

I-689 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INDICADORES OPERACIONAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA PARAÍBA

Milena Daleth do Amaral Vieira Ribeiro⁽¹⁾

Engenheira Civil e Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Igor Antônio de Paiva Brandão⁽²⁾

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil e Ambiental e Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande

Dayse Luna Barbosa⁽³⁾

Engenheira Civil, Mestra em Engenharia Civil e Ambiental e Doutora em Recursos Naturais. Professora associada III da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Geovanna Santos Oliveira⁽⁴⁾

Engenheira Civil e Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Roseane Batista da Cunha⁽⁵⁾

Graduada em Pedagogia pela Universidade Vale do Acaraú (UVA). Especialista em Vigilância em Saúde Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Pós-graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Faculdade UNYLEYA. Chefe do Serviço de Saúde Ambiental na Paraíba (Sesem-PB) da Fundação Nacional de Saúde (Funasa).

Endereço⁽¹⁾: Rua Papa João XXIII, 255 - Liberdade - Campina Grande - PB - CEP: 58414-300 - Brasil - Tel: +55 (83) 98746-1526 - e-mail: milenadaleth@gmail.com.

RESUMO

O crescimento populacional e o aumento das atividades industriais aliados ao crescente do consumo de água e incertezas - como é o caso das mudanças climáticas - têm mudado a forma como a água pode ser gerenciada. Nesse contexto, o uso de indicadores operacionais para serviços de abastecimento de água torna-se uma ferramenta relevante de acompanhamento e tomada de decisão pelas prestadoras de serviço, pois facilitam a formulação de políticas públicas, determinação das áreas que precisam de melhorias e a definição sobre os possíveis investimentos financeiros aplicáveis ao setor.

Sendo assim, o presente trabalho tem o objetivo de realizar uma análise geral de desempenho do serviço de abastecimento de água de municípios de pequeno porte do estado da Paraíba através da espacialização de indicadores operacionais do sistema, trazendo uma compreensão também visual do problema apresentado.

Para a área estudada merecem destaque os indicadores operacionais apresentados na Região Geográfica Intermediária de Sousa-Cajazeiras, visto que, a região mencionada apresentou melhores resultados em 4 dos 5 indicadores utilizados.

Os resultados obtidos a partir do estudo foram satisfatórios, pois possibilitaram a identificação de deficiências no abastecimento por indicador e retrataram os principais problemas enfrentados em cada região, tornando otimizada a tomada de decisão por parte dos gestores quanto às prioridades, ampliações e melhorias do serviço.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores de desempenho, Abastecimento de Água, Paraíba, SNIS.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é uma realidade não apenas nas áreas áridas e semiáridas, mas em todas as regiões do mundo. O crescimento populacional aliado à intensificação das atividades industriais, ao uso irracional de recursos, às secas, às erosões do solo e à desertificação têm gerado problemas relacionados à falta de água, para o atendimento das necessidades mais elementares da população (SOUZA; VIEIRA, 2004). O Nordeste Brasileiro é o exemplo de uma região vulnerável aos extremos da variabilidade climática, sendo recorrentes os

níveis pluviométricos abaixo da média e o aumento da aridez nos últimos anos (MARENGO et al., 2016; VIEIRA et al., 2015).

O fenômeno das secas, apesar de natural, é intensificado pela falta de estrutura e operação adequadas que possibilitem a gestão dos recursos hídricos e garantam o abastecimento de água em períodos no qual este ocorre. A limitação da disponibilidade hídrica afeta principalmente as populações mais vulneráveis, localizadas em áreas de difícil acesso a este recurso (EAKIN et al., 2014).

O crescimento do consumo de água aliado a incertezas como mudanças climáticas têm mudado a forma como a água deve ser gerenciada. O enfoque atual está direcionado para o gerenciamento da demanda (uso eficiente da água, de forma que se tenha maior aproveitamento e menor desperdício), e não mais na oferta a partir da construção de novos reservatórios, aumento de rede de abastecimento ou transposição entre bacias (SADR et al., 2021; GAO et al., 2014).

Assim, indicadores operacionais dos serviços de abastecimento de água tornam-se ferramentas relevantes de acompanhamento e tomada de decisão pelas prestadoras desse serviço (HAMDAN; LIBÂNIO; COSTA, 2019). Os gestores desse setor usam os indicadores com o objetivo de compreender como os planos, programas, projetos e ações impactam outros indicadores, como os de saúde pública, buscando a universalização dos serviços de saneamento básico (ARAÚJO et al., 2021).

Além de avaliar o desempenho dos prestadores de serviços, o desenvolvimento e a aplicação de indicadores permitem aumentar a competição e melhoria dos serviços prestados, assistindo à formulação de políticas públicas, determinação das áreas que precisam de melhorias e a definição sobre os investimentos financeiros no setor (HAMDAN; LIBÂNIO; COSTA, 2019).

Dessa forma, esse artigo teve o objetivo de avaliar o desempenho dos indicadores operacionais do serviço de abastecimento de água em municípios de até 50 mil habitantes da Paraíba, buscando informações úteis no planejamento de tomada de decisões para esse setor.

OBJETIVOS

O presente artigo objetiva realizar uma análise geral de desempenho do serviço de abastecimento de água de municípios de pequeno porte do estado da Paraíba através da espacialização de indicadores operacionais do sistema.

METODOLOGIA UTILIZADA

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo utilizada nesta pesquisa foi o estado da Paraíba, mais especificamente os municípios de pequeno porte que estão sendo trabalhados no Termo de Execução Descentralizada (TED) 03/2019 firmado entre a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) para a elaboração dos Planos de Saneamento Básico de 49 municípios do estado da Paraíba, apresentados na Figura 1.

O estado da Paraíba ocupa uma área de 56.467,242 km² (IBGE, 2021), com uma densidade demográfica de 66,70 hab/km² (UBGE, 2010), sendo composta pelas regiões geográficas intermediárias de João Pessoa, Campina Grande, Patos e Sousa-Cajazeiras, conforme a Figura 2.

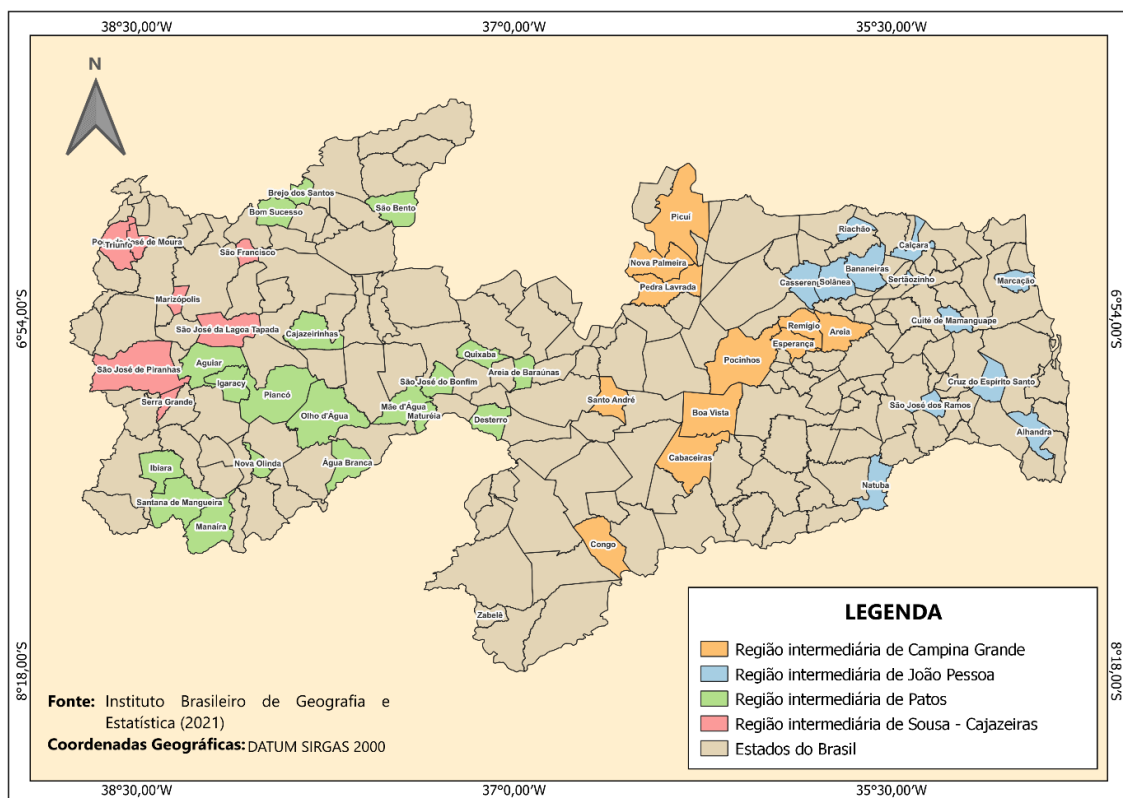


Figura 1: Localização geográfica dos municípios selecionados.

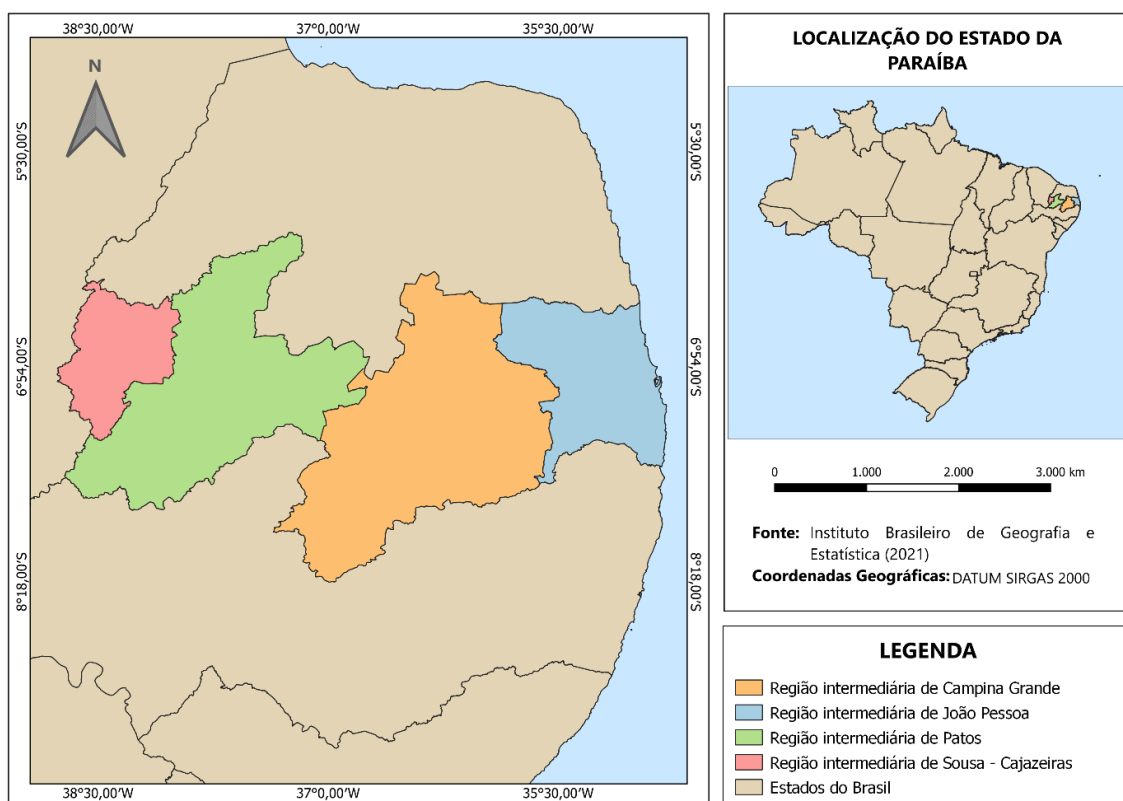


Figura 2: Localização geográfica do estado da Paraíba.

De acordo com Barros et al. (2012), a região Nordeste possui clima semiárido, que apresenta períodos de estiagens prolongadas, definido por suas irregularidades morfológicas e seu regime de chuvas.

A precipitação pluviométrica no Estado da Paraíba, segundo Becker et al. (2011), é a que possui maior variabilidade espacial e temporal dentre todos os 9 estados do nordeste. Seus valores anuais de precipitação, para as áreas referentes ao cariri paraibano variam entre 300 mm, e em relação a região litorânea, esse valor pode chegar a 1700mm.

Além disso, com relação a hidrografia, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA divide o estado em onze bacias: Rio Paraíba; Rio Abiaí; Rio Gramame; Rio Miriri; Rio Mamanguape; Rio Camaratuba; Rio Guaju; Rio Piranhas; Rio Curimataú; Rio Jacu; e Rio Trairi.

SEGUNDA ETAPA: COLETA DE DADOS

No presente estudo, será adotada a base de dados municipal do SNIS referente ao ano de 2021 para o componente de Água e Esgotos (AE). O SNIS é gerenciado pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR) e se constitui o maior e mais importante ambiente de informações do setor de saneamento básico brasileiro.

O SNIS apoia-se em um banco de dados administrado na esfera federal, que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, financeiro e de qualidade, sobre a prestação de serviços de água e de esgotos, e sobre os serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos (SNIS, 2005). As informações disponibilizadas pelos SNIS são coletadas anualmente e provêm de prestadores de serviços ou órgãos municipais encarregados da gestão dos serviços (SNIS, 2016).

TERCEIRA ETAPA: SELEÇÃO DOS INDICADORES

Foram selecionados 5 (cinco) indicadores da categoria operacional. Esta escolha se fundamentou em fatores como a associação dos mesmos à realidade dos municípios e à disponibilidade de informações do banco de dados utilizado. Os indicadores analisados na pesquisa e as equações para obtenção deles pelo SNIS estão dispostos na Tabela 1.

Os indicadores operacionais incluem dados relativos ao sistema físico, às perdas e aos consumos de água, bem como ao pessoal atuante. Tais indicadores são de extrema importância, uma vez que, por meio da operação do sistema, a prestadora garante a qualidade do produto, conserva ou denigre o meio ambiente, ganha produtividade, planeja e controla a relação oferta/demanda; eleva ou não os custos e, por conseguinte, os preços; e eleva ou reduz as perdas que limitam a possibilidade de reinvestimento no negócio (VIEIRA, 2021).

Tabela 1: Indicadores utilizados e suas respectivas equações

INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS
Indicador de Hidrometração (%)	$\frac{L_{micromed}}{L} \times 100$	$L_{micromed}$: Ligações ativas de água micromedidas L : Ligações ativas de água
Indicador de macromedicação (%)	$\frac{V_{macro} - V_{exp}}{V_{prod} + V_{imp} - V_{exp}} \times 100$	V_{macro} : Volume de água macromedido; V_{exp} : Volume de água tratada exportado; V_{prod} : Volume de água produzido; V_{imp} : Volume de água tratada importado.
Indicador de perdas na distribuição (%)	$\frac{V_{prod} + V_{imp} - V_{cons} - V_{serv}}{V_{prod} + V_{imp} - V_{serv}}$	V_{cons} : Volume de água consumido; V_{serv} : Volume de serviço; V_{prod} : Volume de água produzido; V_{imp} : Volume de água tratada importado.

Indicador de consumo médio per capita de água (L/hab.dia)	$\frac{V_{cons} - V_{exp}}{Pop} \times \frac{1.000.000}{365}$	V_{cons} : Volume de água consumido; V_{exp} : Volume de água tratada exportado; Pop : População total atendida com abastecimento de água
Indicador de consumo de energia elétrica (kWh/m³)	$\frac{Cons_{energia}}{V_{prod} + V_{imp}}$	$Cons_{energia}$: Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água; V_{prod} : Volume de água produzido; V_{imp} : Volume de água tratada importado.

QUARTA ETAPA: TABULAÇÃO DOS DADOS E NORMALIZAÇÃO

Esta etapa metodológica de tabulação dos indicadores e sua normalização foi realizada com o auxílio do software Excel.

Alguns dados numéricos podem ter escalas em valores diferentes, como é o caso dos indicadores que estão sendo utilizados. Uma das práticas para essas situações, conforme uma das etapas propostas por Juwana, Muttill e Perera (2012), é a normalização dos dados para posterior agregação, com a finalidade de ajustar os valores para uma escala comum, sem distorcer as diferenças nos intervalos analisados. Sendo assim, seriam minimizados os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas entre as variáveis (VIEIRA, 2021).

Para realizar a normalização foi utilizada a metodologia do redimensionamento contínuo, que estabelece valores entre 0 e 1 ou 0 e 100. As variáveis são classificadas através de limites superior e inferior, que podem ser definidos por metas a serem alcançadas ou os valores extremos do conjunto de dados (OGATA, 2014). Os limites utilizados neste artigo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Limites superior e inferior dos indicadores em estudo

INDICADOR	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS	FONTE
Indicador de hidrometração	100%	48,28%	SNIS (2020)
Indicador de macromedição	100%	0%	-
Indicador de perdas na distribuição	7,49%	71,38%	SNIS (2020)
Indicador de consumo médio per capita de água	200 l/hab.dia	50l/hab.dia	ONU (2013)
Indicador de consumo de energia elétrica	0,0 kWh/m³	2,51 kWh/m³	SNIS (2020)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tópicos 5.1 a 5.5 são apresentados e discutidos os valores dos 5 indicadores selecionados, que foram obtidos no banco de dados municipal do SNIS 2021.

Para uma visão mais geral dos indicadores, foi realizada uma divisão numérica em quatro intervalos com variação regular, e para cada intervalo foi atribuída uma escala nominal. Esta classificação está apresentada na Tabela 3 e é baseada no método proposto por Medeiros (2017).

Tabela 3: Categorias de classificação do Índice de Desempenho do Sistema de Abastecimento de Água

CLASSIFICAÇÃO	INTERVALO
Ruim	0 – 25
Regular	25 – 50
Bom	50 – 75
Ótimo	75 – 100
Ruim	0 – 25

RESULTADO DO INDICADOR DE HIDROMETRAÇÃO

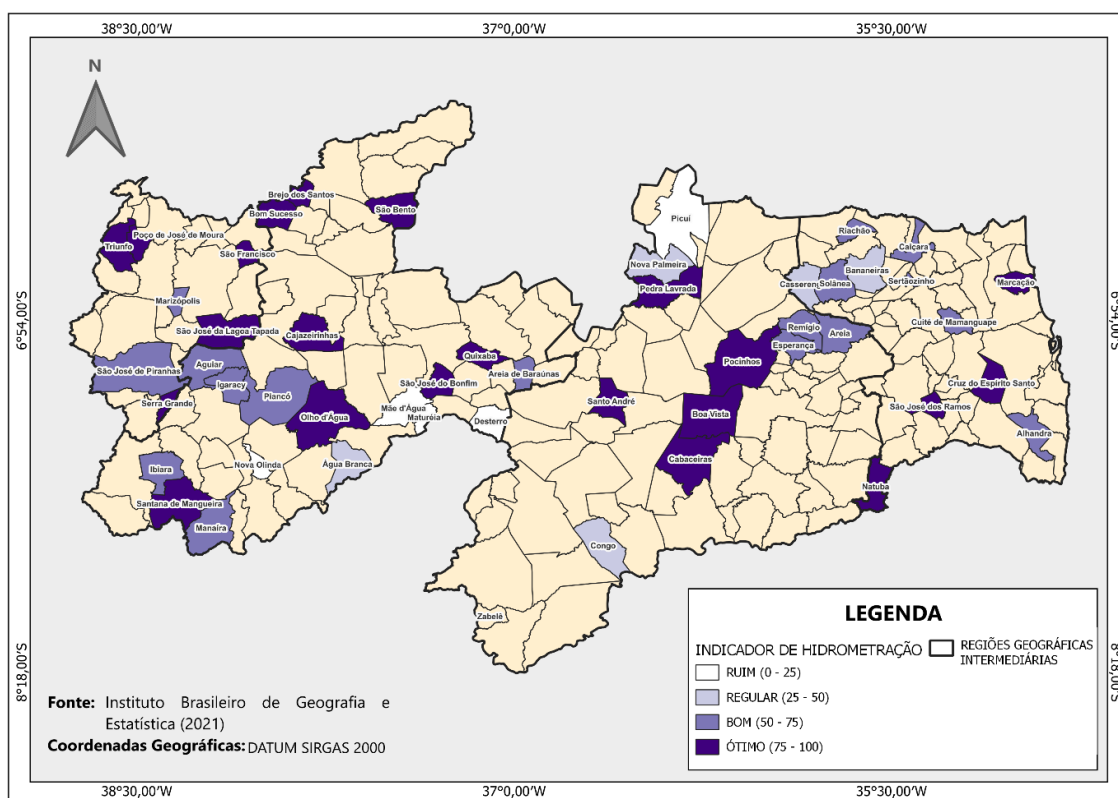


Figura 3: Distribuição espacial do indicador de Hidrometração.

A partir da análise da Figura 3 foi constatado que, em termos percentuais, a Região Geográfica intermediária com melhor índice de hidrometração é a de Souza-Cajazeiras, em que 71,43% de seus municípios realizam um controle eficiente das micromedições. Nesta região apenas dois municípios (São José de Piranhas e Marizópolis) apresentaram resultado inferior a este, no entanto, ainda podem ser classificados como bons. É importante ressaltar que a universalização da micromedição pode incentivar os usuários a um uso racional da água (ABAR, 2014).

RESULTADO DO INDICADOR DE MACROMEDIÇÃO

Similar ao observado sobre o indicador de Hidrometração, a Região Geográfica intermediária com o melhor índice de macromedição também é a de Souza-Cajazeiras. Nesta região apenas a cidade de Marizópolis obteve índice menor que 75%, mas mesmo assim obteve critério bom nessa avaliação.

Observa-se resultado negativo na região intermediária de Campina Grande, com quase todos os municípios avaliados como ruins, exceto Congo que teve avaliação ótima. Segundo Martendal (2020) a macromedição é essencial para controle de perdas nos sistemas de abastecimento de água (SAAs) trazendo benefícios financeiros e operacionais.

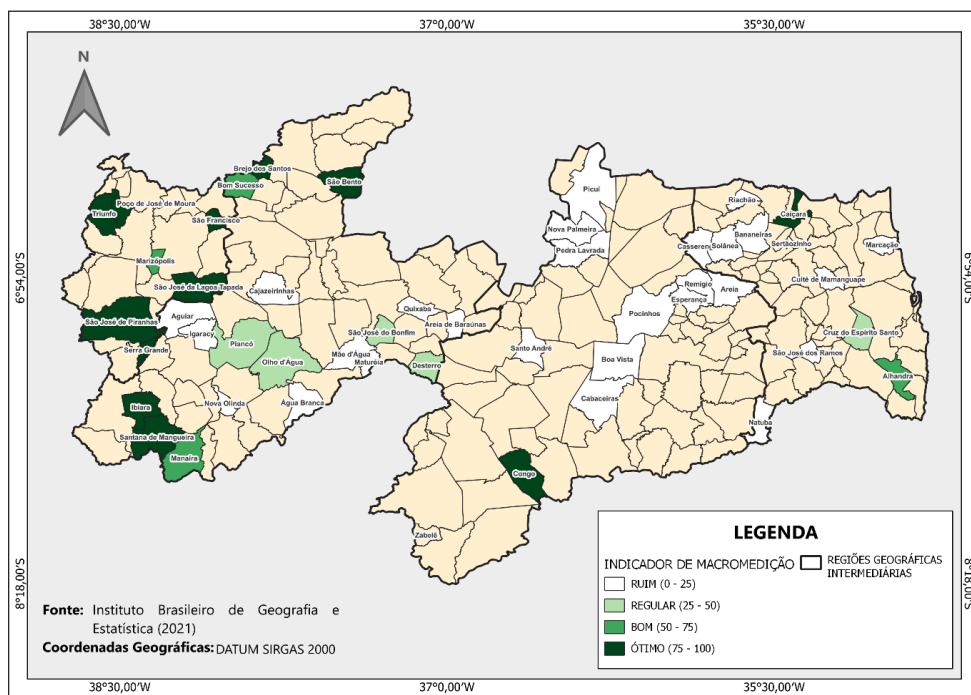


Figura 4: Distribuição espacial do indicador de Macromedição.

RESULTADO DO INDICADOR DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO

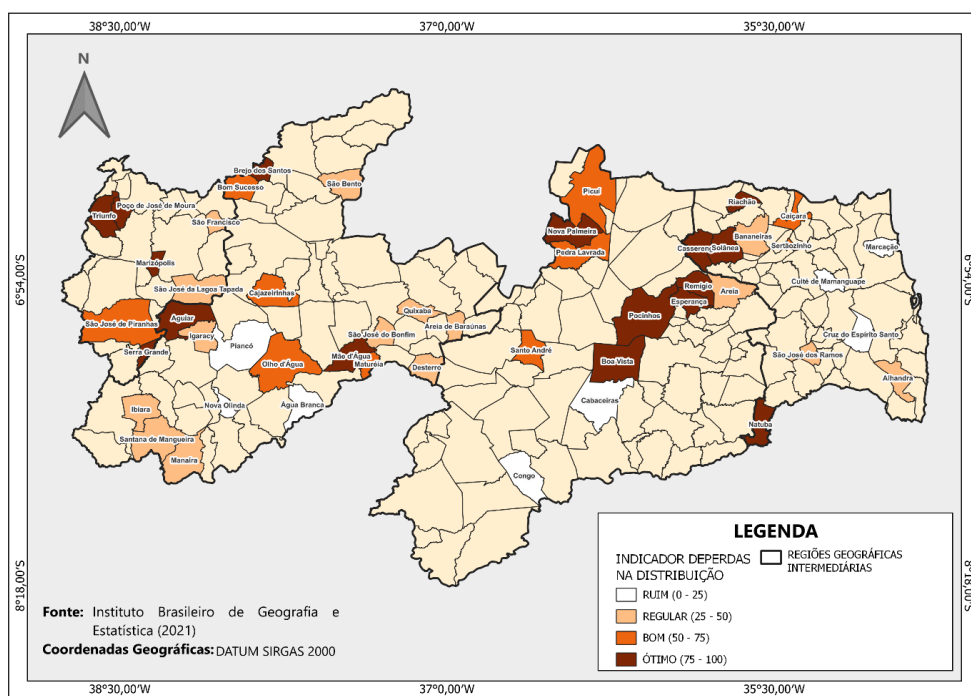


Figura 5: Distribuição espacial do indicador de Perdas na Distribuição.

Com relação ao indicador de perdas na distribuição, em termos percentuais, a região intermediária que apresenta os melhores resultados é a de Sousa-Cajazeiras, uma vez que 62,5% de seus municípios foram classificados como ótimos, 25% bons e 12,5% regulares. Em contraste, temos a região intermediária de João Pessoa, com apenas 27,27% ótimos, 18,18% bons, 27,27% regulares e 27,27% ruins. A mensuração das perdas na distribuição torna-se imprescindível frente a cenários de escassez hídrica e de altos custos de energia elétrica, além da sua relação direta com a saúde financeira dos prestadores de serviços, uma vez que podem representar desperdício de recursos naturais, operacionais e de receitas (SNIS, 2019).

RESULTADO DO INDICADOR DE CONSUMO MÉDIO PER CAPITA DE ÁGUA

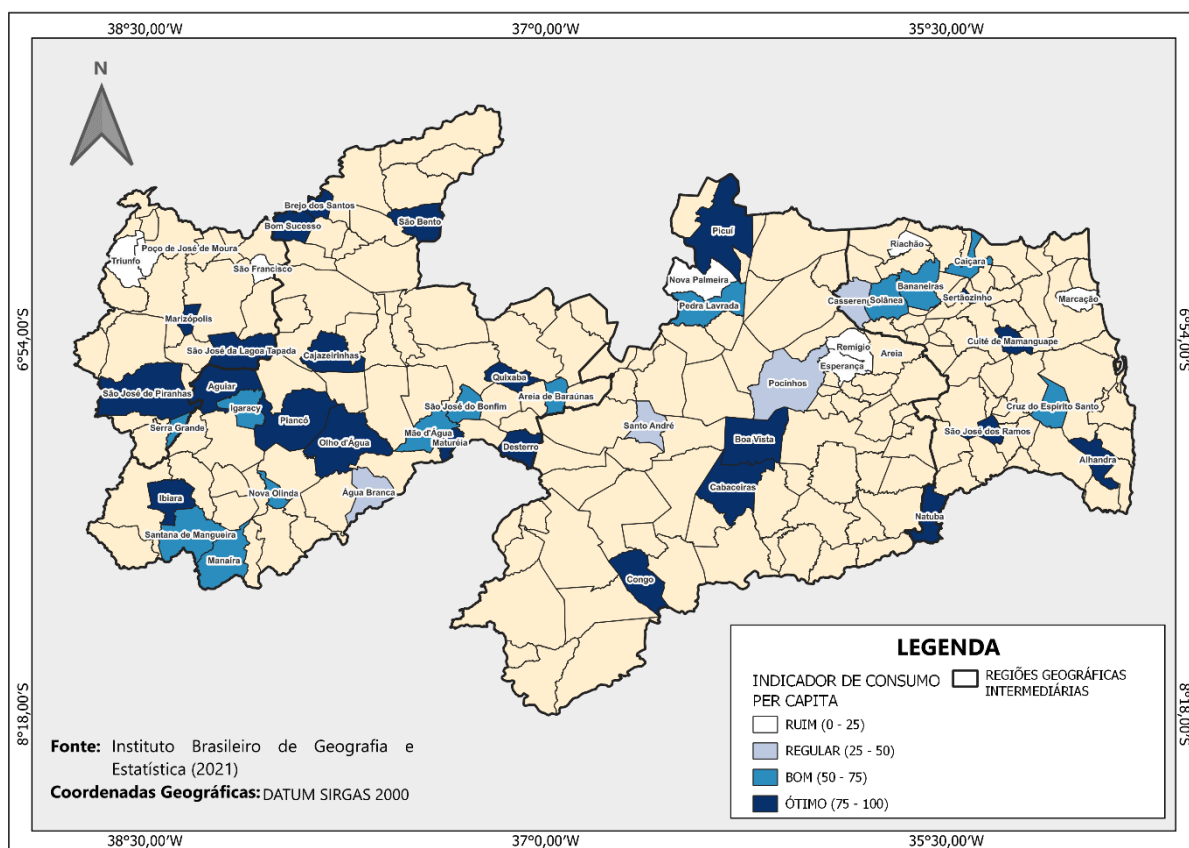


Figura 6: Distribuição espacial do indicador de consumo médio per capita de Água.

Para o indicador de consumo médio per capita de água, aproximadamente 16,32% dos municípios, o que corresponde a 8 municípios, apresentam consumos ruins, estando inferiores a inferiores a 50 L/hab.dia. Este valor chama atenção uma vez que o valor preferível estabelecido pela ONU é entre 50 L/hab.dia e 100 L/hab.dia.

É necessário atentar que o uso racional da água traz resultados a curto, médio e longo prazos, beneficiando a sustentabilidade hídrica, gerando menores impactos ambientais, além de maior durabilidade das infraestruturas físicas (VIEIRA, 2021).

RESULTADO DO INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

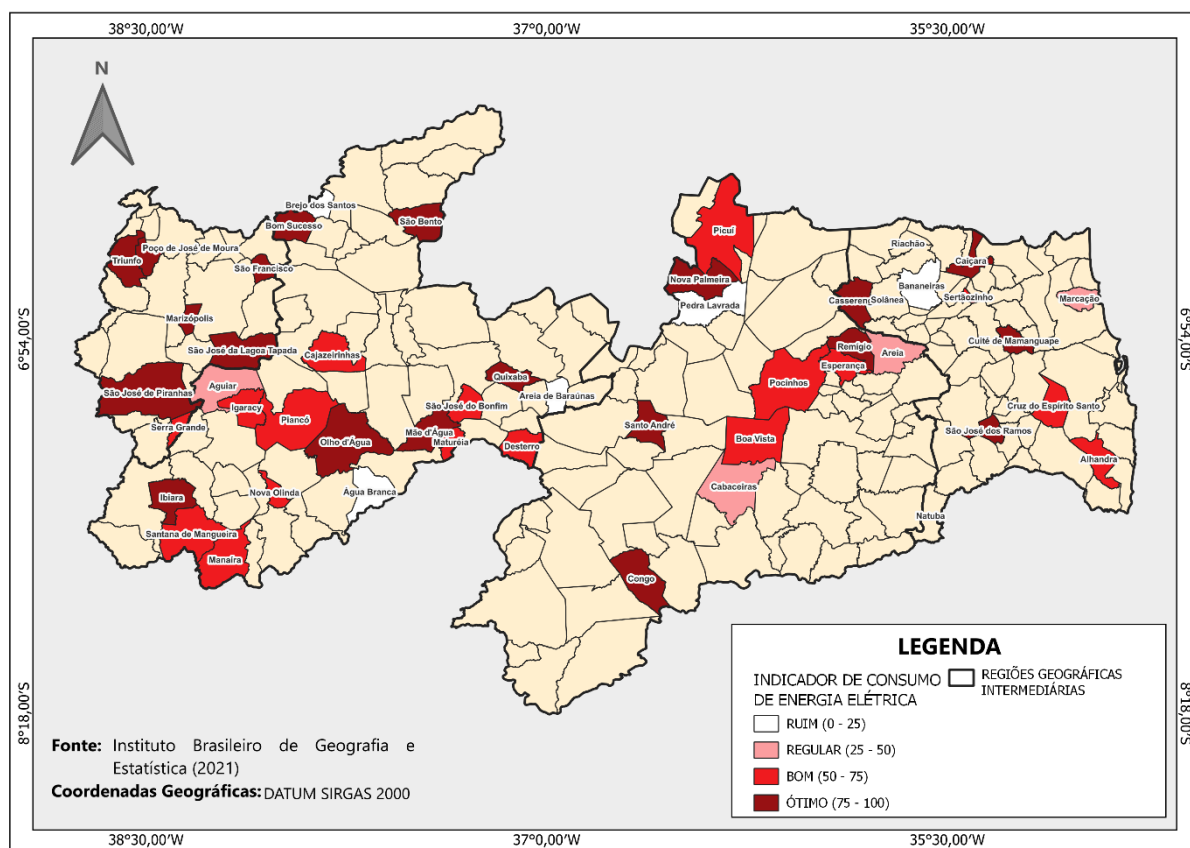


Figura 7: Distribuição espacial do indicador de consumo de energia elétrica.

Mais uma vez a região intermediária de Souza-Cajazeiras apresentou bons resultados, uma vez que 85% dos municípios se classificaram como ótimos e 15% como bons. As demais regiões obtiveram resultados com maior variabilidade, com resultados mais distribuídos entre as classificações. Valores elevados de consumo de energia elétrica podem estar associados a falta de medidas de reabilitação e manutenção de infraestruturas associados ao seu desgaste natural, bem como de características destes municípios como seu relevo que torna mais necessário o uso de estações elevatórias.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O uso de indicadores com o objetivo de avaliar o desempenho de sistemas de abastecimento de água se constitui um instrumento com potencialidades inquestionáveis, trazendo informações infraestruturais, operacionais, qualitativas e econômico-financeiras, que podem auxiliar os gestores na tomada de decisões (VIEIRA, 2021), e esta pesquisa reforça a importância de tais indicadores.

A normalização e mapeamento dos valores apresentados pelo SNIS viabilizou uma avaliação de cada indicador, comparando-os entre as regiões geográficas intermediárias. Esta análise possibilitou a identificação de deficiências no abastecimento, por indicador.

Merecem destaque os indicadores operacionais apresentados na Região Geográfica Intermediária de Souza-Cajazeiras, uma vez que em 4 dos 5 indicadores é a região que apresentou melhor resultados.

Os resultados obtidos e a metodologia empregada foram satisfatórios, pois retrataram os principais problemas enfrentados em cada região, tornando facilitada a tomada de decisão por parte dos gestores quanto a prioridades, ampliações e melhorias do serviço.

Saliente-se ainda que os resultados apresentados não são uma avaliação definitiva do serviço de abastecimento de água para estes municípios, visto que não abrangem a zona rural, que preponderantemente possui sistemas de abastecimento alternativos, sejam de uso coletivo ou individual, e que não são monitorados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO, E. P. et al. Indicadores de abastecimento de água e doenças de transmissão hídrica em municípios da Amazônia Oriental. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 6, p. 1059–1068, dez. 2021. EAKIN, H.C.; LEMOS, M.C.; NELSON, D.R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change* 27:1-8. 2014.
2. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: área territorial. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb.html>>. Acesso em: 01 outubro de 2022.
3. GAO, H.; WEI, T.; LOU, T.; YANG, Z.; SHEN, Z.; LI, Y. “Water Saving Effect on Integrated Water Resource Management.” *Resources, Conservation and Recycling* 93: 50–58. doi:10.1016/j.resconrec.2014.09.009. 2014.
4. HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 6, p. 1183–1194, dez. 2019.
5. JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability – A review. *Science of the Total Environment*, v. 438, p. 357–371, Set. 2012.
6. MARENGO, Jose A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. 2016.
7. MARTENDAL, M. F. Controle operacional do SAA de Águas Mornas: estudo de caso para controle e redução de perdas de água. 2020.
8. MEDEIROS, L. E., Utilização de indicadores convencionais e de satisfação dos usuários para avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água na cidade de Campina Grande/PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017.
9. OGATA, I. S. Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2014.
10. ONU. O Direito Humano à Água e Saneamento. 2013. Disponível em:<https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2021.
11. SADR, Seyed. M. K.; THAT, Line T.; MEMON, Will Ingram & Fayyaz A. Simulating the impact of water demand management options on water consumption and wastewater generation profiles. *Urban Water Journal*, v. 18, n. 5, p. 320–333, 28 maio 2021.
12. SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Dados do ano de 2020. 2020. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.
13. SOUZA, I. V. A.; VIEIRA, V. P. P. B. A influência do Banco Mundial no Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Nordeste Brasileiro. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.
14. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/institucional>>. Acesso em 5 de outubro de 2022.
15. VIEIRA, M. D. A. Desenvolvimento de um índice para avaliação do desempenho do sistema de abastecimento de água de municípios do agreste paraibano. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Campina Grande.
16. VIEIRA, R.M.S.P.; TOMASELLA, J.; ALVALA, R.C.S.; SESTINI, M.F.; AFFONSO, A.G.; RODRIGUEZ, D.A.; BARBOSA, A.A.; CUNHA, A.P.M.A.; VALLES, G.F.; CREPANI, E.; OLIVEIRA, S.B.P.; SOUZA, M.S.B.; CALIL, P.M.; CARVALHO, M.A.; VALERIANO, D.M.; CAMPELLO, F.C.B.; SANTANA, M.O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth* 6:347–360. 2015.