



IV-643 - FATORES INTERVENIENTES NA SEGURANÇA HÍDRICA: UMA AVALIAÇÃO SOBRE O SANEAMENTO E A COVID-19

Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora da UFPB, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Cybelle Frazão Costa Braga⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora do Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

Thamiris de Macedo Teodosio⁽³⁾

Bacharelada em Direito pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Técnica em Edificações pelo Instituto Federal da Paraíba (IFPB).

Endereço⁽¹⁾: Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Campus I – Castelo Branco. João Pessoa – PB. CEP: 58051-900- Brasil - Tel: (83) 3216-7355 - e-mail: ana.braga@academico.ufpb.br

RESUMO

A segurança hídrica busca garantir água em quantidade e qualidade adequadas para diversos usos, especialmente em contextos de desenvolvimento socioeconômico e saúde ambiental, uma vez que se torna uma condição necessária. Este estudo investiga a interrelação entre segurança hídrica, saneamento básico e a pandemia de Covid-19 na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, localizada no estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. Indicadores de Covid-19 e saneamento (abastecimento de água e esgotamento sanitário) foram avaliados através de gráficos do tipo *box-plot* e a correlação de Pearson foi utilizada para examinar a relação entre esses fatores nos municípios com dados disponíveis. As influências desses indicadores sobre a segurança hídrica foram consolidadas em um quadro identificando fatores de ameaça e impactos associados. O estudo também propôs ações para aprimorar a gestão da segurança hídrica na região e destacou desafios significativos no acesso à água e saneamento, como infraestrutura precária e os efeitos da pandemia. Observou-se a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura robusta, políticas públicas integradas e universalização dos serviços de saneamento para enfrentar esses desafios. Este estudo contribui para uma compreensão abrangente dos fatores que influenciam a segurança hídrica em nível local, enfatizando a importância de intervenções eficazes em momentos de crise como a pandemia de Covid-19.

PALAVRAS-CHAVE: segurança hídrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário, Covid-19.

INTRODUÇÃO

A segurança hídrica é essencial para assegurar o fornecimento adequado de água (tanto em quantidade quanto em qualidade) para uma variedade de usos em um contexto de desenvolvimento socioeconômico e saúde ambiental, com prioridade no atendimento ao abastecimento humano e dessedentação animal. O Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH (ANA, 2019), surge como uma iniciativa destinada a aumentar a resiliência do ambiente, por meio da adoção de medidas proativas de gestão de riscos. Este plano identifica uma série de fatores intervenientes que podem impactar a segurança hídrica, entre as quais destaca-se os investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento.

Há uma relação direta entre o setor de saneamento e a segurança hídrica. Ao se considerar o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, torna-se evidente que somente por meio desses serviços é possível garantir o acesso à água em quantidade e qualidade adequadas para a população, ao tempo em que se preservam os recursos hídricos e estes se mantêm disponíveis para outros usos. No entanto, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023) indicam que 76,9% da população do Nordeste do Brasil têm acesso à água tratada, e somente 31,4% são atendidos por redes públicas de esgoto.



Esses números representam uma séria ameaça às dimensões da segurança hídrica. Fatores externos potencializam o aumento de demanda hídrica. Destaca-se a pandemia da COVID-19 que se instalou em março/2019, e trouxe mudança no padrão de vida da população e mobilidade social (Santos et al., 2021; Cerezini, 2020). A crise ocorrida ressaltou a importância do acesso ao saneamento básico, uma vez que a água potável para higiene pessoal é essencial na prevenção do contágio. Estudos como Silva et al. (2023) evidenciam que o maior acesso aos serviços de saneamento está relacionado a menores taxas de incidência de Covid-19.

Formiga-Johnsson & Britto (2020) avaliaram a segurança hídrica no contexto do abastecimento metropolitano da Cidade do Rio de Janeiro e destacam que ela é alcançada somente quando há universalização do acesso à água pela população. Os autores ressaltam que o fator que mais compromete a segurança do caso de estudo é o desempenho do sistema de distribuição de água tratada, já que a disponibilidade de água bruta não é o impeditivo para a universalização do acesso e para a melhoria da qualidade dos serviços prestados. No entanto, muitos municípios ainda não alcançaram a universalização dos serviços de saneamento, sendo esse um dos maiores desafios do setor. Ainda nesse sentido e mais recentemente, Mori et al. (2023) trazem para discussão a segurança hídrica, o saneamento e a saúde pública e destaca, que o PNSH ainda não incorporou e nem definiu investimentos necessários em todos os pilares do saneamento que impactam a saúde pública.

Assim, enfatiza-se a importância de uma abordagem integrada dessas questões em uma bacia hidrográfica, visando compreender e abordar de forma mais eficaz os desafios relacionados ao saneamento, à pandemia de Covid-19 e à segurança hídrica. A bacia hidrográfica é a unidade territorial de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e é a unidade de referência para o planejamento de ações no âmbito da Política Federal de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007). O presente estudo considera essa escala de análise e os municípios incluídos nessa delimitação.

Assim, existe uma relação de dependência entre saneamento e segurança hídrica, que também pode ser impactada por outros eventos, como a pandemia de Covid-19. Assim, o objetivo principal deste trabalho é avaliar de forma abrangente a relação entre segurança hídrica, saneamento básico e saúde pública (em específico a pandemia da Covid-19), os fatores intervenientes e a conexão entre esses elementos numa abordagem integrada, de forma a identificar potenciais ameaças à segurança hídrica da região. Ao final, pretende-se fomentar uma discussão sobre potenciais ações para uma gestão mais eficaz. No que diz respeito ao saneamento, os dados foram analisados com foco no abastecimento de água e no esgotamento sanitário, delimitando o escopo da pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia hidrográfica selecionada a do rio Mamanguape, localizada no leste do Estado da Paraíba (Figura 1) e possui 3.520,36Km² (Paraíba, 2022). O clima da região é quente e úmido, com precipitações médias anuais que variam entre 700 e 1600 mm. O período de maior aporte hídrico na bacia ocorre entre os meses de março a agosto (Santos et al., 2015). A bacia possui 44 municípios totalmente ou parcialmente inseridos em sua área. A base de dados utilizada foi do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023; IBGE, 2024), do Ministério da Saúde (MS, 2024), referentes ao período de 2020 a 2023 e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023). Os dados do SNIS abrangeram o período 2020 a 2022.

Com relação à Covid-19, foram analisados o número de casos e óbitos acumulados, que foram ajustados à escala anual, enquanto para o saneamento, os indicadores foram separados em indicadores de água: (a) hidrometração, atendimento total de água, índice de atendimento urbano de água, consumo médio per capita de água, perdas na distribuição; e, (b) indicadores de esgoto: atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água, coleta de esgoto e tratamento de esgoto. Dos 44 municípios, apenas 39 possuíam indicadores relacionados à água e 5 relacionados à esgoto.

Os indicadores de saneamento foram submetidos a uma análise preliminar para detectar inconsistências, tais como municípios sem índice de atendimento urbano de água, ausência de consumo per capita ou variações na hidrometração, onde houve registros em um ano e nenhum nos anos seguintes. Esses dados foram removidos da amostra.

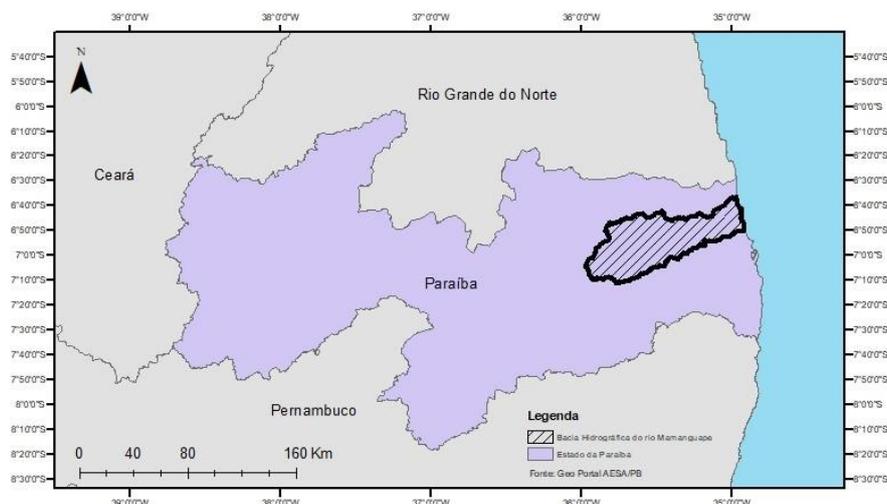


Figura 1: Localização da Bacia do rio Mamanguape.

Para comparação dos dados de Covid-19 dos diferentes municípios, foi realizada uma normalização: o número de casos e de óbitos foi dividido pela população e multiplicado por mil. Portanto, os resultados indicavam os números a cada mil habitantes. Foram traçados gráficos do tipo *box-plot* que permitiram analisar a distribuição do número de casos, óbitos e indicadores de saneamento ao longo dos três anos, bem como a dispersão dos dados entre os municípios e a existência de valores discrepantes. A avaliação conjunta entre Covid-19 e Saneamento foi realizada através da análise da dispersão e da correlação de Pearson entre os indicadores, considerando os municípios com dados disponíveis. A Figura 2 apresenta um fluxograma com as etapas do trabalho.

As interferências do abastecimento de água, esgotamento sanitário e Covid-19 sobre a segurança hídrica foram resumidas em um quadro com os fatores de ameaça e os impactos à segurança hídrica. Ao final foi realizado um levantamento de possíveis ações para uma gestão mais eficaz. A relação de causas e efeitos e o levantamento das ações foram elaboradas com base nas dimensões da segurança hídrica, na avaliação dos dados da pesquisa, em uma revisão da literatura e na avaliação das políticas de recursos hídricos e saneamento. Foi realizado um detalhamento das relações entre os fatores de ameaça à segurança hídrica e seus impactos. A partir disso, ações foram listadas para aumentar a segurança hídrica. É interessante observar que as ações podem ser aplicadas sobre os fatores de ameaça e/ou sobre os impactos e formar um ciclo contínuo: à medida que são implementadas, passam por reavaliações e podem ser novamente implementadas (conforme mostra a Figura 1). No presente trabalho, as ações foram divididas em políticas, institucionais e de infraestrutura, com foco apenas às ações relacionadas ao saneamento e aos impactos listados, tendo em vista que alguns fatores de ameaça são decorrentes de estressores climáticos. Desta forma, as ações foram limitadas ao escopo do presente estudo.

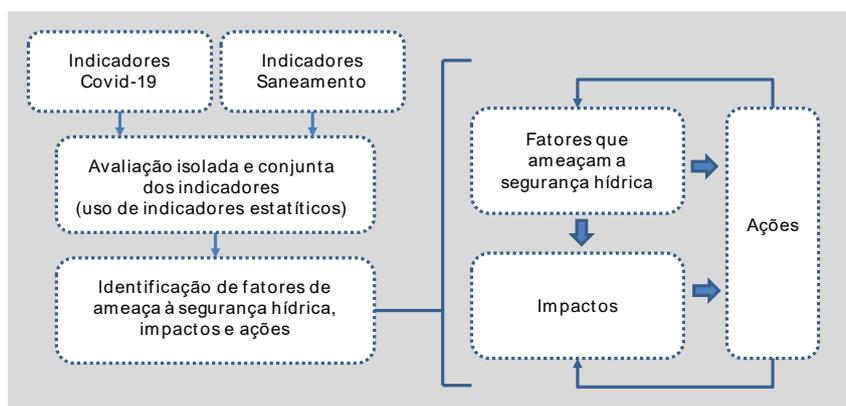


Figura 2: Fluxograma com as etapas do trabalho e relação de causa e efeito e levantamento de ações.

RESULTADOS

A distribuição populacional dos 44 municípios inseridos na bacia é a seguinte: 50% possuem até 10.000 habitantes, 25% têm entre 10.000 e 20.000, e 25% têm mais de 20.000 habitantes. Os registros de casos e óbitos de Covid-19 por mil habitantes variaram significativamente entre esses municípios. Serra da Raiz acumulou o maior número de casos (336,13 por mil habitantes) e óbitos acumulados (6,01 por mil habitantes) ao longo de quatro anos.

A análise anual dos dados da pandemia na bacia revela que 2021 foi o ano mais crítico, com uma mediana de 67,03 casos por mil habitantes, diminuindo nos anos seguintes. A Figura 3 apresenta gráficos do tipo *box-plot* que permitem o entendimento desse comportamento ao longo dos anos para as duas variáveis: o número de casos e óbitos por mil habitantes. Destacam-se valores discrepantes (*outliers*) no ano de 2021 (Serra da Raiz, Esperança, Solânea e Duas Estradas) e certa dispersão (amplitude) no número de casos no ano de 2022. O número de óbitos a cada mil habitantes teve o mesmo comportamento do número de casos, com situação crítica em 2021, também com valores discrepantes (Duas Estradas, Borborema, Esperança), mas com dispersão reduzida em 2022. A partir do ano de 2022, observou-se o efeito da vacinação em toda a bacia através da considerável diminuição no número de óbitos em relação ao número de casos.

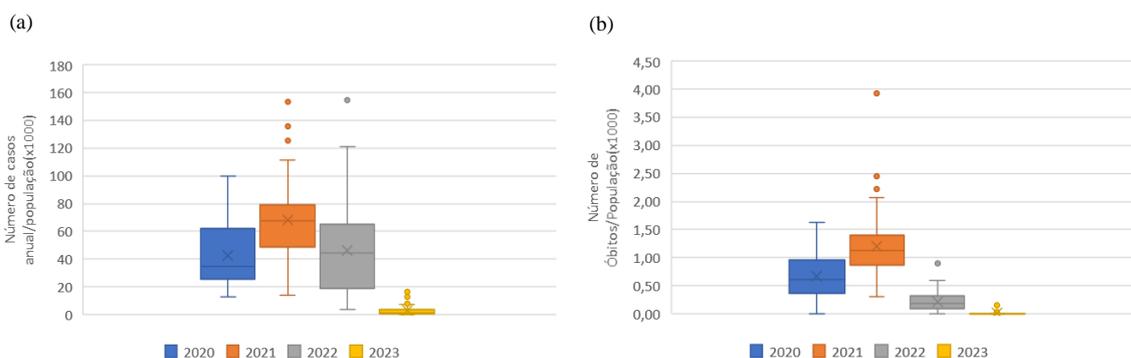


Figura 3: Gráficos do tipo box-plot para os dados de Covid-19 entre 2020 e 2023: (a) número de casos; e, (b) número de óbitos.

A Tabela 1 apresenta os indicadores de saneamento relacionados à água para os municípios da bacia do rio Mamanguape. O índice de hidrometração apresentou médias de 80,60%, 73,63% e 83,88% nos anos de 2020, 2021 e 2022. O município de Capim foi o que apresentou os menores valores na hidrometração, mas que foi crescente entre os anos de 2020 e 2022 (33,6% e 48,7%, respectivamente). Ainda na Tabela 1, pode-se observar que há grande variação nos indicadores de perdas na distribuição. O menor valor de perdas foi no município de Serra da Raiz (14,18% em 2021). No entanto, no ano de 2022, o mesmo município apresentou perdas de 45,69%. Já o maior indicador de perdas, 75,65% (em 2020) foi do município de Capim, que apresentou perdas da ordem de 37,0% e 48,7% nos anos seguintes (2021 e 2022)

Com relação ao atendimento urbano de água, a maioria alcançou índices elevados, com exceção dos municípios de Bananeiras, Capim e Rio Tinto que apresentaram indicadores que variam entre 22,8% e 55,3%. Quando é analisado o atendimento total de água, os percentuais diminuem e variam entre 16,7 e 35,0%. O Índice de atendimento total de água médio na bacia cresceu ligeiramente ao longo dos três anos, passando de 63,6% para 64,0% (Tabela 1). O consumo per capita foi decrescente ao longo dos três anos, passando de 94,1 L/hab.dia (2020) para 84,4 L/hab.dia (2022). O consumo mínimo não teve grandes diferenças entre os anos, mas o máximo sim, tendo atingido maior valor no ano de 2020.

A Figura 4 apresenta gráfico do tipo *box-plot* para o consumo per capita de água. O ano de 2021 apresentou maior dispersão dos dados e o valor máximo observado é um valor discrepante em relação ao demais. O consumo de 190,46 L/hab.dia foi do município de Guarabira. O valor da mediana variou entre 93,7 e 84,6 L/hab.dia, o que indica de pelo menos 50% dos municípios possuem consumo abaixo desse valor.

Tabela 1: Parâmetros mínimo, máximo e médio dos indicadores de saneamento relacionados à água.

Indicadores	Ano	Mínimo	Máximo	Média
Índice de atendimento total de água (%)	2020	17,16	99,82	63,62
	2021	16,69	100,00	61,12
	2022	16,70	100,00	64,00
Consumo per capita (L/hab.dia)	2020	35,48	161,36	94,08
	2021	35,40	190,46	89,94
	2022	35,24	156,44	84,38
Índice de hidrometração (%)	2020	33,64	100,00	80,60
	2021	36,35	100,00	73,63
	2022	48,74	100,00	83,88
Índice de Perdas na Distribuição (%)	2020	17,37	75,65	33,06
	2021	14,18	40,11	33,18
	2022	24,34	64,84	38,46

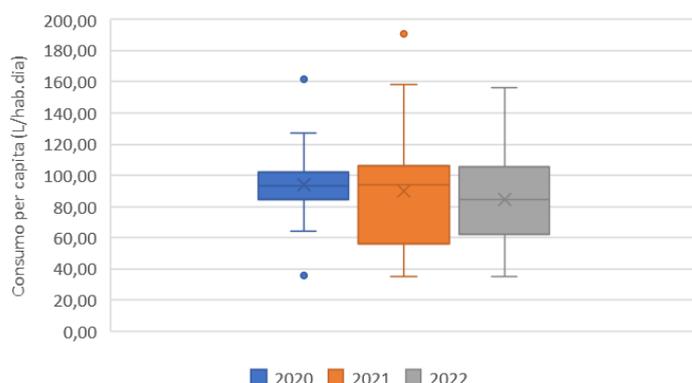


Figura 4: Gráfico do tipo Box-Plot para o consumo per capita dos municípios da bacia.

Não há um padrão claro ao comparar os indicadores de água com o número casos e óbitos de COVID-19 por mil habitantes. A Figura 5 exemplifica a relação entre número de casos por Covid-19 e o número de casos. Era esperado uma correlação inversa ou então que o consumo per capita fosse aumentar ao longo dos anos em torno da bacia, o que não aconteceu. Destacou-se na Figura 3 o que seria o padrão esperado do comportamento destes indicadores e foi destacado o consumo per capita recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU). Também não houve relação entre os baixos valores de índice de atendimento de água com os valores discrepantes de Covid-19 e óbitos.

Foi realizada uma análise adicional em relação ao consumo per capita e número de casos e óbitos a cada mil habitantes. Como os municípios variaram muito em relação à quantidade de habitantes, foi realizada divisão em 4 categorias, de forma que cada categoria tivesse aproximadamente 11 municípios. Os resultados estão na Tabela 2.

Infelizmente, poucos foram os municípios com dados disponíveis no SNIS relativos a esgotos para avaliação. A Tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson calculados entre os indicadores de saneamento relacionados a esgoto e os dados de Covid-19. Observa-se correlações positivas (moderadas a fortes) entre os três indicadores selecionados e o número de casos por mil habitantes. No ano de 2020 as correlações foram fortes, em 2021 podem ser consideradas moderadas e em 2022 variam entre moderadas e fortes. Quando o coeficiente de correlação de Pearson é calculado em relação ao número de óbitos a cada mil habitantes, o



comportamento é diferente. Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água não apresenta uma tendência única. Já o índice de coleta de esgotos, apresentou correlação inversa forte e o índice de tratamento de esgotos, embora tenha dado uma correlação inversa fraca em 2020, apresentou correlações inversas de 0,60 e 0,79 para 2021 e 2022, respectivamente.

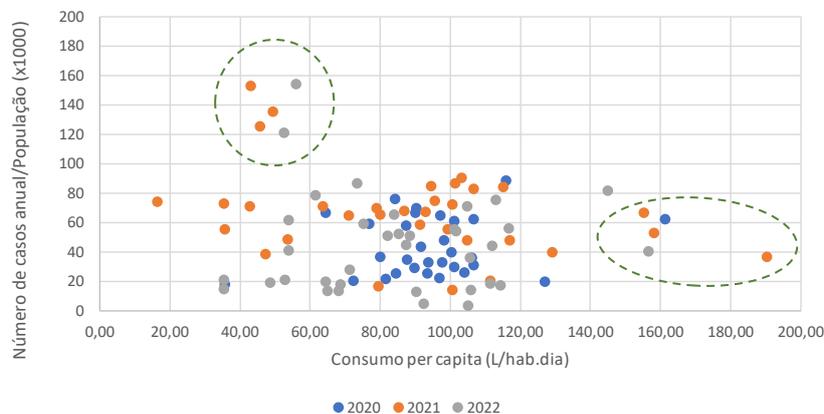


Figura 5: Relação entre número de casos anual e consumo per capita de água para a bacia hidrográfica.

Tabela 2: Correlação de Pearson os indicadores de Covid-19 e o consumo per capita por grupos.

Grupo*	Correlação de Pearson entre o número de casos a cada mil habitantes e o consumo per capita			Correlação de Pearson entre o número de óbitos a cada mil habitantes e o consumo per capita		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
1	0,50	-0,38	0,54	0,58	-0,31	0,35
2	-0,16	-0,78	0,04	-0,02	-0,72	-0,24
3	-0,44	0,03	0,03	0,23	-0,37	-0,14
4	0,29	-0,58	-0,41	0,67	-0,35	-0,11

*Municípios agrupados: Grupo 1 - 20.000 a 57.500 habitantes; (b) Grupo 2 – 9.500 a 20.000 habitantes; (c) Grupo 3 – 6.500 a 9.500 habitantes; e, (d) Grupo 4 – 2.500 a 9.500 habitantes.

Tabela 3: Correlação entre os indicadores relacionados à esgoto e os dados de Covid-19.

Dados relacionados à Covid-19	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água			Índice de coleta de esgoto			Índice de tratamento de esgoto		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Número de casos/população (x1000)	0,89	0,58	0,72	0,87	0,32	0,82	0,70	0,46	0,46
Número de óbitos/população (x1000)	0,77	-0,18	-0,09	-0,82	-0,84	-0,65	-0,16	-0,60	-0,79

Os fatores de ameaça à segurança hídrica, seus impactos (Tabela 4) e as ações (Tabela 5) foram inspirados nos trabalhos de Formiga-Johnsson & Britto (2020), OMS (2022), Mori et al. (2023), Sousa et al. (2023) e Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba - PERH-PB (Paraíba, 2022). Entre os fatores de ameaça ou fragilidades à segurança hídrica identificados estão: eventos extremos (secas e cheias), modificação do uso do solo, baixos indicadores de índice de atendimento de água, altos índices de perdas de água, baixos índices de esgotamento sanitário e tratamento de água, pandemia de Covid-19. Os impactos listados são diversos e se

relacionam a problemas relacionados à disponibilidade da água (quantidade e/ou qualidade), à gestão da água e do saneamento e de infraestrutura. Alguns impactos se repetem em fatores de ameaça diferentes, tendo em vista que são consequências gerais, a exemplo, da falta da universalização do saneamento.

Tabela 4: Fatores de ameaça à segurança hídrica e seus respectivos impactos.

Fatores de ameaça à segurança hídrica	Impactos
Eventos extremos (secas)	Não atendimento à demanda de água, colapso dos sistemas de abastecimento, baixa e/ou limitada disponibilidade hídrica, deterioração da qualidade da água, novas adutoras de emergência
Eventos extremos (cheias)	Indisponibilização do sistema de abastecimento de água, alteração da qualidade da água, danos às estruturas do sistema (adutoras, bombas captação de água)
Modificação do uso do solo	alteração da qualidade da água, aumento dos processos de urbanização
Baixos índices de atendimento de água	Falta da universalização dos serviços de abastecimento, problemas no abastecimento rural e urbano
Altos índices de perda de água	Aumento da demanda de água nos mananciais, aumento de custos financeiros de funcionamento do sistema, expansão da oferta de água (necessidade de novos mananciais)
Baixos índices de coleta e tratamento de esgoto	Falta da universalização dos serviços de abastecimento, poluição da água, baixa disponibilidade hídrica, aumento das doenças de veiculação hídrica, expansão da oferta de água (necessidade de novos mananciais), ecossistemas aquáticos ameaçados
Pandemia de Covid-19	Aumento do consumo de água, contaminação da água pelo vírus

Tabela 5: Ações relacionadas ao saneamento para melhoria da segurança hídrica.

Ações	Descrição
Políticas	Ampliar o nível de implementação das políticas públicas, de forma articulada e efetiva: recursos hídricos, mudanças climáticas, saneamento, estatuto das cidades, segurança hídrica (incluindo suas unidades de planejamento)
Institucionais	Implementar os instrumentos de gestão (regulatórios, de planejamento, econômicos, financeiros e tributários, de informação) previstos nas políticas públicas setoriais
	Elaborar e implementar planos de: recursos hídricos (diversas escalas), gestão de secas, Plano de Saneamento Ambiental, municipal de saneamento, de segurança hídrica
	Fiscalizar a qualidade da água nos mananciais e o lançamento de efluentes
	Manter órgão gestores de recursos hídricos e reguladores de saneamento eficientes, em especial com equipes técnicas adequadas e capacitadas
	Implementar gestão da demanda urbana de água
Infraestrutura	Ampliar e fortalecer monitoramento da oferta disponibilidade e da demanda (visando garantia no atendimento e redução e controle das perdas de água)
	Aumentar os investimentos em obras, operação e manutenção de infraestrutura em saneamento, que garantam a oferta da água potável aos consumidores: redes de distribuição, adutoras, estações de tratamento de água, entre outras
	Estabelecer uma política de saneamento rural e implementar ações de melhoria de medidas de saneamento já implementadas em áreas rurais
	Adotar fontes alternativas de abastecimento de água, incluindo o uso de águas servidas fruto de práticas sustentáveis de reuso
	Implantar de mecanismos de controle e diminuição das perdas



ANÁLISE DOS RESULTADOS



Os dados relacionados à Covid-19 mostraram 2021 como o ano mais crítico da pandemia e com maior amplitude no número de casos por cada mil habitantes. Isto significa que os municípios apresentaram número de casos variados, com grande diferença entre eles, decorrentes das formas de prevenção e o combate à doença de cada um. É interessante observar ainda que os valores discrepantes observados no número de casos e óbitos só coincidem em dois municípios (Duas Estradas e Esperança). Embora seja esperado que quanto mais casos, mais óbitos ocorram, outros fatores são intervenientes, como o investimento em equipe médica e hospitalar para o acompanhamento dos doentes.

Embora os índices de hidrometração e de atendimento de água sejam relativamente bons (salvo as exceções já citadas). Os indicadores apontam para uma situação desafiadora no abastecimento humano. O indicador de perdas na distribuição, embora tenha um valor médio na bacia de 38,5% em 2022, apresenta grande variação entre os valores máximo e mínimo, o que indica a necessidade de investimentos para diminuição do desperdício de água e tornar o uso mais eficiente.

Já o índice de atendimento total de água diminui em relação ao atendimento urbano, o que significa que parcela da população rural não conta com o fornecimento de água adequado. Além disso, o consumo per capita mostra que, no ano de 2022, 36,1% dos municípios apresentaram consumo per capita maior que 100L/hab.dia, 55,6% apresentaram consumo per capita entre 50 e 100L/hab.dia e 8,3% apresentaram consumo entre 35 e 50L/hab.dia. Observa-se, portanto, que a maior parte dos municípios apresentam consumo abaixo de 100L/hab.dia. A Organização Mundial da Saúde – OMS (OMS, 2022) classifica os níveis de acesso à água, adequação e nível de preocupação com a saúde (Tabela 6). Assim, a maior parte das áreas urbanas na bacia, possui nível de acesso intermediário com médio risco à saúde decorrente de higiene precária, mas que pode estar comprometido em casos de surto.

O termo “surto” refere-se a evento com aumento acima do esperado na ocorrência de casos ou doença em uma área ou entre um grupo específico de pessoas, em determinado período (Brasil, 2018). Assim, no caso da pandemia da Covid-19, a situação torna-se ainda mais preocupante. Os dados sobre saneamento concentram-se principalmente nas áreas urbanas, destacando a vulnerabilidade dos municípios na bacia em relação à segurança hídrica. Isso ressalta a necessidade urgente de medidas e investimentos para melhorar os indicadores e alcançar a universalização dos serviços de saneamento.

Tabela 6: Classificação do acesso à água, adequação e nível de preocupação com a saúde

Nível de acesso	Distância/tempo	Volumes prováveis de água coletada	Risco à saúde pública decorrente de higiene precária	Prioridade de intervenção e ações
Acesso inadequado	Mais de 1km ou mais de 30 minutos de tempo total de coleta	Muito baixo: pode estar abaixo das necessidades diárias mínimas para hidratação.	Muito alto: Prática de higiene comprometida O consumo básico pode estar comprometido	Muito alto: Provisão de água gerenciada com segurança, pelo menos para acesso intermediário Educação em higiene
Acesso básico	100 a 1000m ou 5 a 30 minutos de tempo total de coleta	Quantidade média improvável de exceder 20 L/hab.dia	Alto: A higiene pode ser comprometida Lavagem de roupa e banho podem ocorrer fora do terreno	Alto Provisão de água gerenciada com segurança, pelo menos para acesso intermediário Educação em higiene
Acesso intermediário	Água fornecida no local por pelo menos uma	Quantidade média aproximadamente 50 L/hab.dia	Médio A higiene pessoal não deve ser	Médio

Nível de acesso	Distância/tempo	Volumes prováveis de água coletada	Risco à saúde pública decorrente de higiene precária	Prioridade de intervenção e ações
	torneira, ou dentro de 100 m ou 5 minutos de tempo total de coleta		comprometida sob condições normais, mas pode ser comprometida em condições de surto	A promoção da higiene ainda traz benefícios à saúde Incentivar o acesso ótimo
Acesso ótimo	Fornecimento de água através de múltiplas torneiras dentro da casa	A quantidade média excederá 100 litros por pessoa por dia	Baixo A higiene pessoal não deve ser comprometida A limpeza doméstica também é provavelmente assegurada	Baixo A promoção da higiene ainda proporciona ganhos para a saúde

Fonte: OMS (2022)

Com relação ao esgotamento sanitário, a situação é ainda mais grave. Entre os indicadores avaliados, a coleta de esgoto em 2022 variou nos cinco municípios entre 1,7% (Lagoa Seca) e 48,9% (Guarabira). Esses fatores (indicadores de água e esgoto) e a pandemia de COVID-19, podem tornar mais crítica a segurança hídrica. Durante esse período, a necessidade de acesso à água limpa para higiene e prevenção de doenças destacou a vulnerabilidade da população de baixa renda, especialmente devido aos baixos índices de saneamento.

Silva et al. (2023) observaram uma correlação inversa entre saúde e saneamento em nível estadual, mas na escala da bacia hidrográfica estudada, os dados não revelaram um padrão claro para os indicadores de água, mesmo dividindo-se os municípios por grupos de acordo com a quantidade de habitantes. Os grupos indicaram em sua maioria correlações inversas que variam de desprezíveis a fortes. Destaca-se, para o Grupo 2, no ano de 2021 (mais crítico da pandemia) correlação forte para o número de casos a cada mil habitantes ($r = -0,78$) e para o número de óbitos a cada mil habitantes ($r = -0,72$).

Os dados também não mostraram um aumento do consumo, enquanto em cidades na Itália e no Irã observou-se este aumento como apresentado em Bacolla et al. (2020) e Chavoschian (2020). Os indicadores de esgoto sugerem correlação direta com o número de casos (variaram de moderadas a fortes conforme Tabela 3). No entanto, o índice de coleta de esgotos apresentou nos três anos correlações inversas com relação ao número de óbitos: - 0,82, -0,84 e -0,65. No entanto, como apenas 5 municípios apresentaram informações sobre esgotamento sanitário, os dados não são estatisticamente relevantes e se ter conclusões sobre a correlação. No entanto, de forma geral, como os cinco indicadores de esgoto são baixos, o aumento da transmissão pode ter ocorrido exatamente pela falta de esgotamento sanitário adequado.

As correlações aqui testadas demonstraram que não existe uma relação linear entre as variáveis relacionadas à água, embora haja um indicativo de relação. Deve-se destacar a existência de valores discrepantes nos indicadores de Covid-19 e em alguns indicadores de saneamento e coeficiente de correlação de Pearson é sensível aos *outliers*. Isso demonstra a necessidade de um aprofundamento dos dados que considerem outros tipos de regressão, por exemplo, regressão múltipla (Aquino, 2020) ou outros indicadores para a relação (Guedes et al., 2023; Silva et al., 2023).

O PNSH (ANA, 2019) definiu um Índice de Segurança Hídrica (ISH) com base em quatro dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência para o ano de 2017 e para o cenário futuro do ano de 2035. O indicador tem 5 faixas de variação: mínimo, médio, baixo, alto e máximo e utiliza a Base Hidrográfica Ottocodificada (ANA, 2024a). Foi elaborado um mapa do ISH para a bacia do rio Mamanguape e seus municípios (Figura 6) para o ano de 2017. Observa-se que a maior parte da bacia tinha com grau de segurança hídrica entre mínimo a



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



médio. Apenas o município de Itapororoca possui grau entre médio e alto. Nenhum município possui grau de segurança hídrica máximo.

O mapa elaborado na base da bacia hidrográfica permite que se tenha uma visão mais precisa do grau de segurança hídrica na escala municipal. É um quadro bastante preocupante com poucas áreas com segurança hídrica alta e é um alerta urgente para os tomadores de decisão modificarem sua postura reativa e ampliarem o nível de implementação de medidas e serviços estabelecidos nas políticas de recursos hídricos e saneamentos de forma integrada e articulada.

De acordo com os dados de Covid-19 avaliados, indicadores de água e de esgotamento sanitário, foi possível levantar fatores de ameaça e identificar os potenciais impactos à segurança hídrica (ver Os fatores de ameaça à segurança hídrica, seus impactos (Tabela 4) e as ações (Tabela 5) foram inspirados nos trabalhos de Formiga-Johnsson & Britto (2020), OMS (2022), Mori et al. (2023), Sousa et al. (2023) e Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba - PERH-PB (Paraíba, 2022). Entre os fatores de ameaça ou fragilidades à segurança hídrica identificados estão: eventos extremos (secas e cheias), modificação do uso do solo, baixos indicadores de índice de atendimento de água, altos índices de perdas de água, baixos índices de esgotamento sanitário e tratamento de água, pandemia de Covid-19. Os impactos listados são diversos e se relacionam a problemas relacionados à disponibilidade da água (quantidade e/ou qualidade), à gestão da água e do saneamento e de infraestrutura. Alguns impactos se repetem em fatores de ameaça diferentes, tendo em vista que são consequências gerais, a exemplo, da falta da universalização do saneamento.

Tabela 4).

As ações propostas estão centradas no saneamento, visando aumentar a segurança hídrica e abordar os impactos identificados. Contudo, não foram incluídas ações relacionadas a fatores de ameaça pois possuem um escopo muito mais abrangente, a exemplo de como medidas para lidar com eventos extremos e modificação do uso do solo. As ações abrangem de forma geral: investimento em obras de infraestrutura em saneamento, proteção dos mananciais, uso racional da água, uso de fontes alternativas, gestão adaptativa (secas), diminuição de perdas, ampliação do monitoramento, implementação de planos, entre outras.

A implementação de ações, sob o viés de gestão proativa, como a universalização dos serviços de saneamento, e que melhorem seus indicadores, são essenciais e ainda não constam no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), que é voltado para infraestrutura hídrica de água bruta. Além das ações já mencionadas, deve-se ainda implementar tecnologias sociais para as populações rurais de forma que tenham abastecimento e esgotamento sanitário de forma adequada. As políticas saneamento e recursos hídricos trazem diretrizes que fomentam a segurança hídrica, mas ainda é uma realidade distante.

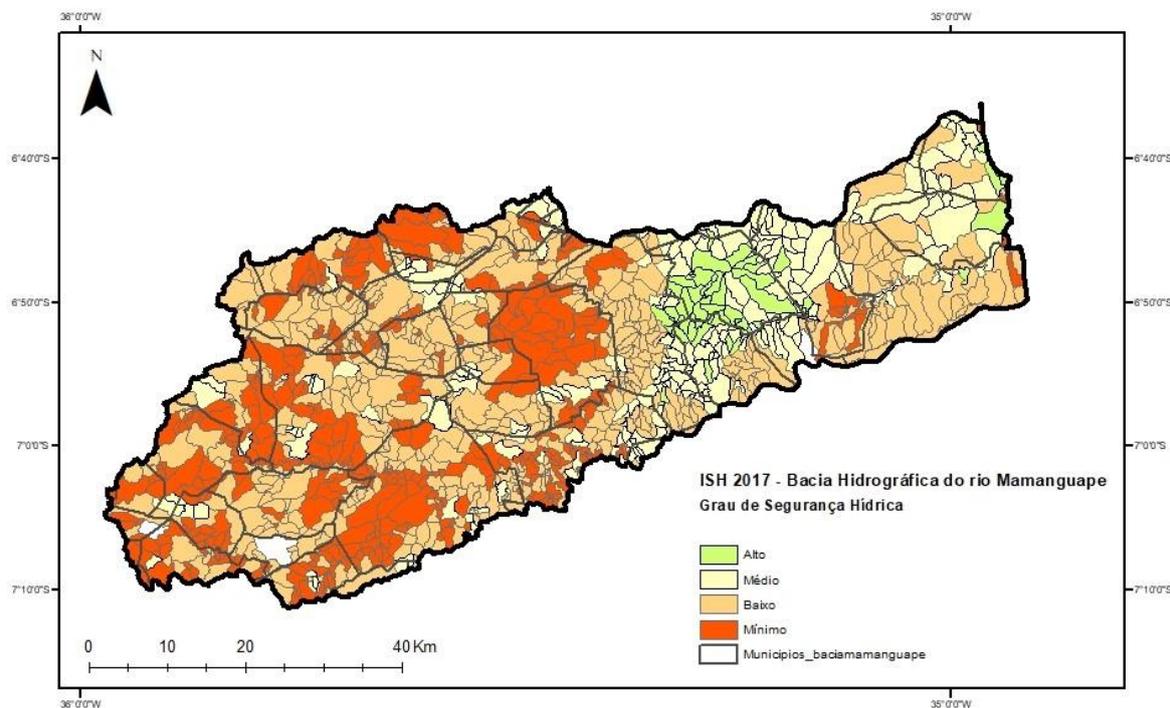


Figura 6: Mapa do Índice de Segurança Hídrica para a bacia do rio Mamanguape.
Fonte: ANA (2024b)

CONCLUSÕES

A bacia do rio Mamanguape possui grande parte de sua área com níveis mínimos a médio de grau de segurança hídrica e a situação pode ficar mais crítica em 2035 (ANA, 2019). Este cenário lança um alerta, particularmente na escala municipal, onde os impactos são mais imediatos e onde a necessidade de fortalecer os serviços de saneamento se faz ainda mais urgente para garantir a segurança hídrica adequada. Embora o PNSH identifique a falta de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento como um dos fatores desencadeadores de cenários de insegurança hídrica, não incorporou investimentos necessários nos pilares do saneamento como apontado por Mori et al. (2023).

Desta forma, a vulnerabilidade da bacia fica acentuada não só pelo baixo grau de segurança hídrica, mas ainda pela ocorrência de deficiências estruturais no saneamento básico, intensificando os desafios enfrentados pelas comunidades locais. A ausência de investimentos em infraestrutura hídrica e de saneamento, assim como a falta de dados relevantes em saneamento, cria um cenário preocupante para a saúde pública e a segurança hídrica na região estudada.

A pandemia de COVID-19 destacou de forma ainda mais evidente a importância crítica do acesso à água limpa e ao saneamento adequado para proteger as comunidades contra doenças infecciosas. Portanto, a análise desses indicadores ressalta a urgência de medidas concretas para melhorar a segurança hídrica e fortalecer a infraestrutura de saneamento nessas áreas, a fim de proteger a saúde e o bem-estar das populações locais e promover um desenvolvimento sustentável. As ações aqui indicadas devem contribuir neste sentido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA, Agência Nacional de Águas. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília: ANA, 2019. 119p. Disponível on-line: <https://pnsh.ana.gov.br/home> Em: Janeiro/2024.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



2. _____. Índice de Segurança Hídrica: Manual Metodológico – versão 1.0. 2024a. Disponível on-line: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Metodologia_ISH.pdf Em: Junho/2024.
3. _____. Índice de Segurança Hídrica 2017: Catálogo de Metadados. 2024b. Disponível on-line: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66> Em: Junho/2024.
4. AQUINO, D.S. Influência do acesso a saneamento básico na incidência e na mortalidade por COVID-19: análise de regressão linear múltipla nos estados brasileiros. Revista Thema. Vol. 18, p. 319-331. 2020.
5. BACOLLA et al. Influence of COVID-19 Spread on Water Drinking Demand: The Case of Puglia Region (Southern Italy). Sustainability 2020, 12, 5919; doi:10.3390/su12155919
6. BRASIL, Ministério da Saúde. Guia para Investigações de Surtos ou Epidemias. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis – Brasília : Ministério da Saúde, 2018. 64 p. Disponível on-line: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_investigacao_surtos_epidemias.pdf Em: Junho/2024.
7. CERZINI, M.T. segurança hídrica em tempos de pandemia de Covid-19. Revista Mineira de Recursos Hídricos, v. 1, n.2. 2020.
8. CHAVOSCHIAN, A. A Past Present and Future of Urban Water Management. Integrated na Multidisciplinary Water Resources Management. Webinar 26-27 November 2020. Thessaloniki, Greece. 2020
9. FORMIGA-JOHNSON, R.M., BRITTO, A.L. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. Revista Ambiente e Sociedade. Vol. 23, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190207r1vu2020L6TD>.
10. GUEDES, W.P., SUGAHARA, C.R., FERREIRA, D.H.L. Índice de saneamento ambiental e Covid-19: uma análise nas capitais brasileiras. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. V. 19, n. 3, p. 174-196. 2023.
11. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de População: Tabela 6579 – População Residente Estimada. 2023. Disponível on-line: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579> Em: Novembro/2023.
12. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022. 2024. Disponível on-line: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> Em: Janeiro/2024.
13. MORI, G. S., ROQUES, J., ROCHA, A. L. C., FAN, F. M. Segurança hídrica, saneamento básico e os impactos na Saúde pública. In: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2023.
14. MS, Ministério da Saúde. Covid 19: Painel Coronavírus. 2024. Disponível on-line: <https://covid.saude.gov.br/> Em: Fevereiro/2024.
15. OMS, Organização Mundial da Saúde. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 614p. Disponível online: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>. Em: Fevereiro/2024.
16. PARAÍBA. Governo do Estado. Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba: relatório executivo/Governo do Estado da Paraíba. – João Pessoa: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2022. Em: Abril/2024.
17. SANTOS, V. S. S., MARQUES, G. G. L., SANTOS, F. P. A segurança hídrica no contexto da Covid-19. Rev. Mundo Livre, v. 7, n. 1, p. 89-109. 2021.
18. SILVA, F.C. et al. 2023. Correlação entre saneamento básico e vulnerabilidade à pandemia de covid-19 no Brasil. Eng Sanit Ambient v. 28. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220145>
19. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático. Serviços de Água e Esgotos. Visão Geral. Ano de Referência 2022. Brasília: Ministério das Cidades 2023. Disponível on-line: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis> Em: Fevereiro/2024.
20. SOUSA, B.F.B., RODRIGUES, A.C.L., RIBEIRO, M.B., BARBOSA, D.L., LUCENA, R.L. Análise espacial do abastecimento de água em pequenos centros urbanos baseada em critérios multiescala. Revista Observatório de la economía latino-americana. Vol.21, n.7, p.9201-6222. 2023. DOI: 10.55905/oelv21n7-020.