



ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS SERVIÇOS E MICRORREGIÕES DE ÁGUA E ESGOTO NO ESTADO DA PARAÍBA A PARTIR DE INDICADORES

**EXPLORATORY ANALYSIS OF WATER AND SEWAGE SERVICES AND
MICROREGIONS IN THE STATE OF PARAÍBA BASED ON INDICATORS**

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS SERVIÇOS E MICRORREGIÕES DE ÁGUA E ESGOTO NO ESTADO DA PARAÍBA A PARTIR DE INDICADORES

EXPLORATORY ANALYSIS OF WATER AND SEWAGE SERVICES AND MICROREGIONS IN THE STATE OF PARAÍBA BASED ON INDICATORS

Ayrton Flavio Nascimento de Sousa¹ | Gabriele de Souza Batista²

Geovanna Santos Oliveira³ | Lorena Rayssa Cunha França⁴

Mateus Clemente de Lacerda⁵ | Patrícia Hermínio Cunha Feitosa⁶

Recebimento: 21/02/2023

Aceite: 11/12/2023

¹ Mestrando em Recursos Naturais (UFCG).
Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: ayrtonflavions@gmail.com

⁴ Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (UFCG). Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: lorenarayssacf@gmail.com

² Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG).
Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: gabriele-sb@hotmail.com

⁵ Mestrando em Recursos Naturais (UFCG).
Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: mateus.clemente@outlook.com

³ Engenheira Civil (UFCG).
Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: geoliveira99@gmail.com

⁶ Doutora em Engenharia Agrícola (UFCG).
Docente na Universidade Federal de Campina Grande.
Campina Grande – PB, Brasil.
E-mail: phcfeitosa@outlook.com

RESUMO

Em consonância com a Lei Federal nº14.026/2020, estabeleceu-se a Lei Complementar nº 168/2021, que cria as microrregiões de água e esgoto do estado da Paraíba: Alto Piranhas, Borborema, Espinharas e Litoral. Entretanto, apesar do estudo técnico elaborado, as regionais delimitadas podem apresentar problemáticas tanto relacionadas à cobertura dos serviços prestados quanto ao desempenho econômico-financeiro. Nesse sentido, o estudo objetiva realizar uma análise comparativa de agrupamento entre os municípios do estado da Paraíba, a partir de indicadores sociais, financeiros e de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, relacionando com as microrregiões de água e esgoto do estado, além de uma avaliação da capacidade técnica das regionais. Para tanto, foram aplicadas análises de clusters em conjunto com técnicas de análise espacial de dados, a partir do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e da determinação do Índice de Moran. De maneira geral, nota-se a ocorrência de *clusters* com piores desempenho econômico-financeiro e de atendimento dos serviços concentrados na regional Borborema. Além disso, a microrregião apresenta uma das maiores situações de estresse hídrico, com grande consumo de água e alta dependência dos açudes. O Litoral, por sua vez, possui os melhores padrões de desempenho financeiro, com clusters de áreas que coincidem com regiões de melhor desempenho no abastecimento de água nas zonas urbanas e boa capacidade de pagamento.

Palavras - chave: Regionalização do saneamento; Microrregiões de água e esgoto; *Cluster analysis*.

ABSTRACT

In line with Federal Law number 14.026/2020, the Complementary Law number 168/2021 was established with the purpose of creating the water and sewage microregions of the state of Paraíba: Alto Piranhas, Borborema, Espinharas, and Litoral. However, despite the technical study conducted at the moment of creating these delimitations, the microregions may present problems related to both coverage and economic-financial performance of the services provided. In this sense, the present study aims to carry out a comparative cluster analysis of the municipalities of the state of Paraíba based on social, financial, and coverage indicators of water supply and sanitary sewage services and assess the technical capacity of the water and sewage microregions. To this end, cluster analyses were applied along with spatial data analysis techniques using Geographic Information Systems (GIS) and the Moran's index. In general, clusters with worse economic-financial performance and coverage were found to be concentrated in the Borborema microregion. This microregion also presented one of the worst situations in terms of water stress, with high water consumption and high dependence on dams. The Litoral microregion, in turn, had the best patterns of financial performance, with clusters that coincide with regions presenting better performance in water supply in urban areas and good affordability.

Keywords: Sanitation regionalization; Water and sewage microregions; Cluster analysis.

INTRODUÇÃO

Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), está a busca pelo acesso universal e equitativo ao saneamento e higiene adequados, e acabar com a defecação a céu aberto, até o ano de 2030. Segundo o último relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS), 2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso à água potável, e 3,6 bilhões carecem de serviços de esgotamento sanitário seguros. Os dados informam, ainda, que 494 milhões de pessoas praticam a defecação a céu aberto, sendo 92% dessa população residente em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2021). Assim, para alcançar os objetivos definidos pela ONU até 2030, é necessário que os investimentos em saneamento se tornem uma prioridade global nos próximos anos.

No Brasil, os dados obtidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostram que 84,0% da população brasileira têm acesso ao abastecimento com água tratada, que corresponde a quase 35 milhões de habitantes sem acesso à água potável. As estatísticas também mostram que apenas 55,0% da população do país têm acesso à rede coletora de esgoto, ou seja, quase 100 milhões de habitantes não têm seus esgotos coletados (SNIS, 2020).



Segundo o SNIS (2020), a região Nordeste é uma das que mais sofre com a problemática do desabastecimento e inexistência da coleta de esgoto, apresentando um atendimento de cerca de 74,0% da população com acesso à água tratada e apenas 30,3% com coleta de efluentes, realidade que compromete a saúde e a qualidade de vida da população.

As desigualdades no acesso aos serviços de saneamento também estão presentes nos diferentes setores de um mesmo município. Dentro do espaço urbano, existem grupos que são mais vulneráveis e carentes, residentes em periferias e que sofrem com a ineficiência do poder público em fornecer saneamento básico adequado. A disparidade no acesso também ocorre nas áreas rurais. Segundo o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), cerca de 14,2% da população brasileira vivem na zona rural, sendo que 28,7% dos habitantes não possuem abastecimento de água por rede, poços ou nascentes, e 69,3% não têm atendimento ou recebe um atendimento inadequado de esgotamento sanitário (Brasil, 2019).

A Lei Federal nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, possui como principal objetivo garantir o alcance da universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil, tendo em vista os elevados déficits e os graves impactos negativos que a ausência desses serviços provoca na saúde pública, educação, meio ambiente e ao desenvolvimento econômico e social. Assim, a lei faculta aos Estados a instituição de Microrregiões de Saneamento Básico para organizá-los, planejá-los, executá-los e operá-los de forma conjunta e integrada pelo Estado e municípios que as compõem (FUNDACE, 2021).

Entre os estados brasileiros que possuem lei aprovada para regionalização dos seus serviços de saneamento básico, está a Paraíba, que apresenta um atendimento total de abastecimento de 82,98%, e um índice de atendimento total da coleta de esgoto de 38,21%. A Lei Complementar nº 168/2021 institui as microrregiões de água e esgoto da Paraíba e suas respectivas estruturas de governança, são elas: Alto Piranhas, com 38 municípios; Borborema, que abrange 84 municípios; Espinharas, que possui 46 municípios; e Litoral, com 55 municípios.

O estudo para divisão da Paraíba em quatro microrregiões foi baseado em informações como níveis de atendimento de abastecimento água e esgotamento sanitário em cada município, a demanda existente, custos para prover o serviço e estimativa de investimentos necessários para universalização.



Também foram analisados dados de projeção populacional, indicadores demográficos, econômicos e socioeconômicos dos municípios (FUNDACE, 2021).

O presente estudo tem como objetivo uma análise comparativa de agrupamento entre os municípios da Paraíba, a partir do cálculo de indicadores sociais, financeiros e de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, relacionando com as microrregiões de água e esgoto do estado. Também foi realizada uma avaliação da capacidade técnica das regionais instituídas na Lei Complementar nº 168/2021, relativa à relação oferta-demanda de água, dado que não foi contemplado no estudo técnico. Para tanto, além do cálculo dos indicadores, foram executadas análises de *clusters* em conjunto com técnicas de análise espacial de dados, com uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e da determinação do Índice de Moran.

Este trabalho pode contribuir com informações das microrregiões do estado da Paraíba que foram desconsideradas no processo de definição dos blocos por parte da Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia (Fundace) e Governo Estadual, e desconhecidas pela população. A metodologia e as análises apresentadas podem auxiliar na tomada de decisão dos prestadores dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios, a fim de alcançar as metas de universalização estabelecidas pela Lei Federal nº 14.026/2020 e, conseqüentemente, superar os desafios existentes na gestão do saneamento.

GESTÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL NO CENÁRIO ATUAL DO SANEAMENTO

A gestão no desenvolvimento regional é fundamental para avançar no acesso equitativo aos serviços de saneamento básico, como abastecimento de água e esgotamento sanitário, em diferentes áreas de uma mesma região, estado ou município. Uma gestão adequada na busca pelo desenvolvimento regional, além de contribuir para o saneamento, resulta em melhorias na saúde pública, na educação e na qualidade de vida da população. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), para cada dólar investido em saneamento, são economizados quatro dólares em serviços de saúde para tratar doenças relacionadas com as condições sanitárias inadequadas (WHO, 2017).

São diversos os desafios na gestão do saneamento que precisam ser superados, como as disparidades no acesso, a adoção de infraestruturas inadequadas para atender as demandas e



a falta de recursos financeiros e técnicos para implementação de melhorias nos serviços. Além de um planejamento estratégico, a gestão para sanar as atuais problemáticas necessita promover a participação e engajamento da população em sua execução, e monitorar e avaliar o progresso das metas traçadas (Neves-Silva *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2019).

O desenvolvimento regional, no contexto do saneamento, deve buscar por políticas e investimentos para melhorar as condições de uma determinada região, com acesso equitativo aos serviços para reduzir as disparidades por meio de parcerias, implementação de inovações tecnológicas, sustentabilidade e conservação do meio ambiente (Cruz *et al.*, 2020; Marrara *et al.*, 2022).

Embora a regionalização proposta pela Lei Federal nº 14.020/2020 possa ser adotada como instrumento de desenvolvimento regional e esteja prevista no ordenamento jurídico brasileiro há algum tempo, ela deveria ocorrer de maneira planejada e técnica, em projeções ambientais, econômicas, sociais e humanas. No caso do estado da Paraíba, a criação dos blocos dos municípios foi executada pela Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia (Fundace), que padronizou o procedimento, sem trabalhar o conteúdo com os técnicos estaduais e sem atentar para detalhes internos importantes, como a compatibilização entre municípios deficitários e superavitários, medida de pulverização das desigualdades (Silva *et al.*, 2022).

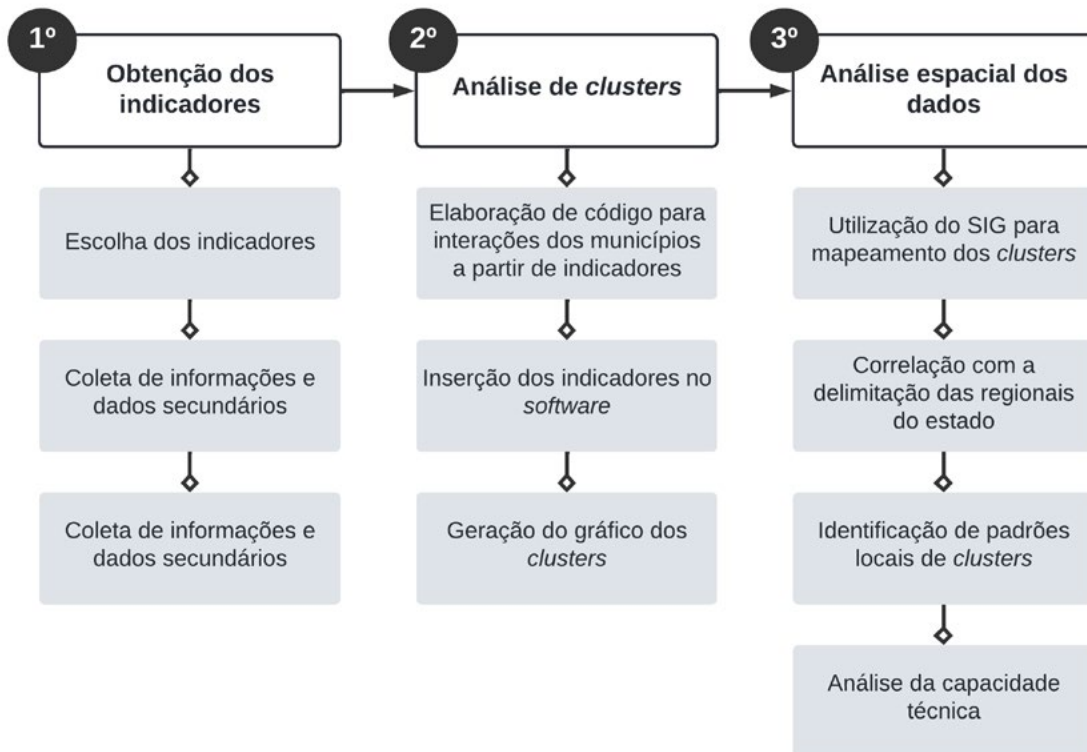
O processo de regionalização da Paraíba certamente resultará em disparidades entre regiões mais favorecidas e menos favorecidas, tanto relacionadas ao desempenho econômico quanto à cobertura dos serviços de água e esgoto. É provável que sejam acentuadas as desigualdades de acesso, já que não foram avaliados os perfis socioeconômicos e a viabilidade técnica dos municípios e microrregiões, existindo incertezas quanto ao saneamento em áreas rurais e comunidades tradicionais; também não houve debate entre o governo estadual e a população sobre a definição dos blocos. Importante destacar que uma outra falha do procedimento foi a construção dos blocos, sem considerar as questões ambientais (Barreto *et al.*, 2021; Pequeno *et al.*, 2023, Silva *et al.*, 2022).



METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, os procedimentos metodológicos se basearam em três etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1 e detalhadas posteriormente.

Figura 1 | Fluxograma síntese das etapas dos procedimentos metodológicos



Fonte: Os autores (2022).

OBTENÇÃO DOS INDICADORES

Considerando o estudo técnico que trata das microrregiões de Água e Esgoto da Paraíba (FUNDACE, 2021), escolheu-se trabalhar com indicadores de desempenho financeiro, social e relativos ao atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, conforme apresentado no Quadro 1. Vale salientar que, devido à baixa participação dos municípios paraibanos na declaração de dados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), os dados de atendimento foram obtidos nas bases de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Para a realização das análises de agrupamentos (*clusters analysis*), que classificam os elementos de um grupo em subconjuntos de menores quantidades, por meio do reconhecimento com características semelhantes, foi necessário selecionar e organizar os indicadores em diferentes conjuntos (Landeiro; Bacaro, 2015; Stockemer, 2019). De acordo com Barreto *et al.* (2021), o estudo técnico compara as quatro microrregiões em vários aspectos, como se fossem homogêneas em relação aos dados analisados, de forma que as peculiaridades municipais, como a questão do atendimento em áreas urbanas e rurais em separado, não é considerada. Dessa forma, os indicadores municipais foram alocados em três conjuntos:

- Atendimento pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona urbana (IND₁ e IND₂);
- Atendimento pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona rural (IND₃ e IND₄);
- Desempenho financeiro e capacidade de pagamento (IND₅ e IND₆).

Quadro 1 | Indicadores utilizados na clusterização

	Indicador	Descrição	Equação	Fonte
Atendimento	IND ₁ - Atendimento urbano de água	Proporção da população urbana que tem acesso regular e adequado aos serviços de abastecimento de água por rede de distribuição	$\frac{\text{População urbana atendida por rede de distribuição}}{\text{População total urbana}} \cdot 100$	ANA (2021)
	IND ₂ - Atendimento urbano por rede coletora de esgoto	Proporção da população urbana que está conectada a redes de esgoto, indicando o alcance da infraestrutura	$\frac{\text{População urbana atendida por rede coletora}}{\text{População total urbana}} \cdot 100$	ANA (2013)
	IND ₃ - Atendimento rural de água	Proporção da população rural que tem acesso regular e adequado aos serviços de abastecimento de água por rede, nascente, poço ou cisterna	$\frac{\text{Domicílios rurais atendidos por rede, nascente, poço ou cisterna}}{\text{Total de domicílios rurais}} \cdot 100$	IBGE (2011)
	IND ₄ - Atendimento rural por rede coletora de esgoto ou fossa séptica	Proporção da população rural que está conectada à rede coletora de esgoto ou fossa séptica, indicando o alcance da infraestrutura nestas áreas	$\frac{\text{Domicílios rurais atendidos por rede coletora ou fossa séptica}}{\text{Total de domicílios rurais}} \cdot 100$	IBGE (2011)
Financeiro	IND ₅ - Desempenho financeiro	Métrica financeira que avalia as receitas geradas pelos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto	$\frac{\text{Receita operacional direta de água, água exportada e esgoto}}{\text{Despesas totais com os serviços}} \cdot 100$	SNIS (Média de 2015 a 2020)
Social	IND ₆ - IDHM renda	Mensura o padrão de vida e bem-estar econômico da população em uma determinada área, com base em variáveis, como a renda média	-	PNUD (2017)

Fonte: Os autores (2022).



ANÁLISE DE CLUSTERS

Para a análise situacional dos municípios do estado, foi utilizado o método de clusterização *K-means*, analogamente aos estudos realizados por Rodrigues *et al.* (2018), Heinz *et al.* (2021) e Pintanel *et al.* (2021). Esta metodologia agrupa os municípios a partir dos indicadores utilizados dentro de múltiplos grupos, definidos previamente, a fim de que a variação dentro do *cluster* seja minimizada pela soma dos quadrados das distâncias euclidianas entre os itens e seus centroides.

O programa computacional *RStudio* foi escolhido para realização do processo supracitado. O código de programação desenvolvido para a clusterização é apresentado na Figura 2, no qual foram implantados os bancos de dados por meio da função “*data*”. Em seguida, foi realizada a elaboração dos *clusters* por meio da função “*kmeans*”, que, ao ser solicitada, realiza a análise dos dados e apresenta os agrupamentos em forma de lista.

Salienta-se que foi utilizada, previamente, a função “*fviz_nbclust*”, que apresenta o gráfico do número ótimo de *clusters*, para definir a quantidade de agrupamentos a serem utilizados no processo de clusterização. Por meio da análise do gráfico gerado e para que o número de *clusters* fosse idêntico ao número de microrregiões, escolheu-se quatro agrupamentos a serem gerados pelo *software*.

Figura 2 | Código utilizado no *RStudio* para a clusterização

```
1 library(FactoMineR)
2 library(factoextra)
3 library(cluster)
4 library(xlsx)
5 library(tidyverse)
6
7 urbano<-data.frame(Planilha_urbano, row.names = 1)
8 urbano2<-Planilha_urbano[,-1]
9 urbano_scale<-scale(urbano2)
10 fviz_nbclust(urbano_scale, kmeans, method = "wss")
11 set.seed(123)
12 km.urb <- kmeans(urbano_scale, 4, nstart = 50)
13 fviz_cluster(km.urb, data = urbano2, ellipse.type = "euclid")
14 dd <- cbind(urbano, cluster = km.urb$cluster)
15 head(dd)
16 write.csv(dd, "C:/Users/ayrto/Downloads/neww.csv")
17
```

Fonte: Os autores (2022).

Após a divisão dos agrupamentos para cada um dos conjuntos em estudo (atendimento na zona urbana, atendimento na zona rural e sustentabilidade econômico-financeira), utilizou-se a função “*fviz_cluster*”, que apresenta de forma gráfica os municípios alocados em cada *cluster*, com a elipse euclidiana, de forma a visualizar a posição de cada município dentro do enquadramento e compará-los em relação ao todo. Estes estão identificados nos resultados do trabalho para cada agrupamento.

Por fim, foram geradas planilhas para cada um dos conjuntos, por meio da função “*write.csv*”. No Excel, foi possível executar as funções “MÉDIA”, que calcula a média e a função “DESVPAD.P”, que calcula o desvio padrão, para os indicadores de cada agrupamento.

ANÁLISE ESPACIAL DOS DADOS

A partir dos agrupamentos gerados nas análises de *clusters*, foi possível elaborar o mapeamento dos municípios agrupados para cada um dos conjuntos de indicadores, a fim de detectar a correlação entre os *clusters* e a delimitação das microrregiões de água e esgoto do estado da Paraíba. Para tanto, fez-se o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio do software QGIS 3.22, a partir de *shapefiles* disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs).

A fim de compreender melhor o comportamento espacial local dos critérios de atendimento, capacidade financeira e capacidade técnica dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário utilizados no estudo técnico das microrregiões de Água e Esgoto da Paraíba, foram calculados os índices de Moran locais para os municípios do estado, utilizando os mesmos indicadores selecionados anteriormente, conforme os estudos de Barros *et al.* (2018), Barreto *et al.* (2019), Cruz *et al.* (2020), Cima *et al.* (2021) e Sotero-Martins *et al.* (2021).

Os índices de Moran são medidas da intensidade da autocorrelação espacial entre os dados de uma área de análise e sua vizinhança. Isto é, permitem mensurar o quanto o valor de um indicador de uma determinada região é dependente dos valores desse indicador nas regiões vizinhas. De acordo com Anselin (2020), esta metodologia permite identificar padrões de associação espacial regionais ou locais, descobrir situações atípicas e visualizar agrupamentos de municípios com valores semelhantes.



Para realizar os cálculos do índice de Moran local e gerar os mapas de espalhamento dos valores que possibilitem uma melhor visualização dos padrões, foi utilizado o *software* de estatística espacial GeoDa 1.20. O critério de vizinhança estabelecido para a metodologia deste trabalho foi o de contiguidade do tipo Rainha.

Por fim, com o objetivo de avaliar a capacidade técnica das regionais em relação ao abastecimento de água, levantou-se dados na AESA e na ANA relativos a: capacidade e localização dos reservatórios, porcentagem atual de volume, índices pluviométricos anuais médios (isoietas) e usos consuntivos da água. Os dados foram processados por planilhas eletrônicas no *software* Excel, além de terem sido avaliados espacialmente com o auxílio do *software* QGIS 3.22.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados *clusters* para categorização dos conjuntos de indicadores, conforme o Quadro 2. As médias e desvios padrões utilizados para cada um dos *clusters* gerados em cada conjunto estão expostos na Tabela 1.

Quadro 2 | *Clusters* gerados para cada um dos conjuntos de indicadores

Conjunto/ <i>Clusters</i>	1	2	3	4
Atendimento dos serviços para a zona urbana	Alto acesso ao abastecimento e médio acesso ao esgotamento	Alto acesso ao abastecimento e baixo acesso ao esgotamento	Baixo acesso ao abastecimento	Alto acesso ao abastecimento e esgotamento
Atendimento dos serviços para a zona rural	Médio acesso ao abastecimento e médio acesso ao esgotamento	Médio acesso ao abastecimento e alto acesso ao esgotamento	Baixo acesso ao abastecimento e esgotamento	Alto acesso ao abastecimento e médio acesso ao esgotamento
Desempenho financeiro e capacidade de pagamento	Médio desempenho financeiro e baixa capacidade de pagamento	Baixo desempenho financeiro e média capacidade de pagamento	Médio desempenho financeiro e alta capacidade de pagamento	Alto desempenho financeiro e alta capacidade de pagamento

Fonte: Os autores (2022).

Tabela 1 | Médias e desvios padrões utilizados para geração dos *clusters* para cada um dos conjuntos de indicadores

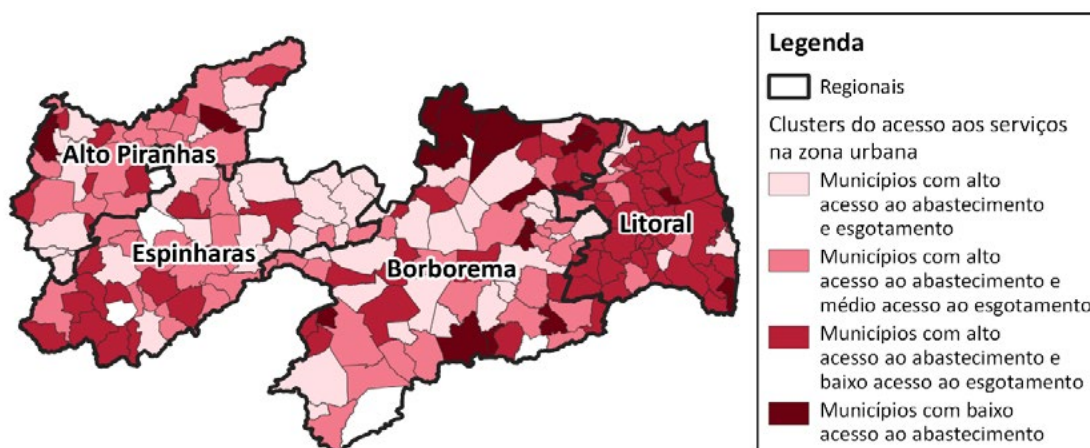
Conjunto	Indicadores	Cluster	1	2	3	4
Atendimento dos serviços para a zona urbana	Atendimento de água	Média	93,45	91,47	2,77	97,16
		Desvio	11,42	14,43	8,95	6,37
	Atendimento por rede coletora ou fossa séptica	Média	46,50	10,48	39,38	78,84
		Desvio	10,61	8,92	31,24	9,30
Atendimento dos serviços para a zona rural	Atendimento de água	Média	46,59	51,45	49,52	47,73
		Desvio padrão	12,58	19,20	10,31	12,14
	Atendimento por rede coletora ou fossa séptica	Média	22,79	58,05	2,95	4,19
		Desvio padrão	6,66	13,35	2,69	4,75
Desempenho financeiro e capacidade de pagamento	Desempenho financeiro (%)	Média	63,29	83,21	16,09	70,36
		Desvio padrão	31,02	24,68	20,94	47,06
	IDHM renda	Média	0,76	0,75	0,75	0,73
		Desvio padrão	0,02	0,015	0,02	0,03

Fonte: Os autores (2022).

PANORAMA ATUAL DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A situação atual dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário foram especializadas no mapa da Figura 3, divididos por regionais, conforme a metodologia de *clusters*.

Figura 3 | Mapa do panorama atual do saneamento, conforme clusters de acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona urbana



Fonte: Os autores (2022).

De acordo com a Figura 3, o litoral apresenta o melhor panorama com relação ao acesso aos serviços, em que 73% dos municípios dessa regional estão localizados no *cluster 3* e 11% no *cluster 4*, apenas 4 e 11%, respectivamente, estão ordenados nas categorias 1 e 2.

A microrregião do Espinharas possui a maior quantidade de municípios localizados no *cluster 4*, o que corresponde a 35% dos municípios alocados nessa regional, com classificação na categoria de alto acesso ao abastecimento e esgotamento. Nenhum de seus municípios foi classificado com baixo acesso ao abastecimento de água.

A microrregião do Alto Piranhas possui o maior número de municípios classificados com alto acesso aos serviços de abastecimento e médio acesso ao esgotamento sanitário, correspondendo a 42%, seguido pelo Espinharas e Borborema, com, respectivamente, 35% e 27%. Esta regional também é a segunda com a maior quantidade de municípios categorizados no *cluster 4*, com 24%, ficando atrás apenas da Borborema.

A regional da Borborema destaca-se com o pior desempenho no âmbito de atendimento urbano, com 20% de seus municípios alocados no *cluster 3*, o que corresponde a 92% de todos os municípios nesta categoria. Devido à grande quantidade de municípios contidos nessa regional com relação às demais, esta também é a segunda regional com maior número de municípios classificados no *cluster* de ordem 4.

A microrregional de Água e Esgoto do Litoral se destaca por possuir o maior percentual de população acima de 50.000 habitantes, segundo dados do Censo Nacional Demográfico (2022), bem como a maior taxa de urbanização. Além disso, o litoral possui dois dos quatro municípios paraibanos considerados de grande porte, de acordo com a Confederação Nacional de Municípios (CNM, 2018), por terem população superior a 100 mil habitantes. Esse fator favorece a microrregional em relação aos demais no quesito de investimentos públicos no setor de saneamento (Barreto *et al.*, 2021)

Ao longo da história, pequenos municípios têm sido deixados de lado no desenvolvimento de políticas públicas, que geralmente priorizam maiores centros urbanos, de maior poder político e maior dinamismo econômico (Dunder; Zanirato, 2023; Mtika *et al.*, 2020; Pequeno *et al.*, 2023). Esses fatores influenciam a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas microrregiões, tendo em vista que interferem nos recursos e infraestrutura dos sistemas existentes, bem como os investimentos realizados no setor nos âmbitos urbano e rural (Barreto *et al.*, 2021).

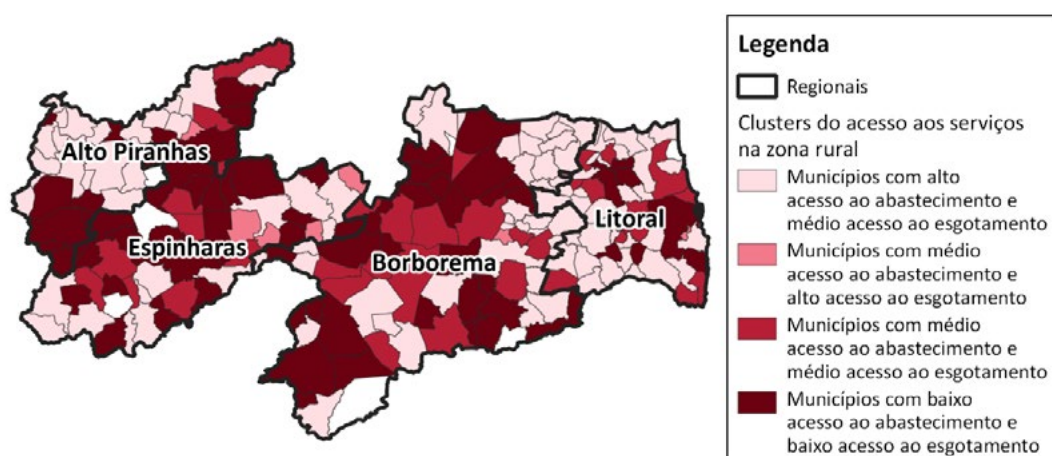
A regionalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado da Paraíba, proposta pela Lei Complementar nº168, revela um processo que careceu de uma análise apropriada do documento técnico formulados e aprovado pela Câmara de Deputados, conforme destacado por Pequeno *et al.* (2023) (Pequeno *et al.*, 2023). Esta lacuna evidencia uma falha crítica nos aspectos fundamentais da gestão e desenvolvimento regional. Para superar essa falha, é importante estabelecer parcerias e colaborações eficazes entre as partes interessadas, com o envolvimento ativo da comunidade local na tomada de decisões, como destacado por Baracho (2018). Essa abordagem é crucial para assegurar que as estratégias implementadas estejam alinhadas às reais necessidades da população, promovendo assim um desenvolvimento mais sustentável e eficaz.

Ademais, por meio do mapa da Figura 4, é possível verificar o panorama atual do acesso à água e ao esgotamento sanitário na zona rural.

A partir dos dados extraídos do mapa da Figura 4, o Litoral possui 58% de seus municípios localizados no *cluster* 4, seguido pelo Alto Piranhas, com 55%, e Borborema, com 43%, enquanto o Espinharas apresenta 26% de municípios nesta categoria de alto acesso ao abastecimento e médio acesso ao esgotamento.

A regional do Espinharas possui o maior número de municípios categorizados no *cluster* 3, com 46%, seguido de Borborema e Alto Piranhas, com 35% e 32%, respectivamente. O litoral aparece com 16% de municípios com baixo acesso aos serviços na zona rural.

Figura 4 | Mapa do panorama atual do saneamento, conforme *clusters* de acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário na zona rural



Fonte: Os autores (2022).



Uma pequena quantidade de municípios foi alocada no *cluster 2*, destacando-se o Espinharas, com 9% de seus municípios nesta categoria. Quanto aos municípios categorizados no *cluster 1*, com médio acesso ao abastecimento e médio acesso ao esgotamento, o litoral lidera a classificação, seguido por Borborema e Espinharas com, respectivamente, 20%, 18% e 15%. O Alto Piranhas aparece com apenas 8% de seus municípios nesta classificação.

No contexto rural, a microrregional da Borborema se destaca quanto à porcentagem de municípios com baixo acesso aos serviços, seguido por Espinharas, Alto Piranhas e, por último, Litoral. Devido à grande quantidade de municípios contidos nessa regional com relação às demais, esta também é a segunda regional com maior número de municípios classificados com alto e médio atendimento aos serviços, ficando classificado após a microrregião do Litoral.

A Lei Federal nº14.026/2020 e a Lei Estadual Complementar nº168/2021 apresentam lacunas no que diz respeito à universalização do acesso aos serviços de água e esgoto nas áreas rurais. Além disso, há a necessidade de melhorias na aquisição e disseminação dos dados relativos às soluções de abastecimento utilizados em áreas rurais. Desse modo, tornam-se visíveis as fragilidades estruturantes do setor, ao mesmo tempo em que se destaca a urgência de fortalecer a integração de políticas, programas e iniciativas de gestão voltados para o desenvolvimento rural (Santos; Mendes, 2023).

DESEMPENHO FINANCEIRO E CAPACIDADE DE PAGAMENTO PELOS SERVIÇOS

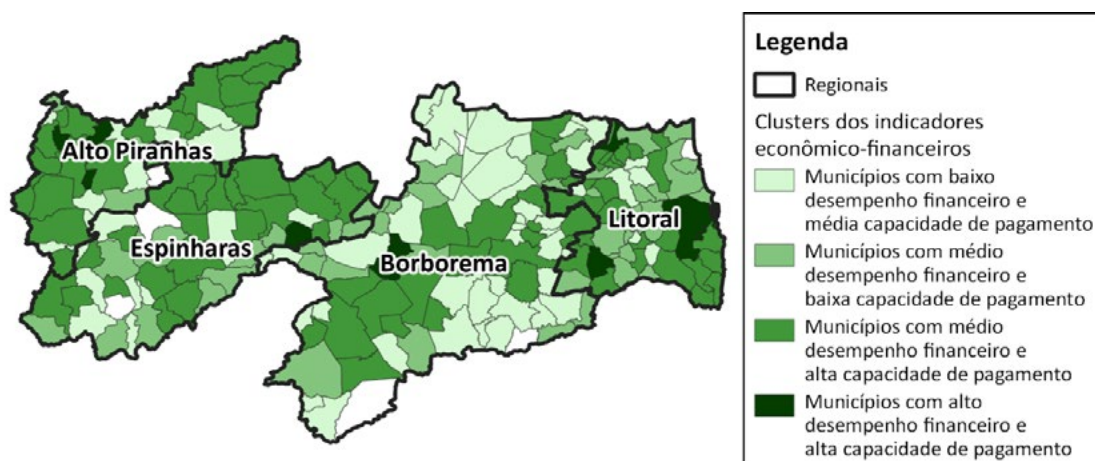
Em se tratando da situação atual do desempenho financeiro e capacidade de pagamento, a Figura 5 apresenta a espacialização dos dados, por regionais, conforme a metodologia de *clusters*.

A microrregião da Borborema possui 19% dos municípios classificados como *cluster 1*, ficando atrás do Litoral e Espinharas, com, respectivamente, 31% e 24%. O Alto Piranhas aparece com 8% de municípios nessa categoria. A Borborema se destaca com o pior desempenho, tendo 49% de seus municípios classificados no *cluster 2*, com baixo desempenho financeiro e média capacidade de pagamento, o que corresponde a 61,2% dos municípios do estado alocados nessa categoria.

O Litoral destaca-se com o melhor desempenho, contendo 45,5% do número total de municípios do estado com alto desempenho financeiro e alta capacidade de pagamento, municípios categorizados no *cluster 4*, e 27,5% dos municípios da paraíba que possuem médio desempenho financeiro e alta capacidade de pagamento (*cluster 3*).



Figura 5 | Mapa do desempenho financeiro e capacidade de pagamento por municípios, por regionais, conforme metodologia de *clusters*



Fonte: Os autores (2022).

Conforme apontado por Barreto *et al.* (2021), em sua pesquisa, apenas a microrregião litorânea apresenta um superavit em suas finanças, sendo, portanto, a única com a capacidade de cobrir seus próprios custos e expandir os serviços por meio de receitas provenientes de operações diretas. Além disso, esta região terá maior facilidade em obter receitas indiretas, uma vez que é a única, entre as quatro microrregionais, que possui sustentabilidade financeira (Pequeno *et al.*, 2023).

A regionalização poderia colaborar com o processo de universalização, se fossem blocos de municípios compostos por municípios superavitários e deficitários, permitindo a realização do subsídio cruzado, em busca de um equilíbrio econômico-financeiro necessário à expansão dos serviços em municípios mais pobres (Cruz *et al.*, 2020). Sendo assim, espera-se que os blocos formados por municípios mais pobres não irão atrair os investimentos para si, enquadrando as regionais do Alto Piranhas, Borborema e Espinharas.

Barreto *et al.* (2021) alertam para as desigualdades de acesso aos serviços que podem ser acentuadas entre os municípios e microrregiões, já que o subsídio cruzado, que é uma forma de garantir o acesso aos serviços de saneamento para as regiões mais pobres, não será exequível, e poderá impedir a universalização para grande parte da população paraibana.

IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES

Conforme descrito na etapa metodológica, foi calculada a estatística de Moran para verificar a relação espacial dos indicadores utilizados. Todas as variáveis utilizadas apresentaram correlação espacial direta com valores de Moran positivos para a significância estatística p-valor observada na Tabela 2.

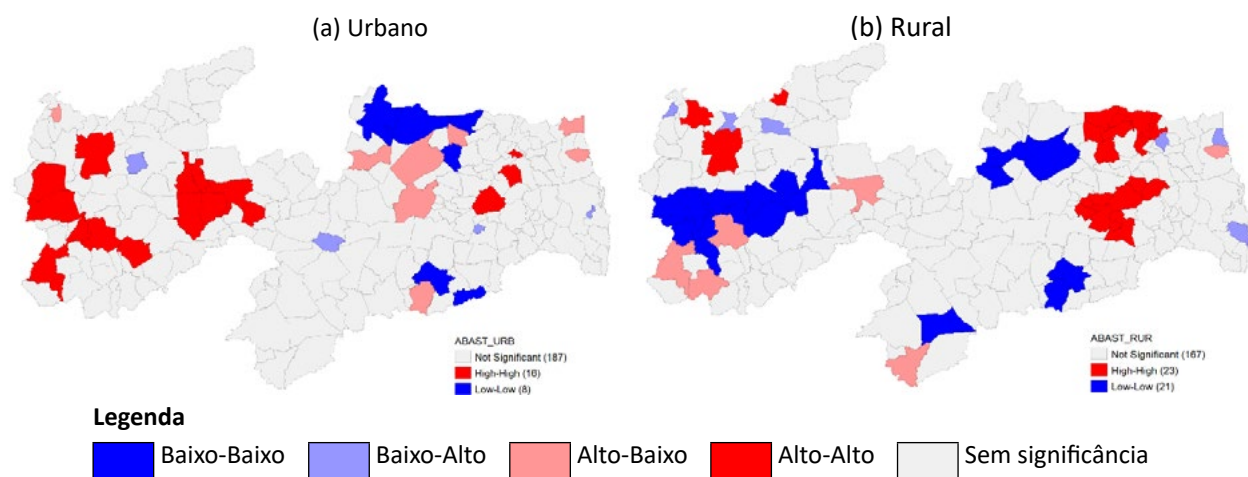
Tabela 2 | Estatística I de Moran Global para os indicadores utilizados

Indicador	Estatística I de Moran Global	p-valor
IND ₁ - Atendimento urbano de água	0,224	0,001
IND ₂ - Atendimento urbano por rede coletora de esgoto	0,257	0,001
IND ₃ - Atendimento rural de água	0,228	0,001
IND ₄ - Atendimento rural por rede coletora de esgoto ou fossa séptica	0,092	0,001
IND ₅ - Desempenho financeiro	0,212	0,001

Fonte: Os autores (2022).

Com o intuito de identificar a ocorrência de padrões locais e valores atípicos dentro das microrregiões de água e esgoto, e assim levantar suas possíveis causas, as Figuras 6 a 8 apresentam os mapas de espalhamento de Moran com a representação gráfica dos resultados obtidos. Baseado na Figura 6, que apresenta a análise espacial para os indicadores de abastecimento de água nas zonas urbana e rural, os polígonos representados na cor vermelha (Alto-Alto) indicam municípios com alta cobertura de abastecimento rodeados por outros municípios que também possuem boa cobertura do serviço. Os municípios na cor azul (Baixo-Baixo) apresentam baixa cobertura e são cercados por municípios de mesmo padrão. Já os municípios nas cores azul claro (Baixo-Alto) e rosa (Alto-Baixo) possuem taxas de cobertura baixa e alta com municípios limítrofes de padrões diferentes, respectivamente, indicando aqueles de valores atípicos (*outliers*). Por fim, os polígonos em cor cinza não apresentaram autocorrelação espacial significativa (valores de p abaixo de 0,05).

Figura 6 | Mapa de espalhamento de Moran para a taxa de cobertura do serviço de abastecimento de água nas zonas urbana (a) e rural (b)



Fonte: Os autores (2022).

Como pode ser observado na Figura 6, os resultados obtidos indicam a presença de forte correlação espacial para a taxa de cobertura do serviço de abastecimento de água em alguns pontos específicos do estado, além da presença de municípios atípicos. Quando analisado o indicador da zona urbana, identificou-se a formação de *clusters* do tipo Baixo-Baixo em municípios do Brejo, Curimataú e Seridó Paraibano (Picuí, Cuité, Araruna, Nova Floresta, Casserengue, Baraúna, Umbuzeiro e Barra de Santana), todos localizados na regional da Borborema. As referidas microrregiões do estado possuem baixo atendimento na zona urbana devido ao colapso de seus sistemas de abastecimento nos últimos anos, causado pela baixa oferta de água em seus mananciais e por deficiências na gestão dos recursos hídricos durante o período de seca iniciado em 2012, como apontado por Rêgo *et al.* (2015).

No Sertão Paraibano, foi identificada a formação de *clusters* Alto-Alto próximo aos reservatórios Engenheiro Ávidos, São Gonçalo e Coremas-Mãe d'Água, que abastecem a maior parte da região. Estes reservatórios recuperaram seus volumes de água nos últimos ciclos pluviométricos, o que os deixa com uma maior segurança hídrica quando comparados aos demais reservatórios do estado. No litoral, a formação de *clusters* Alto-Alto pôde ser observada nos municípios de Alagoa Grande, Cuité de Mamanguape e Duas Estradas.

Alguns municípios atípicos também foram observados em todas as regionais. Destaca-se o desempenho abaixo e acima das médias locais nos municípios de São Domingos e Alcantil, respectivamente, que possuem prestadores locais para o serviço de abastecimento. Em situação semelhante, vale evidenciar o bom desempenho do município de Sousa, que possui um prestador local para o abastecimento de água, em ambos os indicadores.

Observa-se uma grande dependência dos sistemas de abastecimento urbano do estado à oferta de água e aos índices pluviométricos observados nos açudes, principalmente nas regionais Alto Piranhas, Espinharas e Borborema. Já o Litoral apresenta uma maior segurança hídrica de seus municípios, visto que estes são abastecidos por poços tubulares profundos e rios perenes em sua maioria.

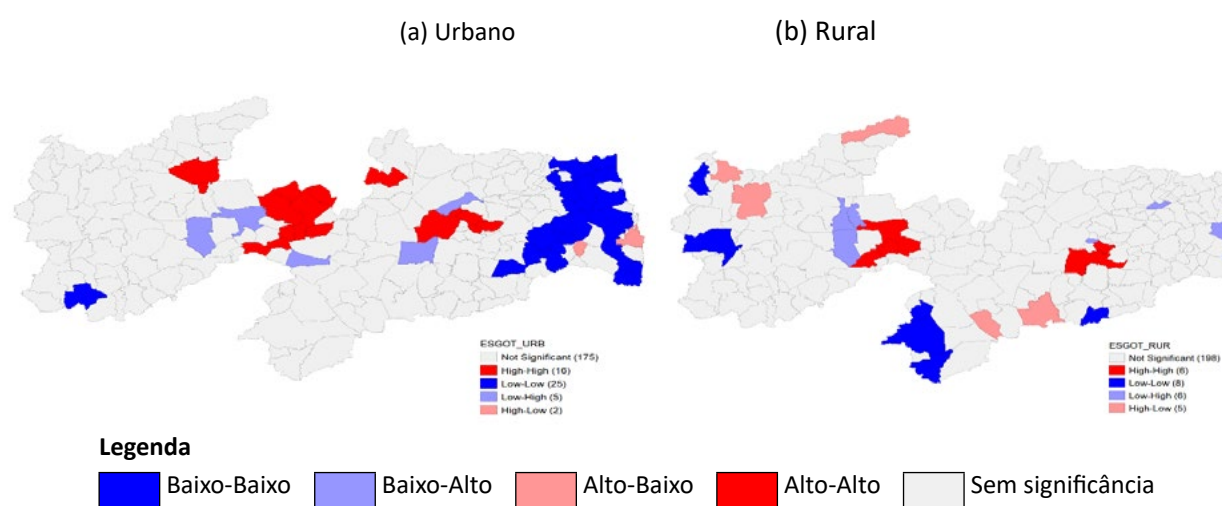
Para o indicador de cobertura de abastecimento na zona rural, os resultados apresentados foram opostos. É possível verificar a formação de *clusters* do tipo Alto-Alto em municípios do Brejo Paraibano entre as regionais Borborema e Litoral (Solânea, Araruna, Riachão, Caiçara, Logradouro, Alagoa Grande, Alagoinha, Alagoa Nova, Ingá, Massaranduba, entre outros), indicando uma boa cobertura de abastecimento adequado de água na zona rural. O padrão observado a partir dos resultados coincide com a maior atuação dos programas 1 Milhão de Cisternas e Uma Terra + Duas Águas na região, através da construção de cisternas para a captação de água de chuva.

Nas microrregiões do Alto Piranhas e Espinharas, mais especificamente na região do Vale do Piancó, observa-se a formação de *clusters* Baixo-Baixo, que indicam um padrão de baixa cobertura de abastecimento adequado de água nas zonas rurais. Nestes municípios, ainda há uma forte dependência dos carros-pipa para o abastecimento das cisternas construídas, o que torna o abastecimento semiadequado, de acordo com o IBGE.

Da mesma forma, para o serviço de esgotamento sanitário na zona urbana (Figura 7a), foi identificada uma grande carência no acesso ao serviço através da formação de um grande *cluster* Baixo-Baixo que abrange municípios da microrregião Litoral. Os municípios de João Pessoa e São Miguel do Taipu se apresentam como municípios atípicos por terem uma boa taxa de cobertura. Nas regionais Espinharas e Borborema, observa-se a ocorrência de padrão Alto-Alto, próximo aos municípios limítrofes de Patos e Campina Grande, e existência de municípios atípicos com o desempenho abaixo da média local.

Ao analisar os municípios com serviço prestado pela CAGEPA (Patos, Alhandra, Monteiro, João Pessoa, Bayeux, Campina Grande, entre outros), percebe-se um maior investimento nos municípios de maior porte que apresentam um melhor desempenho quando comparados aos municípios limítrofes, visto que os primeiros oferecem um maior retorno financeiro.

Figura 7 | Mapa de espalhamento de Moran para a taxa de cobertura do serviço de esgotamento sanitário nas zonas urbana (a) e rural (b)



Fonte: Os autores (2022).

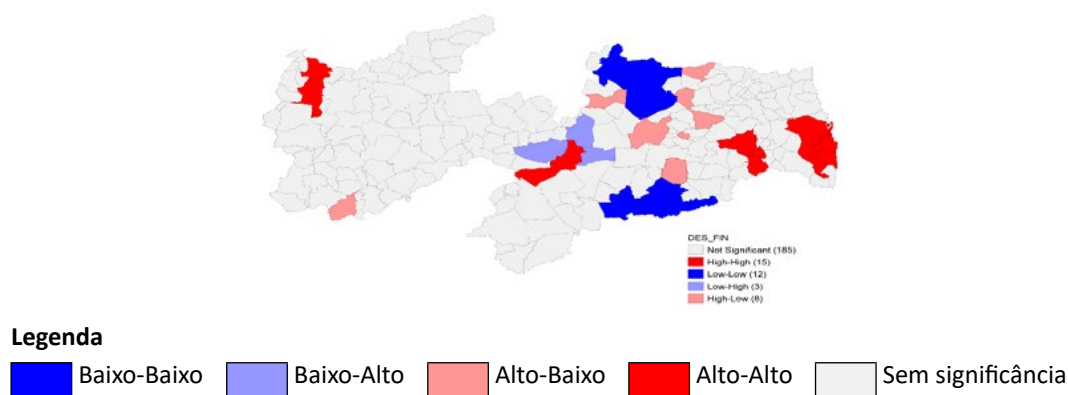
Assim como para a zona urbana, a análise da taxa de cobertura do serviço de esgotamento sanitário para a zona rural, apresentada na Figura 7b, indica a formação de *clusters* Alto-Alto próximo aos municípios limítrofes de Patos e Campina Grande, e Baixo-Baixo próximo a Monteiro e São José de Piranhas. Também é possível observar a existência de municípios atípicos com o desempenho abaixo da média local nas regionais de Espinharas e Litoral, e acima da média local na Borborema e Alto Piranhas.

O desempenho econômico-financeiro dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios é de extrema importância para manter a capacidade de investimento, manutenção e ampliação do acesso ao saneamento. O mapa apresentado na Figura 8 indica a existência de padrões positivos de desempenho financeiro em duas áreas da regional Litoral (abrangem os municípios de João Pessoa, Santa Rita, Bayeux, Alhandra, Conde, Cabedelo, Itabaiana, São José dos Ramos e Gurinhém), uma área da regional Alto Piranhas (nos municípios de Uiraúna e São João do Rio do Peixe) e outra na Borborema

(São José dos Cordeiros, Parari e Santo André). As quatro áreas coincidem com regiões de melhor desempenho no abastecimento de água nas zonas urbanas e boa capacidade de pagamento, devido à maior receita proporcionada pela alta cobertura do serviço e aos menores gastos com investimentos.

Por outro lado, a regional da Borborema apresentou a ocorrência de *clusters* Baixo-Baixo próximo aos municípios do Brejo, Curimataú e Seridó Paraibano, que tiveram seus sistemas de abastecimento colapsados durante o período de seca. As baixas taxas de cobertura dos serviços de saneamento associadas à menor capacidade de pagamento da população dessas regiões podem ser citadas como causas para o padrão negativo.

Figura 8 | Mapa de espalhamento de Moran para o indicador de desempenho financeiro dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário



Fonte: Os autores (2022).

Os resultados corroboram os estudos realizados por Rodrigues, Venson e Camara (2019), que afirmam que localidades próximas normalmente apresentam as mesmas características, incluindo baixa cobertura dos serviços de saneamento e capacidade financeira, sinalizando possível existência de dependência espacial na prestação de serviços de água e esgoto. Assim, os benefícios potenciais pretendidos pela Lei nº 14.026/2020 podem não ser plenamente eficazes na consecução da regionalização. Isso se deve ao fato de que os novos agrupamentos tendem a ser compostos por municípios semelhantes, caracterizados por uma expressiva demanda por expansão dos serviços e uma capacidade financeira limitada. Este cenário é corroborado pela pesquisa de Cruz *et al.* (2020).

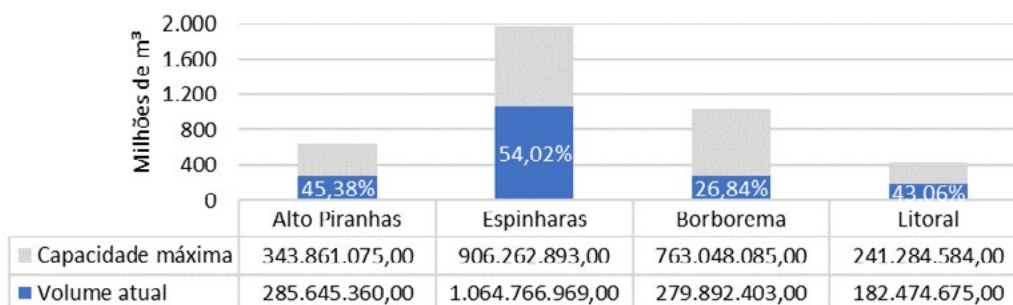
ANÁLISE DA CAPACIDADE TÉCNICA

Frente aos diferentes cenários de disponibilidade hídrica nas microrregiões de água e esgoto do estado, algumas regionais poderão enfrentar problemas em relação ao abastecimento de água, problemática que é potencializada a partir da dificuldade de transposição de água entre as regionais, pela possibilidade de contarem com diferentes prestadores do serviço, após a consolidação do processo de regionalização. Entretanto, a avaliação da capacidade técnica das regionais, relativa à relação oferta-demanda de água, não foi contemplado no estudo técnico desenvolvido pela FUNDACE (2021).

A partir dos dados de monitoramento dos reservatórios do estado da Paraíba, disponibilizados pela AESA (2022), foi possível comparar a capacidade de reserva hídrica de cada uma das regionais, assim como a situação atual destes reservatórios em porcentagem de volume apresentados na Figura 9. Observa-se que o Litoral, apesar de ter a maior população dentre as regionais, possui a menor capacidade instalada. Isso se deve ao fato de que a região conta com uma boa produtividade de poços e a presença de rios perenes utilizados para o abastecimento da população, não havendo a necessidade da construção de reservatórios.

Destaca-se a grande concentração de capacidade de reserva de água na microrregião Espinharas, em função dos açudes Coremas-Mãe d'Água, que, juntos, somam mais de 60% do total, e a baixa capacidade observada no Alto Piranhas, que, apesar de ter a menor população, conta com a maior área irrigada do estado. A microrregião da Borborema apresenta a pior situação de segurança hídrica quantitativa, com baixa capacidade de reserva, a segunda maior população dentre as quatro regionais e o menor volume reservado atualmente.

Figura 9 | Capacidade de reserva e volume atual nos reservatórios monitorados pela AESA, por microrregião de água e esgoto

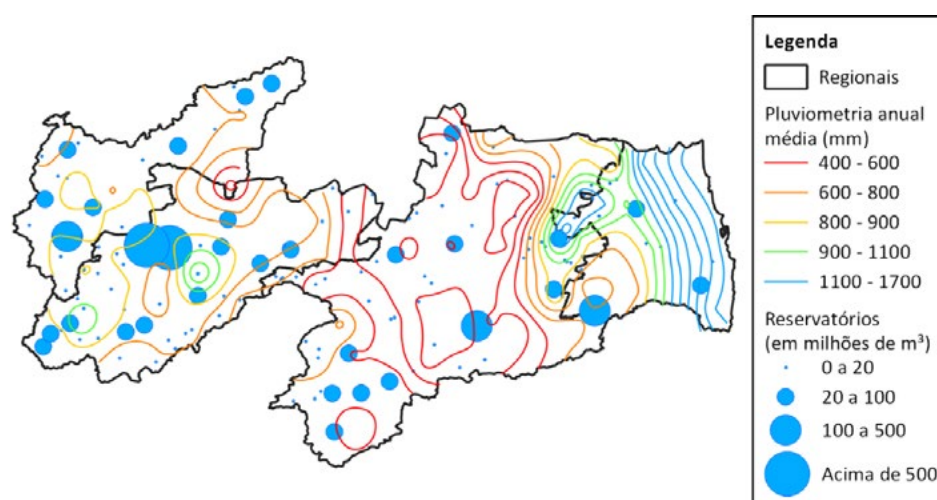


Fonte: Os autores (2022), baseado em dados da AESA (2022).



Em relação ao volume atual reservado nos açudes, as baixas porcentagens registradas ainda refletem as consequências do período de seca enfrentado pelo estado desde o ano de 2012. Vale salientar que parte da recuperação observada se deve aos eixos Norte e Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), que beneficia diversos reservatórios em todas as regionais do estado. Verifica-se uma melhora dos reservatórios localizados no Sertão do estado quanto à quantidade de água reservada atualmente (50% da capacidade total em média), enquanto a Borborema demonstra uma recuperação lenta (27%) como resultado das condições climáticas desfavoráveis para manutenção do volume reservado. A Figura 10 apresenta a distribuição dos reservatórios de água no estado e sua capacidade de recarga em função dos índices pluviométricos anuais médios.

Figura 10 | Mapa da capacidade de reservação e de recarga de água nos reservatórios do estado, por microrregião, de Água e Esgoto

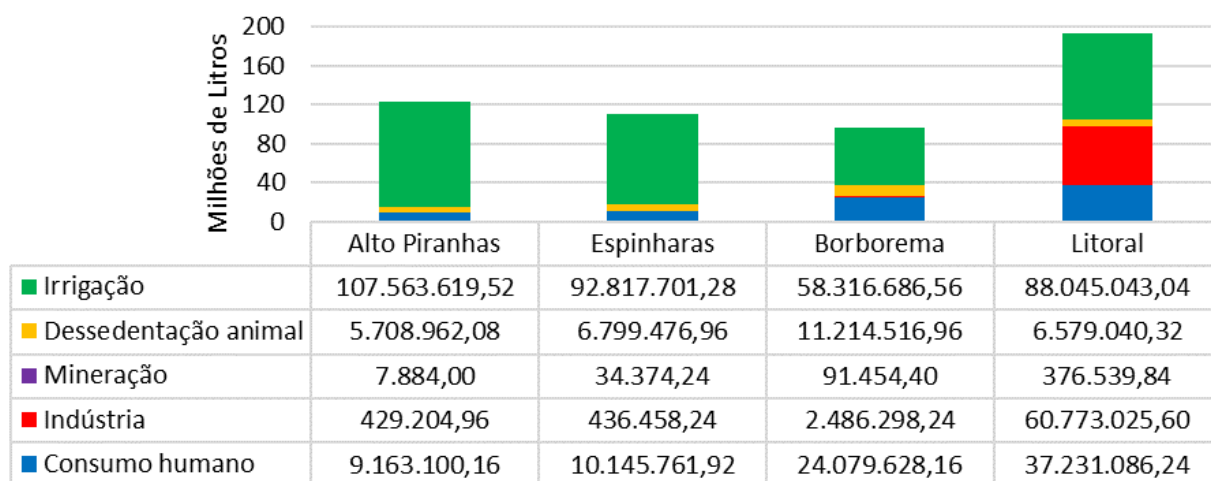


Fonte: Os autores (2022), baseado em dados da AESA (2021).

Percebe-se a presença de maiores índices pluviométricos no Litoral e próximo aos grandes reservatórios da microrregião de Espinharas, o que garante melhor capacidade de recarga hídrica nessas regionais. Nas microrregiões do Alto Piranhas e da Borborema, são observadas regiões de menor pluviosidade que prejudicam a recarga de seus açudes. Cabe destacar a existência de áreas de alto índice pluviométrico próximo ao município de Areia, incorporado pela microrregião do Litoral, que poderiam colaborar com uma melhor distribuição dos recursos hídricos dentro do território, levando em conta o arranjo da população e as áreas produtivas do estado, não foram consideradas

no Estudo Técnico de Regionalização do Saneamento Básico (FUNDACE, 2021). A partir da Figura 11, podem ser observados os consumos médios anuais de água de cada microrregião de Água e Esgoto por tipo de uso nos últimos 20 anos.

Figura 11 | Consumo médio anual de água por regional



Fonte: Os autores (2022), baseado em dados da ANA (2022).

Verifica-se que a pressão causada pelo consumo humano no balanço hídrico das regionais é pequena. Apesar de serem as regionais com menor população, Alto Piranhas e Espinharas apresentam altos consumos de água devido à grande produção agrícola. A regional da Borborema tem o menor consumo quando comparado às demais, ainda que disponha da segunda maior população. O Litoral apresenta o maior consumo dentre as quatro regionais, em função da quantidade de indústrias instaladas.

A segurança hídrica quantitativa das regionais foi analisada a partir da relação entre a reservação atual nos açudes e a demanda média anual de água dos últimos 20 anos apresentadas na Figura 12, sem considerar a parcela evaporada. Nota-se que a microrregião Espinharas possui a melhor conjuntura atual em razão de seus açudes de grande capacidade. De forma contrária, o Litoral possui a pior relação oferta vs. demanda, quando considerada apenas a reservação superficial, que sustenta menos de um ano de demanda. Entretanto, esta é favorecida pela existência de mananciais subterrâneos e perenes. Já as regionais Alto Piranhas e Borborema apresentam a situação de maior estresse hídrico, com grande consumo de água e alta dependência dos açudes.

Figura 12 | Relação entre a reservação atual e a demanda média anual de água por regional



Fonte: Os autores (2022).

CONCLUSÃO

A partir da análise comparativa de agrupamento (*cluster analysis*) entre os municípios do estado da Paraíba, utilizando indicadores sociais, financeiros e de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, foram feitas correlações com as microrregiões de água e esgoto.

Baseado nesta análise, foi verificado que a regional da Borborema possui os piores índices de desempenho econômico-financeiro e de atendimento dos serviços no urbano e rural, ao passo que o Litoral possui maior ocorrência de municípios com *clusters* de alto e médio atendimento, alto e médio desempenho econômico-financeiro e alta capacidade de pagamento.

A partir da avaliação da capacidade técnica das regionais definidas, relativa à relação oferta-demanda de água, foi verificado que a microrregião da Borborema apresenta uma das maiores situações de estresse hídrico, com grande consumo de água e alta dependência dos açudes. Foi observado que a microrregião das Espinharas possui a melhor conjuntura atual em razão de seus açudes de grande capacidade.

Com relação à identificação espacial de padrões, a microrregião da Borborema apresentou regiões de baixo atendimento na zona urbana, devido ao colapso de seus sistemas de abastecimento nos últimos anos. O Litoral, por sua vez, possui os melhores padrões de desempenho financeiro, com *clusters* de áreas que coincidem com regiões de melhor desempenho no abastecimento de água nas zonas urbanas e boa capacidade de pagamento.

O presente estudo pode ser replicado para outros estados a fim de analisar o panorama atual de suas microrregiões quanto ao atendimento e desempenho financeiro dos serviços de água e esgoto. Também podem ser acrescentados dados suplementares, com enfoque na análise da sustentabilidade econômico-financeira dos municípios em sentido mais amplo. De mesmo modo, recomenda-se o desenvolvimento deste estudo utilizando indicadores de caráter social.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **GeoPortal**: Shapefiles. 2021. Disponível em: <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Últimos volumes informados dos açudes**. 2022. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>>. Acesso em: 28 mai. 2022.

SANTOS, G. R; MENDES, A. T. Dados e Indicadores dos Serviços de Água e Esgotamento Sanitário no Brasil. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Rio de Janeiro: Ipea, n. 29, jan./jun. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/brua29indic>. Acesso em: 1 dez. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Águas - Indicadores de Segurança Hídrica por Município (Planilha)**. 2021. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/d77a2d01-0578-4c71-a57e-87f5c565aacf>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Esgotos - Informações por Município (Planilha)**. 2013. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Usos Consuntivos da Água no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/files/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd/ANA_DemandaHidrica_Municipio_1931a2017_env.xlsx>. Acesso em: 28 mai. 2022.

ANSELIN, L. **GeoDa: An Introduction to Spatial Data Science**: Local Spatial Autocorrelation (1). 2020. Disponível em: <https://geodacenter.github.io/workbook/6a_local_auto/lab6a.html>. Acesso em: 27 mai. 2022.

BARACHO, R. O. **Planejamento do saneamento básico em escala regional: uma avaliação de pertinência considerando aspectos físicos e mecanismos institucionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2018.

BARRETO, R. C. S.; SANTOS, E. I.; CARVALHO, I. C. S. A pobreza multidimensional em Salvador diminuiu? Evidências a partir da abordagem espacial. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 3, p. 181-201, 2019. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4676>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BARRETO, J. B.; FEITOSA, P. H. C.; ANJOS, K. L.; VELEZ, W. M. Analysis of sanitation regionalization: Water scenarios and economic-financial (in)sustainability of the water and sewage microregions of Paraíba. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e117101018513, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18513>.

BARROS, G. F.; OLIVEIRA, A. M. H. C.; AMARAL, P. V. M. Desenvolvimento humano e acesso a serviços: uma análise especial para os municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 124-136, 2019. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4324>>. Acesso em: 30 nov. 2023.



BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural.** Brasília: Funasa, 2019.

CIMA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; JUNIOR, W. F. R.; FRAGOSO, R. M. S. Uma análise especial do Oeste Paraná: cenários para regional desenvolvimento. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 2, p. 151-164, 2021. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/6339>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

CRUZ, F. P.; OLIVEIRA, B. F.; ACCIOLY, E. M. F. B.; SOARES, I. M. **A Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico e os Desafios da Universalização no Brasil: Uma Análise Exploratória de Dados Espaciais para os anos de 2010 e 2018.** In: IX Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 2020, Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: <<https://itr.ufrj.br/sigabi/9o-anais-simposio-de-gestao-ambiental-e-biodiversidade-issn-2525-4928/>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

DUNDER, B. D.; ZANIRATO, S. H. Segurança hídrica em pequenos municípios: o caso de São José do Barreiro (São Paulo). **Ciências ambientais: interdisciplinaridade e pluralidade investigativa**, p. 65-82, 2023. DOI 10.5151/9786555501827. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/374840432_SEGURANCA_HIDRICA_EM_PEQUENOS_MUNICIPIOS_O_CASO_DE_SAO_JOSE_DO_BARREIRO_SAO_PAULO>. Acesso em: 30 nov. 2023.

FUNDACE. Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia. **Regionalização do Saneamento Básico: Paraíba. Microrregiões de Água e Esgoto da Paraíba.** Estudo Técnico. Ribeirão Preto: FUNDACE, 2021. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/consulta-publica/ESTUDOREGIONALIZAOPARABA.pdf/view>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

HEINZ, D.; MORENO, G. C. L.; HEIN, N. O saneamento básico nos municípios de Santa Catarina: uma análise cluster. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 1, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26767/1888>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico: 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

LANDEIRO, V. L.; BACARO, F. B. **Introdução ao uso do Programa R – The R Project for Statistical Computing.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – PPG. Manaus – AM. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/VictorLandeiro/publication/275035302_Introducao_ao_uso_do_programa_R/links/553041070cf20ea0a06f67ca/Introducao-ao-uso-do-programa-R.pdf> Acesso em: 30 nov. 2023.

MARRARA, T. Regionalização do saneamento básico no Brasil. **Revista de Direito Ambiental**. vol. 108. ano 27. p. 275-290. São Paulo: Ed. RT, out./dez. 2022. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2023/03/10/18_07_26_221_Regionaliza_o_do_Saneamento_B_sico_no_Brasil..pdf>. Acesso em: 30 nov. 2023.

MTIKA, W. M.; TILLEY, E. Environmental Sanitation Planning: Feasibility of the CLUES Framework in a Malawian Small Town. *Sec. Water and Wastewater Management*, [S.l.], v. 7, n. 2019, p. 01-15, 2020. DOI: [//doi.org/10.3389/fenvs.2019.00204](https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00204). Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2019.00204/full>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2016. Disponível em: <<https://scielosp.org/article/csc/2016.v21n6/1861-1870/#>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PARAÍBA. **Lei Complementar nº 168, de 21 de julho de 2021.** Institui as Microrregiões de Água e Esgoto do Alto Piranhas, do Espinharas, da Borborema e do Litoral e suas respectivas estruturas de governança. Diário Oficial. João Pessoa, 2021. Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/LEICOMPLEMENTAR1682021MICRORREGIOESPARAIBA.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

PEQUENO, L. A. B.; SANTOS, W. B.; BEZERRA, D. E.; TORQUATO, A. L. O saneamento como mercadoria: uma análise da lei 14.026 e sua aplicabilidade no Estado da Paraíba – Brasil. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, vol. 16, no. 2, 2023. Disponível em: <<https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/83274/75639>>. Acesso em: 28 nov. 2023.



PINTANEL, S. R.; CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N. Análise da correlação entre os indicadores de saneamento básico e as doenças de veiculação hídrica em municípios do sul do Rio Grande do Sul. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 2, p. 41-52, 2021. Disponível em: <<https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/292>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento Humano dos Municípios. 2017. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/atlas-do-desenvolvimento-humano/atlas-dos-municipios.html>>. Acesso em: 18 mai. 2022.

RÊGO, J. C. *et al.* **A crise do abastecimento de Campina Grande: Atuações dos gestores, usuários, poder público, imprensa e população.** In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília/DF. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/4/PAP021033.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

RODRIGUES, K. C. T. T.; VENSON, A. H.; CAMARA, M. R. G. Distribuição especial do acesso aos serviços de saneamento básico nas microrregiões brasileira de 2006 a 2013. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 137-151, 2019. Disponível em: <<https://www.rbgdr.com.br/revista/index.php/rbgdr/article/view/4325>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SILVA, J. I. A. O.; FEITOSA, M. L. P. A. M.; SOARES, A. S. C. M. O desmonte da estatalidade brasileira no caso da política pública de saneamento e a falácia da regionalização como vetor de desenvolvimento regional. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, vol. 24, 2022. Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ANPUR. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeur/a/ftZWDwDctzfdKbtVXYyYwzL/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SOTERO-MARTIN, A.; SALLES, M. J.; CARVAJAL, E.; HANDAM, N. B.; JUNIOR, N. S.; ALMEIDA, T. C.; MOURA, P. G.; MARTIN, L. E.; SANTOS, R. F. Distribuição e Análise Espacial dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro nos Blocos Regionais de Concessão à Privatização da Principal Companhia de Saneamento do Estado. **Revista de Cultura e Política**, v. 57, n. 1, p. 1-25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/scielopreprints.1041>.

SOUZA, C. M. N.; HELLER, L. O controle social em saneamento e em saúde: análise comparativa com base nos marcos legais federais brasileiros. **Ciência & Saúde Coletiva**. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/8tQBhJdxG4CVX3GXsL7pGx>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Série Histórica.** 2020. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br>>. Acesso em: 25 mai. 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Série Histórica.** 2020. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br>>. Acesso em: 25 mai. 2022.

STOCKEMER, D. **Quantitative Methods for the Social Sciences: A practical introduction with examples in SSP and Stata.** Springer International Publishing AG. Suíça. 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-99118-4>> Acesso em: 30 nov. 2023.

WHO/UNICEF. World Health Organization and the United Nations Children’s Fund. **Progress On household drinking water, sanitation and hygiene 2000 – 2021: Five Years into the SDGs.** 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240030848>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

