

Desafios e estratégias para o aprimoramento da infraestrutura de abastecimento de água na Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, RN, Brasil

Challenges and strategies for improving the water supply infrastructure of the Potengi River Basin, RN, Brazil

Bárbara Hillary de Almeida Pinto^{1*} , Paulo Eduardo Vieira Cunha¹ , Lucas Costa Rodrigues¹ ,
Caio Víctor Macêdo Pereira¹ , Matheus Natan Ferreira Alves de Sousa¹ ,
José Arthur do Nascimento Ramalho¹ , Joyce Clara Vieira Ferreira¹ , Carlos Wilmer Costa¹ ,
Karina Patrícia Vieira da Cunha¹ 

RESUMO

A universalização do acesso ao serviço de abastecimento de água, componente essencial do saneamento básico, requer a integração de estratégias técnicas, ambientais e sociais, além da realização de investimentos voltados ao aprimoramento de sua infraestrutura. Para que haja o desenvolvimento e a execução de ações efetivas, com alocação adequada de recursos, é indispensável um planejamento voltado às características locais, com prévio conhecimento da realidade instaurada nas regiões em que se pretende intervir. Portanto, este trabalho expõe o diagnóstico dos atuais sistemas coletivos de abastecimento de água nos 25 municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi (BHRP), especificamente quanto aos sistemas produtores de água e aos indicadores de segurança hídrica, por meio de uma abordagem qualitativa e quantitativa, com coleta, sistematização e análise de dados secundários. A maioria dos sistemas coletivos de abastecimento de água que atendem à população da BHRP é integrada aos de outros municípios, sendo a maior parte deles suprida por grandes sistemas adutores com captações feitas em mananciais localizados fora de suas áreas territoriais. Quanto aos índices de segurança hídrica, a maior parte da bacia apresenta níveis de segurança média ou baixa em suas áreas urbanas, indicando a necessidade de planejamento e execução de ações de forma integrada, conjunta e contínua em todos os municípios da bacia, bem como implementando políticas públicas que priorizem investimentos na proteção e recuperação de mananciais e na diversificação das fontes de abastecimento, aprimorando e expandindo as estruturas de produção e sistemas de tratamento e distribuição.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Rio Potengi; saneamento básico; abastecimento de água; produção de água; segurança hídrica.

ABSTRACT

XUniversalizing access to water supply services, an essential component of basic sanitation, requires the integration of technical, environmental, and social strategies, along with investments aimed at improving infrastructure. For the development and implementation of effective actions with proper resource allocation, planning aligned with local characteristics is essential, requiring prior knowledge of the realities of regions targeted for intervention. This study presents a diagnosis of current collective water supply systems in 25 municipalities within the Potengi River Basin (BHRP), focusing on water production systems and water security indicators, through a qualitative and quantitative approach with the collection, systematization, and analysis of secondary data. Most collective water supply systems serving the BHRP population are integrated with those of other municipalities, with the majority being supplied by large adductor systems capturing water from sources located outside their territorial areas. Regarding water security indexes, most of the basin exhibits medium to low levels of security in its urban areas, indicating that it requires integrated, joint, and continuous planning and the implementation of actions across all basin municipalities, along with public policies that prioritize investments in protecting and recovering water sources, diversifying supply sources, improving and expanding production infrastructure, treatment and distribution systems.

Keywords: Potengi River Basin; basic sanitation; water supply; water production; water security.

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Natal (RN), Brasil.

*Endereço para correspondência: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Complexo Tecnológico de Engenharia, Avenida Senador Salgado Filho, 3.000, sala 211 - Lagoa Nova - CEP: 59078-970 - Natal (RN), Brasil. e-mail: barbara.pinto101@ufrn.edu.br

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Potengi (BHRP) é considerada uma das principais bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, ocupando a área de 4.111,25 km², correspondente a 7,8% do território estadual (SEMARH/RN, 2022) e abrangendo 25 municípios do estado (SEMARH/RN, 1998), incluindo parte da capital e de sua região metropolitana. A população estimada dos municípios inseridos na bacia, de 1.189.304 habitantes, responde por 36% da população total do estado no ano de 2022 (IBGE, 2023).

Ademais, ressalta-se a relevância socioeconômica e ambiental do Rio Potengi, em função de sua utilização para inúmeras atividades, incluindo pesca, agricultura, carcinicultura, pecuária, entre outras, além de atuar como corpo receptor de efluentes sanitários, tratados ou não (TORRES *et al.*, 2019). Essas atividades geram impactos que influenciam diretamente na redução da disponibilidade da água, em termos quantitativos e/ou qualitativos, afetando negativamente o meio ambiente e a qualidade de vida das populações que dependem diretamente de suas águas para subsistência.

Nesse contexto, Torres *et al.* (2019) enfatizam que o Rio Potengi apresenta diversos trechos em estado de vulnerabilidade quanto à sua qualidade, em função de seu uso indiscriminado pela população, agravado pela carência de políticas e ações mitigadoras por parte do poder público. Essa situação torna necessária a adoção de estratégias eficazes de gestão da água, envolvendo adaptações locais e implementações de políticas mais amplas (OKELLO *et al.*, 2024).

O desenvolvimento de ações visando à preservação da qualidade ambiental local e promoção da saúde pública se faz essencial para a constituição e manutenção de uma sociedade mais saudável. Diante disso, o *Manual de saneamento* da Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2019) destaca a relevância do saneamento como um dos fatores de promoção de um ambiente salubre, que favorece condições de sobrevivência, quando devidamente implantado e adequado às características locais. Sendo assim, é necessário um planejamento voltado à realidade local da BHRP, de modo a minimizar os problemas existentes relativos à ausência de infraestrutura e atendimento adequado

relacionados sobretudo aos sistemas de saneamento básico, abrangendo-se o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Nesse sentido, este estudo surgiu como um desdobramento do projeto de pesquisa intitulado “Projeto de Recuperação de Nascentes e Áreas Degradadas da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi”, financiado pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, por meio da Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, e executado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte sob o Termo de Execução Descentralizada nº 023/2021/SNSH/MDR, o qual visa à recuperação ambiental de nascentes e áreas degradadas na bacia, com o objetivo de melhorar a disponibilidade hídrica e a qualidade ambiental na região. Entre o conjunto de ações integradas desenvolvidas no projeto, inclui-se a busca de soluções para a melhoria do saneamento básico dos 25 municípios inseridos na bacia, com vistas à universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Para a efetividade das ações de saneamento, faz-se necessário, entre outros fatores, o conhecimento das condições ambientais de onde se pretende intervir (Funasa, 2019). Portanto, foram avaliados os sistemas de saneamento desses municípios, com o intuito de diagnosticar a realidade instaurada em suas áreas, a fim de subsidiar a proposição de ações de saneamento básico e de educação sanitária e ambiental.

Sabendo-se que o abastecimento de água para consumo humano é essencial para a saúde pública e requer investimentos significativos em infraestrutura, este trabalho expõe as informações levantadas acerca dos atuais sistemas coletivos de abastecimento de água nos municípios integrantes da BHRP, especificamente quanto aos sistemas produtores de água e aos indicadores de segurança hídrica, fundamentais para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, bem como para a identificação de áreas com deficiências e maiores fragilidades quanto ao fornecimento de água.

Ao avaliar a realidade instaurada na região, o estudo visou identificar áreas prioritárias que necessitam de

intervenção, de modo a subsidiar a adoção de práticas eficazes e fundamentar decisões estratégicas dos gestores públicos e *stakeholders* envolvidos na área de saneamento. Dessa forma, por meio de políticas públicas e investimentos voltados ao aprimoramento e à melhoria dos sistemas de abastecimento de água, planeja-se universalizar o acesso a esse serviço, com segurança, quantidade, qualidade, regularidade e modicidade de custos, além da sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos, garantindo, consequentemente, a melhoria das condições de vida e de saúde da população local.

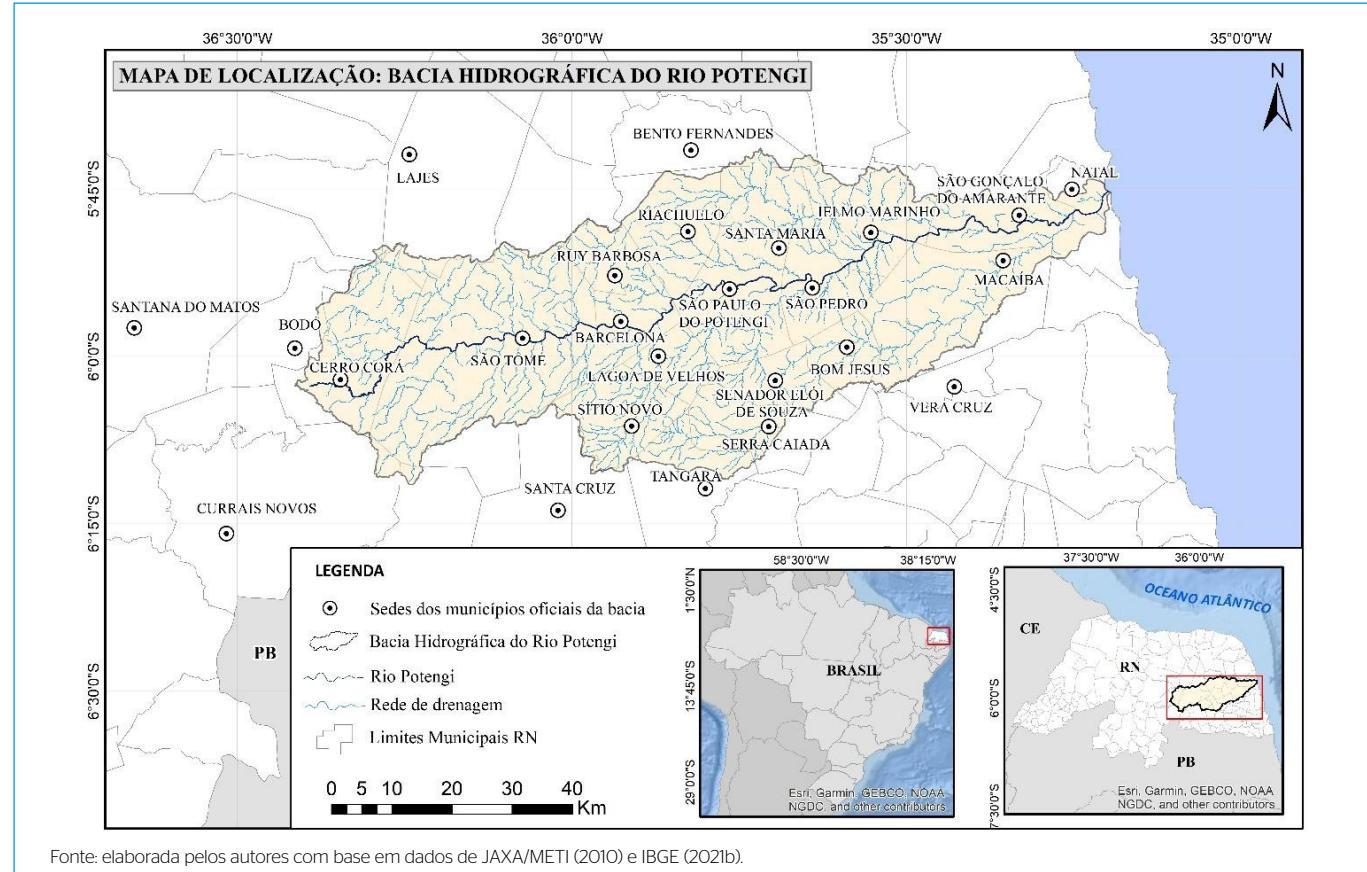
METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e quantitativa, por meio da coleta, sistematização e análise de dados secundários oriundos de instituições federais, estaduais e municipais, além de informações de diagnósticos técnicos. A metodologia utilizada oferece um panorama das situações encontradas nos sistemas coletivos de abastecimento

de água que atendem aos 25 municípios da BHRP, indicados na **Figura 1**, especificamente quanto aos sistemas produtores de água e mananciais de abastecimento, além da segurança hídrica dos sistemas coletivos que abastecem a região.

Para análise dos sistemas produtores de água, foram coletados dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021a), de modo a verificar os sistemas coletivos que atendem a cada município, bem como realizado o georreferenciamento dos mananciais superficiais responsáveis pelo abastecimento. Apesar de responderem por grande parte do abastecimento dos municípios da BHRP, especialmente para a capital do estado e parte de sua região metropolitana, as captações subterrâneas não foram georreferenciadas.

Para georreferenciamento dos sistemas adutores que conectam os mananciais de abastecimento aos sistemas de distribuição dos municípios, utilizaram-se os arquivos digitais fornecidos pela Companhia de Águas



Fonte: elaborada pelos autores com base em dados de JAXA/METI (2010) e IBGE (2021b).

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi

e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN, 2018), em formato *shapefile*, inerente ao ambiente de Sistema de Informações Geográficas.

É importante ressaltar que os sistemas apresentados são responsáveis, em grande parte, pelo abastecimento coletivo de sistemas das sedes urbanas municipais e parte das zonas rurais. Para parte de núcleos urbanos e de áreas rurais de alguns municípios, o sistema de abastecimento de água não é realizado de forma coletiva com o uso de redes de distribuição, sendo adotadas soluções individuais e/ou alternativas, no entanto esses sistemas individuais não serão abordados no estudo.

A segurança hídrica dos sistemas de abastecimento de água na região foi avaliada por meio de dados fornecidos pela ANA (2021a), com base no índice de segurança hídrica das áreas urbanas dos municípios: índice de segurança hídrica do abastecimento urbano (ISH-U).

Mediante o levantamento dos dados, foram produzidos mapas temáticos, em *software* computacional ArcMap v.10.8, além de gráficos e tabelas, que oferecem um panorama das situações encontradas, auxiliando em análises específicas para cada caso identificado e fornecendo subsídios para a proposição de soluções que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados e a participação e o controle social.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mananciais e sistemas produtores de água

O *Manual de Saneamento* (Funasa, 2019) indica que o abastecimento de água pode ser classificado quanto à abrangência de atendimento, podendo ser individual ou coletivo. O abastecimento coletivo atende a vários domicílios, sendo mais característico em áreas com populações concentradas, notadamente as urbanas. Já no abastecimento individual, mais comum em áreas com população dispersa, como grande parte das áreas rurais, não abordado neste estudo, a produção e o consumo de água atendem a um único domicílio, sendo adotadas, por vezes, soluções alternativas e/ou individuais, como uso de poços ou nascentes, chafarizes, cisternas, açudes, caminhões pipa etc.

Conforme dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), os sistemas coletivos de abastecimento de água dos municípios da BHRP, sobretudo de suas sedes urbanas, são operados preponderantemente pela CAERN, com exceção apenas dos sistemas de Santa Cruz, operado pelo Serviço Autônomo de Águas e Esgotos (SAAE), e de São Gonçalo do Amarante, também operado pelo SAAE, excluindo-se a área conurbada com Natal, operada pela CAERN.

O abastecimento coletivo de água pode ser feito por sistemas isolados (atendem a apenas um município), integrados (atendem a mais de um município) ou por ambos os sistemas (sistema misto) (ANA, 2021b). Em geral, no abastecimento coletivo, a produção e o consumo ocorrem em locais distintos (FUNASA, 2019), principalmente nos casos dos sistemas integrados ou mistos. Nesse contexto, é importante ressaltar que a maioria dos municípios do semiárido potiguar tem seu abastecimento dependente de captação nos vários reservatórios superficiais construídos na região, porém, para aqueles não abrangidos pela área de influência desses reservatórios, o atendimento é feito por meio de sistemas adutores que conectam esses municípios às barragens (RODRIGUES et al., 2018), situação também detectada para grande parte da BHRP.

De acordo com o *Manual de Saneamento* (FUNASA, 2019), o abastecimento coletivo é o mais recomendado, sob o ponto de vista sanitário, por permitir a proteção do manancial, a supervisão das unidades do sistema e o controle da qualidade da água consumida, propiciando a redução de recursos humanos e financeiros. Além disso, tendo em vista que a maior parte dos sistemas coletivos dos municípios é operada por companhia estadual (SNIS, 2022), modelo de prestação do serviço de abastecimento de água predominante no país (RAID et al., 2022), pode-se haver maior padronização e controle na operação e manutenção desses sistemas, apresentando melhor qualidade na prestação dos serviços (ROLAND; REZENDE; HELLER, 2020). Todavia, ressalta-se a importância da atuação de entidades encarregadas da regulação e da fiscalização dos serviços, visando, sobretudo, universalizar o acesso ao abastecimento de água, com atendimento aos

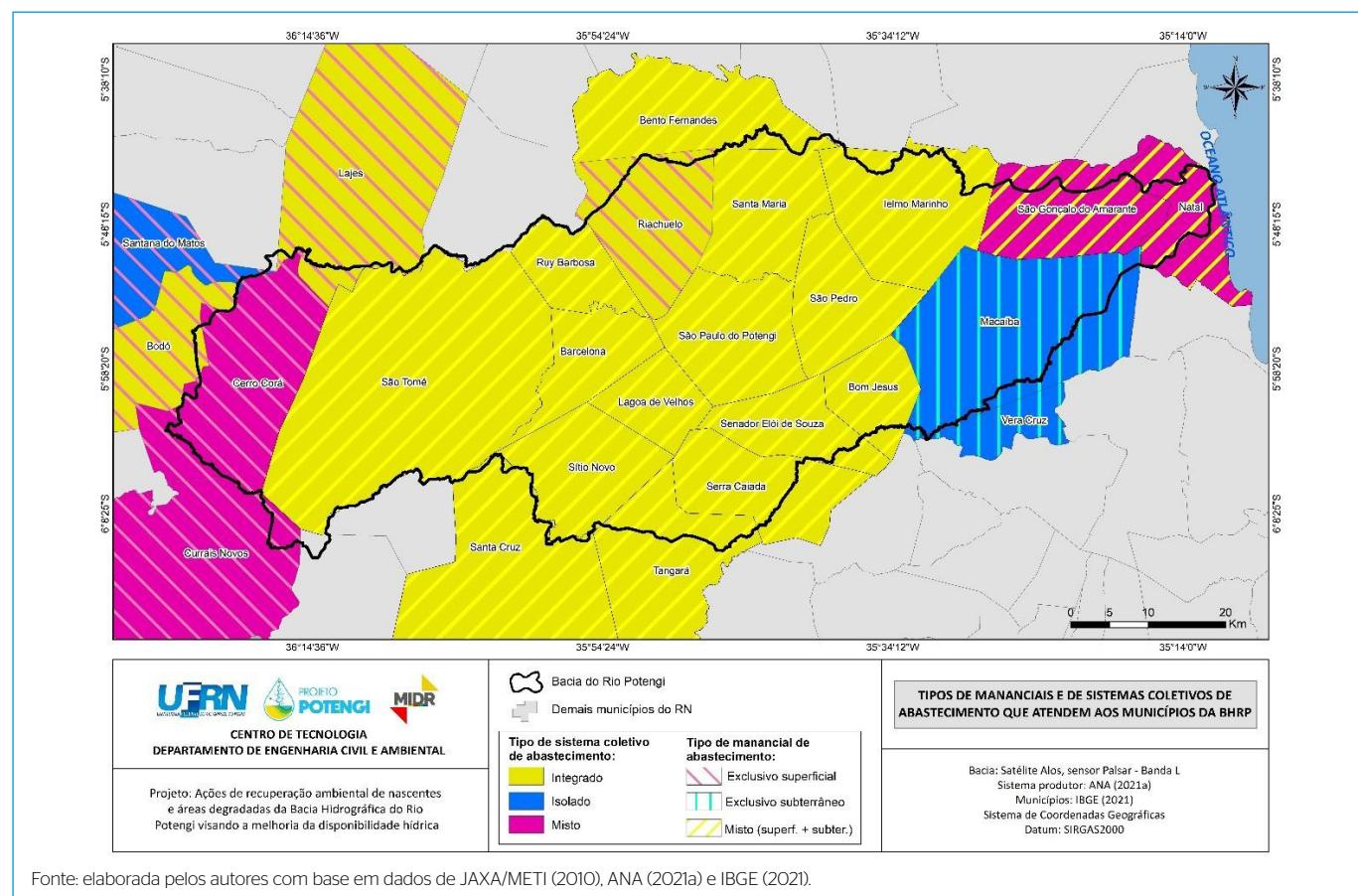
padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos serviços (BRASIL, 2020).

Na BHRP, a maioria dos sistemas coletivos de abastecimento de água é integrada (em 72% dos municípios da bacia) ou mista (16%), conforme mostrado no mapa da **Figura 2**, sendo a maior parte deles suprida por grandes sistemas adutores com captação feita em mananciais superficiais e/ou subterrâneos localizados fora de suas áreas territoriais.

Os mananciais de abastecimento público, de onde é captada a água para suprimento dos sistemas, podem ser classificados em superficiais e subterrâneos de acordo com sua origem (Funasa, 2019). Ainda observando a **Figura 2**, constata-se que a maior parte dos sistemas coletivos da BHRP, principalmente aqueles integrados, possuem fonte mista de abastecimento, ou seja, feita por meio de mananciais superficial e subterrâneo (em 68% dos municípios da BHRP). Já 24% dos municípios da bacia têm atendimento feito exclusivamente por mananciais superficiais, sendo

três deles (Bodó, Lajes e Riachuelo) atendidos por sistemas integrados, um deles (Santana do Matos) por sistema isolado e os demais (Cerro Corá e Currais Novos) por sistemas mistos. Os outros 8% dos municípios (Macaíba e Vera Cruz) têm seus sistemas isolados atendidos exclusivamente por mananciais subterrâneos.

É válido dizer que, independentemente do tipo de manancial, a qualidade de suas águas pode ser comprometida em virtude da contaminação por diversas fontes, sobretudo pelo lançamento de esgotos não coletados e não tratados corretamente (ANA, 2019). No estado do Rio Grande do Norte, os maiores problemas de qualidade da água identificados ainda se referem ao lançamento de efluentes sem tratamento ou com tratamento parcial nos corpos d'água (SEMARH/RN, 2022). Esse problema é particularmente preocupante para a BHRP, tendo em vista que, dos 25 municípios integrantes da bacia, apenas 13 contam com sistema de esgotamento sanitário coletivo em operação (SNIS, 2022), sobretudo



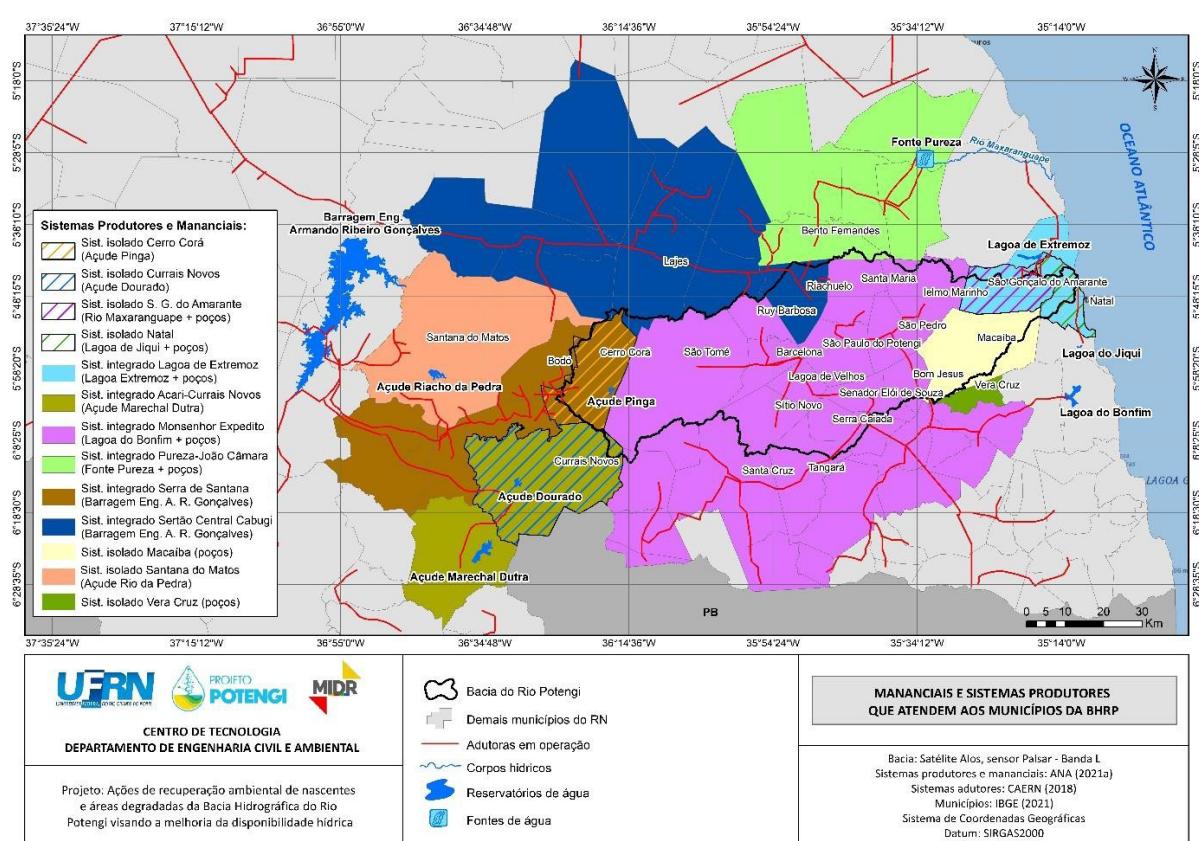
Fonte: elaborada pelos autores com base em dados de JAXA/METI (2010), ANA (2021a) e IBGE (2021).

Figura 2 - Tipos de manancial e de sistema coletivo de abastecimento de água dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi

em suas sedes urbanas. Além disso, mesmo considerando apenas as sedes municipais, quase metade da população urbana da BHRP não é atendida adequadamente ou não é atendida pelo serviço de esgotamento sanitário, de modo que grande parte da carga orgânica gerada chega a alcançar os corpos d'água (PINTO *et al.*, 2024), comprometendo a disponibilidade hídrica em função da degradação da qualidade.

Os mananciais superficiais utilizados como fonte de abastecimento para os sistemas coletivos de água de várias das sedes urbanas e parte das áreas rurais dos municípios em estudo incluem principalmente lagoas, rios e reservatórios. Esses mananciais são: Lagoa do Bonfim (localizada no município de Nísia Floresta/RN); barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (reservatório no Rio Piranhas-Açu, abrangendo os municípios de Assu/RN, Itajá/RN e São Rafael/RN); Rio Maxaranguape (abrangendo os municípios de Pureza/RN, Maxaranguape/RN e Ceará Mirim/RN); Lagoa de Extremoz (Extremoz/RN); Lagoa de Jiqui (Parnamirim/RN); Fonte Pureza (Pureza/RN); Açude Dourado (Currais Novos/RN); Açude Marechal Dutra (Acari/RN); Açude Pinga (Cerro Corá/RN); e Açude Rio da Pedra (Riacho Salina, em Santana do Matos/RN), cujas localizações estão apresentadas no mapa da **Figura 3**, assim como o mapeamento das tubulações adutoras para transporte da água captada. As captações subterrâneas não foram georreferenciadas.

Pela análise da **Figura 3**, percebe-se que a maioria dos mananciais de abastecimento que atendem aos municípios da área em estudo se encontra fora de seus limites territoriais, como já citado, bem como fora da área da BHRP, com exceção do Açude Pinga, localizado no município de Cerro Corá. Além disso, pode-se verificar que a maior parte dos municípios da bacia é abastecida pelo Sistema Integrado Monsenhor Expedito, com captação feita na



Fonte: elaborada pelos autores com base em dados de JAXA/METI (2010), CAERN (2018), ANA (2021a) e IBGE (2021).

Figura 3 - Sistemas produtores de água que abastecem os municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, com mapeamento dos mananciais superficiais e das adutoras em operação

Lagoa do Bonfim e em poços, localizados em Nísia Floresta, na Faixa Litorânea Leste de Escoamento Difuso (IGARN, 2009). Os municípios de Natal e São Gonçalo do Amarante, que apresentam os maiores contingentes populacionais da BHRP, também são abastecidos por mananciais externos à BHRP, localizados no município de Extremoz, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (IGARN, 2009).

Diante desse cenário, vale destacar que os impactos em mananciais que abastecem sistemas regionalizados geram prejuízos a toda a população dependente dele, e não apenas àquela localizada nos territórios dos municípios em que estão localizadas (RODRIGUES *et al.*, 2018). Portanto, as áreas contendo as fontes de água devem ser alvo de atenção específica, contemplando aspectos legais e gerenciais, de forma a garantir sua proteção, tendo em vista que, para o abastecimento público de água potável, é um pré-requisito que a qualidade da água bruta seja boa e constante (FOSTER *et al.*, 2006).

Sendo assim, as medidas de proteção dos mananciais devem estar associadas, sobretudo, ao controle e planejamento do uso do solo nas áreas das respectivas bacias hidrográficas, garantindo a manutenção da qualidade de suas águas e a sustentabilidade do abastecimento de água potável (WANG *et al.*, 2020). Além disso, para garantir a sustentabilidade ambiental dos mananciais, é fundamental considerar a capacidade de atendimento de demandas, em termos de quantidade de água captada para usos consuntivos, assim como a capacidade de assimilação de cargas poluentes sem comprometimento de sua qualidade (MELO; SAMPAIO; ATHAYDE JÚNIOR, 2014).

Nesse contexto, é essencial que as ações de melhoria e conservação da qualidade da água, por meio da proteção sanitária dos mananciais, bem como ampliação do sistema de coleta e tratamento de efluentes sanitários, devem ser feitas de forma integrada, conjunta e contínua em todos os municípios da bacia, sendo tratadas como prioridade as ações realizadas pelas prefeituras e suas parceiras, bem como pelo estado do Rio Grande do Norte, especialmente para as áreas que contêm os grandes reservatórios de água, localizados em bacias adjacentes à BHRP. Além disso, é de suma importância um planejamento integrado dos quatro componentes do saneamento básico em toda a área

da BHRP e demais bacias em seu entorno, com articulação contínua entre os municípios e as políticas estaduais e federais (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Segurança hídrica

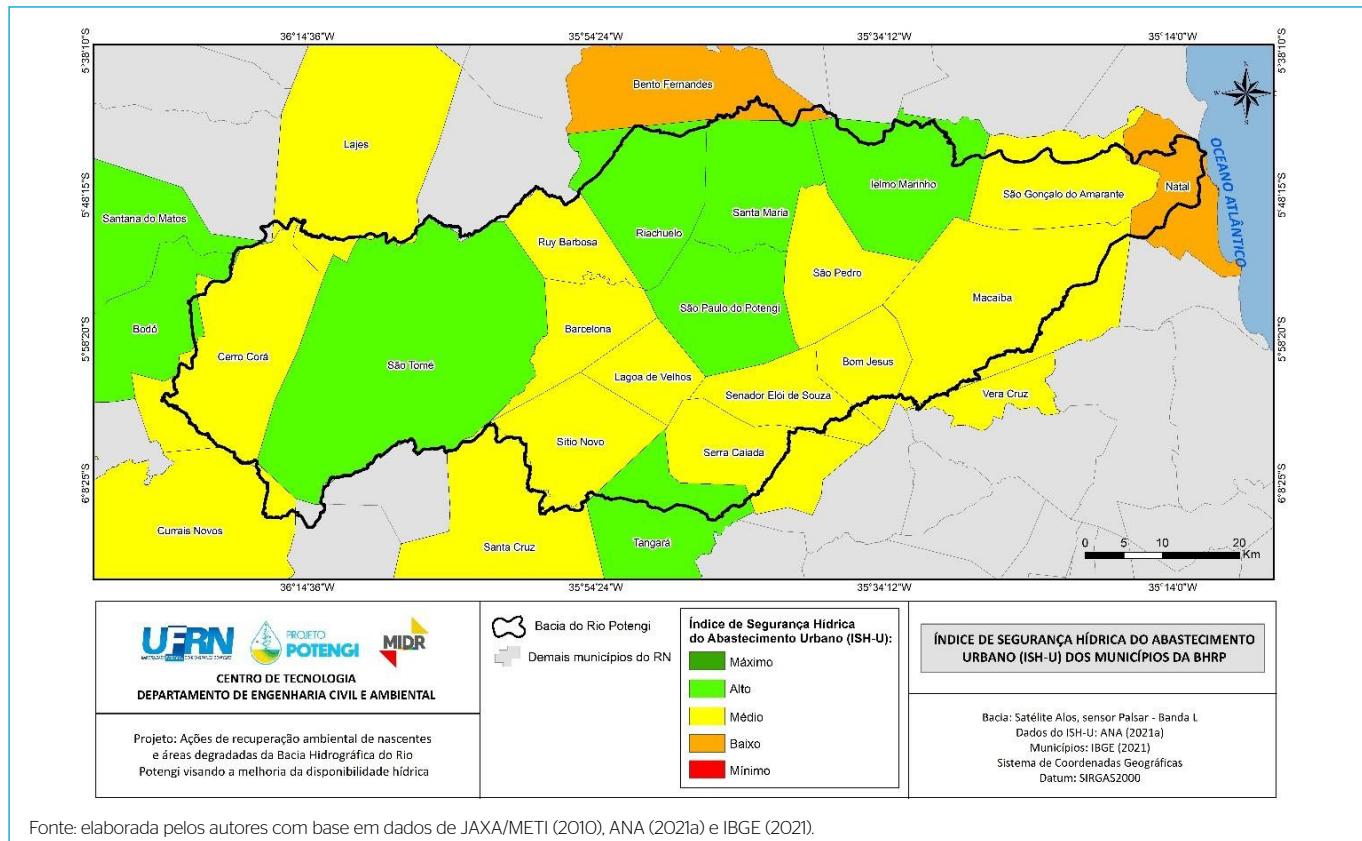
Para complementação da análise dos sistemas de abastecimento de água da BHRP, foi avaliada a segurança hídrica das áreas urbanas de seus municípios, que trata da disponibilidade adequada de água em quantidade e qualidade para atender às necessidades socioeconômicas da população e de conservação dos ecossistemas aquáticos, considerando o risco de secas e inundações (ANA, 2021b).

A segurança hídrica em cada área urbana foi avaliada integrando-se, no ISH-U, a eficiência do sistema de produção e a eficiência do sistema de distribuição (ANA, 2021b). A eficiência do sistema de produção avalia os indicadores de produção de água, que refletem a vulnerabilidade das fontes de água e o desempenho dos sistemas de produção, por meio da quantidade e qualidade da água disponível nas fontes, bem como da capacidade do sistema de produção em fornecer um abastecimento de água confiável e eficiente (ANA, 2021b). Já a eficiência do sistema de distribuição avalia os indicadores de distribuição de água, por meio dos níveis de cobertura e extensão da rede de distribuição de água e do desempenho técnico no gerenciamento e controle de perdas, incluindo a eficácia das medidas tomadas para reduzi-las (ANA, 2021b). Sendo assim, quanto menor a vulnerabilidade do manancial e do sistema produtor, melhor a *performance* no gerenciamento de perdas e maior a cobertura de atendimento com rede, mais alta será a segurança hídrica das sedes urbanas (ANA, 2021b).

A **Figura 4** apresenta a classificação do ISH-U dos municípios da BHRP.

O conhecimento do ISH-U é fundamental para o planejamento do abastecimento de água e para a tomada de decisões, oferecendo *insights* sobre a situação atual e sobre os desafios relacionados à segurança hídrica (ANA, 2021b).

No mapa da **Figura 4**, observa-se que a maior parte das áreas urbanas dos municípios da bacia apresenta níveis de segurança média ou baixa (60 e 8% dos municípios, respectivamente), entre as quais se inclui a capital



Fonte: elaborada pelos autores com base em dados de JAXA/METI (2010), ANA (2021a) e IBGE (2021).

Figura 4 - Classificação da segurança hídrica do abastecimento urbano dos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi

do estado, que responde por mais de 60% da população da BHRP (751.300 habitantes, segundo o IBGE, 2023). Apenas oito municípios (32%) apresentam nível alto de segurança hídrica. Nenhuma das sedes municipais apresenta ISH-U máximo ou mínimo.

Os dados fornecidos pela ANA (2021a) indicam que a maioria dos mananciais que atendem aos municípios da BHRP apresenta baixa vulnerabilidade (19 municípios) ou não estão vulneráveis (em Lajes, Riachuelo e Bodó, todos atendidos exclusivamente pela barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, conforme mostrado na Figura 3), porém média vulnerabilidade os mananciais que atendem a Bento Fernandes (Fonte Pureza e poços), Cerro Corá (atendida pelo Açude Pinga no sistema isolado) e Natal (atendida, no sistema isolado, pela Lagoa de Jiqui e poços).

Ao avaliar os sistemas produtores, apenas aqueles que atendem aos municípios de Cerro Corá, Lajes, Riachuelo e Vera Cruz estão satisfatórios, seis necessitam de ampliação (Bento Fernandes, Bodó, Currais

Novos, Macaíba, Natal e São Gonçalo do Amarante), e os 15 demais carecem de adequação (ANA, 2021a). Apesar disso, a maior parte dos sistemas apresenta eficiência de produção alta (16 municípios) e máxima (Lajes e Riachuelo, ambos atendidos pelo sistema integrado Sertão-Central Cabugi), o que indica que a predominância de ISH-U com de baixa a média classificação ocorre principalmente em função da eficiência de distribuição de água na BHRP.

Avaliando-se a distribuição de água, apenas três sistemas apresentam alta eficiência (nos municípios de Bodó, São Paulo do Potengi e Tangará), sete apresentam média eficiência (em Cerro Corá, Currais Novos, Ielmo Marinho, Santa Maria, Santana do Matos, São Gonçalo do Amarante e São Tomé), e os demais se enquadram em eficiência de distribuição baixa ou mínima (ANA, 2021a). Nesse contexto, importa destacar que o índice médio de perdas de água na distribuição dos sistemas coletivos de abastecimento dos municípios da BHRP atinge o valor de 56,29%, estando acima dos índices de

perda nacional (40,30%), regional (46,20%) e estadual (52,20%) para o ano de 2021 (SNIS, 2022), o que justifica os resultados encontrados.

Dessa forma, observa-se que há a necessidade de melhorias na infraestrutura de abastecimento de água associadas à oferta desse recurso, principalmente quanto ao sistema de distribuição. Sendo assim, deve-se buscar aprimorar a capacidade de distribuição por meio da expansão e manutenção periódica das redes, além de ampliar as medidas associadas à gestão de perdas, com o aprimoramento contínuo das estruturas de produção, tratamento de água, sistemas de transporte e distribuição, além da implementação e ampliação de instrumentos de medição de água (ANA, 2021b; SOUSA; FOUTO, 2024).

Igualmente, é importante diversificar as fontes de abastecimento e/ou buscar novas fontes, tendo em vista que a mudança no uso e ocupação do solo e nos padrões socioeconômicos da população, associada aos eventos climáticos extremos, pode afetar negativamente a disponibilidade hídrica, trazendo um cenário de maior vulnerabilidade para os mananciais da bacia e ampliando ainda mais a insegurança hídrica na região (SANTOS; REIS; MENDIONDO, 2020). Associado a isso, ressalta-se a importância da implementação de ações para prevenir problemas de disponibilidade de água, como conservação e/ou recuperação da vegetação ripária e melhorias nos sistemas de coleta e tratamento de esgotos, além do planejamento territorial dos municípios da bacia, visando manter a qualidade e a quantidade adequadas da água (PEREIRA *et al.*, 2024; SOUSA; FOUTO, 2024).

CONCLUSÕES

O avanço em direção à universalização do acesso ao saneamento básico é essencial para assegurar condições dignas de saúde e qualidade de vida para todos os cidadãos brasileiros. Portanto, o principal objetivo a ser perseguido pela administração municipal, titular dos serviços de saneamento, é a universalização do acesso a esses serviços, com segurança, quantidade, qualidade, regularidade e modicidade de custos.

Apesar disso, deve-se levar em consideração que os problemas relativos à ausência de infraestrutura e atendimento inadequado do saneamento básico transcendem os limites municipais, afetando as bacias hidrográficas como um todo, de modo que o planejamento e a execução de ações devem ser realizados de forma integrada, conjunta e contínua em todos os municípios das bacias. Essas medidas são cruciais para enfrentar os desafios da gestão hídrica e garantir a qualidade de vida da população. Para isso, é importante levar em conta as características de cada município e influências em escala regional, além de fatores como crescimento populacional, disponibilidade de recursos hídricos e necessidades socioeconômicas, o que auxilia na elaboração de estratégias e alocação adequada de recursos.

O sistema de abastecimento de água deve assegurar a universalização do acesso à água para consumo, com fornecimento de maneira contínua e regular, conforme os padrões de potabilidade e garantindo o uso racional da água e a conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas. Dessa forma, conclui-se que a integração de estratégias técnicas, ambientais e sociais é fundamental para o aprimoramento da infraestrutura de abastecimento de água da região em estudo.

Recomenda-se, portanto, a adoção de um modelo de gestão participativa, com promoção de práticas de uso racional da água por meio da educação e sensibilização da população da BHRP, bem como a implementação de políticas públicas que priorizem investimentos na proteção e recuperação de mananciais, na diversificação das fontes de abastecimento, além da inserção e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis visando ao aprimoramento e à expansão das estruturas de produção e sistemas de tratamento e distribuição associados à melhoria na gestão de perdas. Também se devem implementar políticas e ações visando prevenir problemas de disponibilidade de água, com relação aos aumentos constantes de contaminação e consumo.

Desse modo, busca-se assegurar o direito ao acesso universal e equitativo à água segura de qualidade na região, conforme previsto pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6.

REFERÊNCIAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*. Brasília: ANA, 2021a. Catálogo de Metadados da ANA. Disponível em: <https://metadados.snrh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf>. Acesso em 28 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Atlas Águas: segurança hídrica do abastecimento urbano*. Brasília: ANA, 2021b.

BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020*. Brasília: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 27 jan. 2025.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). *Sistemas Adutores do Rio Grande do Norte*. Natal: Gerência de Grandes Adutoras, 2018. Escala 1:500.000.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. *Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais*. World Bank, 2006.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Ministério da Saúde. *Manual de saneamento*. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Malha municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 4 maio 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Demográfico 2022*. População e domicílios: Primeiros resultados. População coletada e população imputada, por município. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=37225&t=resultados>. Acesso em: 22 out. 2024.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO RIO GRANDE DO NORTE (IGARN). Sistema hidrográfico do estado, divisão de bacias hidrográficas. Natal: IGARN, 2009. Disponível em <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000029746.HTML>. Acesso em: 24 jan. 2025.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA/METI). *ALOS PALSAR*: Banda L. 2010. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 5 abr. 2022.

MELO, J.R.C.; SAMPAIO, A.H.L.; ATHAYDE JÚNIOR, G.B. Aplicação do Método Delphi para proposição de critérios para proteção de mananciais de abastecimento de água. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 2, n. 1, p. 20-37, 2014. <https://doi.org/10.9771/gestav21.8543>

OKELLO, C.; GITHIORA, Y.W.; SITHOLE, S.; OWUOR, M.A. Nature-based solutions for water resource management in Africa's arid and sem-arid lands (ASALS): a systematic review of existing interventions. *Nature-Based Solutions*, v. 6, 100172, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100172>

PEREIRA, C.V.M.; SOUSA, M.N.F.A.; ARAUJO, F.S.; CAVALCANTI NETO, I.; FERREIRA, J.C.V.; CUNHA, P.E.V.; CUNHA, K.P.V.; COSTA, C.W. Vulnerabilidade ambiental em Áreas de Preservação Permanente (APP) da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi, RN, Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 10, n. 1, p. 197-221, 2024. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n1d32574>

PINTO, B.H.A.; CUNHA, P.E.V.; PEREIRA, C.V.M.; RAMALHO, J.A.N.; SOUSA, M.N.F.A. Análise integrada da coleta, tratamento e disposição final de efluentes sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Potengi. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2024. *Anais...* Recife: Abes, 2024. Disponível em: <https://anais.abes-dn.org.br/21silubesa/>. Acesso em: 27 jan. 2025.

RAID, M.A.; HELLER, L.; MOURA, P.M.; GOMES, U.A.F. Modelos de prestação de serviços de abastecimento de água para comunidades rurais do Brasil: uma avaliação comparativa pelo método Analytic Hierarchy Process. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 27, n. 4, p. 795-803, 2022. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220210160>

RODRIGUES, L.C.; SILVEIRA JUNIOR, J.; SILVA, I.C.L.; DANTAS, A. Cartografia do saneamento básico do Rio Grande do Norte. *Confins: Revista Franco-Brasileira de Geografia*, n. 34, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.12915>

ROLAND, N.; REZENDE, S.; HELLER, L. Fatores condicionantes da adoção do tipo de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: um estudo em oito municípios de Minas Gerais. *Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 13, n. 1, p. 66-83, 2020. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.1.64746>

SANTOS, A.C.; REIS, A.; MENDIONDO, E.M. Segurança hídrica no Brasil: situação atual, principais desafios e perspectivas futuras. *Revista Dae*, v. 68, n. 225, p. 167-179, 2020. <https://doi.org/10.36659/dae.2020.060>

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH/RN). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte: Relatório Síntese*. Natal: SEMARH/RN, 1998. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000150878.PDF>. Acesso em: 24 jan. 2025.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE (SEMARH/RN). *Revisão e atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte*. Natal: SEMARH/RN, 2022. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC/DOC000000000325434.PDF>. Acesso em: 23 out. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Série Histórica. Água e Esgotos. Informações e indicadores desagregados. Ano de referência: 2021. Brasília: SNIS, 2022. Disponível em: <http://app4.mndr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 11 maio 2023.

SOUZA, C.O.M.; FOUTO, N.M.M.D. Disclosing water security by water utilities. *Cleaner Water*, v. 2, 100037, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.clwat.2024.100037>

TORRES, D.M.; GOMES, M.D.B.; ANDRADE, E.K.F.; SILVA, R.D.R. Estudo de caso sobre a qualidade da água do Rio Potengi na cidade de São Paulo do Potengi, Rio Grande do Norte, Brasil. *Holos*, Natal, v. 8, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.15628/holos.2019.9193>

WANG, L.; WANG, S.; ZHOU, Y.; ZHU, J.; ZHANG, J.; HOU, Y.; LIU, W. Landscape pattern variation, protection measures, and land use/land cover changes in drinking water source protection areas: a case study in Danjiangkou reservoir, China. *Global Ecology and Conservation*, v. 21, e00827, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00827>

