralizado ou descentralizado. Entretanto, é o estado que detêm a autoridade para definir as ações de prioridade, implantação, fiscalização, monitoramento, avaliação, entre outras abordagens possíveis de serem adotadas. Para tratar a questão hídrica e seus diversos segmentos, os municípios podem contribuir neste processo, implantando um sistema local de gerenciamento no âmbito municipal, para isto é necessário que existam arranjos legais a nível estadual. As particularidades das águas subterrâneas reforçam a necessidade de uma governança eficaz, que vá além do poder público e dos órgãos de gestão, com ações mais abrangentes e participativas.

Referências

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Informe 2017. Edição especial. Brasília - DF: Agência Nacional de Águas, 2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Informe 2021. Edição especial. Brasília - DF: Agência Nacional de Águas, 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. Gov, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 17 Maio 2022.

ARAUJO, C. R. **Proposta para enquadramento das águas subterrâneas na região de afloramento do Sistema Aquífero Tubarão na UGRHI 5, no estado de São Paulo**. Orientação de Ana Elisa Silva de Abreu. Campinas, SP: [s.n.], 2021. TCC. (1 recurso online (78 p.)), il., digital, arquivo PDF. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/2332>. Acesso em: 29 jan. 2024.

BACK, A. F. **Modelagem numérica de fluxo das águas subterrâneas no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS**. Repositório UFSM, 2020. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpegclclefindmkaj/https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/22197/DIS_PPGEC_2020_BACK_ALLISON.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 9 Janeiro 2024.

BENTES, V. S; MESCHEDÉ, M. S. C. Qualidade da água utilizada em serviços de hemodiálise antes e após passar por sistema de tratamento em Santarém, Oeste do Pará. **Revista Do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 80, n. 1, p. 1-13, 2021.

BEZERRA, V. R; LIMA C. A. P; MONTEIRO L. R. S; LEITE V. D; MEDIEROS K. M. osales et al. Soluções Sustentáveis no uso de águas Subterrâneas da cidade de João Pessoa-PB. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 19-26, 2020.

BIGUELINI, Cristina P.; GUMY, Mariane P. SAÚDE AMBIENTAL: ÍNDICES DE NITRATO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE POÇOS PROFUNDOS NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ. **Revista faz Ciência**, 2000. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/view/8724/6724>. Acesso em: 05 Outubro 2022.

BOHN, N.; GOETTEN, W. J.; PRIMO, A. Governança da água subterrânea no Estado do Rio Grande do Sul. **REGA**. Porto Alegre, v. 11, n. 1, 2014, pp. 33-43.

BOHN, N.; GOETTEN, W. J.; RAMLOW, F. A.; WEISE, L. S.; LEAL, R. J.; PHILIPPI, T.; BRAATZ, T. H.; BURCHKART, T. R.; PESSATI, T. B. Governança da água subterrânea: um estudo de caso em Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. In: XVIII Congresso Brasileiro de Água Subterrânea, 2014, Belo Horizonte. SUPLEMENTO - **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo: ABAS, 2014. v. 1. p. 1-20.

BOMFIM, L. F. C. (Coord.). **Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil 1:250.000**: arquivos de impressão. Salvador: CPRM, 2006. 1 CD-ROM.

BORELLI, E. Economia política da água no Brasil. In A. Kon & E. Borelli (Org.), **Economia brasileira em debate: subsídio ao desenvolvimento**. São Paulo: Blucher, p. 277-293, 2018.

CAPALONGA, S. Avaliação do perigo de contaminação das águas subterrâneas por fontes pontuais nos municípios do Vale do Taquari – RS. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 33, n. 4, 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i4.29600. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29600>. Acesso em: 29 jan. 2024.

CONICELLI B. P.; HIRATA R. Governança das águas subterrâneas em áreas urbanas: estudo de caso em São José do Rio Preto. **XIV World Water Congress**, 2011. Disponível em: <https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5910.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2024.

CONICELLI, B. P.; HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28712>. Acesso em: 29 jan. 2024.

DA SILVA PEREIRA, J; DE OLIVEIRA FRANCO, A. Águas subterrâneas e sua importância para o abastecimento da cidade de Rio Branco – Acre. **UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**, v. 5, n. 1, 2023.

FAGUNDES, J. P. R.; ANDRADE, A. L. A. Poços artesanais: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, 2015.

FARIAS, G. B. L. **Governança das águas subterrâneas diante das mudanças climáticas e a importância da gestão integrada das águas**: um estudo sobre o Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 155 p., 2023.

FERNANDES, C. E. M. **Fundamentos de prospecção geofísica**. Rio de Janeiro: Interciência. p.190, 1984.

FIGUEIREDO, L. M. M. **O papel do Plano Nacional de Segurança Hídrica: a universalização do acesso a água no país, principalmente no Nordeste e Ceará.** São Paulo, 2020.

FONSECA, W. C.; RUSCHEL, C. Embargo e suspensão ambiental critérios existentes para aplicação. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, ISSN 2179-345X, ISSN-e 2179-8214, v. 12, n. 2, p. 304–318, maio/ago., 2021.

FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; TUINHOF, A.; TOVEY, C. Groundwater governance: conceptual framework for assessment of provisions and needs. **GW-Mate strategic overview series**. n. 1. Washington: World Bank, p. 16, 2009.

FREIRE, C. C. **Modelo de Gestão para água subterrânea.** Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, IPH, UFRGS, Porto Alegre, p. 140, 2002.

GARDUÑO, H.; ROMANI, S.; SENGUPTA, B.; TUINHOF, A.; DAVIS, R. India groundwater governance: case study. **Water papers**. Washington: World Bank, 2011.

GASTMANS, D.; ALBERTO, M.; BUFON, A.; MORAES, F.; SANTOS, M.; SILVA, J.; CHANG, H. **Implicações hidroquímicas da interação rocha-água:** interpretações através da representação gráfica de análises químicas de águas subterrâneas. Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente do IGCE, 2004.

GOETTEN, W. J. **Avaliação da Governança da Água Subterrânea nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Blumenau. 2015. 317f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil.** IGC, 2019. Disponível em: https://igc.usp.br/igc_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf. Acesso em: 05 Outubro 2022.

HUNSCHE, R. T. A proteção das águas subterrâneas no Direito Internacional e Nacional. **Revista dos Tribunais**. São Paulo, v. 15, n. 57, p. 125–188, jan./mar., 2010.

IBGE. **Censo 2022.** s/d. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

IRIARTE, O. D.; DEL PRADO, A. D. N. Gestão Multisetorial e desafios para a gestão da água. In: JACOBI, P.; SINISGALLI, P. A. **Governança da Água e políticas públicas na América Latina e Europa.** São Paulo: Annablume, 2009.

JOHN, N. S.; AREND, S. C. A PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS FRENTE À SOCIEDADE DE RISCO. **Anais do Simpósio Latino-Americano de Estudos de Desenvolvimento Regional**, IJUÍ - RS - BRASIL, v. 2, n. 1, 2021. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/slaedr/article/view/21238>. Acesso em: 29 jan. 2024.

JUNIOR, H. R. M. **Projeto Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**: Relatório diagnóstico Aquífero Alter do Chão no Estado do Amazonas. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, n. 7, p. 20. 2012.

KUHN M. R, ZART N, OLIVEIRA E. C. Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o Distrito de Boa Vista, no município de Triunfo – RS. **Revista Destaques Acadêmicos**. 2015 Outubro;15(4):132-140.

MARQUES, A. C. Os aquíferos brasileiros e a gestão de recursos hídricos transfronteiriços. **Revista Escola Superior de Guerra**. Rio de Janeiro, v. 26, n. 53, p. 66-97, jul./dez. 2011.

MILITÃO, I. M.; SILVERIO, J. M. O.; CASTRO, V. L. L.; MARTINS, G. Avaliação da gestão compartilhada do aquífero Jandaíra, região limítrofe dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. In: XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016, Campinas. **Anais...** São Paulo, 2016.

MORALES, C.; CHAVES, L. S. S.; SILVA, K. W. S. Estrutura do sistema de abastecimento de água da cidade de Bragança, Pará. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 2012

MUMMA, A.; LANE, M.; KAIRU, E.; TUINHOF, A.; HIRJI, R. Kenya groundwater governance: case study. **Water papers**. Washington: World Bank, 2011.

NASCIMENTO, R. L. X.; SOUZA, C. C.; GRASSI, G.; OLIVEIRA, M. A. N. **Caderno de caracterização**: estado do Pará. Brasília: Codevasf, 2022.

OLIVEIRA, J. R. de; MELO, C. F. de; OLIVEIRA, T. R. de; JÚNIOR, C. F. de M. Poço tubular sem controle compromete aquíferos subterrâneos. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23804>. Acesso em: 29 jan. 2024.

PAGNOCCHESCHI, B. Governabilidade e governança das águas no Brasil. In Moura, A. M. M. (org). **Governança ambiental no Brasil**: Instituições, atores e políticas públicas. Capítulo 7. Brasília: IPEA, 2016, p. 175-199.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Pará**. Leal, Rafael Estumano et al. (Orgs.). SEMAS, Belém, p. 111, 2022.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Política de recursos hídricos do Estado do Pará**. Belém: Sema, 2012.

PENA, R. F. A. **Aquífero Alter do Chão**. Mundo Educação, 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/aquifero-alter-chao.htm>. Acesso em: 13 de Novembro 2022.

PETERS, Brainard G. O que é Governança? **Revista do TCU**, p. 28-33, 2013.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. de. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém/PA. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2002. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22823>. Acesso em: 29 jan. 2024.

PIETERSEN, K.; BEEKMAN, H. E.; HOLLAND, M.; ADAMS, M. Groundwater governance in South Africa: a status assessment. Water S.A. In: **International Conference on Groundwater**, Special Edition, v. 38, n. 3, Pretória, 2012. Anais..., Pretória: Water S. A., 2012.

RAMOS, C. A.; BOHN, N.; GOETTEN, W. J.; WEEGE, K. A.; MARCHI, A. G.; SOUZA, T.; FRANCISCO, P. P. **Avaliação de Aspectos Técnicos da Governança da Água Subterrânea nos Estados de Goiás, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Wordpress, 2017. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://rgsgsc.files.wordpress.com/2013/11/avaliac3a7c3a30-de-aspectos-tc3a9cnicos-da-governanc3a7a-da-c3a1gua-subterrc3a2neanos-estados-de-goic3a1s-minas-gerais-santa-catarina-e-rio-grande-do-sul.pdf>. Acesso em: 6 de Novembro 2023.

RÉVILLION, A. S. P. A Utilização de Pesquisas Exploratórias na Área de Marketing. **Periodicos**, 2003. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/rimar/article/view/26692/14330>. Acesso em: 15 Maio 2022.

RODRIGUES E.S.F. **Caracterização hidroquímica dos aquíferos freáticos costeiros na cidade de Salinópolis-PA**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará. p. 75, 2016.

RODRIGUES, Z. R. C.; MAIA, P. H. P. Mapa hidrogeológico, ferramenta de gestão e planejamento. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], n. 1, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23532>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SANEAMENTO, I. Á. (s.d.). **Município e Saneamento**. INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R. C. A. O contexto tectônico dos sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2008. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794>. Acesso em: 13 fev. 2024.

SOLDERA, B. C.; OLIVEIRA, E. D. Água sustentável (as): um novo método para a governança da água. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 30, mar. 2017. DOI: 10.14295/ras.v31i2.28650.

SOUZA, J. A. F. **Eletroresistividade na prospecção hidrogeológica no município de Ourilândia do Norte/PA**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geofísica/Centro de Geociência/UFGA, Belém, p 86, 1996.

UNESCO. Relatório da UNESCO destaca águas subterrâneas como solução para crise hídrica. Nações Unidas Brasil, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175523-relat%C3%B3rio-da-unesco-destaca-%C3%A1guas-subterr%C3%A2neas-como-solu%C3%A7%C3%A3o-para-crise-h%C3%ADdrica>. Acesso em: 16 Novembro 2023.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Anais**. XVIII Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas. 2015.

VIEIRA, J. B.; BARRETO, R. T. S. **Governança, gestão de riscos e integridade**. Brasília: Enap, 2019.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 85-102, 2016.

VILLAR, P. C.; HIRATA, R. **Governança das Águas Subterrâneas e a Construção de Indicadores Jurídicos para os Estados Brasileiros**. Scielo, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/MyJxyZZwMjRQm3Hmh7GnVKs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 Set. 2022.

VILLAR, P. C.; HIRATA, R.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; CARVALHO, A. M.; BERTOLO, R. A.; MARTINS, V. T. S. **Governança das águas subterrâneas: desafios e caminhos**. Brasília: ANA, 2022. 200 p., il. ISBN 9786588101285. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/93658. Acesso em: 29 jan. 2024.

Recebido em: 25/08/2024.

Aprovado para publicação em: 03/09/2025.