



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

EDUARDO MATTOS DE PICCOLE

**ANÁLISE ESPACIAL DA SITUAÇÃO DO ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ,  
BRASIL**

---

Londrina  
2020

EDUARDO MATTOS DE PICCOLE

**ANÁLISE ESPACIAL DA SITUAÇÃO DO ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ,  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Economia Regional (PPE) –  
Mestrado da Universidade Estadual de Londrina,  
como exigência para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa Dra Irene Domenes Zapparoli.

Londrina  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

P591 PICCOLE, EDUARDO MATTOS DE .  
ANÁLISE ESPACIAL DA SITUAÇÃO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DOS  
MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL / EDUARDO MATTOS DE  
PICCOLE. - Londrina, 2020.  
56 f. : il.

Orientador: Irene Domenes Zapparoli.

Coorientador: Umberto Antonio Sesso Filho.

Coorientador: Patrícia Pompermayer Sesso.

Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Saneamento básico - Tese. 2. Esgotamento sanitário - Tese. 3. Estado do Paraná - Tese. I. Zapparoli, Irene Domenes . II. Sesso Filho, Umberto Antonio . III. Sesso, Patrícia Pompermayer . IV. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. V. Título.

CDU 3

EDUARDO MATTOS DE PICCOLE

**ANÁLISE ESPACIAL DA SITUAÇÃO DO ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação de Economia Regional (PPE) – Mestrado  
da Universidade Estadual de Londrina, como  
exigência para o título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Profa. Dra. Irene Domenes Zapparoli  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Umberto Antonio Sesso Filho  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

PhD Patrícia Pompermayer Sesso  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 08 de julho de 2020

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, irmão e noiva com muita gratidão,  
amor e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual de Londrina, todo corpo docente do curso de Ciências Econômicas e demais funcionários que participaram da minha vida acadêmica.

Aos meus pais, pelo amor, carinho e incentivos, sempre torcendo por mim e me dando força interior para superar as dificuldades ao longo da jornada.

À minha tia, pelos pousos e acolhimento em sua casa.

À minha família por ter suportado e compreendido minhas ausências.

À minha noiva, pelo amor, companheirismo, força e comprometimento dedicados a mim.

Agradeço a minha orientadora Professora Dra Irene Domenes Zapparoli não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade.

Aos professores Umberto e Patrícia, pelo exemplo de profissionalismo, ética e dedicação ao Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. Cujas ajuda foi essencial para que limitações fossem superadas. Registre-se também agradecimentos pelas valiosas sugestões na banca de qualificação.

Aos professores da Pós-Graduação em Economia Regional pelo aprendizado e troca de experiências.

Gostaria de agradecer também as Instituições e pessoas que contribuíram para realização desta pesquisa.

PICCOLE, Eduardo Mattos de. **Análise Espacial da Situação do Esgotamento Sanitário dos Municípios do Estado do Paraná, Brasil**. 2020. 56 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

## RESUMO

Esta dissertação buscou identificar a situação do esgotamento sanitário dos municípios do estado do Paraná, Brasil. Nesse sentido foi possível constatar que um sistema de esgotamento sanitário eficiente é de suma importância para a saúde pública, e precisa ser monitorado constantemente para atingir os parâmetros de lançamento do efluente nos corpos receptores, podendo acarretar desequilíbrios do ecossistema local e sérios danos ambientais. A metodologia utilizada consiste na análise exploratória de dados espaciais referente ao ano de 2013, utilizando o programa GeoDa. Por meio de mapas e do Índice de Moran, buscou-se observar a existência de auto correlação espacial, observações incomuns (valores extremos ou outliers), identificando a existência de clusters espaciais. Os resultados mostraram a existência de agrupamentos de cidades Alto-Alto nas mesorregiões Metropolitana, Centro-Oriental e Norte-Pioneiro, que são municípios que apresentam percentual adequado para atendimento ao sistema de esgotamento sanitário, e outros agrupamentos Baixo-Baixo localizado principalmente na mesorregião Centro-Occidental, e Baixo-Alto, com agrupamentos menores espalhados por todo o Estado, expressando atendimento precário ao sistema de esgotamento sanitário. A pesquisa permite concluir que cidades de pequeno porte foram esquecidas pelos governantes e deixadas de lado pelas empresas de saneamento, tanto estatais quanto privadas, por não apresentarem perspectivas de lucro, sendo os agrupamentos de municípios necessitados de maiores investimentos em melhorias e implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Estudos de caso podem ser realizados para analisar diferentes situações e suas causas, pois os parâmetros de lançamento em suas outorgas de direito está relacionado a classificação do corpo hídrico receptor. Novos estudos podem incorporar métricas de eficiência, como os parâmetros de lançamento exigidos por cada município, e outras variáveis explicativas utilizando análise exploratória de dados espaciais ou mesmo econometria ou estatística.

**Palavras-chave:** Saneamento básico. Esgotamento sanitário. Estado do Paraná.

PICCOLE, Eduardo Mattos de. **Spatial Analysis of the Situation of Sanitary Sewage in Municipalities of the State of Paraná, Brazil**. 56 p. Dissertation (Master in Regional Economics) - Center for Applied Social Studies, State University of Londrina, Londrina, 2020.

### **ABSTRACT**

This dissertation aims to identify the situation of sanitary sewage in the municipalities of the state of Paraná, Brazil. In this sense, it is possible to observe that an efficient sewage system is of paramount importance for public health, and needs to be constantly monitored to achieve the parameters of effluent release in the recipient bodies, which can lead to imbalances of the local ecosystem and serious environmental damage. The methodology used consists of exploratory analysis of spatial data for the year 2013, using the GeoDa program. Through maps and the Moran Index, we seek to observe the existence of spatial self-correlation, unusual observations (extreme values or outliers), identifying the existence of spatial clusters. The results show the existence of clusters of Alto-Alto cities in the Metropolitan, Central-Eastern and North-Pioneer mesoregions, which are municipalities that have an adequate percentage to meet the sewage system, and other Low-Low clusters located mainly in the Central-Western and Lower-High mesoregions, with smaller clusters scattered throughout the state, expressing poor service to the sewage system. The research allows us to conclude that small cities were forgotten by the governments and left aside by sanitation companies, both state and private, because they did not present profit prospects, and the groupings of municipalities needed greater investments in improvements and implementation of sewage systems. Case studies can be conducted to analyze different situations and their causes, because the release parameters in their rights grants are related to the classification of the receiving water body. New studies can incorporate efficiency metrics, such as the release parameters required by each municipality, and other explanatory variables using exploratory analysis of spatial data or even econometrics or statistics.

**Keywords:** Water. Sanitation. Municipalities of Paraná.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Modelo do Balanço de Materiais .....	15
<b>Figura 2</b> – Convenção de contiguidade em matrizes de pesos espaciais .....	28
<b>Figura 3</b> – Ilustração do diagrama de dispersão plota de Moran .....	30
<b>Figura 4</b> – Mesorregiões do estado do Paraná .....	36
<b>Figura 5</b> – Mapa da população total e índice de esgotamento sanitário dos municípios do estado do Paraná, 2013 .....	37
<b>Figura 6</b> – Índice I de Moran do percentual de atendimento das exigências do esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013.....	38
<b>Figura 7</b> – Mapa de frequências (faixas naturais) do percentual de atendimento das exigências do esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013.....	39
<b>Figura 8</b> – Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013.....	40
<b>Figura 9</b> – Índice I de Moran da variável eficiência do tratamento de esgoto dos municípios do estado do Paraná, 2013 .....	44
<b>Figura 10</b> – Mapa de frequências (faixas naturais) da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013 .....	44
<b>Figura 11</b> – Análise espacial univariada (LISA) da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013 .....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Índices de atendimento total de água e esgotamento sanitário dos estados e distrito federal, Brasil, 2018 (em %)	35
<b>Tabela 2</b> – Classificação dos municípios Baixo-Baixo de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013	41
<b>Tabela 3</b> – Classificação dos municípios Baixo-Alto de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento) 2013	42
<b>Tabela 4</b> – Classificação dos municípios de acordo com o índice de eficiência do tratamento de esgoto e indicadores das sete maiores cidades do estado do Paraná, 2013	46
<b>Tabela 5</b> – Classificação dos municípios Baixo-Baixo e Baixo-Alto, de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013	48

## LISTA DE TERMOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

AMAE	Serviços Municipal de Água e Esgoto
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
EEEs	Estações Elevatórias de Esgoto Bruto
ETEs	Estações de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LISA	Análise Espacial Univariada
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PM	Prefeitura Municipal
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SAE	Serviço de Água e Esgoto
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>ECONOMIA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO</b> .....	14
2.1	ECONOMIA E ECOLOGIA AMBIENTAL .....	14
2.2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	17
2.2.1	Água: Recurso Natural Renovável.....	18
2.2.2	Esgoto: Capacidade De Diluição E Assimilação .....	20
2.2.3	Saneamento Básico: Efluentes Domésticos E Industriais.....	22
2.2.3.1	Complexidade do tratamento de efluentes .....	23
2.3	ESTUDOS RECENTES SOBRE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	27
3.1	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS (AEDE).....	27
3.2	DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE PESOS ESPACIAIS (W) .....	27
3.3	INDICADOR LOCAL DE ASSOCIAÇÃO ESPACIAL (LISA).....	28
3.4	DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE MORAN .....	29
3.5	ANÁLISE DE CLUSTERS ESPACIAIS .....	30
3.6	ASSOCIAÇÃO ESPACIAL LOCAL UNIVARIADA: ESTATÍSTICA I DE MORAN LOCAL.....	31
3.7	FONTES DOS DADOS .....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ .....	33
4.2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ .....	36
4.2.1	Índice De Atendimento .....	36
4.2.2	Índice De Eficiência De Tratamento.....	43
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	50
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O Paraná é um dos 26 Estados do Brasil, localizado ao norte da região sul do país, possui uma população, segundo o IBGE, de 11.260.556 habitantes distribuídos em 399 cidades. Dessas, 344 são abastecidas de água pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), e os outros 55 pelas Prefeituras e Serviços Autônomos Municipais de Água. Referente ao esgoto, 214 cidades possuem serviços de esgotamento sanitário, sendo 188 atendidas pela SANEPAR e 26 pelas Prefeituras e Serviços Autônomos Municipais de Esgoto. Possui índice de atendimento total de água de 94,39% e índice de coleta de esgoto de 73,48%, o qual 99,62% passa por tratamento (SNIS, 2018).

Esgoto sanitário são os dejetos provenientes das diversas modalidades do uso da água em qualquer edificação que tenha cozinha, lavanderia, descargas, chuveiros, banheiras, lava louças e roupas etc. Além disso esse consumo atende as necessidades comunitárias dos hospitais, escolas, comércio, ou seja, onde haja demanda antropogênica. Os efluentes domésticos são compostos em grande parte de água e junto a ela se misturam materiais sólidos suspensos ou sólidos dissolvidos, matéria orgânica e organismos patogênicos como bactérias, helmintos e protozoários, como também nutrientes como o nitrogênio e o fósforo.

O destino dos efluentes domésticos são os rios, lagoas e mares, porém se não tratados provocam poluição e mortandade dos peixes. O nitrogênio e o fósforo presentes nesses dejetos, quando em alta concentração, causam a proliferação de algas, prejudicando a respiração dos peixes que morrem por asfixia, ocasionando sérios desequilíbrios ambientais.

Nas cidades, os efluentes domésticos são um dos grandes responsáveis pela destruição do ecossistema natural. O volume de água que é utilizado para vários fins, diariamente, por uma grande metrópole ou mesmo pelas cidades médias e pequenas espalhadas por todo o planeta é retirado da natureza e depois devolvido ao meio ambiente parcial ou totalmente poluído, carregado de substâncias químicas e orgânicas acima da capacidade de absorção dos rios, lagoas e mares.

A coleta e tratamento dos efluentes domésticos é uma das importantes ferramentas do saneamento básico, da preservação do meio ambiente e da saúde da população. Esse procedimento requer a implantação de um sistema que permita que essa água retorne limpa à

natureza, porém toneladas de efluentes domésticos são lançados nas águas dos rios, lagos e mares que se transformam em esgoto a céu aberto.

O novo marco regulatório do saneamento básico vem para incentivar investimentos em saneamento básico no país, com o objetivo de melhorar os índices de tratamento e perda de água, com meta de cobertura de 99% para o fornecimento de água potável, e os índices de coleta e tratamento de esgoto para 90%. Essas metas de universalização deverão ser cumpridas até o ano de 2033.

Para ser própria ao consumo, segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), a água deve apresentar a cada litro menos de mil coliformes fecais e menos de dez micro-organismos patogênicos, aqueles que causam doenças, como a cólera, esquistossomose, febre tifoide, hepatite e leptospirose. Estima-se que no mundo todo 1,1 bilhão de pessoas não tenham acesso à água potável e 2,6 bilhões careçam de esgoto tratado. Desta forma se questiona: qual a situação do esgotamento sanitário do Paraná?

O objetivo desta pesquisa consistiu em verificar a situação do esgotamento sanitário dos municípios do estado do Paraná, Brasil. Especificamente esta pesquisa visa: identificar a situação do esgotamento sanitário dos municípios paranaenses; e verificar a existência de agrupamentos espaciais (*clusters*) relacionados aos índices de coleta e tratamento de esgoto.

Para realizar a análise exploratória de dados espaciais, a metodologia fez uso do software GeoDa, que se baseia nos efeitos causados por dependência e heterogeneidade espacial. O método tem como objetivos a descrição da distribuição espacial, identificação de associação espacial, verificação de existência de diferentes regimes espaciais ou outras formas de instabilidade no espaço. Para interpretar os dados se utilizou o diagrama de dispersão de Moran (Moran Scatter Plot), através de uma representação que mostra a defasagem espacial da variável de interesse no eixo vertical e o valor da variável de interesse no eixo horizontal.

A dissertação está dividida em cinco seções incluindo esta introdução. Na segunda seção são descritos a fundamentação teórica de conceitos a respeito do esgotamento sanitário. A terceira seção está composta pelo desenvolvimento metodologia testada sobre as questões de saneamento básico e a adequação metodológica no trato de uma questão ambiental. E na quarta se têm análise de resultados com o levantamento das informações e a situação do esgotamento de efluentes domésticos no estado do Paraná e, por fim, as considerações finais.

## 2 ECONOMIA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

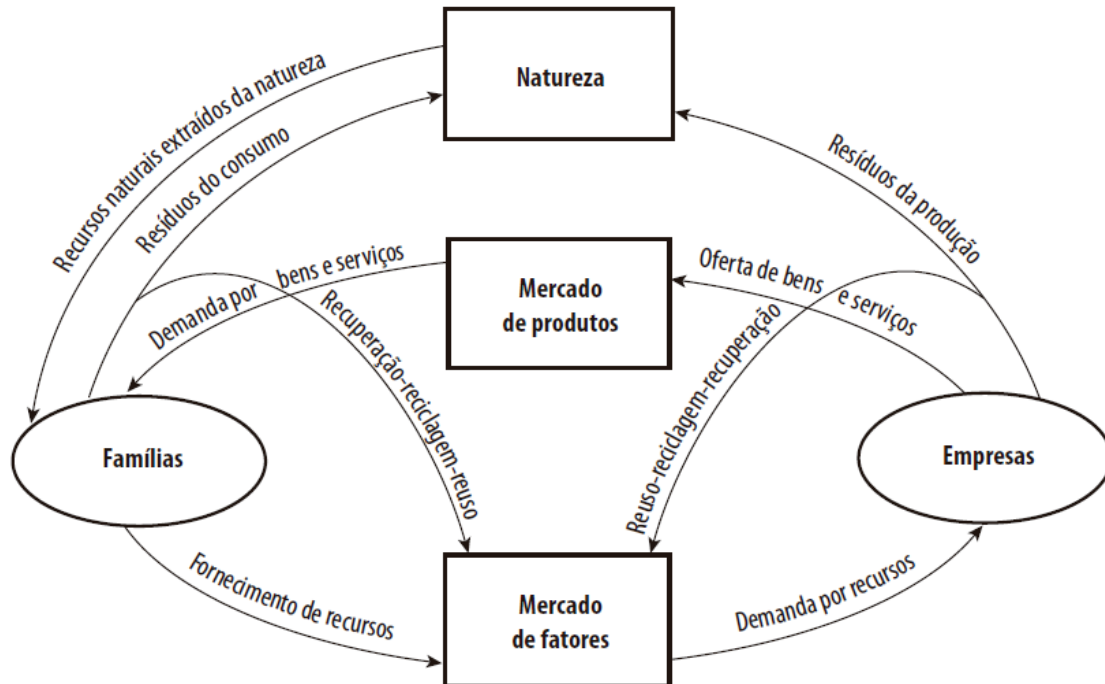
Esta seção está composta pela relação existente entre o meio-ambiente com a economia, especificamente, a influência que a falta de um tratamento de esgoto de maneira adequada exerce sobre a natureza, o sistema econômico e a saúde pública.

### 2.1 ECONOMIA E ECOLOGIA AMBIENTAL

A humanidade percebeu a partir do século XX, que os recursos naturais poderiam acabar, colocando em risco a vida no planeta. Daí surge a Economia Ambiental, um ramo da economia convencional, que vem a se preocupar em avaliar os processos de recuperação do meio ambiente, tentando minimizar os impactos que a exploração ambiental vem causando, como o aquecimento global, efeito estufa, poluição dos recursos hídricos, entre outros. Para isso, a proposta é maximizar o valor dos recursos através de uma análise detalhada dos danos causados (THOMAS, CALLAN, 2016).

Para que ocorra a sustentabilidade do sistema econômico, a utilização dos bens naturais não pode ser superior a capacidade dos ecossistemas se renovarem, e os resíduos lançados de volta a natureza, têm que respeitar a capacidade de deterioração ou assimilação do meio ambiente, garantindo assim os recursos necessários para o contínuo giro econômico, mantendo condições para um padrão de vida digno (PEARCE E TURNER, 1995).

O Modelo do Balanço de Materiais coloca o famoso “fluxo circular da economia” em um esquema mais amplo e detalhado para mostrar as relações entre a tomada de decisão econômica com o ambiente natural, onde é acrescentado nesse diagrama o fluxo de resíduos da economia para o meio ambiente. Na Figura 1, observa-se as conexões entre a natureza com os dois setores do mercado, onde os recursos naturais se deslocam do meio ambiente para a economia exclusivamente através das famílias, demonstrando como a atividade econômica explora o estoque de recursos naturais. Por outro lado, da economia para o meio ambiente estão os resíduos gerados por processos tecnológicos ou industriais, que saem tanto das empresas quanto das famílias. A recuperação, reutilização e a reciclagem apenas atrasam, mas não evitam o lançamento dos resíduos de volta para a natureza. Esse é o grande problema da economia ambiental, estudar a melhor maneira de devolver esses subprodutos de volta ao meio ambiente (THOMAS; CALLAN, 2016).



**Figura 1: Modelo do Balanço de Materiais**

Fonte: Adaptado de Kneese, Ayres e D'Arge (1970) *apud* Thomas e Callan, (2016, p. 557).

A busca maior é pela sustentabilidade obtida com o desenvolvimento sustentável. A busca não é o não uso, mas sim o uso adequado, sustentável. A natureza consegue comportar a utilização desde que seja respeitado o tempo que ela necessita para a sua recomposição. Tem-se assim, que para a observância do princípio é necessário respeitar os limites determinados pela própria natureza, dentro de cada um de seus sistemas e ecossistemas. Neste trabalho, trata-se especificamente dos recursos naturais hídricos, em como é feita a devolução da água retirada da natureza de volta para o meio ambiente.

A economia ecológica considera a economia apenas como um subsistema dentro de um sistema maior, que é a natureza. É um importante instrumento para a gestão ambiental, onde tem a finalidade de estudar a relação das pessoas com o meio ambiente, visando o bem-estar humano por meio do seu desenvolvimento, preservando os bens naturais. Mas não acredita que o desenvolvimento econômico trará soluções para os problemas ambientais (CECHIN; VEIGA, 2010).

O problema ecológico surge como uma falha no metabolismo socioambiental. Os modos de utilização dos recursos naturais finitos e da acumulação dos efeitos da poluição ambiental, prejudicará a qualidade de vida das futuras gerações da humanidade se não forem controlados. Segundo May (2018), a melhoria da qualidade de vida não dependerá mais do aumento do tamanho do sistema econômico, e sim de um decrescimento, onde a produção

material começará a decrescer, pois a humanidade depende da capacidade dos ecossistemas de prover recursos e serviços, e ainda absorver os resíduos gerados.

A habilidade do homem em extrair a baixíssima entropia contida nos combustíveis fósseis foi um impulsionador do crescimento econômico, mas por outro lado, foi a principal causa do aquecimento global que enfrentamos atualmente. A partir de determinado ponto o aumento da produção e do consumo podem ser um fator antieconômico, pois nem sempre o crescimento é mais benéfico que custoso para a sociedade. O tamanho físico da economia em relação ao ecossistema em que se está inserido é o fundamento central da economia ecológica, existindo uma escala ótima, onde os benefícios trazidos ao bem-estar da sociedade passam a custar menos do que o aumento físico do subsistema econômico (MAY, 2018).

Devido a essa grande poluição causada no planeta, com o desenvolvimento, o entorno natural vai se tornando escasso relativamente às necessidades de dispersão e assimilação dos resíduos gerados pelas atividades humanas de produção e consumo, e para tentar resolver este problema, a teoria econômica busca por alternativas de abatimento da poluição que atinjam metas socialmente estabelecidas para amenizar essa situação.

Na questão ambiental, segundo Thomas e Callan (2016), o ideal é sempre prevenir o dano, mas nem sempre é possível. A atividade humana é poluidora em sua essência, em menor ou maior grau. O problema decorre quando o dano coloca em risco a sustentabilidade dos recursos ambientais, retardando ou até impedindo a sua renovação. A ideia então é cobrar dos poluidores os danos ao meio ambiente que a atividade por ele desenvolvida tenha produzido, buscando sempre a manutenção dos padrões de qualidade. O objetivo não é dar ao usuário o direito de poluir, mas sim pagar o necessário para recompor e/ou manter o meio ambiente sadio e equilibrado, já que de forma geral, o dano ambiental toma proporção maior por atingir toda a coletividade.

A Constituição Federal de 1988, contém um capítulo dedicado ao meio ambiente, e em seu Artigo nº 225 estabelece que: *Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações* (BRASIL, 1988, p.05).

A lei deixa claro que tanto o Poder Público quanto o coletivo têm o dever de proteger o meio ambiente para si e para o futuro. Dessa forma, os cidadãos, individualmente e em conjunto, também têm direitos e obrigações com relação a natureza.

## 2.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Antes de discorrer sobre o esgotamento sanitário é preciso entender o que é o saneamento básico. A Organização Mundial da Saúde define saneamento como o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exerce ou podem exercer efeitos nocivos sobre seu bem-estar físico, social e mental; e também define saúde não apenas como a ausência de doenças, mas como a situação de perfeito bem-estar físico, social e mental. Percebe-se, segundo essa referência, que o saneamento está diretamente relacionado com a saúde, não sendo possível ao ser humano ser saudável e ter qualidade de vida sem apresentar condições básicas de saneamento (OMS, 2006).

Saneamento básico é um direito assegurado pela Lei nº 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. O saneamento tem a finalidade de melhorar a qualidade de vida da população, facilitar a atividade econômica, aumentando a produtividade do indivíduo. Isso tudo através de um conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente. Os serviços de água tratada, coleta e tratamento dos esgotos levam à melhoria da qualidade de vida das pessoas, pois têm como benefícios a redução da mortalidade infantil, a melhoria da educação, expansão do turismo, valorização na renda do trabalhador, dos imóveis, além da preservação dos recursos hídricos e despoluição dos rios (BRASIL, 2007).

De acordo com a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, é competência, entre outras atribuições, da União: “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos”; da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: “promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”; e do sistema único de saúde: “participar da formulação da política e da execução das ações de saneamento básico” (BRASIL, 1988, p.05).

A Lei nº 11.445/2007, também estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico, pois prevê que os serviços públicos de saneamento sejam prestados com base no princípio da universalização, visando à proteção da saúde pública e do meio ambiente. Ela estabelece os princípios sob os quais os serviços de saneamento básico devem ser prestados, define as obrigações do titular, as condições em que os serviços podem ser delegados, as regras para as relações entre titular e os prestadores de

serviços, e as condições para a retomada dos serviços; trata da prestação regionalizada; institui a obrigatoriedade de planejar e regular os serviços; abrange os aspectos econômicos, sociais e técnicos da prestação dos serviços, assim como institui a participação e o controle social (BRASIL, 2007).

A ineficiência dos sistemas de saneamento básico contribui para a elevada prevalência de doenças parasitárias, intestinais e diarreicas, além de outras associadas à transmissão feco-oral e por vetores (HUTTON; BARTRAM, 2008). Os textos apresentados acima, mostram que o acesso a água tratada e aos serviços de coleta e tratamento de esgoto, são complexos, indispensáveis e essenciais para a qualidade de vida da população, e se não utilizado com o devido cuidado e respeito, pode trazer sérios riscos para a natureza e consequências para as futuras gerações.

### 2.2.1 Água: recurso natural renovável

A água é considerada um recurso renovável pela sua capacidade de recomposição em quantidade, mas também é um recurso limitado ao se tratar de quantidade existente e qualidade disponível. Ao se referir a recursos hídricos não se lida apenas com a disponibilidade do bem natural (água), mas também com toda a sua capacidade de diluição e assimilação de esgotos e resíduos, ressaltando sua importância para a fomentação e manutenção da vida.

Para as próximas gerações é elementar se pensar em como produzir mais e melhor visando sempre proteger e preservar os recursos hídricos. A água é um recurso natural fundamental à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, possuindo uma infinidade de usos, dos mais simples aos mais complexos. A intensidade do uso da água depende de vários fatores, dentre eles, o tipo de processo e de produtos, tecnologias empregadas, boas práticas e maturidade da gestão (AGUIAR, *et al.*, 2019).

A Lei nº 9.433/1997, também conhecida como Lei das Águas, estabelece em seu artigo 1º, inciso I, que a água é um bem de domínio público. Todos que queiram fazer uso dela, seja para captação, seja para lançamento de efluentes, ou seja para qualquer ação que interfira no regime hídrico existente, deverão solicitar a outorga de direito ao poder público, seja ele federal ou estadual, que têm como objetivo permitir ou não, por prazo determinado, o uso desses recursos, assegurando o controle qualitativo e quantitativo das águas. Um dos

fundamentos definidos nesta Lei é que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Desta forma, foi instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) a cobrança pelo uso da água, com o objetivo de obter verba para a recuperação das bacias hidrográficas brasileiras, estimular o investimento em despoluição, dar ao usuário uma sugestão do real valor da água e incentivar a utilização de tecnologias limpas e poupadoras de recursos hídricos.

Essa cobrança, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), não é um imposto ou tarifa cobrados pelas distribuidoras de águas na cidade, mas sim uma remuneração pelo uso de um bem público. Todos e quaisquer usuários que captem, lancem efluentes ou realizem usos não consultivos diretamente em corpos de água, necessitam cumprir com o valor estabelecido. O valor da cobrança é escolhido a partir da participação dos usuários, da sociedade civil e do poder público, no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH). Um dos parâmetros para definir os valores é bem simples: quem usa os corpos d'água e polui mais, paga mais; quem usa e polui menos, paga menos.

Apesar de 91% da população mundial ter acesso à água potável, ainda 633 milhões de pessoas no mundo continuam sem acesso. É estimado que mais de 80% da água utilizada no mundo não é coletada e nem tratada, retornando ao meio ambiente sem o tratamento necessário. Já no Brasil, 83,62% da população são atendidos com água tratada, deixando aproximadamente 35 milhões de brasileiros sem o acesso a este serviço básico. A região que mais sofre com a falta de água é a região Norte, que têm somente 57,49% da população abastecida; o nordeste é atendido com 74,21% da população; o sul com 90,19%; Centro-Oeste abastece 88,98% e o Sudeste 91,03% (SNIS, 2018).

Desta forma, segundo o Instituto Trata Brasil (2020), 3,5 milhões de pessoas morrem no mundo por problemas relacionados ao fornecimento inadequado de água por ano, sendo mais de 1,5 milhão de crianças menores de 5 anos. Se os governos investissem mais em medidas de higiene, saneamento básico e acesso à água, 10% das doenças registradas poderiam ser evitadas, sendo que a cada um real investido em saneamento, gera economia de 4 reais na saúde.

No Paraná, o Decreto Estadual Nº 5.361/02, substituído pelo Decreto Estadual nº 7.348/2013, regulamentou a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos, estabelecendo a forma de cobrança por captação de água e emissão de efluentes, além do método de cálculo (PARANÁ, 2009). Em 31 de abril de 2009, foi aprovada a criação do Instituto das Águas do

Paraná, definindo assim o gestor dos recursos hídricos no Estado (PARANÁ, 2013).

### 2.2.2 Esgoto: capacidade de diluição e assimilação

O esgoto, que também pode ser chamado de efluente, são águas servidas dispensadas após sua utilização, podendo ser divididas em: esgoto sanitário, esgoto industrial e esgoto doméstico. O primeiro, são despejos líquidos constituídos da maior parte por esgotos domésticos e também por esgotos industriais lançados na rede pública, água de infiltração e a parcela de contribuição pluvial parasitária; já o segundo, é resultante de procedimentos industriais, com características muito específicas a cada tipo de empresa; por fim, o último é resultante do despejo líquido do uso da água utilizada para higiene e necessidades fisiológicas, composto basicamente das águas de banho, urina, fezes, restos de alimento, sabões, detergentes e águas de lavagem. Assim, 99,9% do esgoto é composto de água, que é proveniente de abastecimento utilizada na remoção de esgoto das economias e residências, e os outros 0,1%, é composto de sólidos, que podem ser grosseiros, sedimentáveis, dissolvidos, em suspensão ou areia. São estes sólidos que trazem enorme dificuldade para o tratamento desses efluentes que serão lançados aos rios (SANEPAR, 2020).

Para coletar, transportar, tratar e lançar nos corpos d'água o esgoto sanitário produzido em uma determinada região, é necessário um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), que é um complexo hidráulico composto pelo conjunto de unidades operacionais conectadas entre si. Esse sistema é composto por rede coletora, interceptor, emissário, estação elevatória, estação de tratamento e corpo receptor. Segundo a Sanepar (2019), ter um sistema de esgotamento sanitário, traz benefícios econômicos e sociais para a comunidade, melhorando a saúde da população, valoriza a cidade, reduz a poluição, atrai novos negócios, diminui a proliferação de doenças parasitárias e infecciosas que coloca em risco a saúde de toda a população, principalmente das crianças entre 0 e 5 anos, que contém maior probabilidade de contaminação, melhorando assim, as condições e a qualidade de vida da população.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) mostram que 1.933 municípios (34,7% do total) registraram ocorrência de epidemias ou endemias provocadas pela falta de saneamento básico em 2017. O Brasil é a oitava economia do mundo, está atrás de 105 países em relação aos indicadores de acesso a água e esgoto. Segundo o Panorama da Participação Privada no Saneamento (2019), com base em dados internacionais,

o desempenho brasileiro é pior que o verificado nos países vizinhos, como Chile, México e Peru.

Diariamente ruas, rios e praias de todo o país recebem alta carga poluidora lançada por imóveis residenciais e empresas que não estão ligadas às redes públicas coletoras de esgotos. Segundo estudo realizado pela ANA (2017), os esgotos não coletados (38,6%) têm destinos diversos: fossas rudimentares ou negras, lançamento em rede de águas pluviais ou em sarjetas, disposição direta no solo e nos corpos d'água. Os esgotos coletados e não tratados (18,8%) são lançados em corpos hídricos pelas prestadoras de serviço.

As redes coletoras de esgotos alcançam 61,4% da população urbana brasileira, restando 65,1 milhões de pessoas nas cidades do País que não dispõem de sistema coletivo para afastamento dos esgotos sanitários. Nem todo esgoto coletado é conduzido a uma estação de tratamento. A parcela atendida com coleta e tratamento dos esgotos representa 42,6% da população urbana total. Desse modo, 96,7 milhões de pessoas não dispõem de tratamento coletivo de esgotos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

A ANA (2017) também mostra que quase metade do Brasil (47,64%) não tem coleta nem tratamento de esgoto, totalizando quase 100 milhões de brasileiros ainda sem acesso a este serviço. E do esgoto que é coletado, apenas 45,1% é tratado. O lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos é o principal problema de qualidade das águas. A construção de estações de tratamento de esgoto é um dos desafios do Brasil para melhorar a questão hídrica do país.

Segundo dados do SNIS (2018), a região Norte do país é a que mais sofre, com 89,51% da população sem serviços de coleta de esgotos; a região Nordeste tem apenas 28,01% de atendimento; o Sul 45,17% da população atendida; a parcela da população com coleta de esgoto na região Centro Oeste é de 52,89%; e no Sudeste 79,21%.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2020), o custo para universalizar o acesso da água e dos esgotos será de R\$ 303 bilhões em 20 anos. O Governo Federal, através do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), já destinou recursos da ordem de R\$ 70 bilhões em obras ligadas ao saneamento básico. Os maiores investimentos em saneamento básico (água e esgoto), durante três anos, foram nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro e Bahia, totalizando 63,3%. Já os estados do Amazonas, Acre, Amapá, Alagoas e Rondônia são os que menos investiram em três anos, totalizando 1,7%.

A parcela da população brasileira com acesso aos serviços de distribuição de água tratada passou de 80,6% em 2004 para 83,62% em 2018. Já a parcela da população com

acesso aos serviços de coleta de esgoto passou de 38,4% para 53,00% entre 2005 e 2018. Apesar dos inegáveis avanços do saneamento básico no Brasil, o número de brasileiros sem acesso a esses serviços ainda é enorme e o desafio da universalização é cada vez maior.

### 2.2.3 Saneamento básico: efluentes domésticos e industriais

A falta de saneamento adequado ocasiona em situações negativas para população, Cairncross e Valdmanis (2006) e Scott, Cotton e Govindan (2003) mostram o saneamento básico como um desafio de saúde pública, que influenciam diretamente no desenvolvimento humano, provocando o aumento da incidência de doenças como a cólera, disenteria, meningite, amebíase e hepatites A e B, chegando até a morte, provocam também o aumento da pobreza crônica, a degradação ambiental e a precariedade da educação.

A poluição das águas, causadas pelos lançamentos sem tratamento dos efluentes domésticos e industriais, é um dos principais fatores de modificação da qualidade e da disponibilidade da água, principalmente em regiões onde há escassez. Essa poluição pode ocasionar graves danos ao meio ambiente, provocando um sério desequilíbrio no ecossistema aquático. O esgoto doméstico, por exemplo, consome oxigênio em seu processo de decomposição, causando a mortalidade de peixes. Os nutrientes fósforo e nitrogênio, que as vezes estão presentes nesses efluentes, quando em altas concentrações, podem causar a proliferação excessiva de algas, desequilibrando o ecossistema local (SIRINIVASAN, *et al.*, 2013).

Uma vez poluídos os corpos hídricos torna a água imprópria para posterior consumo, e os custos para recuperação são enormes. O Rio Tietê, localizado no estado de São Paulo, é o maior exemplo de perda de recurso hídrico para a poluição. Apesar dos esforços do governo do Estado para diminuir a poluição do rio, em 2016 ainda havia uma faixa de 137 quilômetros de rio morto. Tal denominação foi dada pelo fato de que não há oxigênio suficiente na água para abrigar vida. O estudo foi realizado pela Fundação SOS Mata Atlântica e mostra que, apesar da faixa morta estar diminuindo ao longo dos anos ainda há muito o que se fazer. De acordo com o IBGE, existem diversos corpos hídricos poluídos em todo o Brasil. (IBGE, 2020).

### 2.2.3.1 Complexidade do tratamento de efluentes

O tipo de tratamento é indicado de acordo com a carga poluidora e a presença de contaminantes. Especialistas da área são quem coletam e realizam análises dos parâmetros que representam a carga orgânica e a carga tóxica dos efluentes. O esgoto sanitário é coletado e transportado por gravidade através de tubulações (rede coletora de esgoto) até as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Define-se ETE como o conjunto de instalações destinadas à limpeza dos efluentes, para que estes retornem ao meio ambiente. Em determinados pontos da rede coletora, nos locais mais baixos, existem Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEs), as quais são constituídas basicamente por bombas que recalcam o esgoto, para que este possa chegar até a ETE (SANEPAR, 2020).

A Resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) estabelece parâmetros aos efluentes que voltam à natureza e classifica os corpos d'água. Essa norma prevê prisão a quem não cumprir as medidas estabelecidas por ela. Cada corpo receptor pode receber um parâmetro de lançamento diferente, que depende da classificação ao qual o rio foi enquadrado. Essa classificação depende da qualidade requerida para os seus usos preponderantes, sendo enquadrado em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, onde a primeira são as melhores águas e a última as piores, e cada ETE têm que se adequar para atender à essas exigências.

Uma das alternativas mais utilizadas para o tratamento dos esgotos são os processos físico-químicos, que são aqueles onde há a predominância da aplicação das forças físicas para a remoção de substâncias fisicamente separáveis dos líquidos ou que não se encontram dissolvidas, e aqueles onde há utilização de produtos químicos para remover as substâncias que não são removidas física ou biologicamente. Como exemplos de processos físicos, temos a sedimentação, que acontece nos desarenadores (para a retirada de areia) e nos decantadores primários e secundários (para a retirada de lodo e sólidos biológicos); a flotação para a eliminação de sólidos em suspensão e concentração dos lodos biológicos; a filtração para separação de uma fase sólida de uma fluida; e a equalização, que consiste na uniformização e homogeneização da vazão de entrada (SANEPAR, 2020).

Nos processos químicos, têm-se a coagulação/floculação, onde consiste em transformar as substâncias na forma de suspensão fina e suspensão coloidal, em partículas maiores (flocos); a precipitação e a oxidação químicas, que são utilizados quando há interesse em remover compostos orgânicos e nutrientes, e para aumentar o estado de oxidação do

efluente; e também a desinfecção, onde através da aplicação de cloro são removidos organismos patogênicos e determinados nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo; e por fim, a combustão, para a eliminação do gás metano, um dos vilões do aquecimento global, que é um subproduto gerado da decomposição da matéria orgânica (SANEPAR, 2020).

Toda essa matéria orgânica removida ao longo do tratamento do esgoto é chamada de lodo. Sua quantidade e natureza depende das características do efluente inicial e do processo de tratamento escolhido. Assim, o tratamento do lodo tem a finalidade de reduzir o volume e o teor de matéria orgânica. O produto final é rico em matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e nutriente, possibilitando seu uso na agricultura ou em reflorestamento. Entretanto, é possível descartar o lodo em aterros sanitários, junto com o lixo urbano e incineradores (SANEPAR, 2020).

Em 02 de agosto de 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei Federal nº 12.305, que contém importantes instrumentos para o combate aos problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos, que são a prevenção e redução na geração de resíduos, o aumento da reciclagem e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Essa Lei institui também a responsabilidade compartilhada e a logística reversa, e estabeleceu metas para a eliminação dos vazadouros a céu aberto e para a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS (BRASIL, 2010).

De maneira geral, durante o tratamento de esgoto são gerados vários outros resíduos ou subprodutos como: material gradeado que são os sólidos grosseiros de grandes dimensões; os sólidos sedimentáveis mais pesados como a areia; espuma, que são as gorduras e sólidos flutuantes; o lodo primário, que são os sólidos sedimentáveis orgânicos; e o lodo secundário ou biológico, que é resultado do excedente descartado das etapas biológicas. O tratamento adequado destes resíduos, incluindo segregação, inertização, estocagem e disposição final, constituem processos essenciais para a correta operação das ETEs e para que os objetivos do tratamento de esgoto (controle da poluição ambiental, controle de doenças e saúde da população) sejam plenamente alcançados.

### 2.3 ESTUDOS RECENTES SOBRE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O lançamento de esgoto nos corpos d'água é a principal causa da degradação dos recursos hídricos, e a universalização e a efetividade dos Sistemas de Esgotamento Sanitário são medidas que podem contribuir para a melhoria da qualidade das águas dos rios. Pessoa,

Orrico e Lordêlo (2018) monitoraram a qualidade das águas superficiais de um grupo de 10 cidades do Estado da Bahia, e mostraram que os municípios com elevada quantidade populacional e que possuem SES, são mais prejudiciais aos rios do que as cidades menores que nem sequer possuem SES, isso pelo motivo do número de habitantes que geram altos volumes de esgoto, motivando o tratamento de esgoto eficiente em todas as localidades.

Salla *et al.* (2019) estudaram a relação entre saneamento básico com a saúde pública numa capital de um país Africano, e verificaram que a cada dólar investido em saneamento básico existe uma economia de aproximadamente 4,3 dólares com a saúde. Essa relação de custos é muito útil em países que carecem de dados relacionados aos gastos com saneamento e saúde pública, como as regiões pobres da América Latina, Ásia e África. Já Raupp *et al.* (2019) constataram a desvantagem dos serviços de saneamento básico que os povos indígenas do Brasil possuem em comparação com outros de cor/raça diferentes, onde demonstraram principalmente que as crianças indígenas no Brasil possuem baixos níveis de saúde em relação à saneamento.

As periferias de grandes cidades do Brasil vêm crescendo, porém, a infraestrutura de saneamento adequado para esses locais não. Com isso, os diferentes grupos sociais buscam alternativas de saneamento locais, sendo individuais ou comunitárias, diferente do modelo universal de redes coletoras de esgoto, podendo ser um grande determinante para incidência de doenças (MENDES e BARCELLOS, 2018). Paiva e Souza (2018) estimaram que 57.574 internações por doenças selecionadas no Brasil poderiam ter sido evitadas em 2013, caso as condições de esgotamento sanitário fossem adequadas, economizando R\$ 20.372.559,90 com o tratamento dos pacientes e 172.722 dias de internações.

Nahas *et al.* (2019) analisaram o acesso a água e ao esgotamento sanitário na perspectiva dos direitos humanos, focando nos princípios de igualdade e da não discriminação para os municípios pertencentes a região metropolitana de Belo Horizonte, onde se observou que apesar do aumento proporcional de domicílios com o acesso adequado aos serviços de água e esgoto, ainda há desigualdades no acesso entre diferentes grupos populacionais, em possível desacordo com o princípio da não discriminação, demonstrando a falta de planejamento governamental para as cidades periféricas em relação as centrais.

Quando levado em consideração a população em situação de rua, observa-se segundo Silva, Martins e Heller (2018) que ela sofre diferentes tipos de violações dos direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário, do direito à cidade, à moradia e à saúde. Assim, é importante estimular a participação social desse grupo nos processos de tomada de decisão

sobre a gestão do saneamento básico, promovendo o reconhecimento do acesso à água e ao esgotamento sanitário como direito por parte do Estado, pois têm a capacidade de ser instrumento de transformação social, promovendo saúde, dignidade e cidadania, evitando repercussões negativas na vida econômica e social desse grupo populacional, e diminuindo a discriminação e a exclusão.

Para as situações de crises hídricas, que são períodos ou regiões onde os níveis de seca e a oferta de água atingem níveis preocupantes para suprir o abastecimento da população, uma solução estrutural apontada por Kubler, Fortin e Molleta (2015), seria o gerenciamento dos recursos hídricos através do reuso da água, utilizando o efluente das ETEs para suprir necessidades secundárias da sociedade. Segundo os autores, o Brasil apresenta condições que fazem o reuso da água uma solução viável para solucionar problemas de escassez e preservar os recursos hídricos nacionais. Tischer (2017) mostra a escala do passivo ambiental legado para os cidadãos brasileiros, enfatizando o desafio de universalizar o esgotamento sanitário no país, sendo um trabalho árduo, gradativo e urgente.

No Brasil, há uma grande diferença regional em termos de ausência de prestadores de serviço de esgotamento sanitário, sendo a macrorregião Sudeste detentora da maior presença de companhias estaduais que, influenciada historicamente pelos planos de políticas públicas governamentais, recebeu maiores investimentos e cuidados em relação as macrorregiões Norte e Nordeste do Brasil. As companhias estaduais e privadas têm como foco localidades com população de maior poder aquisitivo. E ao longo dos anos essas companhias dedicaram mais recursos para o tratamento da água do que para o esgoto (ROSSONI *et al.*, 2020). Leoneti, Prado e Oliveira (2011) identificaram falhas no planejamento de saneamento básico ao longo dos últimos anos no Brasil, e também evidências de possíveis falhas nas avaliações de investimentos, onde estão deixando a sustentabilidade de fora. Essas situações podem justificar a precariedade dos SESs de muitas regiões do país

A aprovação do novo marco regulatório do saneamento básico no final do mês de junho de 2020, traz iniciativas para a universalização do saneamento no país, trazendo metas de 99% de abastecimento de água potável e 90% para coleta e tratamento de esgoto a serem alcançadas até o ano de 2033. O marco prorroga o prazo para o fim dos lixões, facilita a concessão de estatais do setor à iniciativa privada e extingue o modelo atual de contrato entre municípios e empresas estaduais de água e esgoto, o que tende a aumentar a competitividade deste mercado e trazer benefícios para as diversas regiões de todo o Brasil.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS (AEDE)

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) está baseado nos efeitos causados por dependência e heterogeneidade espacial, oferecendo condições para compreender os padrões de associação espacial, possibilitando visualizar, identificar e classificar agrupamentos (clusters espaciais) de objetos com valores de atributos semelhantes, e existência de diferentes regimes espaciais ou outras formas de instabilidade no espaço (valores extremos ou outliers) (ALMEIDA, PEROBELLI E FERREIRA, 2008).

A AEDE consiste na autocorrelação espacial, e pode ser aplicada quando os atributos numéricos são pertinentes às áreas espaciais. A análise será realizada utilizando o software GEODA com distribuição gratuita e desenvolvido no Laboratório de Análises Espaciais da Universidade de Illinois, sendo amplamente utilizado.

#### 3.2 DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE PESOS ESPACIAIS (W)

Almeida (2004) descreve o conceito de matriz de pesos espaciais de acordo com a vizinhança da distância geográfica ou socioeconômica, ou a combinação das duas, o que ele chamou de contiguidade. De acordo com Anselin (1999), os elementos da matriz de pesos espaciais são não estocásticos e exógenos ao modelo, e são baseados no arranjo geográfico das observações ou na contiguidade entre elas. Dessa forma, a matriz de pesos espaciais é utilizada para resguardar os efeitos de vizinhança e contiguidade sobre os dados através das ponderações, ou seja, a variável observada em cada região obtém uma ponderação quando fizer vizinhança com a região analisada. No entanto, Haddad & Pimentel (2004) destacam a existência de diversos tipos de matrizes de pesos espaciais, tais como: matriz binária, matriz torre (rook), matriz de distância ou a matriz de vizinhos mais próximos.<sup>1</sup>

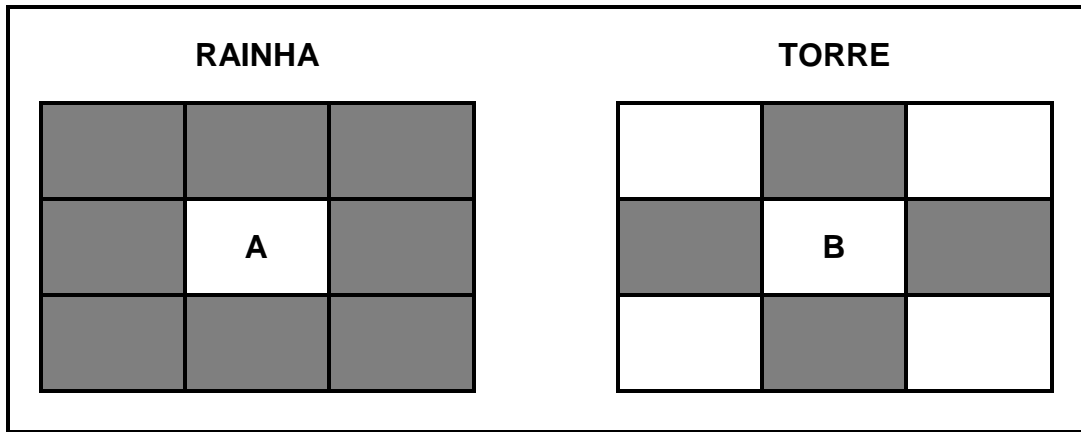
$$w_{ij} = \{1 \text{ se } i \text{ e } j \text{ são vizinhos; } 0 \text{ se } i \text{ e } j \text{ não são vizinhos}\} \quad (1)$$

A combinação de proximidade adotada recebe o nome de Rainha. Uma matriz de pesos espaciais que utiliza essa combinação compreende tanto as fronteiras com extensão

---

<sup>1</sup> Com relação à obtenção de tais matrizes temos as explicações de ALMEIDA (2004), ANSELIN (1988), TYSZLER *et al.* (2006)

diferente de zero como os vértices (nós) na visualização de um mapa, como juntos (ALMEIDA, 2004). A Figura 2 demonstra que a borda comum associada à célula A e às células vizinhas pode ser considerada em diferentes direções (PINHEIRO, 2007).



**Figura 2: Convenção de contiguidade em matrizes de pesos espaciais**  
 Fonte: Almeida (2012, p.77).

A célula A pode ser contígua das células denominadas B, ou a contiguidade pode estar associada às células denominadas C, ou pode ser uma combinação dos dois limites. Após a escolha e a construção da matriz de pesos espaciais pertinente, como medida de correlação espacial da variável de interesse, é executado o procedimento de obtenção do índice de Moran Global.

### 3.3 INDICADOR LOCAL DE ASSOCIAÇÃO ESPACIAL (LISA)

Segundo Almeida (2004), o indicador I de Moran local, constitui no primeiro estimador formal de dependência espacial, sendo utilizado para o cálculo da autocorrelação espacial, para obter os padrões locais de associação linear que sejam consideravelmente relevantes. A elucidação do I de Moran local é intuitiva, dando a indicação do grau de agrupamento dos valores similares da região observada, identificando clusters espaciais, estatisticamente expressivos, sendo representada pela seguinte equação:

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

em que:

**n:** é o número de unidades espaciais;

$y_i$ : é a variável de interesse;

$\bar{y}$ : é a média da variável de interesse;

$w_{ij}$ : é o peso espacial para o par de unidades espaciais  $i$  e  $j$ , medindo o grau de interação entre elas.

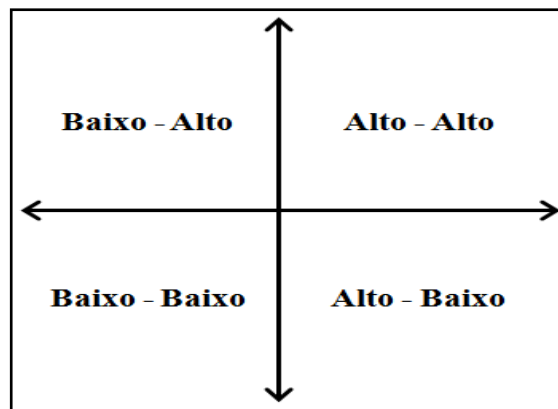
A estatística  $I$  de Moran fornece o grau de associação linear entre os vetores de valores observados no tempo e a média ponderada dos valores da vizinhança (ALMEIDA, PEROBELLI E FERREIRA, 2008). Essa estatística mostra o valor que seria obtido se não houvesse padrão espacial nos dados, ou seja, tem um valor esperado de  $- [1/(n - 1)]$ . Dessa forma, os valores de  $I$  que excedem esse valor indicam autocorrelação espacial positiva, já os valores de  $I$  abaixo do valor esperado indicam autocorrelação negativa (ALMEIDA, 2004).

Se existir presença de autocorrelação espacial local positiva, confirma que há uma semelhança entre os valores da variável avaliada e da sua localização espacial. Já a autocorrelação espacial negativa, revela a existência de uma dissimilaridade entre os valores do atributo considerado e da localização espacial; para tal, o diagrama de dispersão de Moran (*Moran Scatter Plot*) e as estatísticas LISA (*Indicadores Locais de Associação Espacial*) representam as medidas de autocorrelação (PEROBELLI *et al.*, 2007).

### 3.4 DIAGRAMA DE DISPERSÃO DE MORAN

Almeida (2004) mostra que o diagrama de dispersão de Moran é uma opção para interpretar a estatística  $I$  de Moran, se tratando de uma reprodução que exibe a diferença espacial da variável de interesse no eixo vertical e o valor da variável de interesse no eixo horizontal.

Esse diagrama é dividido em quatro quadrantes, sendo: Alto-Alto, Baixo-Baixo, Alto-Baixo e Baixo-Alto, conforme Figura 3, os quais correspondem a quatro padrões de associação local espacial entre as regiões e seus vizinhos, ou seja, a formação de agrupamentos ou *clusters* espaciais (ALMEIDA, PEROBELLI e FERREIRA, 2008).



**Figura 3: Ilustração do diagrama de dispersão plot de Moran**  
 Fonte: DINIZ et al., 2014.

### 3.5 ANÁLISE DE CLUSTERS ESPACIAIS

Um agrupamento Alto-Alto (AA), constituído pelo quadrante superior direito, indica que as regiões pertencentes a esse agrupamento apresentam altos valores e suas regiões vizinhas também indicam valores acima da média para a variável em análise. Já um agrupamento Baixo-Baixo (BB), simbolizado pelo quadrante inferior esquerdo, representa o oposto do (AA), que vem a significar que as regiões pertencentes a esse agrupamento apresentam baixos valores e suas regiões vizinhas também apresentam valores baixos. Quando se trata de um agrupamento Alto-Baixo (AB), representado pelo quadrante inferior direito, significa que a um cluster no qual as regiões com valores altos são cercadas por regiões com valores baixos; enquanto um agrupamento Baixo-Alto (BA), correspondido pelo quadrante superior esquerdo, aponta um cluster no qual as regiões com valores baixos são cercadas por regiões de valores altos.

As regiões localizadas nos quadrantes Alto-Alto e Baixo-Baixo formam clusters com valores parecidos, ou seja, apresentam autocorrelação espacial positiva. Já nos quadrantes Baixo-Alto e Alto-Baixo se verifica clusters com valores diferentes, ou seja, autocorrelação espacial negativa (ALMEIDA, PEROBELLI e FERREIRA, 2008).

### 3.6 ASSOCIAÇÃO ESPACIAL LOCAL UNIVARIADA: ESTATÍSTICA I DE MORAN LOCAL

O indicador I de Moran local consiste em uma degeneração do indicador global de autocorrelação de acordo com a contribuição local de cada observação em quatro categorias, nas quais cada uma representa um quadrante no diagrama de dispersão de Moran (ANSELIN, 1995). A explicação é intuitiva, dando a indicação do grau de agrupamento dos valores similares da região observada, identificando agrupamentos estatisticamente significantes (ALMEIDA, 2004).

A estatística I de Moran local foi sugerida por Anselin e Florax (1995), tendo como finalidade obter os padrões locais de associação linear que sejam expressivamente significativos, sendo expressa pela seguinte expressão:

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum w_{ij}(y_j - \bar{y})}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2 / n} \quad (3) \quad \text{ou} \quad I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (4)$$

Em que:

$z_i$  e  $z_j$  são variáveis padronizadas e a somatória sobre  $j$  é tal que somente os valores dos vizinhos  $j \in J_i$  são incluídos. O conjunto  $J_i$  abrange os vizinhos da observação  $i$ , e por definição  $w_{ii} = 0$ .

Deve-se usar as medidas de autocorrelação espacial local a fim de observar a existência de clusters espaciais locais e quais são as regiões que mais contribuem para a existência de autocorrelação espacial. Essas medidas são expressas pelo diagrama de dispersão de Moran (*Moran Scatter Plot*) e as estatísticas LISA (*Indicadores Locais de Associação Espacial*) (PEROBELLI *et al.*, 2007).

### 3.7 FONTES DOS DADOS

A fonte dos dados sobre Saneamento no Paraná e do *shapefile* é o Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2013). Esta fonte citada possui os dados de atendimento, coleta e tratamento de esgoto, população urbana e carga de DBO produzida e lançada, referente ao ano de 2013, bem como uma previsão para o ano de 2035. Essa previsão não foi utilizada neste trabalho.

A parcela da carga total de esgotos gerada nas cidades paranaenses que alcança os corpos d'água é denominada carga remanescente. Para a estimativa dessa parcela se utilizou o balanço de cargas, que compreende a divisão do esgoto gerado considerando suas diferentes formas de encaminhamento, sendo as principais: índice de atendimento com coleta e com tratamento, que representa o percentual de esgoto coletado que é destinado até uma ETE; que difere do índice com coleta e sem tratamento que representa o esgoto coletado, porém é destinado diretamente ao corpo receptor sem passar por nenhum tratamento; também se têm o índice de atendimento por solução individual e o índice sem coleta e sem tratamento, que são os lançamentos a céu aberto ou solução precária (sem coleta e disposição em fossa negra).

Também serão utilizados, para comparação de eficiência do tratamento, as cargas de DBO totais geradas e lançadas. Foi feita uma proporção entre a carga gerada total e a carga lançada total de cada cidade, para ser verificado o percentual de DBO que está sendo retirado do esgoto. Quanto menor a carga de DBO lançada nos rios, melhor será para a natureza, e quanto maior o percentual de retirada de DBO, maior é a eficiência do sistema de tratamento de esgoto.

A metodologia utilizada através do programa GeoDa é extremamente adequada para esta pesquisa, pois será possível visualizar nos mapas os agrupamentos geográficos que possuem um sistema de esgotamento sanitário eficiente, e aquelas regiões que demandam de mais atenção para promover a adequada gestão e o uso racional dos recursos hídricos, principalmente aqueles utilizados como corpos receptores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção está dividida em dois tópicos. Primeiro traz a caracterização do estado do Paraná e, segundo, discute os resultados obtidos para a análise espacial da variável esgotamento sanitário, dos municípios do estado do Paraná, no ano de 2013.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ

O estado do Paraná, segundo dados do SNIS (2018), têm um índice de atendimento total de água de 94,39% nas 399 cidades que compõem o Estado. Dessas cidades, 344 recebem água tratada da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), sendo as outras abastecidas pelas Prefeituras e Serviços Autônomos Municipais de Água. Já o esgoto, apenas 214 municípios do Estado têm empresas que prestam serviços de coleta e tratamento, sendo 188 cidades atendidas pela Sanepar e as outras 26 pelas Prefeituras e Serviços Autônomos Municipais de Água e Esgoto. O restante das cidades tratam seus efluentes por solução individual, ou seja, através de fossas sépticas. Dessa forma, o Estado tem um índice de atendimento total de esgoto de 71,44%.

A situação do atendimento da população paranaense com serviços de esgotamento sanitário pode ser caracterizada da seguinte forma segundo estudo realizado pelo Trata Brasil: 64,05% é atendida por sistema coletivo, ou seja, rede coletora e estação de tratamento de esgotos; 11,3% é atendida por solução individual, através das fossas sépticas; 1,11% da população se enquadra na situação em que os esgotos são coletados mas não são tratados; e 23,54% é desprovida de atendimento, ou seja, não há coleta nem tratamento de esgoto, podendo comprometer a qualidade da água do corpo receptor, inviabilizando o atendimento aos usos atuais e futuros dos recursos hídricos a jusante do lançamento (SNIRH, 2018).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2019) considera como atendimento adequado de esgotamento sanitário a solução individual, que é o tratamento primário de esgoto doméstico através das fossas sépticas; ou os esgotos coletados e tratados de forma coletiva, onde existe Estações de Tratamento de Esgoto. Nesse conceito, 75,8% da população paranaense atinge a esses critérios, possuindo atendimento adequado.

A resolução CONAMA nº 430/2011 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, prescreve que o tratamento dos efluentes devem remover 60% da

Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) para o lançamento direto nos corpos receptores, entretanto, várias cidades paranaenses apresentam níveis de remoção de carga orgânica inferiores ao parâmetro estabelecido. A DBO corresponde à quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica no meio aquático por processos biológicos. No total, no ano de 2013, 9.402.234 habitantes do estado do Paraná geravam uma carga poluidora de esgoto de 507.467Kg DBO/dia aproximadamente, que após o tratamento, foi devolvido para a natureza com 219.371Kg DBO/dia, removendo 56,77% de todo o esgoto gerado (CONAMA, 2011).

No novo Ranking do Saneamento Básico das 100 maiores cidades do Brasil, divulgado pelo Instituto Trata Brasil em março de 2020, o Paraná mantém suas cinco maiores cidades entre as 20 primeiras em saneamento: Maringá (3º lugar), Cascavel (7º), Ponta Grossa (9º), Londrina (13º) e Curitiba (17º) sendo a melhor capital do País. Os dados analisados são do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento divulgados todo ano pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. Entre as variáveis estudadas estão população, fornecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, investimentos e perdas de água. Quando considerado apenas atendimento com esgotamento sanitário, as cinco cidades paranaenses figuram entre as cinco primeiras posições, sendo que todas elas têm índice de atendimento com rede coletora acima de 90%, sendo Maringá e Cascavel com 99%, Curitiba com 95,8%, Londrina com 93,6% e Ponta Grossa com 91% (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

O estado do Paraná se destaca devido suas bacias hidrográficas, composto por 16 bacias que são utilizadas para abastecimento de água e também para a diluição do esgotamento sanitário, compreendendo: Bacia Litorânea, Bacia do Ribeiro, Bacia do Cinzas, Bacia do Iguazu, Bacias do Paraná 1, 2 e 3, Bacia do Tibagi, Bacia do Ivaí, Bacia do Piquiri, Bacia do Pirapó, Bacia do Itararé, Bacias do Paranapanema 1, 2, 3, e 4 (AGUASPARANÁ, 2018).

Quando se compara os índices de esgotamento sanitário de todos os Estados do país, conforme Tabela 1, percebe-se que o Paraná está à frente no saneamento básico, coletando 73,48% de todo o esgoto gerado, ficando atrás apenas de São Paulo e Distrito Federal. De todo o esgoto coletado, 99,62% passam por tratamento, somente o Acre e Distrito Federal estão a frente. E no indicativo ao índice de esgoto tratado referido à água consumida, o Paraná só fica atrás do Distrito Federal com 73,20%.

**Tabela 1: Índices de atendimento total de água e esgotamento sanitário dos estados e distrito federal, Brasil, 2018 (em %)**

Região / Estado	Índice de atendimento total de água	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	Índice de coleta de esgoto	Volume de esgoto Coletado 1.000 m³/ano	Índice de tratamento de esgoto	Volume de esgoto Tratado 1.000 m³/ano	Índice de esgoto tratado referido à água consumida
<b>N – Norte</b>							
Acre	47,07%	10,12%	18,78%	4.279,92	99,98%	4.278,92	18,78%
Amapá	34,91%	7,14%	15,62%	2.979,51	95,02%	2.823,34	14,80%
Amazonas	81,14%	9,96%	30,36%	17.696,25	97,35%	17.227,50	29,72%
Pará	45,62%	5,19%	18,36%	21.039,52	43,70%	9.193,60	8,02%
Rondônia	49,41%	4,88%	12,23%	3.725,23	77,83%	2.899,44	9,55%
Roraima	81,47%	51,67%	70,17%	16.573,79	97,28%	16.123,79	70,17%
Tocantins	79,34%	26,43%	33,91%	18.031,60	98,28%	17.721,78	33,49%
<b>Total por grupo:</b>	<b>57,05%</b>	<b>10,49%</b>	<b>25,90%</b>	<b>84.325,82</b>	<b>83,36%</b>	<b>70.268,37</b>	<b>21,70%</b>
<b>NE – Nordeste</b>							
Alagoas	74,62%	21,35%	17,86%	20.490,06	81,57%	18.508,99	16,18%
Bahia	81,62%	39,51%	57,29%	291.638,37	86,80%	254.392,58	52,39%
Ceará	58,96%	25,46%	40,34%	103.545,40	90,52%	93.729,33	38,83%
Maranhão	56,39%	13,80%	30,45%	47.209,90	42,81%	20.204,31	13,45%
Paraíba	74,27%	36,12%	48,30%	69.068,04	88,07%	61.084,39	47,23%
Pernambuco	80,52%	27,50%	31,54%	107.431,52	75,64%	82.388,77	31,49%
Piauí	75,89%	14,36%	13,92%	14.052,96	94,56%	13.289,12	13,79%
Rio Grande do Norte	87,09%	23,85%	32,35%	37.134,42	96,10%	36.171,08	32,22%
Sergipe	86,86%	25,46%	31,98%	28.665,07	91,39%	26.197,63	31,98%
<b>Total por grupo:</b>	<b>74,21%</b>	<b>28,01%</b>	<b>39,68%</b>	<b>719.235,74</b>	<b>83,55%</b>	<b>605.966,20</b>	<b>36,24%</b>
<b>SE – Sudeste</b>							
Espírito Santo	81,24%	54,91%	58,57%	118.304,45	74,24%	87.961,37	46,30%
Minas Gerais	82,09%	72,14%	65,19%	924.767,04	42,42%	392.086,13	38,95%
Rio de Janeiro	90,46%	65,35%	50,01%	792.474,85	60,08%	476.133,52	31,33%
São Paulo	96,19%	89,82%	80,72%	2.164.036,47	80,34%	1.687.435,99	64,48%
<b>Total por grupo:</b>	<b>91,03%</b>	<b>79,21%</b>	<b>68,69%</b>	<b>3.999.582,81</b>	<b>67,52%</b>	<b>2.643.617,01</b>	<b>50,09%</b>
<b>S – Sul</b>							
<b>Paraná</b>	<b>94,39%</b>	<b>71,44%</b>	<b>73,48%</b>	<b>385.717,24</b>	<b>99,62%</b>	<b>384.256,92</b>	<b>73,20%</b>
Rio Grande do Sul	86,40%	32,10%	29,27%	166.344,47	82,52%	137.125,96	26,23%
Santa Catarina	89,07%	23,70%	28,15%	86.982,62	98,39%	85.571,92	27,80%
<b>Total por grupo:</b>	<b>90,19%</b>	<b>45,17%</b>	<b>46,80%</b>	<b>639.044,33</b>	<b>95,00%</b>	<b>606.954,80</b>	<b>45,44%</b>
<b>CO - Centro-Oeste</b>							
Distrito Federal	99,00%	89,28%	85,36%	125.201,00	100,00%	125.201,00	85,36%
Goiás	85,55%	46,36%	55,66%	167.450,18	88,93%	148.908,95	49,59%
Mato Grosso	89,29%	35,57%	42,04%	56.763,33	87,56%	56.669,98	36,76%
Mato Grosso do Sul	86,36%	49,52%	43,83%	50.255,50	99,84%	43.999,19	43,79%
<b>Total por grupo:</b>	<b>88,98%</b>	<b>52,89%</b>	<b>57,41%</b>	<b>399.670,01</b>	<b>93,77%</b>	<b>374.779,12</b>	<b>53,88%</b>
<b>TOTALIZAÇÃO NACIONAL</b>	<b>83,62%</b>	<b>53,15%</b>	<b>58,06%</b>	<b>5.841.858,71</b>	<b>74,48%</b>	<b>4.301.585,50</b>	<b>46,25%</b>

Fonte: Elaborado a partir de dados do SNIS (2018).

A Tabela 1 deixa claro as diferenças regionais dentro do país. E apesar do Paraná estar à frente da média nacional, ainda assim existem rios dentro dessas bacias hidrográficas pertencentes ao Estado, que apresentam contaminação pelos esgotos, causando danos à saúde

da população. No decorrer desta pesquisa, identifica-se quais as regiões que não estão atendendo aos requisitos de despejo de efluentes nos corpos hídricos do Estado.

## 4.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO PARANÁ

O mapa da Figura 4 mostra a divisão política do estado do Paraná em dez mesorregiões. A informação foi utilizada para analisar os resultados da pesquisa e localizar agrupamentos de municípios em suas mesorregiões em relação aos índices de esgotamento sanitário.

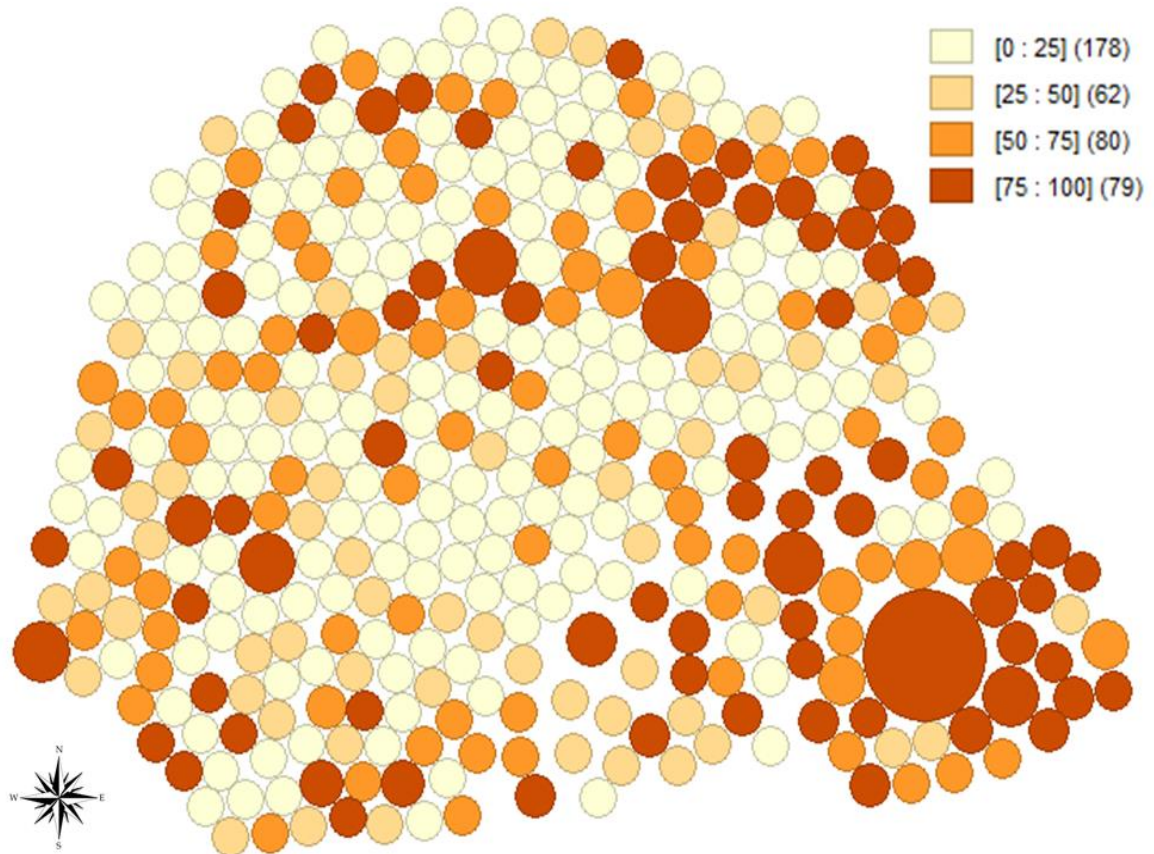


**Figura 4: Mesorregiões do estado do Paraná**  
**Fonte: IPARDES (2020).**

### 4.2.1 Índice de Atendimento

Os dados de população total (tamanho dos círculos) e índices percentuais de atendimento adequado de esgotamento sanitário (cor dos círculos) foram utilizados para elaborar o mapa da Figura 5, que mostra a frequência com intervalos iguais (quartis) do índice de atendimento de esgoto dos municípios do estado do Paraná. Entende-se como atendimento

adequado o somatório dos índices de atendimento por solução individual e o índice com coleta e com tratamento. Pode-se observar que 178 municípios apresentam até 25% da população atendida por solução individual ou que possui coleta e tratamento do esgoto. Outros 62 municípios atendem corretamente as normas sanitárias para 25% a 50% de sua população, 80 cidades atendem corretamente dentro das normas 50% a 75% dos habitantes e somente 79 cidades atendem entre 75% a 100% da população dentro das normas.

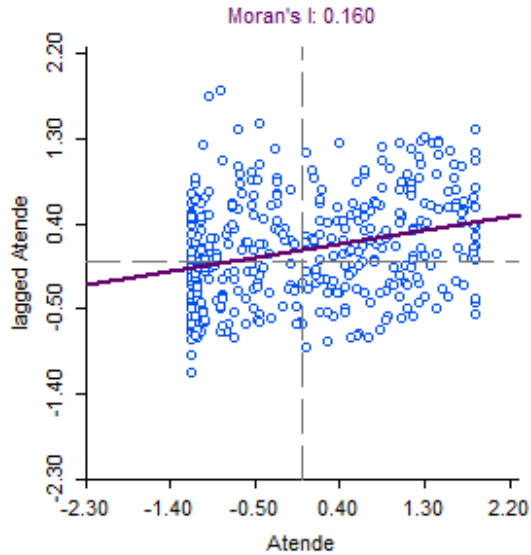


**Figura 5: Mapa da população total e índice de esgotamento sanitário dos municípios do estado do Paraná, 2013**

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

A análise da Figura 5 é visual, mas a análise exploratória de dados espaciais permite a identificação da relação espacial do percentual de esgotamento sanitário por meio do índice de Moran (I de Moran). Os resultados do I de Moran para os percentuais de esgotamento sanitário se encontram na Figura 6 (diagrama de dispersão de Moran). O valor do I de Moran foi de 0,160 mostrando relação positiva entre a vizinhança e a variável de atendimento das

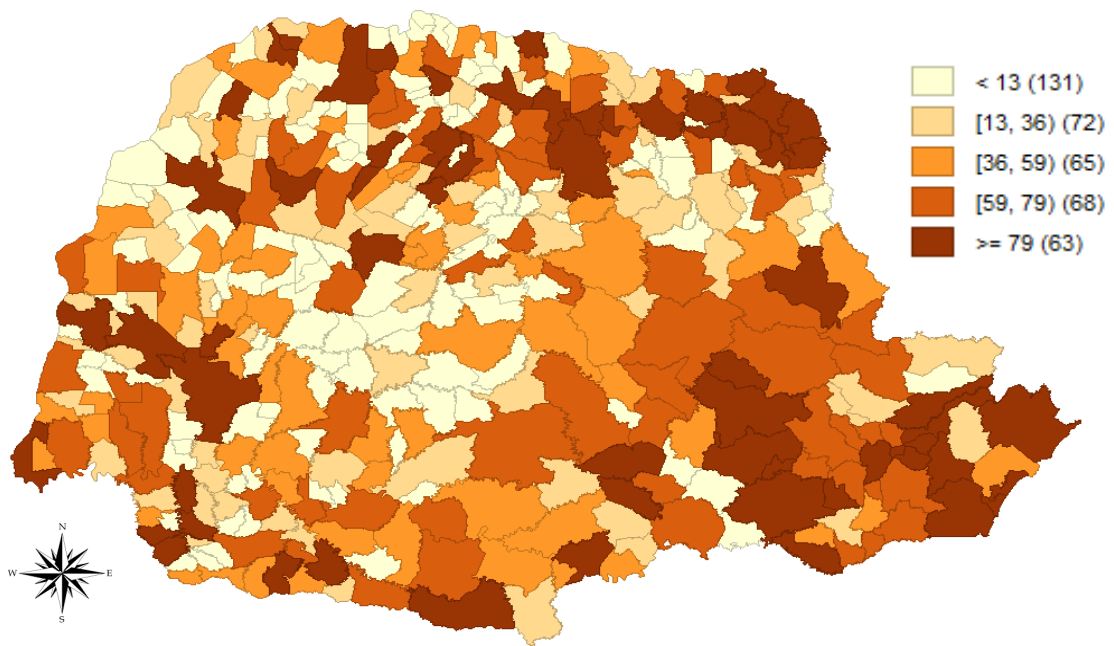
exigências do esgotamento sanitário (%) e a possibilidade de encontrar *clusters* alto-alto e baixo-baixo para os municípios.



**Figura 6: Índice I de Moran do percentual de atendimento das exigências do esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013**

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

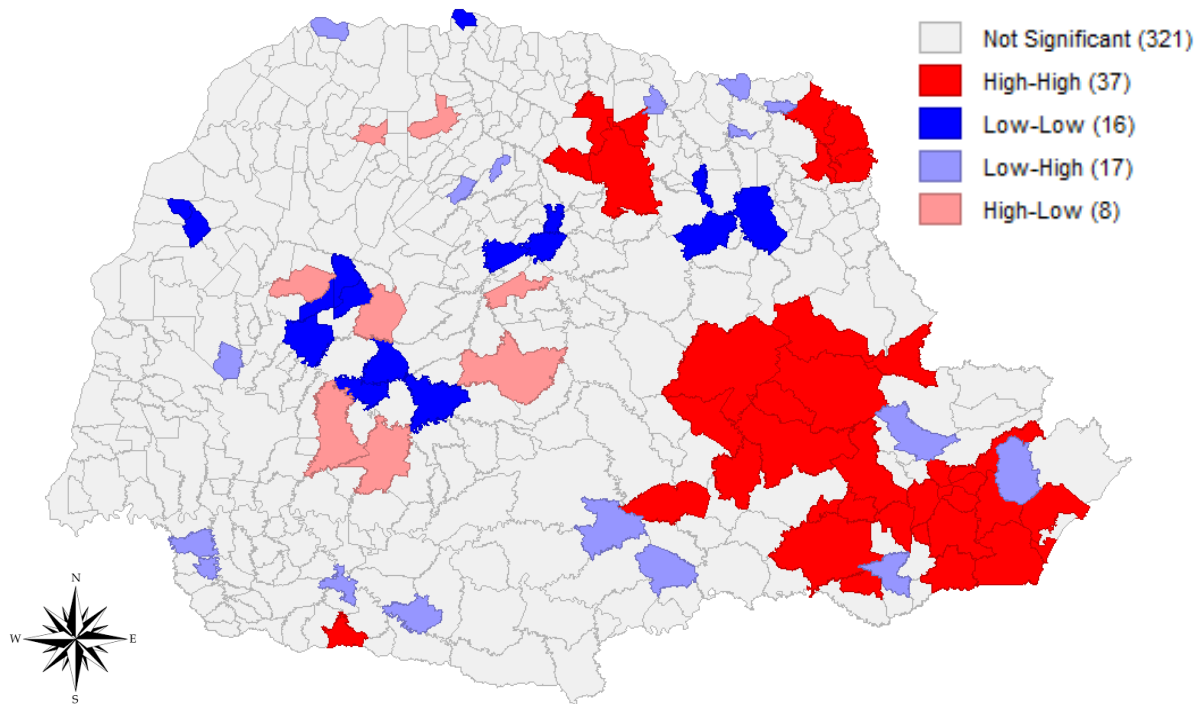
A verificação da existência de agrupamentos de municípios considerando as cidades que atendem as exigências do esgotamento sanitário com coleta e com tratamento e solução individual foi realizada, e os resultados estão nos mapas de frequência e *clusters* espaciais das Figuras 7 e 8, respectivamente. A frequência dos agrupamentos encontrados, segundo o mapa da Figura 7, mostra que as mesorregiões Metropolitana, Centro-Oriental, Norte Pioneiro e região metropolitana de Londrina (que fica na divisa das mesorregiões Norte-Pioneiro com Norte-Central) concentram os melhores índices de atendimento, além de alguns pequenos grupos espalhados pelo Estado.



**Figura 7: Mapa de frequências (faixas naturais) do percentual de atendimento das exigências do esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013**

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

Os resultados da Figura 8 mostram *clusters* Alto-Alto (37 cidades) com municípios concentrados em maioria nas mesmas mesorregiões Metropolitana, Centro-Oriental e região metropolitana de Londrina, e *clusters* Baixo-Baixo (16 cidades) com maior concentração na mesorregião Centro-Occidental e um agrupamento menor no Norte-Pioneiro. Existem também *clusters* Baixo-Alto (17) e Alto-Baixo (8).



**Figura 8: Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013**

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

Os *clusters* Baixo-Baixo são exemplos de agrupamentos de municípios onde o percentual de atendimento do esgotamento sanitário estão bem abaixo dos demais municípios do Estado, sendo as localidades carentes de estudos de melhorias no sistema de esgotamento sanitário. Os índices apresentados para os grupos de municípios implicam potenciais poluidores ambientais, por despejarem o efluente nos corpos receptores sem o devido tratamento de esgoto exigido pelo Plano Nacional de Saneamento Básico.

Considerando esses fatores, foi elaborado a Tabela 2, com as dezesseis cidades classificadas como Baixo-Baixo, com alguns outros indicadores, para melhor visualização e análise desse agrupamento de municípios.

**Tabela 2: Classificação dos municípios Baixo-Baixo de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento), 2013**

Município	População Urbana	Prestador de Serviço	Sem Coleta e Sem Tratamento	Com Coleta e Sem Tratamento	Solução Individual	Com Coleta e Com Tratamento	Carga Gerada Total (Kg DBO/dia)	Carga Lançada Total (Kg DBO/dia)
Ubiratã	18.749	SANEPAR	62,7%	0,0%	4,2%	33,1%	1.012,4	745,7
Ibaiti	24.315	SANEPAR	71,8%	0,0%	14,6%	13,6%	1.313,0	1.074,9
Sapopema	3.645	PM	27,1%	48,1%	24,8%	0,0%	196,8	167,5
São João do Ivaí	8.825	SANEPAR	80,8%	0,0%	5,6%	13,6%	476,6	413,7
Pérola	8.510	PM	80,8%	3,9%	15,4%	0,0%	459,5	417,2
Palmital	7.357	PM	83,4%	1,3%	15,3%	0,0%	397,3	360,8
Borrazópolis	5.695	PM	86,0%	1,2%	12,8%	0,0%	307,5	283,9
Nova Cantu	3.882	PM	76,7%	12,5%	10,9%	0,0%	209,6	195,9
Altamira do Paraná	1.861	PM	96,3%	0,9%	2,9%	0,0%	100,5	98,8
Rancho Alegre d'Oeste	2.320	PM	91,1%	6,4%	2,6%	0,0%	125,3	123,4
Santo Antônio do Paraíso	1.806	SAMAE	96,3%	2,4%	1,3%	0,0%	97,5	96,8
Novo Itacolomi	1.632	PM	98,0%	0,8%	1,3%	0,0%	88,1	87,5
Jardim Olinda	1.012	SAMAE	92,9%	6,2%	0,9%	0,0%	54,6	54,4
Janiópolis	3.920	PM	98,6%	1,0%	0,4%	0,0%	211,7	211,2
Esperança Nova	743	PM	98,4%	1,6%	0,0%	0,0%	40,1	40,1
Boa Esperança	2.635	PM	99,0%	1,0%	0,0%	0,0%	142,3	142,3

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

O atendimento ao esgotamento sanitário levando em consideração o índice de atendimento total, que é a soma dos índices solução individual e com coleta e tratamento, que está implícito na Tabela 2, variam entre 0,0% a 37,3%, mostrando a precariedade de alguns municípios do Estado. O problema se encontra nos elevados índices sem coleta e sem tratamento apresentado por esse grupo, chegando até 99% no município de Boa Esperança, o que significa que praticamente todo o esgoto gerado nessa cidade é devolvido de maneira imprópria para a natureza, pois não são coletados, podendo ser armazenados em fossas rudimentares, que podem ter como consequência a infiltração no solo, podendo chegar aos lençóis freáticos, ocasionando em sérios danos econômicos, sociais e ambientais.

Percebe-se também que são cidades de baixa população urbana, ressaltando o esquecimento do governo com os pequenos municípios, evidenciando necessidades de investimentos em sistemas de esgotamento sanitário. Isso pode ser comprovado pela carga poluidora (DBO) gerada em comparação com a lançada, de forma que evidencia a baixa eficiência no tratamento do esgoto. Porém quando comparado com a carga de DBO lançada

pelos grandes centros urbanos do Estado, pode-se considerar como baixos índices de poluição lançados ao meio ambiente, que podem ser comprovados pela Figura 5 e pela Tabela 4.

Os *clusters* Baixo-Alto também são exemplos de agrupamentos de municípios que apresentam problemas no sistema de esgotamento sanitário, pois são cidades com baixos índices de atendimento, porém estão rodeadas de municípios que apresentam índices bons. Essas cidades estão identificadas na Tabela 3.

**Tabela 3: Classificação dos municípios Baixo-Alto de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual de atendimento das exigências de esgotamento sanitário da população dos municípios do estado do Paraná (solução individual e com coleta e tratamento) 2013**

Município	População Urbana	Prestador de Serviço	Sem Coleta e Sem Tratamento	Com Coleta e Sem Tratamento	Solução Individual	Com Coleta e Com Tratamento	Carga Gerada Total (Kg DBO/dia)	Carga Lançada Total (Kg DBO/dia)
Mallet	7.863	SANEPAR	69,1%	0,0%	14,5%	16,4%	424,6	337,6
Quitandinha	5.173	SANEPAR	69,2%	0,0%	15,0%	15,8%	279,3	225,6
Inácio Martins	6.483	SANEPAR	70,0%	0,0%	12,3%	17,8%	350,1	279,5
Antonina	16.506	SAMAE	24,0%	46,6%	29,4%	0,0%	891,3	734,2
Barra do Jacaré	1.909	PM	74,6%	1,1%	24,4%	0,0%	103,1	88,0
Planalto	6.206	PM	74,3%	1,7%	24,1%	0,0%	335,1	286,7
Rio Branco do Sul	22.978	PM	36,1%	40,2%	23,8%	0,0%	1.240,8	1.064,0
Itapejara d'Oeste	7.438	PM	75,0%	3,3%	21,7%	0,0%	401,7	349,3
Floresta	5.832	PM	81,5%	1,1%	17,5%	0,0%	314,9	281,9
Rancho Alegre	3.525	PM	81,6%	1,2%	17,3%	0,0%	190,4	170,6
Diamante do Norte	4.571	PM	82,6%	0,5%	16,9%	0,0%	246,8	221,9
Tupãssi	6.479	PM	81,6%	1,8%	16,6%	0,0%	349,9	315,0
Itambaracá	5.176	PM	76,0%	12,3%	11,7%	0,0%	279,5	259,9
Sarandi	87.617	Águas de Sarandi	89,0%	0,0%	4,0%	7,0%	4.731,3	4.413,4
Santa Amélia	2.860	PM	92,8%	1,1%	6,1%	0,0%	154,4	148,8
Bela Vista da Caroba	1.036	PM	96,0%	0,0%	4,0%	0,0%	55,9	54,6
Honório Serpa	1.970	PM	91,3%	7,3%	1,5%	0,0%	106,4	105,4

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

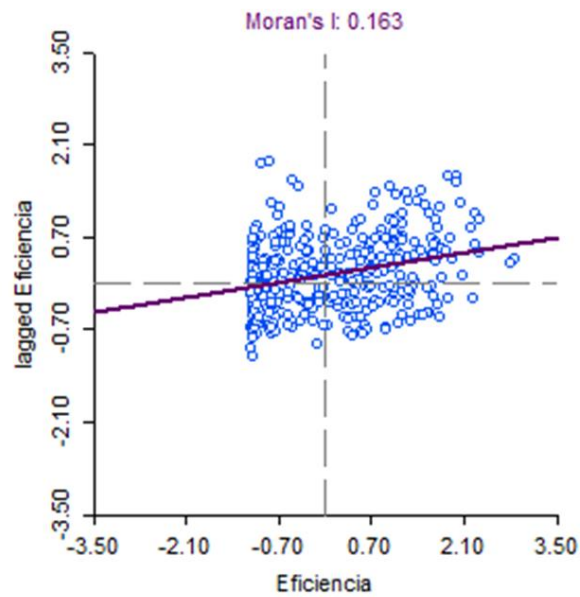
A ineficiência do atendimento do sistema de esgotamento sanitário fica evidente pelos índices de atendimento total, que também está implícito na Tabela 3, variando entre 1,5% a 30,9%, e pelo índice sem coleta e sem tratamento, que chega até 96% no município de Bela

Vista da Caroba. Também são pequenos municípios com baixa população, porém, Sarandi se destaca negativamente neste grupo, por ser a cidade de maior população, e que faz divisa territorial com Maringá, sendo responsável por gerar 4.731,3 Kg DBO/dia que é devolvido quase que integralmente à natureza.

As Tabelas 2 e 3 mostraram também que os piores municípios em atendimento ao esgotamento sanitário, são atendidos em sua maioria pelos sistemas autônomos das prefeituras municipais, ressaltando a precariedade e a dificuldade dos governantes em atender as exigências da legislação ambiental no tratamento de efluentes. Os estudos da revisão de literatura indicaram fatores importantes para atingir os padrões mínimos de lançamento de efluentes nos corpos receptores, destacando-se as doenças, mortandade dos peixes, proliferação de algas e desequilíbrio do ecossistema como consequências, assim como mostrou também que as cidades menos lucrativas, são ignoradas pelas empresas estaduais e privadas para prestarem serviços de esgotamento sanitário.

#### 4.2.2 Índice de Eficiência de Tratamento

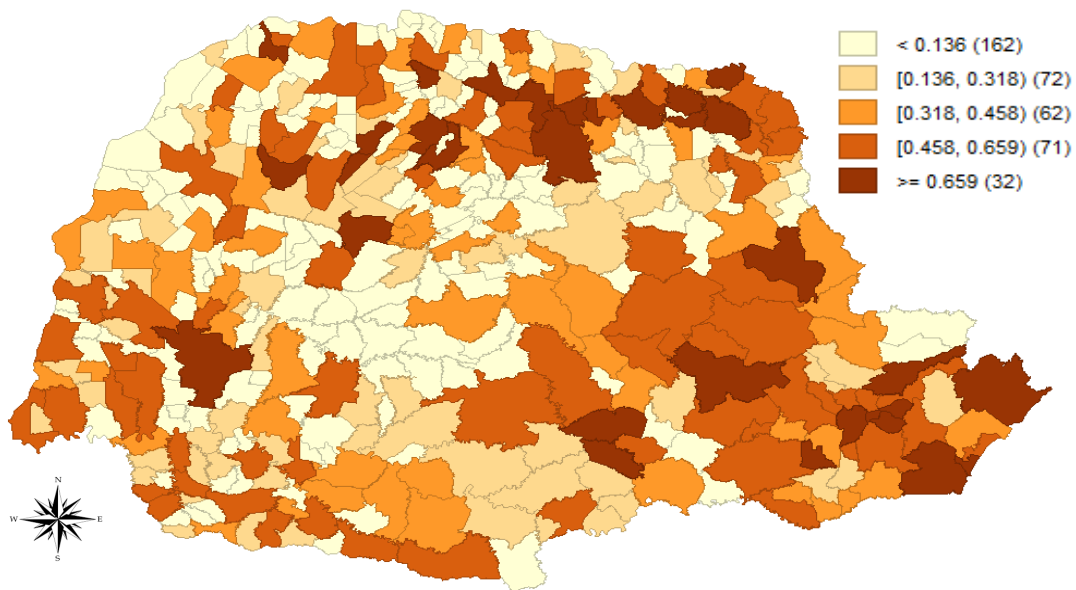
A análise exploratória de dados espaciais também permite a identificação da relação espacial da variável de eficiência do tratamento do esgotamento sanitário por meio do índice de Moran. Entende-se eficiência do tratamento a capacidade de o sistema de tratamento remover a carga de DBO gerada, lançando a menor quantidade possível nos rios. Os resultados do I de Moran para os percentuais de eficiência se encontram no diagrama de dispersão de Moran na Figura 9. O valor de 0,163 do I de Moran mostra a possibilidade de encontrar *clusters* alto-alto e baixo-baixo para os municípios, pois a relação entre a vizinhança e a variável de eficiência do tratamento do esgoto (%) foi positiva.



**Figura 9: Índice I de Moran da variável eficiência do tratamento de esgoto dos municípios do estado do Paraná, 2013**

Fonte: Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

A verificação da existência de agrupamentos de municípios, quando considerado a eficiência do tratamento foi realizada, e os resultados estão nos mapas de frequência e *clusters* espaciais das Figuras 10 e 11 respectivamente.

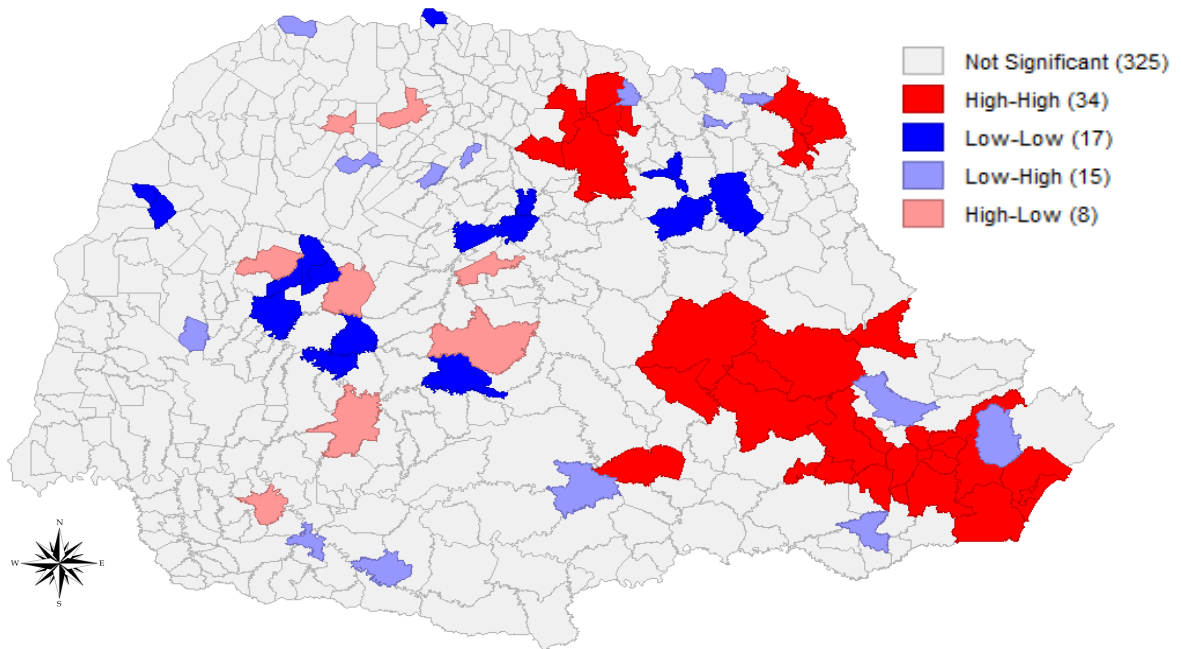


**Figura 10: Mapa de frequências (faixas naturais) da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013**

Fonte: Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

As frequências dos agrupamentos encontrados na Figura 10 mostram 32 municípios com percentual de eficiência maior ou igual que 65,9%, 71 municípios apresentaram eficiência entre 45,8% e 65,9%, 62 cidades entre 31,8% e 45,8%, 72 cidades entre 13,6% e 31,8% e 162 municípios apresentaram percentual de eficiência abaixo dos 13,6%.

Os resultados da Figura 11 mostram *clusters* Alto-Alto (34 cidades) com municípios concentrados nas mesorregiões Metropolitana, Centro-Oriental, Norte-Pioneiro e região metropolitana de Londrina, e Baixo-Baixo (17 cidades) nas Mesorregiões Centro-Ocidental e Norte-Pioneiro do estado do Paraná. Existem também *clusters* Baixo-Alto (15) e Alto-Baixo (8) em menor número de municípios.



**Figura 11: Análise espacial univariada (LISA) da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013**

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

Os *clusters* Alto-Alto são exemplos de agrupamentos de municípios que apresentam um alto percentual de eficiência no tratamento do esgoto sanitário. Os índices apresentados para os grupos de municípios implicam em atendimento para os efluentes lançados nos corpos hídricos. A análise exploratória de dados espaciais permite identificar agrupamentos (*clusters*) de municípios no espaço com determinadas características, no caso o índice de. Foi elaborada a Tabela 4 com os indicadores citados para os 30 municípios que apresentam maior eficiência no tratamento de esgoto e mais os sete maiores municípios do estado do Paraná.

**Tabela 4: Classificação dos municípios de acordo com o índice de eficiência do tratamento de esgoto e indicadores das sete maiores cidades do estado do Paraná, 2013**

Município	População Urbana	Prestador de Serviço	Solução Individual	Com Coleta e Com Tratamento	Carga Gerada Total (Kg DBO/dia)	Carga Lançada Total (Kg DBO/dia)	Eficiência	Rank Eficiência
Jussara	6.181	SAMAE	0,0%	100,0%	333,8	10,0	97,00%	1
Tapejara	13.920	SAMAE	9,0%	91,0%	751,7	33,9	95,49%	2
Ibiporã	48.806	SAMAE	0,0%	100,0%	2.478,3	392,8	84,15%	3
Bandeirantes	28.927	SAAE	1,6%	95,0%	1.562,1	256,0	83,61%	4
Guaraqueçaba	2.731	SANEPAR	4,4%	91,5%	147,5	26,2	82,24%	5
Curitiba	1.848.946	SANEPAR	4,7%	91,0%	99.843,1	17.890,9	82,08%	6
São Jorge do Ivaí	4.914	SAMAE	1,0%	99,0%	265,4	48,3	81,80%	7
Jataizinho	11.530	SAAE	1,0%	89,0%	622,6	120,1	80,71%	8
Bocaiúva do Sul	5.520	SANEPAR	0,0%	100,0%	298,1	65,6	77,99%	9
Matinhos	31.530	SANEPAR	47,9%	52,1%	1.702,6	397,2	76,67%	10
Pinhais	124.528	SANEPAR	14,6%	72,8%	6.724,5	1.631,2	75,74%	11
Quatro Barras	19.356	SANEPAR	17,0%	70,7%	1.045,2	258,6	75,26%	12
Marialva	27.273	SAE	6,7%	93,0%	1.472,7	386,3	73,77%	13
Londrina	523.582	SANEPAR	9,2%	87,3%	28.273,4	7.542,2	73,32%	14
Jaguapitã	10.986	SAMAE	0,8%	96,0%	593,2	163,2	72,49%	15
Piraquara	49.588	SANEPAR	11,2%	71,3%	2.677,8	741,2	72,32%	16
Contenda	9.914	SANEPAR	35,0%	65,0%	535,4	151,5	71,70%	17
Maringá	378.813	SANEPAR	7,4%	92,6%	20.455,9	6.101,4	70,17%	18
Cambará	23.341	SANEPAR	1,7%	96,0%	1.260,4	376,9	70,10%	19
Guaratuba	30.818	SANEPAR	31,2%	68,8%	1.664,2	505,3	69,64%	20
Lobato	4.315	SAMAE	1,0%	99,0%	233,0	72,4	68,93%	21
Cambé	98.226	SANEPAR	10,6%	83,0%	5.304,2	1.679,8	68,33%	22
Cascavel	288.363	SANEPAR	9,1%	79,6%	15.571,6	4.941,5	68,27%	23
Ponta Grossa	323.776	SANEPAR	5,3%	87,6%	17.483,9	5.579,9	68,09%	24
Jaguariaíva	29.322	SAMAE	20,0%	80,0%	1.583,4	506,7	68,00%	25
Irati	47.130	SANEPAR	9,1%	84,5%	2.545,0	817,3	67,89%	26
Rio Azul	5.267	SANEPAR	2,8%	90,5%	284,4	94,3	66,84%	27
Campo Mourão	86.899	SANEPAR	15,7%	77,4%	4.692,5	1.562,5	66,70%	28
Santo Antônio da Platina	38.715	SANEPAR	2,3%	88,2%	2.090,6	698,3	66,60%	29
Nova Londrina	12.368	SANEPAR	47,6%	52,4%	667,9	225,2	66,28%	30
<b>Sete maiores cidades</b>								
Curitiba	1.848.946	SANEPAR	4,7%	91,0%	99.843,1	17.890,9	82,08%	6
Londrina	523.582	SANEPAR	9,2%	87,3%	28.273,4	7.542,2	73,32%	14
Maringá	378.813	SANEPAR	7,4%	92,6%	20.455,9	6.101,4	70,17%	18
Ponta Grossa	323.776	SANEPAR	5,3%	87,6%	17.483,9	5.579,9	68,09%	24
Cascavel	288.363	SANEPAR	9,1%	79,6%	15.571,6	4.941,5	68,27%	23
Foz do Iguaçu	261.320	SANEPAR	13,3%	70,3%	14.111,3	6.489,9	54,01%	72
São José dos Pinhais	258.039	SANEPAR	16,9%	60,2%	13.934,1	6.545,0	53,03%	77

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

Nota-se que existem cidades de menor porte mais eficientes que as cidades maiores. Isso pode ser explicado pela complexidade do tratamento do esgoto. Quanto maior a carga orgânica gerada, maior será a dificuldade do tratamento, melhor e maior serão as ETEs e maior serão os investimentos. Dessa forma, as pequenas cidades por gerarem menos efluentes, são mais fáceis de retirar a carga poluidora dos esgotos, ETEs de pequeno porte, com baixo investimento, com processos simplificados de tratamento seriam suficientes para atender os parâmetros de lançamento.

O que se pode identificar no estado do Paraná dos grandes centros urbanos, considerando os sete maiores municípios do Estado, apenas Curitiba apresenta um percentual de eficiência de tratamento de esgoto maior que 80,00%; Londrina, Maringá, Ponta Grossa e Cascavel próximos dos 70,00%; e Foz do Iguaçu e São José dos Pinhais com pouco a cima dos 50,00%. Isso demonstra sistemas de tratamentos que conseguem retirar pelo menos metade da carga poluidora gerada, o que às vezes não é o suficiente, depende da carga orgânica permitida para lançamento de cada corpo hídrico receptor. Porém a maioria dos municípios, que são os de baixa concentração urbana, não possuem sistemas de esgotamento sanitário adequado, sejam eles por solução individual ou por Estações de Tratamento de Esgotos, sendo em sua soma grandes responsáveis pela poluição hídrica do Estado, trazendo sérios danos para a natureza.

Percebe-se também que dos trinta municípios mais eficientes, vinte são atendidos pela Companhia de Saneamento do Paraná, e das sete maiores cidades também pela mesma empresa. Ainda é notado que o percentual com coleta e com tratamento se sobressaem em todas as cidades sobre o percentual de tratamento por solução individual.

Já os *clusters* Baixo-Baixo e Baixo-Alto, segundo a Figura 11, são exemplos de agrupamentos de municípios que não apresentam um percentual aceitável de eficiência no tratamento do esgoto sanitário. Os índices apresentados para os grupos de municípios implicam em complicações ambientais para os efluentes lançados nos corpos hídricos. Foi elaborada a Tabela 5 com os indicadores citados para esses agrupamentos de cidades.

**Tabela 5: Classificação dos municípios Baixo-Baixo e Baixo-Alto, de acordo com a Análise espacial univariada (LISA) do percentual da eficiência de diminuição de Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) dos municípios do estado do Paraná, 2013**

Município	População Urbana	Prestador de Serviço	Solução Individual	Com Coleta e Com Tratamento	Carga Gerada Total (Kg DBO/dia)	Carga Lançada Total (Kg DBO/dia)	Eficiência	Rank Eficiência
<b>Baixo-Baixo</b>								
Ubiratã	18.749	SANEPAR	4,2%	33,1%	1.012,4	745,7	26,34%	184
Nova Santa Barbara	3.445	SAMAE	40,1%	0,0%	186,0	141,2	24,09%	193
Ibaiti	24.315	SANEPAR	14,6%	13,6%	1.313,0	1.074,9	18,13%	217
Sapopema	3.645	PM	24,8%	0,0%	196,8	167,5	14,89%	226
São João do Ivaí	8.825	SANEPAR	5,6%	13,6%	476,6	413,7	13,20%	240
Pérola	8.510	PM	15,4%	0,0%	459,5	417,2	9,21%	258
Borrazópolis	5.695	PM	12,8%	0,0%	307,5	283,9	7,67%	269
Santa Maria do Oeste	3.159	PM	11,9%	0,0%	170,6	158,4	7,15%	271
Nova Cantú	3.882	PM	10,9%	0,0%	209,6	195,9	6,54%	279
Altamira do Paraná	1.861	PM	2,9%	0,0%	100,5	98,8	1,69%	320
Rancho Alegre d'Oeste	2.320	PM	2,6%	0,0%	125,3	123,4	1,52%	326
Santo Antonio do Paraíso	1.806	SAMAE	1,3%	0,0%	97,5	96,8	0,72%	349
Novo Itacolomi	1.632	PM	1,3%	0,0%	88,1	87,5	0,68%	352
Jardim Olinda	1.012	SAMAE	0,9%	0,0%	54,6	54,4	0,37%	373
Janiópolis	3.920	PM	0,4%	0,0%	211,7	211,2	0,24%	382
Boa Esperança	2.635	PM	0,0%	0,0%	142,3	142,3	0,00%	394
Esperança Nova	743	PM	0,0%	0,0%	40,1	40,1	0,00%	397
<b>Baixo-Alto</b>								
Inácio Martins	6.483	SANEPAR	12,3%	17,8%	350,1	279,5	20,17%	206
Quitandinha	5.173	SANEPAR	15,0%	15,8%	279,3	225,6	19,23%	212
Antonina	16.506	SAMAE	29,4%	0,0%	891,3	734,2	17,63%	221
Barra do Jacaré	1.909	PM	24,4%	0,0%	103,1	88,0	14,65%	228
Rio Branco do Sul	22.978	PM	23,8%	0,0%	1.240,8	1.064,0	14,25%	233
Itapejara d'Oeste	7.438	PM	21,7%	0,0%	401,7	349,3	13,04%	241
Floresta	5.832	PM	17,5%	0,0%	314,9	281,9	10,48%	251
Rancho Alegre	3.525	PM	17,3%	0,0%	190,4	170,6	10,40%	252
Diamante do Norte	4.571	PM	16,9%	0,0%	246,8	221,9	10,09%	253
Tupãssi	6.479	PM	16,6%	0,0%	349,9	315,0	9,97%	254
Itambaracá	5.176	PM	11,7%	0,0%	279,5	259,9	7,01%	276
Sarandi	87.617	Águas de Sarandi	4,0%	7,0%	4.731,3	4.413,4	6,72%	277
Santa Amélia	2.860	PM	6,1%	0,0%	154,4	148,8	3,63%	293
Honório Serpa	1.970	PM	1,5%	0,0%	106,4	105,4	0,94%	340
São Tomé	4.650	PM	0,8%	0,0%	251,1	249,9	0,48%	368

**Fonte:** Elaborado a partir de dados do SNIRH (2013).

As cidades identificadas na Tabela 5 são as mesmas das Tabelas 2 e 3, com exceção de Nova Santa Barbara e São Tomé que aparecem nesta, e Palmital, Mallet e Bela Vista da Caroba que apareceram naquelas. Percebe-se que em maioria são cidades de baixa população urbana e que são atendidas pelos sistemas municipais de água e esgoto. Apresentam carga poluidora de DBO pequena que é devolvida para a natureza quase que em sua totalidade, com índices de eficiência abaixo de 25%, muito próximos de 0,00% na maioria das cidades, e chegando a 0,00% nos municípios de Boa Esperança e Esperança Nova.

Essa baixa eficiência pode ser explicada pelos baixos índices de atendimento (solução individual e com coleta e tratamento), onde o maior índice é de 40,1% em Nova Santa Barbara, evidenciando a necessidade desses agrupamentos de cidades em novos sistemas de coleta e tratamento de esgoto, para que então seja possível melhorar a qualidade dos recursos hídricos, trazendo vários benefícios para a natureza e para população como um todo.

## 5 CONCLUSÃO

O esgoto doméstico é um desafio para a saúde pública com vistas a melhorar a condição de vida e saúde da população. A redução de despejo de dejetos em mananciais superficiais está entre os fatores de proteção ambiental. Assim o objetivo consistiu em identificar a situação do esgotamento sanitário dos municípios paranaenses, para verificar a existência de agrupamentos espaciais (*clusters*).

Os resultados do estudo mostraram a existência de agrupamentos Alto-Alto para índice de atendimento ao esgotamento sanitário por solução individual e com coleta e tratamento, da população de alguns municípios das regiões de Curitiba (Mesorregião Metropolitana) e Londrina (Norte-Pioneiro), e da Mesorregião Centro-Oriental, e outro Baixo-Baixo no Centro-Occidental do estado do Paraná. Os *clusters* Baixo-Baixo, assim como os Baixo-Alto, são exemplos de agrupamentos de municípios onde existe necessidade de investimentos e estudos de implantação e reabilitação de sistemas de esgotamento sanitário.

Também foram identificados agrupamentos de municípios que detém uma eficiência maior em suas estações de tratamento de esgoto, sendo Alto-Alto para as Mesorregiões Metropolitana, Centro-Oriental e Norte-Pioneiro (região metropolitana de Londrina), e Baixo-Baixo nas Mesorregiões Centro-Occidental e Norte-Pioneiro do estado do Paraná. Nota-se que o Norte-Pioneiro obtém agrupamentos de municípios tanto Alto-Alto, quanto Baixo-Baixo. Também se percebe que as Mesorregiões Alto-Alto, para as duas métricas de análise utilizadas (atendimento e eficiência), são as mesmas, o que difere são as Mesorregiões Baixo-Baixo.

Os agrupamentos de cidades com maiores deficiências nos sistemas (Baixo-Baixo) de esgotamento sanitário, são aquelas cidades em maioria com população pequena, que detém um baixo poder aquisitivo, pequenos municípios que não são lucrativos aos olhos das empresas privadas e estaduais, regiões que foram esquecidas pelos governantes que não tiveram uma visão/gestão sustentável nos anos anteriores.

A revisão de literatura indica que o não atendimento aos padrões de lançamento dos efluentes podem acarretar em diversos danos ao meio ambiente e conseqüentemente a saúde pública. Os resultados mostraram que os municípios paranaenses, quando considerado o índice de esgotamento sanitário com o tamanho da população, apresentam valores maiores que 50%, já que cidades mais populosas geram maiores quantidades de poluição, porém estas possuem sistemas de tratamento mais eficientes, conseguindo tratar mais da metade da carga

orgânica do esgoto, como é o caso de São José dos Pinhais, que é o menor dentre os sete maiores municípios do Estado com percentual de 53,03% de eficiência. Municípios com baixa população, apesar de produzir menos esgoto, não possuem sistemas de esgotamento sanitário eficientes, e muitos deles não possuem nenhum tipo de tratamento.

A iniciativa do governo federal em traçar metas e objetivos para o país no novo marco regulatório do saneamento, com metas de índices a serem alcançados até o ano de 2033, comprova o quanto é necessário e urgente a universalização do saneamento no Brasil. Desta forma será possível evitar muitas mortes e internações nos sistemas de saúde ocasionadas pela precariedade do saneamento, e que foram agravadas pela pandemia da Covid-19. E também a recuperação dos rios comprometidos pelo lançamento de efluentes sem tratamento, possibilitando uma maior quantidade de água para captação e diversas outras melhorias para a natureza.

Como a universalização do esgotamento sanitário no país e no estado do Paraná ainda está distante, e a aprovação do marco não deve gerar efeito imediato sendo que representa apenas o início dos trabalhos de melhoria dos índices de tratamento, a gestão sustentável, voltada para a melhoria da eficiência das ETEs nas cidades onde o índice de atendimento está alto, juntamente com a implantação de SES nos municípios com baixo índice de atendimento, seja pelas empresas privadas ou pelas estaduais, seria uma solução inicial primordial.

Estudos de caso podem ser realizados para analisar cada município, identificando diferentes situações e suas causas, pois cada cidade atende a parâmetros de lançamento diferentes em suas outorgas de direito, que está diretamente relacionado a classificação do corpo hídrico receptor. Novos estudos podem incorporar dados mais recentes, novas métricas de eficiência, como os parâmetros de lançamento exigidos por cada município, e outras variáveis explicativas utilizando análise exploratória de dados espaciais ou mesmo econometria ou estatística.

## REFERÊNCIAS

AGUASPARANÁ. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. Instituto de Águas do Paraná. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=204#>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

AGUIAR, L. *et al.* **A Educação Ambiental e a Água: Um Estudo de Caso na ONG Atitude Cooperação em Natal (RN)**. I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade e III Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 2019. Disponível em: <[https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO\\_EV133\\_MD1\\_SA52\\_I D2166\\_06112019183602.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV133_MD1_SA52_I D2166_06112019183602.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ALMEIDA, E. **Curso de Econometria Espacial Aplicada**. ESALQ-USP: Piracicaba, 2004.

ALMEIDA, E. S. de; PEROBELLI, F. S.; FERREIRA, P. G. C. **Existe convergência espacial da produtividade agrícola no Brasil?** RER, Rio de Janeiro, vol. 46, n. 01, p. 031-052, jan. /mar. 2008.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: ANA, 2017.

ANA. Agência Nacional de Água. **Região Hidrográfica do Paraná**. 2010. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/parana.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos - Capacitação em Gestão de Recursos Hídricos**. v.7, Agência Nacional de Águas/Ministério do Meio Ambiente. Brasília – DF, 2014. 80 p.

ANSELIN, L. **Local Indicators of Spatial Association – LISA**. Geographical Analysis, 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics**. Universidade do Texas em Dallas, Escola de Ciências Sociais, 26 de abril de 1999.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: methods and models**. Kluwer Academic. Boston. 1988.

ANSELIN, L.; FLORAX, J. G. M. **Small Sample of Tests for Spatial Dependence in Regression Models: some further results**. In: Anselin, L. e Florax, R. J. G. M. (eds) *New Direction in Spatial Econometrics*, Springer, New York, 1995.

AQUASFERA. **Panorama da Participação Privada no Saneamento 2019**. Abcon/Sindcon, 2019. Disponível em: <<http://abconsindcon.com.br/wp-content/uploads/2019/04/PANORAMA2019low.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ SÉRIES HISTÓRICAS. Bacias Hidrográficas do Paraná. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista\\_Bacias\\_Hidrograficas\\_do\\_Parana.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **DOU**. Brasília-DF. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988. **DOU** – Ano CXXVI – nº 191-A – Brasília-DF. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **DOU** – Brasília-DF. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/CCivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 05 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA. **DOU** – seção 1. Brasília-DF. 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=371>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **DOU** - Brasília-DF. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 29 abr. 2020.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **DOU** – Brasília-DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional; Secretaria Nacional de Saneamento. **Plano Nacional de Saneamento Básico: Mais Saúde com Qualidade de Vida e Cidadania**. Brasília, DF, 07 mar. 2019.

CAIRNCROSS, S.; VALDMANIS, V. Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion. In: JAMISON, D.T.; BREMAN, J.G.; MEASHAM, A.R. **Disease Control Priorities in Developing Countries**. 2. ed. Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2006.

CECHIN, A.; VEIGA DA. J. E., O Fundamento Central da Economia Ecológica. In: org. MAY, P. H. **Economia do Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 357**, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 18 mar. 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, Brasília- DF, 16 mai. 2011.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

HADDAD, E. A.; PIMENTEL, E. A. **Análise da distribuição espacial da renda no estado de Minas Gerais**: uma abordagem setorial. São Paulo, 2004. Disponível em: <[http://www.econ.fea.usp.br/nereus/td/Nereus\\_02\\_04.pdf](http://www.econ.fea.usp.br/nereus/td/Nereus_02_04.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2020.

HUTTON, G.; BARTRAM, J. Regional and global costs of attaining the water supply and sanitation target (target 10) of the Millennium Development Goals: public health and the environment assessing & managing environmental risks to health. Genebra: WHO, 2008. Disponível em: < <https://bit.ly/2LI75US> >. Acesso em: 18 mar. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE e ANA lançam estudo sobre uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 03 jan. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Principais estatísticas**. 2020. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento 2020**. São Paulo, mar. 2020. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&cod\\_conteudo=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1)>. Acesso em 28 de dezembro de 2019.

KUBLER, H.; FORTIN, A.; MOLLETA, L. **Reuso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2015. Disponível em: < [http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso\\_nas\\_Crises.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2020.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. de. **Saneamento básico no Brasil**: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. Revista de Administração Pública, vol. 45, n. 02, pp. 331-348, ISSN 0034-7612, Rio de Janeiro, mar. /abr. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-76122011000200003>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

MAY, P. H. **Economia do Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MENDES, T. M.; BARCELLOS, C. **A dimensão territorial do esgotamento sanitário: o caso do Recreio dos Bandeirantes**, Rio de Janeiro, Brasil. Ciência & Saúde Coletiva, vol. 23, n. 02, Rio de Janeiro, fev. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232018232.27732015>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

NAHAS, M. I. P. *et al.* **Desigualdade e discriminação no acesso à água e ao esgotamento sanitário na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, vol. 35, n. 04, abr. 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/0102-311x00100818>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

OMS. Organização Mundial da Saúde. Constituição da Organização Mundial da Saúde. Documentos básicos, suplemento da 45ª edição, outubro de 2006. Disponível em: <[https://www.who.int/governance/eb/who\\_constitution\\_sp.pdf](https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2020.

PARANÁ. Lei nº 12.726, de 26 de novembro de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos e adota outras providências. Curitiba, PR: **Diário Oficial do Estado**, nº. 5628 de 29 nov. 1999. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibir&codAto=5849&codItemAto=40340>>. Acesso em: 10 jun 2019.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.348, de 21 de fevereiro de 2013. Regulamenta a cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos e dá outras providências. Revoga o Decreto 5.361/2002. Curitiba, PR: **Diário Oficial do Estado**, nº. 8902, de 21 fev. 2013. Disponível em: <http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/listarAtosAno.do?action=exibirImpressao&codAto=87728>. Acesso em: 10 jun. 2018.

PAIVA, R. F. da P. de S.; SOUZA, M. F. da P. de. **Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, vol. 34, n. 01, Rio de Janeiro, fev. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311x00017316>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

PEARCE, D.; TURNER, K. **Economía de los recursos naturales y del medio ambiente.** Madrid: Celeste, 1995.

PEROBELLI, F.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. Silva A.; FERREIRA, P. G. C. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia** [online]. 2007, vol.17, n.01, pp.65-91. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-63512007000100003>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÊLO, M. S. **Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia.** Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 23, n. 04, Rio de Janeiro, jul. /ago. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1413-41522018166513>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

PINHEIRO, M. A. **Distribuição Espacial da Agropecuária do Estado do Paraná: um estudo da função de produção.** Maringá, 2007, 126p. Tese (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3433/1/000170326.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

RAUPP, L. *et al.* **Saneamento básico e desigualdades de cor/raça em domicílios urbanos com a presença de crianças menores de 5 anos, com foco na população indígena.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, vol. 35, supl. 03, ago. 2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/0102-311x00058518>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

ROSSONI, H. A. V. *et al.* **Aspectos socioeconômicos e de desenvolvimento humano municipal determinantes na ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário no Brasil.** Engenharia Sanitária Ambiental, vol. 25, n. 02, Rio de Janeiro, mar. /abr. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1413-41522020183887>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

SALLA, M. R. *et al.* **Relação entre saneamento básico e saúde pública em Bissau, Guiné-Bissau.** Saúde e Sociedade, São Paulo, vol. 28, n. 04, out. /dez. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0104-12902019180705>>. Acesso em: 27 abr. 2020.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. **Saneamento e qualidade de vida.** Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/a-sanepar/servicos/esgoto>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

SCOTT, R.; COTTON, A.P.; GOVINDAN, B. *Sanitation and the Poor.* Loughborough, Londres e Delft: WELL Resource Centre, 2003.

SILVA, P. N.; MARTINS, G. I.; HELLER, L. “**A gente tem acesso de favores, né?** ”. A percepção de pessoas em situação de rua sobre os direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário. Cadernos de Saúde Pública, vol. 34, n. 03, Rio de Janeiro, mar. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311x00024017>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas.** Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sanitárias. **Painel de informações sobre saneamento, 2018.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

SRINIVASAN, V.; SETO, K.C.; EMERSON, R.; GORELICK, S.M. **The impact of urbanization on water vulnerability:** A coupled human-environment system approach for Chennai, India. Global Environmental Change, v. 23, n. 1, p. 229-239, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

TISCHER, V. **Magnitude do impacto do esgotamento sanitário no Brasil.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, vol. 06, n. 3, pp. 358-379, Florianópolis, out. /dez. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v6e32017358-379>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

TYSZLER, M. **Econometria Espacial:** Discutindo Medidas para a Matriz de Ponderação Espacial. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado). Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2006.