

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO  
AMBIENTAL

VIVIANE MEZZOMO

**AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE  
MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

PORTO ALEGRE

2023

VIVIANE MEZZOMO

**AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE  
MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre(a).

Orientador: Dra. Maria Cristina de Almeida Silva

PORTO ALEGRE

2023

#### CIP - Catalogação na Publicação

Mezzomo, Viviane  
AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE  
MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
/ Viviane Mezzomo. -- 2023.  
231 f.  
Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e  
Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Apoio Multicritério à Decisão. 2. TOPSIS. 3.  
Serviços de esgotamento sanitário. 4. Aspectos  
socioeconômicos. I. de Almeida Silva, Maria Cristina,  
orient. II. Título.

VIVIANE MEZZOMO

AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE MUNICÍPIOS  
LOCALIZADOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de mestre(a).

Aprovado em: Porto Alegre, 06 de setembro de 2023.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Maria Cristina de Almeida Silva – UFRGS  
Orientadora

---

Prof. Dr. Gino Roberto Gehling – UFRGS  
Examinador

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Guilherme Fernandes Marques – UFRGS  
Examinador

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Kreutz – UTFPR  
Examinadora

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS), professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA), pelas oportunidades acadêmicas, prontidão e por contribuírem para a minha formação acadêmica.

À professora Dra. Maria Cristina de Almeida Silva pela confiança, dedicação e orientação ao longo de todo o percurso acadêmico.

Aos professores Gino, Guilherme e Fernando por concordarem em fazer parte da minha banca e por suas valiosas contribuições com sugestões para aprimorar este estudo.

Aos meus pais, Claudete e Walmor, por todo amor, carinho, ensinamentos e contínuo incentivo a estudar e buscar constantemente o meu melhor.

À minha irmã, Wanessa, por ter me motivado a entrar neste desafio e a buscar o melhor para minha formação.

Ao meu namorado, Pétersson, pelo apoio constante, por meio de palavras motivacionais, carinho, compreensão e por me dar a determinação necessária para não desistir.

Aos meus amigos, pelo incentivo, torcida e pela compreensão da minha ausência em momentos conturbados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A decisão de quais municípios devem receber prioridade na alocação de esforços e investimentos em saneamento básico pode se tornar um desafio complexo, à medida que diversas variáveis desempenham um papel significativo e podem afetar diretamente a saúde humana e o meio ambiente. Esse trabalho busca avaliar os serviços de esgotamento sanitário de municípios do Estado do Rio Grande do Sul, a partir da utilização de metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), correlacionando seus resultados com aspectos socioeconômicos. Para isso, uma série de indicadores voltados à determinação do desempenho dos serviços de esgotamento sanitário foram selecionados por meio de revisão bibliográfica. Um questionário foi aplicado a especialistas, professores e estudantes da área de recursos hídricos, com ênfase em saneamento ambiental para a determinação de pesos aos indicadores. Empregou-se o método Técnica de Ordem de Preferência por Similaridade para a Solução Ideal (TOPSIS) em busca da hierarquização dos municípios de acordo com o desempenho de seus serviços de esgotamento sanitário. Por fim, tais resultados foram correlacionados a indicadores de saúde, renda, educação, população e PIB, através da aplicação do Coeficiente de Pearson, do Coeficiente de Determinação, da Significância Estatística e de sua espacialização. Foi identificado que menos de 1/5 dos municípios do Estado possuem informações disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A partir da hierarquização obtida, observou-se a ausência de uma relação entre o tamanho populacional dos municípios e a eficiência dos serviços de esgotamento sanitário, bem como uma baixa dispersão nos valores de proximidade relativa. A partir da correlação dos resultados obtidos, a partir da metodologia empregada, com aspectos socioeconômicos, em geral, não foi possível confirmar a existência de uma relação consistente entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de Saúde, Renda, Educação, População e Produto Interno Bruto (PIB). Entretanto, destaca-se que, isoladamente, alguns municípios apresentaram correlações positivas e negativas com os aspectos socioeconômicos analisados.

Palavras-chave: Apoio Multicritério à Decisão, TOPSIS, serviços de esgotamento sanitário, socioeconômico.

## ABSTRACT

The decision of which municipalities should be prioritized in allocating efforts and investments in basic sanitation can become a complex challenge, as several variables play a significant role and can directly affect human health and the environment. This study aims to assess the sewage services in municipalities in the Rio Grande do Sul State, using the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methodology and correlating the results with socioeconomic aspects. To achieve this, a series of indicators related to the performance of sewage services performance were selected through a literature review. A survey was administered to experts, professors, and students in the field of water resources, with a focus on sanitary sewage, to determine the weighting of the indicators. The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method was employed to rank the municipalities according to the performance of their sewage services. Finally, these results were correlated with health, income, education, population, and GDP indicators by applying the Pearson coefficient, the coefficient of determination, statistical significance, and spatial analysis. It was identified that less than 1/5 of the municipalities in the State have information available in the National Sanitation Information System (SNIS). From the obtained ranking, it was observed that there was an absence of a relationship between the population size of the municipalities and the efficiency of sanitation services, as well as a low dispersion in the values of relative proximity. Based on the employed methodology, when correlating the results with socio-economic aspects it was not possible to confirm the existence of a consistent relationship between the parameters of sanitation services and the indicators of Health, Income, Education, Population, and Gross Domestic Product (GDP). However, it is noteworthy that, individually, some municipalities showed positive and negative correlations with the analyzed socio-economic aspects.

**Keywords:** Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS, sewage services, socioeconomic.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3	JUSTIFICATIVA.....	12
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
4.1.	SANEAMENTO BÁSICO.....	14
4.1.1.	<b>Esgotamento sanitário.....</b>	17
4.1.2.	<b>Déficit de acesso a esgotamento sanitário.....</b>	19
4.1.3.	<b>Gestão dos sistemas de saneamento básico.....</b>	20
4.2.	AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO.....	31
4.2.1.	<b>Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).....</b>	32
4.2.2.	<b>Prêmio Nacional de Saneamento Básico (PNQS).....</b>	35
4.2.3.	<b>Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal (ERSAR).....</b>	37
4.3.	INDICADORES.....	39
4.3.1.	<b>Indicadores socioeconômicos e de saneamento.....</b>	41
4.4.	APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO (AMD).....	47
4.4.1.	<b>ELECTRE.....</b>	48
4.4.2.	<b>AHP.....</b>	50
4.4.3.	<b>TOPSIS.....</b>	53
4.5.	CORRELAÇÃO COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	64
4.6.	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	65
4.6.1.	<b>Coefficiente de Pearson.....</b>	65
4.6.2.	<b>Análise de Regressão Linear.....</b>	67

<b>4.6.3. Significância Estatística</b> .....	69
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	71
<b>5.1. COLETA E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	71
<b>5.1.1. Escolha da área de estudo</b> .....	71
<b>5.1.2. Obtenção e análise dos dados</b> .....	73
<b>5.2. INDICADORES</b> .....	73
<b>5.3. QUESTIONÁRIO</b> .....	76
<b>5.3.1. Elaboração do questionário</b> .....	77
<b>5.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS</b> .....	82
<b>5.5. CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS</b> 86	
<b>5.5.1. Aplicação do Coeficiente de Pearson</b> .....	87
<b>5.5.2. Análise de regressão linear simples e significância estatística</b> .....	88
<b>5.5.3. Espacialização dos resultados</b> .....	89
<b>6. RESULTADOS</b> .....	90
<b>6.1. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	90
<b>6.2. DETERMINAÇÃO E CÁLCULO DOS INDICADORES</b> .....	92
<b>6.2.1. Indicadores operacionais/eficiência</b> .....	106
<b>6.2.2. Indicadores econômico-financeiros</b> .....	112
<b>6.2.3. Indicadores de qualidade física ou do serviço</b> .....	117
<b>6.2.4. Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário</b> .....	119
<b>6.2.5. Indicadores de contexto</b> .....	121
<b>6.2.6. Indicadores de governança</b> .....	123
<b>6.3. PONDERAÇÃO DOS INDICADORES ATRAVÉS DE QUESTIONÁRIO</b> .....	126
<b>6.3.1. Aplicação do questionário</b> .....	126
<b>6.3.2. Dados coletados</b> .....	126
<b>6.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS</b> .....	161

6.4.1.	Determinação dos parâmetros da matriz de decisão.....	162
6.4.2.	Normalização da matriz de decisão .....	162
6.4.3.	Ponderação da matriz normalizada.....	163
6.4.4.	Determinação das soluções ideais positiva e negativa .....	163
6.4.5.	Cálculo das distâncias euclidianas .....	179
6.4.6.	Determinação das proximidades relativas .....	179
6.4.7.	Ordenação das alternativas em ordem decrescente .....	180
6.5.	ANÁLISE COMPARATIVA COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS .....	187
6.5.1.	Saúde.....	188
6.5.2.	Renda .....	191
6.5.3.	Educação .....	193
6.5.4.	PIB .....	196
6.5.5.	População .....	199
7.	DISCUSSÃO.....	203
8.	CONCLUSÃO.....	208
9.	RECOMENDAÇÕES.....	211
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	212

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Internações por doenças associadas à falta de saneamento no Brasil em comparação à parcela da população sem acesso ao serviço de coleta de esgoto. ....	15
Figura 2 - Óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas na população total, no ano de 2020. ....	16
Figura 3 - Quantidade de municípios com estações de tratamento de esgoto. ....	18
Figura 4 - Déficit em saneamento básico. ....	20
Figura 5 - Tabela detalhada de indicadores. ....	37
Figura 6 - Estrutura do Idese. ....	43
Figura 7 – Método ELECTRE.....	49
Figura 8 - Método AHP. ....	51
Figura 9 – Método TOPSIS. ....	53
Figura 10 – Matriz de decisão. ....	60
Figura 11 - Fluxograma da metodologia utilizada ....	71
Figura 12 – Área de Estudo. ....	72
Figura 13 - Filtros adotados na determinação dos indicadores. ....	75
Figura 15 – Questionário: introdução. ....	78
Figura 16 – Questionário: informações gerais.....	79
Figura 17 – Questionário: atribuição de níveis aos indicadores. ....	80
Figura 18 – Questionário: conclusão. ....	81
Figura 19 - Fluxograma da metodologia de utilização de TOPSIS. ....	82
Figura 20 – Legenda dos mapas de espacialização. ....	89
Figura 21 – Municípios da área de estudo. ....	92
Figura 22 - Variação dos indicadores operacionais/eficiência para os Grupos 1 e 2. ....	108
Figura 23 - Variação dos indicadores econômico-financeiros para os Grupos 1 e 2. ....	113
Figura 24 - Variação do indicador de qualidade física ou do serviço para os Grupos 1 e 2. .	117
Figura 25 - Variação dos indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário para os Grupos 1 e 2.....	119
Figura 26 - Variação dos indicadores de contexto para os Grupos 1 e 2. ....	121
Figura 27 – Curso de formação do entrevistado. ....	127
Figura 28 – Nível de formação do entrevistado. ....	128
Figura 29 – Área de atuação do entrevistado. ....	129
Figura 30 - Local de trabalho do entrevistado. ....	129

Figura 31 - Municípios de atuação do entrevistado.....	132
Figura 32 – Questionário: Indicadores operacionais/eficiência. ....	136
Figura 33 – Pesos: Indicadores operacionais/eficiência. ....	137
Figura 34 – Questionário: Indicadores econômico-financeiros.....	141
Figura 35 – Pesos: Indicadores econômico-financeiros. ....	142
Figura 36 – Questionário: Indicadores de qualidade física ou do serviço.....	145
Figura 37 – Pesos: Indicadores de qualidade física ou do serviço. ....	145
Figura 38 – Questionário: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.....	147
Figura 39 – Pesos: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário. ....	148
Figura 40 – Questionário: Indicadores de contexto.....	151
Figura 41 – Pesos: Indicadores de contexto. ....	152
Figura 42 – Questionário: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.....	155
Figura 43 – Pesos: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário. ....	156
Figura 44 – Análise dos indicadores ponderados de Pinhal, Capão Bonito do Sul, Porto Alegre e Porto Vera Cruz. ....	183
Figura 45 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Saúde.....	188
Figura 46 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Saúde. ....	189
Figura 47 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Renda. ....	191
Figura 48 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Renda. ....	192
Figura 49 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Educação. ....	194
Figura 50 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Educação.....	195
Figura 51 – Análise de regressão linear simples: indicador de PIB. ....	197
Figura 52 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o indicador PIB..	198
Figura 53 – Análise de regressão linear simples: População. ....	200
Figura 54 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com a População dos municípios. ....	201

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação aos pares para o julgamento dos elementos X e Y.....	52
Quadro 2 – Estado da arte do método TOPSIS. ....	55
Quadro 3 - Municípios da área de estudo. ....	91
Quadro 4 - Indicadores selecionados.....	94
Quadro 5 - Variação dos indicadores de governança para o Grupo 1. ....	123
Quadro 6 - Variação dos indicadores de governança para o Grupo 2. ....	123
Quadro 7 – Delimitação dos problemas destacados por Maranhão (2016) para o presente estudo. .....	161
Quadro 8 – Posição dos municípios do RS no Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2022 e 2023 e na avaliação realizada no presente trabalho. ....	185

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação sugerida ao Coeficiente de determinação ( $R^2$ ). ....	68
Tabela 2 - Análise de Variância da Regressão (ANOVA). ....	69
Tabela 3 - Pontuação das alternativas do questionário.....	82
Tabela 4 – Classificações sugeridas ao coeficiente de correlação de Pearson. ....	87
Tabela 5 – Classificação sugerida ao Coeficiente de determinação ( $R^2$ ). ....	88
Tabela 6 - Equações utilizadas no cálculo dos indicadores selecionados. ....	97
Tabela 7 - Grupos de indicadores selecionado para análise. ....	106
Tabela 8 - Local de trabalho do entrevistado. ....	130
Tabela 9 - Classificação quantitativa dos indicadores selecionados. ....	133
Tabela 10 – Pontuação média dos indicadores por classificação. ....	134
Tabela 11 – Identificação das Soluções Ideais Positivas e Negativas. ....	165
Tabela 12 - Hierarquização dos municípios da área de estudo.....	180

## LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
AHP	Processo de hierarquia analítica
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
AMEGSA	As Melhores em Gestão no Saneamento Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANOVA	Análise de Variância da Regressão
BNH	Banco Nacional da Habitação
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CEF	Caixa Econômica Federal
CESB	Companhia Estadual de Saneamento Básico
CID	Classificação Internacional de Doenças
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONSANE	Conselho Nacional de Saneamento
COREDES	Conselhos Regionais de Desenvolvimento
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
DEE	Departamento de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul
DMAE	Departamento Municipal de Água e Esgotos
DNOS	Departamento Nacional de Obras e Saneamento
ELECTRE	Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal
FAE	Fundos de Financiamento para Água e Esgotos
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GRMD	Guia de Referência para Medição do Desempenho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDESE	Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
IDH	Índices de Desenvolvimento Humano
IGS	Inovação da Gestão em Saneamento Ambiental
LNSB	Lei Nacional do Saneamento Básico
MCIDADES	Ministério das Cidades
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MEGSA	Modelo de Excelência em Gestão do Saneamento Ambiental
MRL	Modelo de Regressão Linear
N-DEMATEL	Laboratório de Julgamento e Avaliação de Decisões Neutrosóficas
NIS	Solução Negativa Ideal
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PEOS	Eficiência Operacional no Saneamento Ambiental
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Solução Ideal Positiva
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico

PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNQS	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNS	Política Nacional de Saneamento
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
RASARP	Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SEDU/PR	Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
SEMAS	Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade de São Francisco de Paula
SEMASA	Serviço Municipal de Água, Saneamento Básico e Infraestrutura
SEPLAG	Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul
SMAMUS	Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade de Porto Alegre
SFS	Sistema Financeiro do Saneamento
SICREDI	Sistema de Crédito Cooperativo
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINISA	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SQFSA	Selo de Qualidade dos Fornecedores da Prestação de Serviços e Insumos de Saneamento Ambiental
TOPSIS	Técnica de ordem de preferência por Similaridade para a Solução Ideal
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
USN	Rede de Saneamento Urbano

# 1 INTRODUÇÃO

No contexto histórico, a sociedade brasileira passou por grandes transformações em sua concepção. O crescimento populacional, em virtude do processo de urbanização, a apropriação desordenada de espaços e o aumento na demanda por recursos naturais foram mudanças que não avançaram junto ao progresso econômico e social do país. O saneamento básico, cujo objetivo intrínseco é a prevenção de doenças e a promoção de saúde e qualidade de vida para a população, teve seu crescimento acelerado nas últimas décadas, porém de forma desassistida, desordenada e a muitos passos de atingir a universalização.

A ausência, insuficiência ou ineficiência dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e resíduos sólidos é consequência da carência de planejamento e gestão. Sendo assim, ações que compreendem a disponibilidade, infraestrutura e prestação de serviços de saneamento, são imprescindíveis para a melhoria da qualidade de vida da população e fundamentais para a proteção do ambiente (LOPES *et al.*, 2016).

Ademais, Rossoni *et al.* (2020) destacam que aspectos como a escolaridade e a renda da população residente, por exemplo, são elementos que ajudam a definir o padrão de escolhas relativas ao saneamento básico. Saiani & Júnior (2010) evidenciam que o aumento da taxa de urbanização de um determinado município é tendência para a elevação da cobertura de água e esgoto, uma vez que a facilidade ao prover os serviços em aglomerações torna-se mais vantajoso do que em população dispersa.

Assim em busca da universalização do saneamento no Brasil, em 15 de julho de 2020 foi promulgada a Lei Federal nº 14.026, que atualiza o marco legal do saneamento básico e, dentre outras competências, estipula até 2033 o atendimento de 99% da população com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgotos. Entretanto, como identificar os municípios que apresentam maiores necessidades de desenvolvimento ou demandam investimentos em infraestrutura em comparação com aqueles que já se encontram em um estágio avançado?

Esta decisão torna-se complexa à medida que se considera os diversos critérios conflitantes envolvidos. Orhan *et al.* (2022) ressaltou a importância de modelos e ferramentas para avaliar sistemas de águas residuais em Malatya, Turquia, a fim de determinar a prioridade de reabilitação, levando em conta detalhes como tipo, idade, comprimento, profundidade das tubulações, inclinação, taxa de ocupação e população. Além disso, Randazzo *et al.* (2018)

conduziu um estudo para identificar áreas apropriadas para a implantação de aterros sanitários na Sicília, Itália, atentando a problemas relacionados à eficiência de aterros, baixa reciclagem, capacidade reduzida e atrasos na implementação de estações de pré-tratamento. Por sua vez, Vafaeipour et al. (2014) buscou identificar áreas viáveis para projetos de energia solar no Irã, considerando critérios econômicos, ambientais, técnicos, sociais e de risco, além da quantidade de radiação solar recebida

Todos os exemplos mencionados adotaram a análise de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) como solução. Esse método de análise de alternativas para a resolução de problemas utiliza diversos critérios relacionados ao objeto de estudo, permitindo identificar as alternativas prioritárias. Os estudos revelaram que algumas variáveis podem ser mais favoráveis em determinada região alternativa, enquanto outras podem ser desfavoráveis, podendo até mesmo gerar contradições ao mudar de uma alternativa para outra. A metodologia AMD também pode ser aplicada em outros problemas que envolvam interação entre critérios e pontuações claras, ou, caso as pontuações não sejam claras, combinações de diferentes métodos de AMD podem ser utilizadas para lidar com a situação (FRANCISCO et al., 2007; Orhan, 2022; KILIC & Yalcin, 2021).

Dessa forma, a necessidade de evidenciar os municípios gaúchos que mais precisam de desenvolvimento e de investimentos no setor de saneamento básico, em particular o esgotamento sanitário, norteou o desenvolvimento deste trabalho, permitindo a geração de conhecimento para a análise e tomadas de decisão voltadas às políticas de saneamento. Além disso, o presente trabalho também propõe fornecer informações que possibilitem um melhor direcionamento das ações a serem tomadas ao buscar a universalização do saneamento, atentando-se à parcela da população menos assistida.

## **2 OBJETIVOS**

Os objetivos deste trabalho estão classificados em geral e específicos e são descritos a seguir.

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliar os serviços de esgotamento sanitário de municípios do estado do Rio Grande do Sul, a partir do uso da metodologia de apoio multicritério a decisão, correlacionando os resultados com aspectos socioeconômicos.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Selecionar um conjunto de indicadores a partir de revisão bibliográfica, definindo os mais representativos para a determinação do desempenho dos serviços de esgotamento sanitário;
- A partir dos indicadores definidos, avaliar a situação dos serviços de esgotamento sanitário no Rio Grande do Sul, com o uso do método Técnica de ordem de preferência por Similaridade para a Solução Ideal (TOPSIS);
- Determinar o impacto de indicadores socioeconômicos, correlacionando-os com os resultados obtidos na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, através da aplicação do Coeficiente de Pearson, do Coeficiente de Determinação, da Significância Estatística e de sua espacialização.

### **3 JUSTIFICATIVA**

O saneamento possui um impacto profundo na qualidade de vida de uma população, interagindo com questões sociais, econômicas, culturais e políticas de uma determinada região. Apesar disso, o déficit de acesso a serviços de saneamento ainda é bastante significativo, e abrange milhões de pessoas vivendo em ambientes insalubres e expostas a diversos riscos que podem comprometer a sua saúde.

Tendo isso em vista, foi sancionado, a partir da Lei 14.026/2020, a atualização do Marco Legal do Saneamento, que busca alavancar o atendimento com coleta e tratamento de esgotos de 90% da população até 2033. Além deste, um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, o objetivo de número 6, inclui em suas metas “alavancar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade” até 2030.

Uma forma de mapear os locais mais afetados pela indisponibilidade de serviços de saneamento básico e, mais especificamente, de esgotamento sanitário, é através do uso de indicadores. Os indicadores são customizados e calculados a partir de dados brutos dos municípios e tornam-se uma maneira menos custosa para o monitoramento e controle contínuo da situação do saneamento no país. O mapeamento destes faz com que os órgãos gestores possam identificar mais facilmente os serviços e as regiões mais impactadas e, com essa informação, concentrar esforços na solução de problemas e direcionar os investimentos financeiros de forma mais efetiva.

Existem diversos indicadores relacionados ao saneamento, sendo muitos deles de significativa relevância. O método de AMD permite a avaliação conjunta de vários indicadores simultaneamente, de forma a direcionar o decisor à melhor alternativa do objetivo pretendido. De forma mais específica, o método TOPSIS permite a ordenação hierárquica de variáveis, identificando a solução que melhor se aproxima do estado ideal. Ou seja, a solução que maximiza os indicadores desejados pelo agente decisor para alcançar seus objetivos e minimiza os indicadores que o agente decisor busca reduzir.

Além disso, é frequente encontrar a existência de coleta e tratamento de esgoto sanitário, assim como a manutenção e continuidade da prestação do serviço, diretamente relacionados com as

condições socioeconômicas da população. Isto é, quanto menor for o valor do Produto Interno Bruto (PIB) ou quanto maiores forem a expectativa de vida, a educação, a renda e a densidade populacional em um determinado local, maior será a probabilidade de encontrar serviços de esgotamento sanitário de qualidade. Esta é uma relação muito relevante para se ter mapeada, visto que estas áreas estão comumente mais vulneráveis a doenças, compreendem uma parte significativa da população e, mesmo que de forma indireta, impactam a nação com um todo.

Promover a avaliação contínua dos serviços de esgotamento sanitário é um fator motivador para a realização deste estudo. O método TOPSIS possui como diferencial sua confiabilidade, facilidade de aplicação e possibilidade de automatização. Tendo isso em vista, abriu-se a possibilidade de utilização para um número maior de localidades, e se buscará contemplar todos os municípios do Rio Grande do Sul.

Um estudo realizado pelo Departamento de Economia e Estatística (DEE) do Rio Grande do Sul e publicado em dezembro de 2022 revelou que apenas 33,5% da população do Rio Grande do Sul possuía acesso ao serviço de coleta de esgoto sanitário em 2020, um percentual inferior à média nacional de 55% (DEE, 2022). Além disso, o mesmo estudo identificou que apenas 29 municípios do Estado possuíam mais da metade da população residindo em locais com acesso à coleta de esgoto, representando apenas 5,8% do total de municípios.

Ainda, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017a), apenas cerca de 180 municípios, do total de 497 municípios, possuem rede de esgotamento sanitário. Mesmo assim, em apenas 159 municípios as redes de esgotamento sanitário encontram-se em funcionamento. Estas informações demonstram que ainda é necessário muito esforço para a melhoria do serviço de esgotamento sanitário no Brasil e no Rio Grande do Sul.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

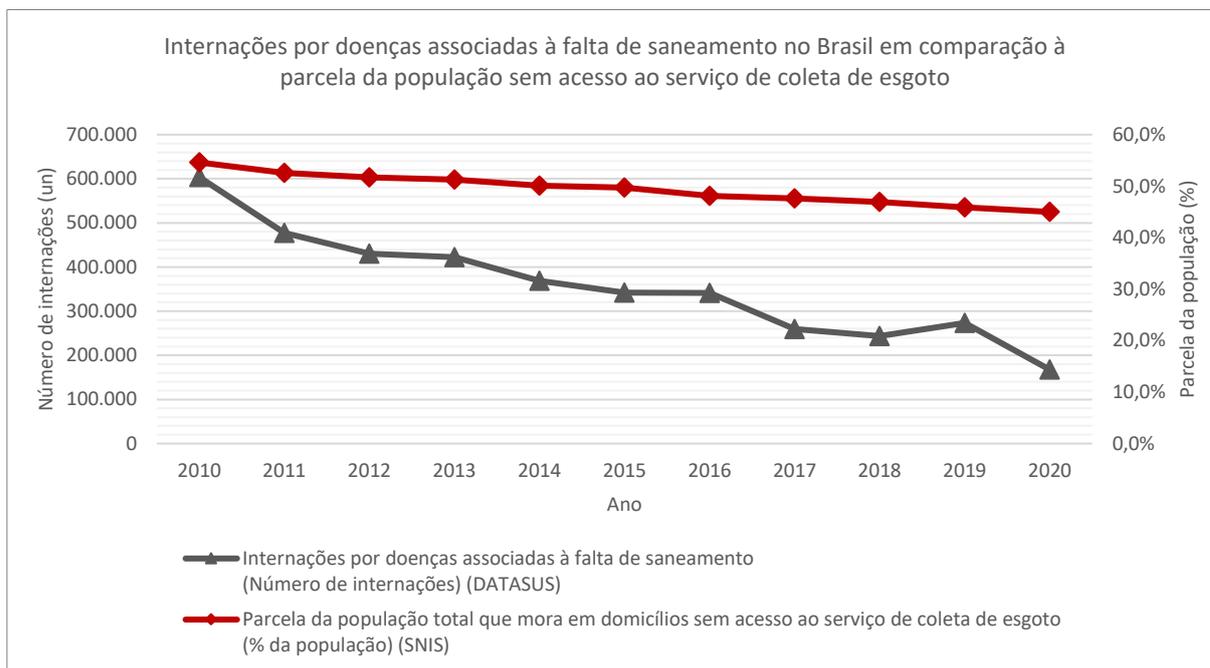
### **4.1. SANEAMENTO BÁSICO**

O advento da industrialização brasileira, iniciada na Inglaterra no século XVIII e levada ao Brasil de forma tardia, impulsionou o crescimento e as necessidades de consumo populacional. As indústrias obtiveram crescimento considerável em número e propiciaram a criação de centros urbanos, o que levou ao aumento demográfico e déficit de acesso domiciliar aos serviços de saneamento básico no país, que não contaram com os investimentos necessários na área de infraestrutura.

Epidemias e doenças, que já eram comuns, tornaram-se ainda mais avassaladoras com a industrialização e a urbanização acelerada. A combinação destes fatores com a regulação urbana mal projetada torna as cidades grandes centros de perturbações prejudiciais. Em complemento, grupos sociais desfavorecidos ficam vulneráveis a crises cotidianas de acesso a alimentos, água e saneamento e, como consequência, tornam-se constantemente expostos a doenças evitáveis relacionadas à água, como diarreia, disenteria, cólera, malária, dengue, entre outras. (SINGH, 2008).

Dados obtidos a partir do Painel Saneamento Brasil, iniciativa do Instituto Trata Brasil, comprovam a relação entre a falta de saneamento e a contração de doenças na população exposta (Figura 1). Levando em consideração as doenças diarreicas, dengue, malária, leptospirose e esquistossomose, no ano de 2020, em que cerca de 45% da população ainda se encontrava sem acesso a serviços de coleta de esgoto sanitário, aproximadamente cem mil internações por doenças associadas à falta de saneamento foram constatadas. Ao comparar com o ano de 2010, em que cerca de seiscentas mil pessoas eram internadas e mais da metade da população ainda não era contemplada com coleta de esgoto sanitário, fica claro o avanço obtido no setor de saneamento, ainda que distante do esperado.

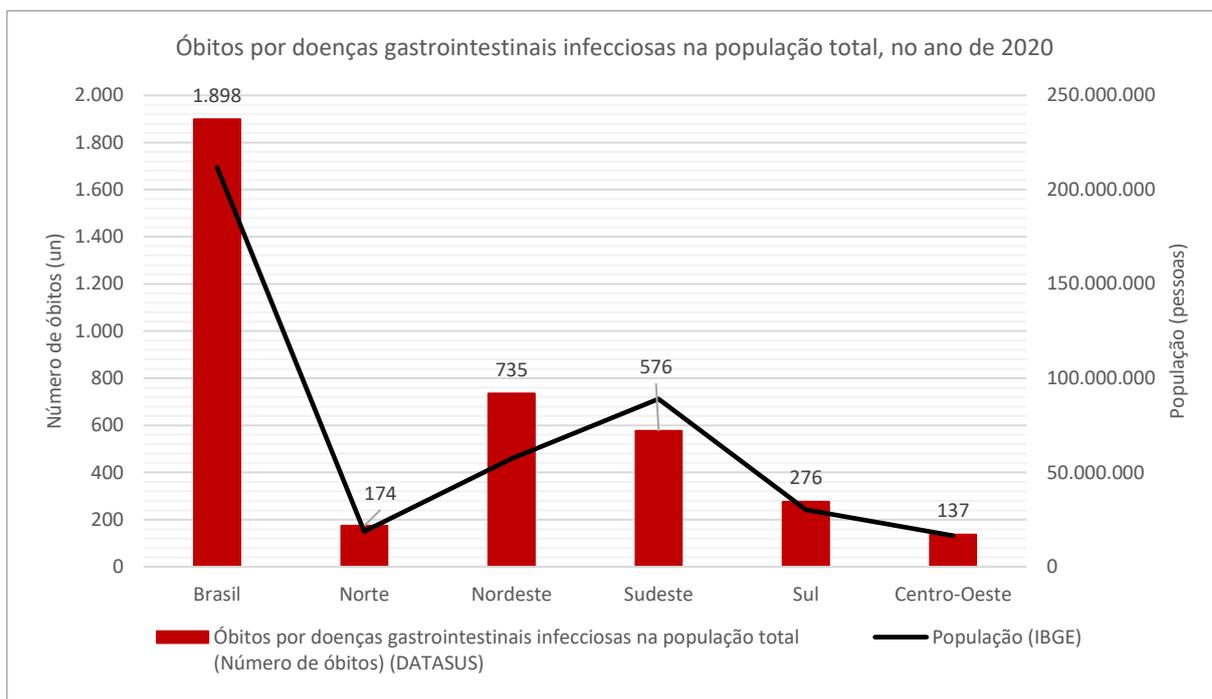
Figura 1 - Internações por doenças associadas à falta de saneamento no Brasil em comparação à parcela da população sem acesso ao serviço de coleta de esgoto.



Fonte: Instituto Trata Brasil (2022).

O Plano Saneamento Brasil supracitado também apresenta dados referentes a óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas por região brasileira, no ano de 2020. Fazem parte do Grupo de doenças infecciosas intestinais a cólera, febre tifoide e paratifoide, infecções intestinais bacterianas, intoxicações alimentares bacterianas, amebíases, doenças intestinais por protozoários, doenças intestinais virais e as não especificadas, e diarreias e gastroenterite de origem infecciosa presumível (OMS, 1985; OMS, 1987 apud FUNASA, 2010). Comparando os óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas com a estimativa populacional do mesmo ano, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), ficam evidenciadas as regiões Nordeste e Sudeste como sendo as mais afetadas no ano de 2020, apresentando, respectivamente, 39% e 30% mais óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas quando comparadas com o restante das regiões do Brasil (Figura 2).

Figura 2 - Óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas na população total, no ano de 2020.



Fonte: Instituto Trata Brasil (2022); IBGE (2020).

Tendo em vista as consequências que a falta de saneamento básico pode causar, a Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020b), de 15 de julho de 2020, responsável por atualizar o Marco Legal do Saneamento Básico, o define como sendo:

I - Saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável (...);
- b) esgotamento sanitário (...);
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (...); e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (...);

(BRASIL, 2020b)

Sendo assim, é de consenso global que a saúde é o fator central para a segurança e desenvolvimento humano. Ainda assim, a natureza da vulnerabilidade associada a processos danosos de longo prazo, como riscos ambientais relacionados ao aumento de resíduos e esgotos gerenciados de forma inadequada, tem sido subestimada e menos priorizada pelos gestores urbanos e, simultaneamente, menos compreendida e estudada pelos especialistas (SINGH, 2008). A adequação e não só a existência dos serviços é fundamental para garantir condições dignas de habitação, preservação do meio ambiente e redução da incidência de uma série de doenças (IBGE, 2017b).

#### 4.1.1. Esgotamento sanitário

Esgoto sanitário é, essencialmente, a água de abastecimento de uma comunidade após o seu uso em uma variedade de aplicações, contendo constituintes que, sem tratamento, a tornam imprópria para a maioria dos usos (TCHOBANOGLIOUS et al., 2016). Como o próprio nome indica, o esgoto fresco é a fase após os resíduos sólidos e líquidos serem adicionados à água, produzindo água residual. Esse esgoto contém oxigênio dissolvido e permanece fresco tanto tempo quanto existir a decomposição aeróbia (MENDONÇA; MENDONÇA, 2016). Quando esgoto bruto se torna séptico, a decomposição do material orgânico nele contido leva a condições desagradáveis, incluindo a produção de gases com maus odores (TCHOBANOGLIOUS et al., 2016).

Em suma, a caracterização do esgoto é feita em função do uso ao qual a água foi submetida, podendo variar de acordo com os hábitos da população, com o clima, com a temperatura, dentre outros fatores. Conforme Mendonça & Mendonça (2016), a composição e a concentração dos componentes dos despejos domésticos dependem fortemente das condições socioeconômicas da população, assim como da existência do lançamento de efluentes industriais na rede de esgotamento. Por essas razões, a imediata e segura remoção de esgotos de suas fontes de geração, seguida de tratamento, reuso ou disposição final é necessária para a proteção da saúde pública e do meio ambiente (TCHOBANOGLIOUS et al., 2016).

Sendo assim, o novo Marco Legal do Saneamento inclui na definição de esgotamento sanitário a necessidade de uma destinação final correta ou lançamento adequado no meio ambiente:

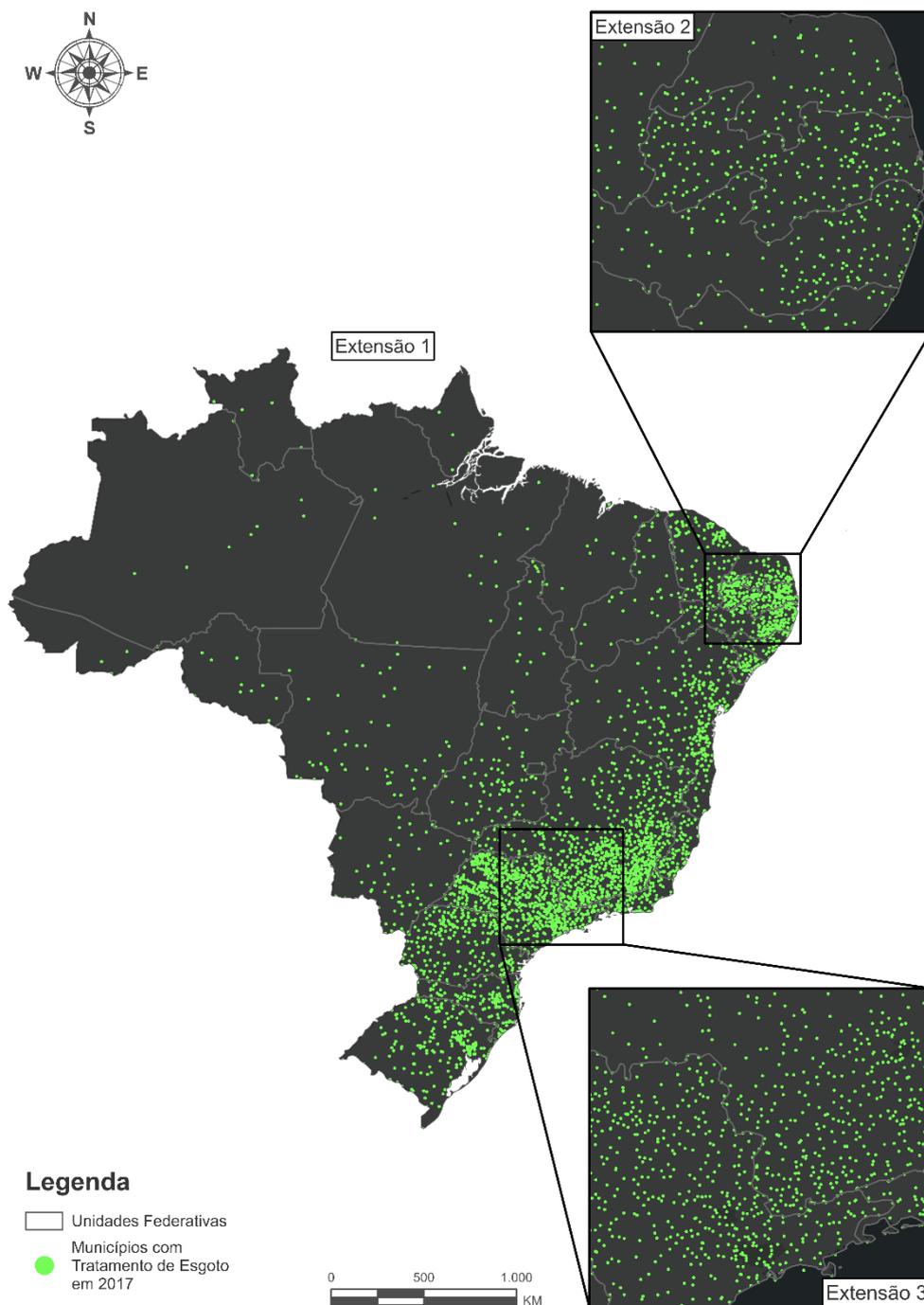
(...) constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente.

(BRASIL, 2020b)

Para que esse objetivo seja atendido, é necessário que a população obtenha acesso à coleta e transporte do esgoto sanitário produzido em suas residências à destinação correta. Entretanto, conforme dados obtidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do ano de 2020 (SNIS, 2020b), a média brasileira de atendimento total de esgoto é de 55%, sendo que desta apenas 50,8% do esgoto gerado é tratado.

Como exemplo, no mapa apresentado pela Figura 3 é possível visualizar a quantidade de municípios que possuem tratamento de esgoto no Brasil. Enquanto regiões como Sudeste e Nordeste se destacam pelo quantitativo de estações de tratamento de esgoto em suas localidades, a região Norte não é tão favorecida.

Figura 3 - Quantidade de municípios com estações de tratamento de esgoto.



Fonte: da autora.

#### **4.1.2. Déficit de acesso a esgotamento sanitário**

A adequação, e não só a existência dos serviços é fundamental para garantir condições dignas de habitação, preservação do meio ambiente e redução da incidência de uma série de doenças (IBGE, 2017). Conforme o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) de 2017, as soluções sanitárias relacionadas aos padrões brasileiros de qualidade do atendimento a serviços de esgotamento sanitário, são divididas em três grupos: atendimento adequado, atendimento precário, e sem atendimento.

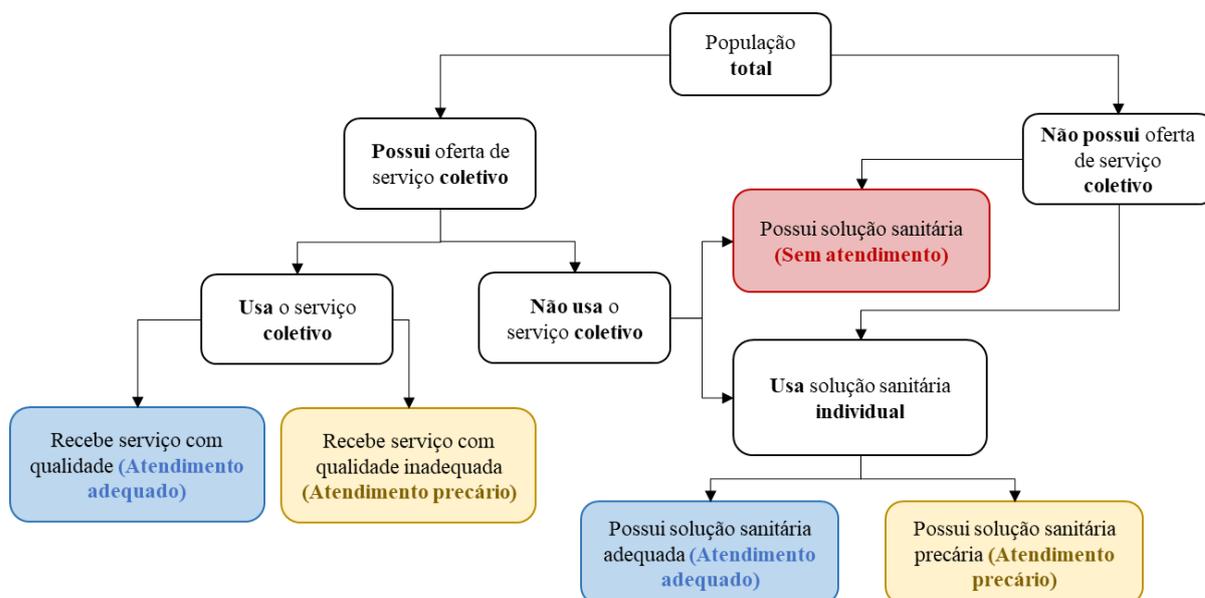
Por atendimento adequado entende-se que a população recebe o serviço de esgotamento sanitário com qualidade e possui uma solução sanitária adequada. Ou seja, possui acesso à coleta de esgotos, seguida de tratamento, utiliza fossa séptica com pós-tratamento, ou ainda faz uso de alguma unidade de disposição final, adequadamente projetada e construída.

Em contrapartida, caso a população possua coleta de esgotos sem tratamento posterior, ou faz uso de fossa rudimentar, entende-se que a população recebe um atendimento precário. Nesse caso, a população recebe um serviço com qualidade inadequada e possui solução sanitária precária.

Já por sem atendimento, entende-se a população que não é contemplada com nenhuma das situações supracitadas e que se adotam práticas de esgotamento sanitário consideradas inadequadas. Como exemplo, o PLANSAB (2017) destaca: ausência de banheiro ou sanitário; fossas rudimentares; lançamento direto de esgoto em valas, rio, lago, mar ou outra forma pela unidade domiciliar; entre outros.

Sendo assim, conforme apresentado na Figura 4, o déficit de saneamento básico é caracterizado pela combinação de parte da população com atendimento adequado, com parte da população com atendimento precário ou sem atendimento. A solução sanitária ofertada pode ser a de serviço coletivo, com qualidade adequada ou inadequada; ou individual, com solução adequada ou precária.

Figura 4 - Déficit em saneamento básico.



Fonte: Adaptado de PLANSAB (2017).

É importante ressaltar, no entanto, que o déficit em saneamento básico no Brasil não contempla somente a infraestrutura implantada e a qualidade dos serviços ofertados ou da solução empregada, mas também contempla os aspectos socioeconômicos e culturais do local. De acordo com o Programa Nacional de Saneamento Rural (BRASIL, 2019), a presença e aceitação dos banheiros, por exemplo, estão relacionadas a questões culturais e ressaltadas pela disponibilidade hídrica. Enquanto há locais em que a defecação a céu aberto é vista com naturalidade, em outros a falta de água e de sanitários adequados deixam claro os problemas sociais e estruturais que resultam na sua ocorrência. Uma boa gestão dos sistemas de saneamento básico é fundamental para atrair a confiança da população às soluções de esgotamento, bem como para viabilizar o bom funcionamento e manutenção das estruturas.

#### 4.1.3. Gestão dos sistemas de saneamento básico

A Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020b), define como instrumentos da gestão do saneamento básico o planejamento, a regulação, a fiscalização, a prestação dos serviços e o controle social. Conforme SNIS (2020a),

- Planejamento: Identifica, quantifica, qualifica, organiza e orienta ações (públicas e privadas) da prestação dos serviços de forma adequada e orienta

a fiscalização e a regulação das atividades definidas em planos de saneamento.

- Regulação: Define normas (padrão de qualidade dos serviços, direitos e deveres de usuários e prestadores) e metodologia de cálculo de tarifas e outros preços públicos.
- Fiscalização: Acompanha, de forma contínua, a qualidade, o desempenho e a adequação dos serviços regulados às resoluções e normas vigentes.
- Prestação dos serviços: Atendimento aos usuários adequado a características e padrões definidos por legislação, planejamento ou regulação.
- Controle social: Acesso dos usuários a informações e representação em órgãos consultivos da formulação, planejamento e avaliação da política de saneamento.

(SNIS, 2020a)

As diretrizes nacionais do saneamento básico, elaboradas pela União sob coordenação do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), são orientadas pelo PLANSAB. O PLANSAB abrange o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e o manejo de águas pluviais na proposição de objetivos e metas nacionais e regionalizadas, de curto, médio e longo prazos, para a universalização dos serviços de saneamento básico com horizonte de até 2033.

A titularidade dos serviços públicos de saneamento básico é exercida pelos municípios e Distrito Federal, no caso de interesse local, e pelo Estado, em conjunto com os Municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais, no caso de interesse comum, que incluem instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões (BRASIL, 2007). Sendo assim, o titular é responsável pela elaboração dos planos de saneamento básico, onde devem constar o estabelecimento de metas, indicadores de desempenho e mecanismos de aferição de resultados, que por sua vez devem estar em conformidade com os objetivos e metas especificadas no PLANSAB.

A ausência de regulação cria uma situação na qual os operadores se autorregulam, não se sujeitando a nenhum tipo de sanção pelo não cumprimento das metas estabelecidas, o que propicia gestões ineficientes e o comprometimento da qualidade dos serviços, com consequências danosas aos usuários e a toda a sociedade (PEROSA, 2002).

O titular dos serviços de saneamento básico é também responsável por definir a entidade responsável pela regulação e fiscalização desses serviços, independentemente da modalidade de sua prestação. Essa entidade será incumbida da verificação do cumprimento dos planos de

saneamento por parte dos prestadores de serviços, na forma das disposições legais, regulamentares e contratuais. A regulação da prestação dos serviços públicos de saneamento básico poderá ser delegada pelos titulares a qualquer entidade reguladora, e o ato de delegação explicitará a forma de atuação e a abrangência das atividades a serem desempenhadas pelas partes envolvidas (BRASIL, 2007).

A entidade reguladora editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços públicos de saneamento básico, respeitando as diretrizes determinadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), que abrangerão, pelo menos, os seguintes aspectos:

- I - padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços;
- II - requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas;
- III - as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos;
- IV - regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão;
- V - medição, faturamento e cobrança de serviços;
- VI - monitoramento dos custos;
- VII - avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados;
- VIII - plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação;
- IX - subsídios tarifários e não tarifários;
- X - padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação;
- XI - medidas de segurança, de contingência e de emergência, inclusive quanto a racionamento;
- XIII - procedimentos de fiscalização e de aplicação de sanções previstas nos instrumentos contratuais e na legislação do titular; e
- XIV - diretrizes para a redução progressiva e controle das perdas de água.

(BRASIL, 2020b)

O cumprimento das metas de universalização e não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento deverá ser verificado anualmente pela agência reguladora. Esses são observados em um intervalo dos últimos 5 (cinco) anos, nos quais as metas deverão ter sido cumpridas em, pelo menos, 3 (três), e a primeira fiscalização deverá ser realizada apenas ao término do quinto ano de vigência do contrato

No que diz respeito à prestação de serviços públicos de saneamento básico, esta observará o plano de saneamento, que poderá ser específico para cada serviço, para execução de suas atividades, e terá sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços. Conforme ANA (2017), a organização dos serviços de esgotamento

sanitário no município pode ser realizada de forma indireta, quando ocorre a delegação da prestação dos serviços para autarquia municipal, companhia estadual ou concessionária privada, ou de forma direta, sem prestador de serviço institucionalizado.

Por fim, para compor o controle social dos serviços públicos de saneamento básico, pode ser incluída a participação de órgãos colegiados de caráter consultivo, nacional, estaduais, distrital e municipais, em especial o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). De acordo com Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010 (BRASIL, 2010), compete ao titular dos serviços formular a respectiva política pública de saneamento básico, devendo estabelecer mecanismos de controle social, tais como: debates e audiências públicas, consultas públicas, conferências das cidades ou participação de órgãos colegiados de caráter consultivo na formulação, planejamento e avaliação da política de saneamento básico.

Algumas das principais políticas públicas de saneamento básico serão dissertadas a seguir com o intuito de fornecer uma visão histórica da evolução dos sistemas de gestão, assim como fornecer uma contextualização da importância e relevância da utilização de métodos de avaliação dos serviços de esgotamento sanitário e seu impacto em aspectos sociais e econômicos da população.

#### **4.1.3.1. Políticas públicas de saneamento básico**

A segunda metade da década de 1960 foi marcada pela entrada do setor de saneamento na agenda política nacional. Em busca de propiciar o abastecimento de água à população urbana, no ano de 1967 foi promulgada a Lei Federal nº 5.318, de 26 de setembro de 1967 (BRASIL, 1967), que instituiu a Política Nacional de Saneamento (PNS) e criou o Conselho Nacional de Saneamento (CONSANE), que colocou pela primeira vez o setor ligado a questões de saúde pública, após selecionar o Ministério da Saúde como um dos representantes do Conselho.

De acordo com a Lei supracitada, foi instituído que a Política Nacional de Saneamento será composta por um conjunto de diretrizes administrativas e técnicas destinadas a fixar a ação governamental no campo do saneamento, enquanto o CONSANE, por sua vez, deverá exercer as atividades de planejamento, coordenação e controle da Política Nacional de Saneamento (BRASIL, 1967). Como uma forma de acompanhar a evolução e permitir avaliar a oferta e a qualidade dos serviços prestados, foi realizado em 1974, através de convênio celebrado entre o Ministério da Saúde e o IBGE, o primeiro levantamento sobre saneamento básico no Brasil,

cabendo ao IBGE a responsabilidade pela operação de coleta (IBGE, 2022). Este acontecimento deu início a investigações e planejamentos que antecederam a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), reformulada e oficializada no ano 2000, a partir do convênio entre Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), Fundação Nacional de Saúde (FUNASA)<sup>1</sup>, e Caixa Econômica Federal (CAIXA).

Com o intuito de apoiar programas e políticas de habitação e de saneamento básico, em 1969 foi criado o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS). Como principal programa do SFS, o governo brasileiro instituiu o Decreto Federal nº 82.587, de 6 de novembro de 1978 (BRASIL, 1978), que trata de aspectos relacionados ao Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e que constituiu um modelo de gestão centralizado de política de abastecimento urbano de água e esgoto (FARIA; FARIA, 2004; MUÑOZ, 2000). O PLANASA tinha como meta alcançar até o ano de 1980 no mínimo 80% da população urbana com água potável e 50% desta população com os serviços de coleta e tratamento de esgoto (AMBIENTAL, 2008; BRASIL, 2008).

Tendo em vista que muitos municípios não tinham capacidade de implantar a infraestrutura necessária e operá-la posteriormente, Companhias de Saneamento Básico constituídas pelos Governos Estaduais (CESB'S) foram criadas (BRASIL, 1978; SOUSA; COSTA, 2016). Em convênio com o Banco Nacional da Habitação (BNH)<sup>2</sup>, as CESB'S estabeleceram as condições de execução do Plano, nos respectivos Estados, observados os objetivos e metas fixados pelo Governo Federal (BRASIL, 1978; MOREIRA, 1996; SOUSA; COSTA, 2016). O BNH, órgão responsável pela administração do SFS, detinha como uma de suas responsabilidades a realização de empréstimos com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) para financiamento de parte dos investimentos para saneamento, conforme Decreto-Lei nº 949, de 13 de outubro de 1969 (BRASIL, 1969).

Conforme o Art. 3º do Decreto Federal nº 82.587, de 6 de novembro de 1978, o PLANASA tem por objetivos permanentes:

- a) a eliminação do déficit e a manutenção do equilíbrio entre a demanda e a oferta de serviços públicos de água e de esgotos, em núcleos urbanos, tendo por base planejamento, programação e controle sistematizados:

---

<sup>1</sup> Instituída a partir do Decreto nº 100, de 16 de abril de 1991, a FUNASA, vinculada ao Ministério de Saúde, possui como finalidade a implementação de atividades para o controle de doenças e de outros agravos à saúde, o apoio à implementação e operacionalização de sistema e serviços locais de saúde e saneamento, entre outros.

<sup>2</sup> O BNH foi criado através da Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, com a missão de implantar uma política de desenvolvimento urbano e extinto em 1986, através do Decreto-Lei nº 2.291, de 21 de novembro de 1986, por incorporação à Caixa Econômica Federal (CEF).

b) a autossustentação financeira do setor de saneamento básico, através da evolução dos recursos a nível estadual, dos Fundos de Financiamento para Água e Esgotos (FAE);

c) a adequação dos níveis tarifários às possibilidades dos usuários, sem prejuízo do equilíbrio entre receita e custo dos serviços, levando em conta a produtividade do capital e do trabalho;

d) o desenvolvimento institucional das companhias estaduais de saneamento básico, através de programas de treinamento e assistência técnica;

e) a realização de programas de pesquisas tecnológicas no campo do saneamento básico.

(BRASIL, 1978)

Conforme indica Pagnoccheschi (2000), em virtude dos objetivos supracitados, o PLANASA privilegiou o financiamento de sistemas de abastecimento de água e de sistemas de coleta e afastamento de esgotos, representando um enorme avanço em termos de atendimento às necessidades sanitárias da população. No que se refere ao esgotamento sanitário, o autor indica que a população beneficiada saltou de 6,1 milhões para 17,4 milhões. Entretanto, foi também responsável pelo surgimento de enormes empresas estaduais de prestação de serviços de saneamento e pelo aumento extraordinário da carga de efluentes domésticos, uma vez que muitos sistemas de coleta e afastamento de esgotos foram implantados, sem que se tenha investido o suficiente para o financiamento de obras de tratamento de esgotos.

Na década de 1980, sucedeu o esgotamento das fontes de financiamento, paralelamente ao término das carências dos empréstimos obtidos nos anos anteriores, e do aumento das despesas de amortizações e dos encargos financeiros das dívidas (TUROLLA, 2002). Junto a esse momento, a Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, trouxe um maior detalhamento, com mecanismos de formulação e aplicação, para a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), constituindo, entre outras providências, o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

Como consequência da instabilidade financeira do momento, o Decreto-Lei nº 2.291, de 21 de novembro de 1986, instituiu a extinção do BNH, por incorporação à Caixa Econômica Federal (CEF). Na década de 90, por meio do Decreto Federal nº 99.240, de 7 de maio de 1990, foi extinto o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), órgão responsável pela execução do PLANASA junto ao BNH, o que acabou por encaminhar o encerramento do Plano Nacional de Saneamento (COSTA; PIEROBON; SOARES, 2018).

A extinção do PLANASA foi caracterizada por uma desestruturação nas bases do modelo, provocada por fatores como: o desequilíbrio financeiro proveniente da inadimplência das

CESB's; a não-adesão ao modelo por alguns municípios de porte médio das Regiões Sul e Sudeste; a redução das transferências a fundo perdido da União para o SFS; e os problemas de manutenção das tarifas em valores reais (FARIA; FARIA, 2004).

A Reforma Constitucional de 1988 e sua ênfase na descentralização tornaram o PLANASA obsoleto e criaram uma considerável demanda por regulamentação no setor de saneamento, uma vez que o documento constitucional foi marcado pela definição difusa da titularidade, do gerenciamento de recursos hídricos, das concessões e das permissões de serviços públicos, entre outros. Na formulação das políticas de saneamento pelo governo brasileiro, a partir dos anos 1990, como é o caso da Lei de Concessão<sup>3</sup>, passou a ser proposto que o Estado não mais provesse diretamente esses serviços, mas que também e, principalmente, o fizesse por meio da iniciativa privada (COSTA, 2003).

Após quase duas décadas de discussão em torno de uma estrutura institucional para a regulação do setor de saneamento, em janeiro de 2007 foi legitimado o marco regulatório do setor, através da Lei Federal nº 11.445, também conhecida como a Lei Nacional do Saneamento Básico (LNSB). A LNSB estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, entre os quais, a universalização do acesso e a eficiência e sustentabilidade econômica e ambiental. Conforme Madeira (2010), tais princípios, se seguidos corretamente, podem guiar uma política de saneamento básico segura para a população e para as empresas privadas.

A saber, a LNSB entende por saneamento básico e por serviços que englobam esse tema o seguinte:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

---

<sup>3</sup> Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

(BRASIL, 2007)

Como titulares dos serviços públicos de saneamento básico tem-se os Municípios e o Distrito Federal, sendo que este último, sob coordenação do Ministério das Cidades, deverá elaborar um Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB) que contenha:

a) os objetivos e metas nacionais e regionalizadas, de curto, médio e longo prazos, para a universalização dos serviços de saneamento básico e o alcance de níveis crescentes de saneamento básico no território nacional, observando a compatibilidade com os demais planos e políticas públicas da União;

b) as diretrizes e orientações para o equacionamento dos condicionantes de natureza político-institucional, legal e jurídica, econômico-financeira, administrativa, cultural e tecnológica com impacto na consecução das metas e objetivos estabelecidos;

c) a proposição de programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas da Política Federal de Saneamento Básico, com identificação das respectivas fontes de financiamento;

d) as diretrizes para o planejamento das ações de saneamento básico em áreas de especial interesse turístico;

e) os procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações executadas;

(BRASIL, 2007)

Ademais, a PNSB institui o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), sistema que publicará de forma acessível, por meio da internet, dados e estatísticas relativas às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, que sejam relevantes para a caracterização da demanda e da oferta por estes (BRASIL, 2007).

Conforme o Ministério de Desenvolvimento Regional (2020), “o trabalho que o SNIS desenvolve desde 1996 foi institucionalizado pela Lei Federal nº 11.445/2007 com a criação do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA)” e, portanto, o SINISA é tido como a evolução do SNIS. A metodologia de coleta e análise das informações do SINISA é similar à do SNIS, porém com maior abrangência devido à inclusão de gestores públicos dos

serviços e entidades reguladoras. Ressalta-se que este Sistema amplia a abrangência de informações associadas à gestão dos serviços de saneamento básico, tais como planejamento, prestação de serviços, fiscalização e regulação.

O Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010 (BRASIL, 2010), que regulamenta a Lei Federal nº 11.445/2007, ratifica a exigência de um Plano de Saneamento Básico e determina a publicação deste como uma condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico.

Estabelece, também, a elaboração do PNSB, por parte da União, com horizonte de vinte anos e revisão a cada quatro anos. De acordo com a legislação supracitada, a elaboração e revisão dos planos de saneamento básico deverão garantir a ampla participação das comunidades, dos movimentos e das entidades da sociedade civil. Para isso, deve-se prever, no mínimo, as fases de divulgação, recebimento de sugestões e críticas por meio de consulta ou audiência pública, e, quando cabível, análise e opinião por órgão colegiado. A partir do que for especificado no plano de saneamento ou no eventual plano específico, será feita a delegação de serviço de saneamento básico (BRASIL, 2010).

Ademais, o Decreto ratifica o apoio da União à população rural dispersa e a população de pequenos núcleos urbanos isolados na contenção, preservação e utilização de águas pluviais para o consumo humano e para a produção de alimentos destinados ao autoconsumo, aspectos ainda não abordados em legislações anteriores. O Decreto Federal nº 7.217/2010 ainda discorre sobre outros pontos relevantes, como: serviços públicos de saneamento, desde suas diretrizes ao planejamento e regulação destes; e licenciamento ambiental, que atribui à autoridade ambiental o estabelecimento de metas progressivas para o atendimento dos padrões das classes dos corpos hídricos receptores de efluentes provenientes de unidades de tratamento de esgotos sanitários (BRASIL, 2010).

A Política Federal de Saneamento Básico, que consiste em um conjunto de planos, programas, projetos e ações promovidos por órgãos e entidades federais, conforme previamente estabelecido pela LNSB, é complementada neste Decreto com a inclusão de diretrizes que norteiam sua atuação. A alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou com recursos geridos ou operados por órgãos ou entidades da União ficam atrelados ao previsto nos planos de saneamento básico e condicionados a aspectos como o alcance de índices mínimos de eficiência e eficácia dos serviços, ao longo da vida útil do

empreendimento, e adequada operação e manutenção dos empreendimentos anteriormente financiados com tais recursos mencionados (BRASIL, 2010).

Tendo em vista a Lei Federal nº 11.445/2007, em 2013 foi publicado o Decreto nº 8.141 (BRASIL, 2013), de 20 de novembro de 2013, que aborda a publicação do PNSB e institui o Grupo de Trabalho Interinstitucional de Acompanhamento de sua implementação. Neste Plano, destacaram-se cinco dimensões de monitoramento e avaliação:

- acompanhamento quali-quantitativo do cenário futuro proposto a partir de indicadores integrantes dos condicionantes críticos;
- acompanhamento das metas estabelecidas para os 23 indicadores determinados, contando com o apoio do SINISA, integração com pesquisas do IBGE, censos demográficos, PNSB e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD);
- desenvolvimento de um modelo de integração de indicadores auxiliares, de forma a determinar a relações entre eles e entender possíveis desconformidades do alcance de metas estabelecidas;
- observância das macrodiretrizes e estratégias na execução da política nacional de saneamento básico, por parte da equipe encarregada do monitoramento e avaliação a partir da realização de relatórios periódicos;
- acompanhamento da execução dos programas previstos, promovendo-se os devidos ajustes em cenários, metas, macrodiretrizes, estratégias, programas e ações, onde pertinente e desde que justificáveis.

Visando fomentar ainda mais as ações de saneamento básico, no ano de 2019 foi criado o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). O MDR foi constituído com o objetivo de integrar as diversas políticas públicas de infraestrutura urbana e de promoção do desenvolvimento regional e produtivo, de forma a apoiar os municípios brasileiros na melhoria da qualidade de vida da população.

No ano seguinte, com a Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020b), de 15 de julho de 2020, mudanças tomaram a frente do saneamento no Brasil. A Lei supracitada foi sancionada com a principal função de atualizar o marco legal do saneamento básico e alterar as seguintes leis já aplicáveis anteriormente:

Art. 1º Esta Lei atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 , para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para instituir normas de referência para a regulação dos

serviços públicos de saneamento básico, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003 , para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005 , para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal , a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 , para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 , para tratar de prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação a unidades regionais, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017 , para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

(BRASIL, 2007)

Uma das principais modificações da nova Lei se refere à ANA. Agora chamada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a Agência torna-se uma autarquia sob regime especial, vinculada ao MDR e integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Em sua lista de responsabilidades, similarmente às Medidas Provisórias nº 844 e nº 868 de 2018, acrescenta-se a instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.

Ressalta-se que, de acordo com o Art. 4º, § 1º, a ANA não ficará responsável pela regulação dos serviços públicos de saneamento básico, mas sim pela avaliação das melhores práticas regulatórias do setor, elaboração de normas e avaliação do cumprimento das normas de referência por parte das entidades responsáveis pela regulação e pela fiscalização dos serviços.

Outra das principais modificações do Novo Marco Legal do Saneamento se refere à possibilidade da concessão do serviço de saneamento básico para o setor privado. Conforme Ferreira et al. (2021), esta possibilidade provém de um contexto em que se buscou dar efetividade à prestação dos serviços por meio da universalização realizada, preferencialmente, pela iniciativa privada, dado que essa ação possui uma capacidade de investimento e de endividamento maior que a Administração Pública atualmente.

A dificuldade de alocação de recursos públicos diretamente para o desenvolvimento do sistema de saneamento e a infraestrutura necessária para operacionalizá-lo foram os fatores impulsionadores relacionados à entrada de capital privado no setor (FERREIRA; GOMES; DE ARAÚJO DANTAS, 2021). Isso decorre do fato de que a Lei Federal nº 14.026/2020 estipula até 2033 a meta de universalização do saneamento no Brasil, que garante o atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos.

Para viabilizar a meta, a principal medida adotada é a obrigatoriedade de haver concorrência nas contratações de serviços na área, o que abre caminho para o aumento da participação da iniciativa privada no setor (ROUBICEK, 2020).

Tendo em vista que o saneamento básico é definido constitucionalmente como um serviço público, o Poder Público pode prestá-lo diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, conforme Art. 175 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988). Com relação a isso, Leite (2021) afirma que o Novo Marco Legal do Saneamento ignora a possibilidade da prestação direta do serviço de saneamento e busca inviabilizar a atuação estatal no setor, privilegiando, dessa forma, a concessão para o setor privado.

Outra modificação realizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento foi o estabelecimento, por parte da união, de blocos de referência para a prestação regionalizada dos serviços públicos de saneamento básico, de forma subsidiária aos Estados (BRASIL, 2020b). Conforme seu Art. 3º, blocos de referência são agrupamento de Municípios, não necessariamente limítrofes, constituídos com o intuito de promover a regionalização dos serviços de saneamento e a obtenção da sustentabilidade econômico-financeira do bloco.

Conforme o Ministério do Desenvolvimento Regional (REGIONAL, 2020), o modelo de integração com prestação regionalizada dos serviços possibilita, por meio de licitação, a contratação, de forma coletiva, por grupos ou blocos de municípios. Dessa forma, é possível promover ganhos de escala e viabilidade técnica e econômico-financeira em municípios que se caracterizam por poucos recursos para investimentos, ausência de cobertura de saneamento e baixa sustentabilidade da prestação dos serviços.

## **4.2. AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO**

Para o acompanhamento e validação das metas de universalização do saneamento no Brasil estipuladas para o ano de 2033, podem ser utilizadas ferramentas que disponibilizam dados brutos, provenientes dos prestadores de serviço de saneamento dos municípios, que posteriormente são agregados na forma de indicadores, bem como ferramentas que já oferecem indicadores elaborados e aplicados para uma situação específica, sendo possível replicá-los para situações análogas. Como exemplo de ferramenta, tem-se o SNIS, principal e mais utilizado sistema; a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNQS), realizado pelo IBGE; e os

Relatórios Anuais e Guias Técnicos da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal (ERSAR).

Os indicadores fornecidos por tais ferramentas permitem aos órgãos gestores o mapeamento de riscos e verificação dos controles utilizados pelos prestadores, além de indicar melhorias nos processos que poderão ser adotadas por estes, classificando-os conforme seu nível de representatividade (AGIR, 2018).

Cada indicador contribui para a quantificação da qualidade dos serviços sob um determinado ponto de vista, numa dada área e durante um determinado período. Assim, avaliá-los permite identificar e disseminar as melhores práticas, efetuar a comparação dos resultados, podendo induzir a melhoria da eficiência, a partir do momento em que cada prestador buscar o progresso constante de seus indicadores.

#### **4.2.1. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**

Concebido pelo Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) em 1996, o SNIS vem sendo desenvolvido e administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNS) do Ministério das Cidades. Conta com um banco de dados completo, reunindo informações de caráter operacional, gerencial, financeiro e de qualidade, sobre a prestação de serviços de água e de esgotos e sobre os serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos (REGIONAL, 2022).

Por ser um sistema cujo acesso à informação é fácil, público e gratuito, o SNIS se tornou um norteador de atividades como planejamento e gestão do setor, formulação e execução de políticas públicas e programas, definição e monitoramento de metas, orientação atividades regulatórias e avaliação do desempenho dos serviços prestados (SNIS, 2021).

Os dados publicados no SNIS são atualizados anualmente para uma amostra de prestadores de serviços do Brasil e as informações e indicadores são consolidados em três módulos (SNIS, 2021):

- Água e Esgoto – dados desde 1995;
  - Água: Dados da prestação de serviços deste componente do saneamento básico em ambientes urbanos, tais como população atendida por rede de água, ligações

- ativas, volume de água consumido, perdas de água, situação econômico-financeira dos prestadores e investimentos;
- Esgoto: Dados da prestação de serviços deste componente do saneamento básico em ambientes urbanos, tais como população atendida por redes de esgoto, ligações ativas, volumes coletados e tratados, situação econômico-financeira dos prestadores e investimentos.
- Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – dados desde 2002;
  - Dados da prestação de serviços deste componente do saneamento básico em ambientes urbanos, tais como órgãos gestores, cobertura da coleta regular, destinação final (lixões, aterros controlados, aterros sanitários), coleta seletiva e desempenho financeiro;
- Drenagem e Manejo das Águas – dados desde 2015;
  - Dados da prestação de serviços deste componente do saneamento básico em ambientes urbanos, tais como titularidade do serviço, cobrança, infraestrutura, gestão de riscos e dados financeiros e operacionais.

Para a coleta dos dados, os formulários eletrônicos são disponibilizados aos prestadores de serviços após o fechamento dos balanços das empresas do setor. Ressalta-se que a participação dos municípios/prestadores de serviços é critério de seleção, hierarquização e liberação de recursos financeiros pelos programas de investimentos em saneamento.

Após o envio dos dados pelos prestadores de serviços ao SNIS, é efetuada uma análise de consistência, com testes automáticos e manuais que orientam a fase de revisão e correções que resultam na versão preliminar dos dados do SNIS. A geração das versões finais das planilhas de informações e dos indicadores é realizada, dando início à produção dos materiais de publicação, validação pela SNS e publicação dos materiais produzidos no site oficial.

De maneira geral, são produtos SNIS os seguintes:

- Diagnósticos: executado um conjunto de 4 publicações contínuas dos Diagnósticos Temáticos da Prestação dos Serviços de Saneamento Básico, por componente. São elas: a Visão Geral, Gestão Administrativa e Financeira, Gestão Técnica e Infraestrutura;
- Cadernos Temáticos: de forma visual e objetiva, possui como objetivo apresentar informações do setor saneamento;
- Panorama do saneamento: possui como objetivo permitir o acompanhamento sistemático da situação do saneamento básico em escala nacional, bem como

disponibilizar para os gestores e a sociedade uma visão integrada dos dados do SNIS (SNIS, 2021);

- Série Histórica: programa web que permite consultar as informações e os indicadores do SNIS em seus componentes, desde os primeiros anos de coleta até o atual, permitindo também o cruzamento dos dados para melhor compreensão e avaliação do setor de saneamento (MDR, 2022).

De acordo com MDR (2022), os dados do SNIS são agrupados em três bases, no caso do componente Água e Esgoto: dados agregados, dados desagregados e dados municipais; e em uma base, no caso do componente Resíduos Sólidos Urbanos: dados municipais.

Os dados agregados contêm as informações coletadas por meio dos formulários específicos e campo corresponde ao conjunto de municípios atendidos por um determinado prestador, seja ele de abrangência local ou regional e microrregional.

Os dados desagregados contêm as informações preenchidas pelos prestadores de serviços em formulários específicos para dados desagregados, e corresponde ao valor individual de cada campo, para cada município atendido. Este formato se aplica aos prestadores de serviços de abrangência regional e microrregional.

Por fim, os dados municipais correspondem às informações de cada município, independentemente de quem seja(m) o(s) prestador(es) de serviços. As informações deste grupo têm como base as informações fornecidas pelo(s) prestador(es) de serviços e, no caso do componente Água e Esgotos, não são coletadas diretamente, mas sim consolidadas a partir dos grupos anteriores.

A pesquisa de dados de Água e Esgotos do SNIS pode ser feita a partir de 6 lógicas distintas:

- Informação e indicadores agregados - tem como base os dados agregados dos prestadores de serviços;
- Informação e indicadores desagregados - tem como base os dados desagregados dos prestadores de serviços;
- Prestadores que responderam apenas pesquisas simplificadas - inclui os prestadores de serviços que responderam pesquisas simplificadas, ou seja, não possuem sistema público de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário.;
- Delegação e atendimento dos municípios dos prestadores regionais e microrregionais - fornece informações apenas sobre a delegação dos serviços de abastecimento de água

e/ou esgotamento sanitário por parte dos prestadores de serviços de abrangências regional e microrregional.;

- Agrupamento dinâmico de indicadores e informações agregadas por ano de referência - permite agrupar dinamicamente os dados agregados para cada ano de referência;
- Agrupamento dinâmico de indicadores e informações desagregadas por ano de referência - permite agrupar dinamicamente os dados, só que os desagregados, para cada ano de referência.

A partir das informações coletadas, são calculados e disponibilizados os indicadores que, no caso do componente Água e Esgotos, compõem as seguintes famílias: Econômico-financeiros e administrativos; Operacionais – água; Operacionais – esgotos; Contábeis; e Qualidade.

#### **4.2.2. Prêmio Nacional de Saneamento Básico (PNQS)**

O PNQS foi instituído em 1997 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES) com a finalidade de reconhecer as empresas do setor que se distinguem pela boa gestão dos serviços de saneamento. Sendo assim, ele avalia a gestão da organização em quatro categorias, permitindo um diagnóstico objetivo e medição da maturidade da gestão, são elas:

- **AMEGSA - As Melhores em Gestão no Saneamento Ambiental**
  - É a principal categoria do PNQS.
  - Permite o diagnóstico objetivo e a medição da maturidade da gestão do sistema de gestão completo da organização.
  - Utiliza o MEGSA – Modelo de Excelência em Gestão do Saneamento Ambiental.
  - São quatro níveis de avaliação (nível B, I, II e III), com seus respectivos reconhecimentos
- **IGS – Inovação da Gestão em Saneamento Ambiental**
  - Aborda uma prática de gestão específica e seus resultados.
  - Objetiva captar, reconhecer e disseminar boas práticas de gestão desenvolvidas nas organizações de saneamento ambiental.
- **PEOS – Eficiência Operacional no Saneamento Ambiental**
  - Aborda um programa específico de eficiência operacional
  - Objetiva Captar, reconhecer e disseminar programas exitosos de eficiência operacional com resultados comprovados.
- **SQFSA – Selo de Qualidade dos Fornecedores da Prestação de Serviços e Insumos de Saneamento Ambiental**

- Programa de desenvolvimento da gestão de fornecedores.
- Objetiva capacitar e reconhecer as organizações fornecedoras que se destacam na melhoria da gestão.

(PNQS, 2022)

Uma iniciativa do PNQS foi a criação do Guia de Referência para Medição do Desempenho (GRMD) com o intuito inicial de possibilitar verificar o desempenho das organizações participantes da avaliação externa nos ciclos de avaliação do prêmio (ABES, 2022). Com sua evolução, o GRMD tornou-se um instrumento que contribui para a implantação efetiva de um sistema de medição de desempenho, aplicável à gestão de todas as organizações de saneamento ambiental, iniciantes ou não.

Sendo assim, conforme ABES (2022), o objetivo do guia é o de fornecer às organizações, como referência, um conjunto de indicadores de desempenho atualizado, robusto, abrangente e alinhado às melhores práticas de gestão, para que os usuários possam acompanhar os resultados da gestão, considerando o atendimento às diversas partes interessadas do negócio.

O guia é composto por três blocos de informações:

- Lista de indicadores;
- Tabela detalhada de indicadores;
- Glossário do GRMD.

Os indicadores, por sua vez, são subdivididos em:

- Resultados econômico-financeiros;
- Resultados sociais e ambientais;
- Resultados relativos a clientes e ao mercado;
- Resultados relativos às pessoas;
- Resultados relativos a processos.

Nas tabelas detalhadas de indicadores, encontram-se informações como o nome do indicador, seu propósito, fórmula para cálculo, unidade, aspectos importantes a verificar, entre outros. Um exemplo de visualização da tabela detalhada de indicadores pode ver visualizada na Figura 5.

Figura 5 - Tabela detalhada de indicadores.

Tabela Detalhada de Indicadores do GRMD 2022

8.a ou 8.1 – Resultados econômico-financeiros																
NÍVEL				SNIS e outras referências	GRMD	PROPÓSITO	NOME DO INDICADOR	FÓRMULA (consulte o glossário para mais informações)	UNIDADE	SENTIDO	PERFIL					ASPECTOS IMPORTANTES A VERIFICAR
B	I	II	III								A	E	R	M	I	
O	O	O	O	IN012 EBS 09 ANA	IFn01	Desempenho financeiro <i>Medir a relação das despesas pelas receitas</i>	Índice de Desempenho financeiro	$\frac{FN08}{FN01+FN03+FN05} \times 100$ FN08 – Despesas totais com serviços FN01 – Receita operacional direta - água FN03 – Receita operacional direta - esgoto FN05 – Receita operacional direta - água exportada, bruta ou tratada	%	↘	A	E				(i) Valores das receitas indiretas (ii) Estrutura de custos praticada, com destaque para assegurar que: - os itens que compõem a DTS estão considerados; - composição do item "outras despesas"; - critérios de rateio das despesas contabilizadas nos escritórios regionais e na administração central (iii) Lei 14.026/20, demais leis e regulamentos
S	O	O	O	IN003	IFn03	Desempenho financeiro <i>Medir as despesas pelo volume faturado</i>	Despesas totais com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	$\frac{FN08}{SP20+SP79}$ FN08 – Despesas totais com serviços SP20 – Volume de água faturado SP79 – Volume de esgoto faturado	R\$/m <sup>3</sup>	↘	A	E				(i) Critérios adotados para estimar o volume de água faturado em ligações desprovidas de hidrômetro (ii) Critérios adotados para calcular o volume de esgoto faturado (iii) Nível de hidrometração (iv) os valores devem ser corrigidos monetariamente pelo IPCA (v) Lei 14.026/20, demais leis e regulamentos
S	S	O	O		IFn04	Desempenho financeiro <i>Medir a realização dos investimentos orçados</i>	Indicador de Execução orçamentária dos investimentos	$1 - \frac{FN12}{FN11}$ FN12 – Variação do orçamento de investimentos FN11 – Orçamento do plano de investimentos	Ver nota	~1	A	E				(i) O resultado do indicador será tão melhor, quanto mais se aproximar de 1 (ii) Lei 14.026/20, demais leis e regulamentos
S	S	S	O	IN065	IFn05	Desempenho econômico <i>Medir a relação de lucro pela receita</i>	Margem líquida com depreciação	$\frac{FN16}{FN17} \times 100$ FN16 – Lucro líquido com depreciação FN17 – Receita operacional	%	↗	A	E				(i) Valores de depreciação, das despesas financeiras e das despesas não operacionais (ii) Lei 14.026/20, demais leis e regulamentos
S	S	S	S		IFn06	Desempenho econômico <i>Medir a realização de investimentos pela receita</i>	Indicador de Nível de investimentos	$\frac{FN10}{FN01+FN03+FN05} \times 100$ FN10 – Investimentos totais realizados FN01 – Receita operacional direta - água FN03 – Receita operacional direta - esgoto FN05 – Receita operacional direta - água exportada, bruta ou tratada	%	↗	A	E				(i) Valores de investimentos segundo a fonte (recursos onerosos, não onerosos e próprios) e o destino (sistema de água, de esgotos ou outros) (ii) Lei 14.026/20, demais leis e regulamentos

Fonte: ABES (2022).

### 4.2.3. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal (ERSAR)

A ERSAR, criada em 1997, tem por missão a regulação e a supervisão dos setores de abastecimento público de água à população, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos sólidos urbanos, incluindo o exercício de funções de autoridade competente para a coordenação e a fiscalização do regime da qualidade da água para consumo humano (ERSAR, 2022a).

A regulação da qualidade dos serviços assenta num sistema de avaliação baseado em indicadores de desempenho que visam determinar a medida quantitativa da eficiência ou da eficácia dos serviços prestados pelas entidades gestoras aos seus utilizadores. Sendo assim, desde 2004, em cumprimento com as suas obrigações estatutárias, a Entidade publica anualmente o Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP), o qual pretende contribuir para a divulgação de informação relevante e de referência sobre os serviços de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos (CARVALHO, 2013; ERSAR, 2022b).

O RASARP é estruturado em dois volumes, são eles:

- Volume 1 - Caracterização do setor de águas e resíduos
- Volume 2 - Controlo da qualidade da água para consumo humano

O Volume 1, no qual constam informações do âmbito deste trabalho, visa cumprir com o objetivo de promover e divulgar informações fundamentais para o setor, apresentando, em grandes números, os aspetos mais determinantes para a caracterização, evolução e avaliação. Neste volume, são apresentados os indicadores e dados utilizados na avaliação da qualidade do serviço referente ao ano em questão, prestado pelas entidades multimunicipais e municipais de saneamento de águas residuais urbanas. Tais informações possuem como referência o Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores, que busca avançar com a revisão do sistema de indicadores em vigor (ERSAR, 2021).

Este Guia constitui um Guia Técnico, elaborado com a colaboração do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, e realiza a identificação e especificação de todos os componentes que constituem o sistema de avaliação, em particular do conjunto dos indicadores e índices da qualidade do serviço. O documento também define os critérios da informação a obter, o cálculo dos indicadores, bem como a sua interpretação e análise comparativa (ERSAR, 2021).

No caso mais específico dos serviços de gestão de águas residuais urbanas, constam vinte e um indicadores a serem avaliados, subdivididos em:

- Adequação do serviço ao utilizador
  - Acessibilidade do serviço aos utilizadores
  - Qualidade do serviço prestado aos utilizadores
- Sustentabilidade da gestão do serviço
  - Sustentabilidade econômica
  - Sustentabilidade infraestrutural
  - Produtividade física dos recursos humanos
- Sustentabilidade ambiental
  - Eficiência na utilização de recursos ambientais
  - Circularidade e Valorização
  - Eficiência na prevenção da poluição

### 4.3. INDICADORES

Os sistemas de informações supracitados podem fornecer dados brutos, os quais poderão ser utilizados para a construção de indicadores, e/ou indicadores já elaborados e estudados. De maneira geral, os indicadores são instrumentos de gestão, essenciais nas atividades de manutenção e avaliação de projetos, programas e políticas. Eles permitem otimizar a tomada de decisão e acompanhar a procura das metas, identificação de avanços, ganhos de qualidade, problemas a serem corrigidos, necessidades de mudança, entre outros (CAMPANI, 2012a).

Conforme Tunstall (1994), as principais funções dos indicadores são:

- Avaliar e antecipar condições e tendências em relação às metas e aos objetivos;
- Comparar lugares e situações; e
- Prover informações de advertência.

Também são utilizados para tornar o acesso às informações mais acessíveis e de fácil entendimento, indicando qualidade de vida e desenvolvimento social, político e econômico. Atualmente, os indicadores são utilizados em diversas atividades cotidianas, medindo e transformando medidas em índices que revelam e sinalizam aspectos da sociedade (MÖRS, 2020).

Ademais, desenvolver bons indicadores envolve compilação, sistematização e consistência dos dados, além de se levar em conta as seguintes considerações sobre suas características (LUNA, 2007; MEADOWS, 1998; VAN-BELLEN, 2002):

- Ser claro;
- Ser objetivo em seu conteúdo;
- Ser suficientemente elaborado para impulsionar a ação política;
- Possibilitar sua compilação sem necessidade excessiva de tempo; e
- Fornecer informações que conduzam à ação.

Conforme Guimarães (2008), indicadores ajudam na definição da natureza e no esclarecimento do tamanho dos problemas ambientais, fixando metas para a solução deles e fornecendo o estado do progresso para essas metas. A mensuração da qualidade de vida e do desenvolvimento social, econômico e político vem adquirindo importância, à medida que essas informações se tornam mais acessíveis a governos e população em geral.

Bandeira (2003), no entanto, ressalta que os indicadores podem servir como guias de ação, mas é importante reconhecer que, como construções teóricas, não são infalíveis.

Não há muita oportunidade de escolha a não ser garantir, do ponto de vista metodológico, que os indicadores sejam os mais confiáveis possíveis e não perder de vista os objetivos que se quer atingir com os projetos e programas em curso.

(BANDEIRA, 2003)

Bowen & Kreindler (2008) destacam que, embora os indicadores sejam uma fonte valiosa de informações, é crucial reconhecer suas limitações. Indicadores inadequados podem levar a interpretações equivocadas, identificando problemas que não existem ou negligenciando a detecção de questões reais, o que pode gerar uma falsa sensação de segurança. Focar exclusivamente nos indicadores pode expor os tomadores de decisão ao risco de serem influenciados apenas pelos dados, em detrimento de uma base fundamentada em evidências. Isso pode resultar em respostas simplistas para questões facilmente mensuráveis pelos indicadores disponíveis, ao mesmo tempo em que se negligenciam questões potencialmente mais relevantes para as quais não há dados prontamente acessíveis (Bowen et al., 2007).

Segundo Bandeira (2003), o indicador ideal deve satisfazer os seguintes requisitos:

- **Confiabilidade:** Diferentes avaliadores devem obter os mesmos resultados ao avaliar um programa.
- **Validade:** Os indicadores devem medir de fato aquilo que se pretende avaliar.
- **Seletividade:** Concentram-se nos aspectos essenciais do fenômeno a ser monitorado.
- **Simplicidade:** São de fácil compreensão, cálculo e utilização.
- **Cobertura:** Representam adequadamente a amplitude e a diversidade das características do fenômeno monitorado.
- **Rastreabilidade:** Possibilitam o acesso e a disponibilidade das informações primárias para o cálculo.
- **Estabilidade:** Apresentam estabilidade conceitual das variáveis componentes e do próprio indicador.
- **Baixo custo:** Têm custo reduzido em sua geração, manutenção e disponibilização.

Como exemplo de indicador, pode-se citar o *Índice de coleta de esgoto*, proveniente do SNIS e representado por IN015. Este indicador é uma medida utilizada para avaliar o grau de cobertura do serviço de coleta de esgoto em determinada região, como uma cidade, estado ou país, e pode ser calculado através da Equação ( 1 ):

$$IN015 = \frac{ES005}{AG010 - AG019} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

IN015 = Índice de coleta de esgoto [%];

ES005 = Volume de esgoto coletado [1000m<sup>3</sup>/ano];

AG010 = Volume de água consumida [1000m<sup>3</sup>/ano];

AG019 = Volume de água tratada exportado [1000m<sup>3</sup>/ano].

Conforme expresso na equação fornecida, o IN015 é determinado com base nas variáveis volume de esgoto coletado, o volume de água consumida e o volume de água tratada exportado em uma região específica. No âmbito do SNIS, essas variáveis são obtidas através da coleta anual de dados dos prestadores de serviços de saneamento básico em todo o país, utilizando plataformas digitais como meio de registro e consolidação dessas informações.

#### **4.3.1. Indicadores socioeconômicos e de saneamento**

O monitoramento do saneamento nos municípios permite à administração pública o planejamento de ações específicas, o estabelecimento de métricas de desempenho e qualidade, bem como a orientação de políticas públicas (NIRAZAWA; DE OLIVEIRA, 2018). Para Alegre *et al.* (2016), no setor do saneamento um indicador é uma medida quantitativa da eficiência e da eficácia de uma entidade gestora relativamente a aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas.

Assim, para os prestadores de serviço, os indicadores permitem identificar setores que necessitam de intervenções, auxiliando, inclusive, na tomada de decisões. Em contrapartida, para as agências reguladoras eles possibilitam uma rápida avaliação da performance dos prestadores regulados, permitindo o monitoramento dos serviços e o desenvolvimento de ferramentas de regulação (Matos *et al.*, 2003).

Leuck & Mendes (2021) afirmam que a formulação de indicadores vem se consolidando como uma importante ferramenta para planejamento e avaliação de políticas públicas, entre elas a política ambiental urbana e o saneamento. A correta utilização e leitura dos indicadores

possibilitam o fortalecimento das decisões, facilitando, entre outras dinâmicas, a participação da sociedade.

Conforme supracitado, existem diferentes fontes para acesso a indicadores de saneamento. Os indicadores de saneamento são comumente separados em: indicadores de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de resíduos sólidos e de águas pluviais urbanas. A critério de exemplo, geralmente os indicadores voltados à esgotamento sanitário se referem a: índice de coleta de esgoto, índice de tratamento de esgoto, extensão da rede de esgoto por ligação, índice de atendimento urbano, entre outros.

Além disso, o saneamento básico coletivo está diretamente atrelado à demanda e à oferta desses serviços para a sociedade. Conforme Rezende et al. (2007), a existência da possibilidade de adesão é essencial para explicar a presença das redes de água e esgotos nos domicílios. Entretanto, a não-adesão de parte da população a estes serviços pode ser explicada pela insatisfação com a qualidade e quantidade do recurso ofertado, nos casos de abastecimento de água; por questões culturais, nos casos de esgotamento sanitário; e pelo custo, pois uma vez aderido, haverá uma taxa mensal a ser paga pelo usuário.

Para Scriptori & Toneto Júnior (2012), o setor de saneamento básico promove não somente o acesso da população à água segura, mas também apresenta inúmeras externalidades que impactam a saúde pública, o meio ambiente, a qualidade de vida da população e a geração de renda interna nacional. Com isso, o autor afirma que investir em saneamento se traduz em elemento estratégico para o desenvolvimento econômico de longo prazo do país.

No contexto do Rio Grande do Sul, o DEE utiliza indicadores como meio para coletar dados e realizar análises com ênfase na conjuntura social e econômica do Estado. Essa abordagem visa obter evidências sobre a realidade econômica local, com o objetivo de contribuir para o planejamento de políticas públicas e propiciar o acesso amplo e gratuito de informações para gestores, empresas, organizações e sociedade em geral (DEE, 2022). Dentre estes, destacam-se os indicadores que fazem parte do Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese), que são Renda, Educação e Saúde, bem como o indicador PIB Municipal.

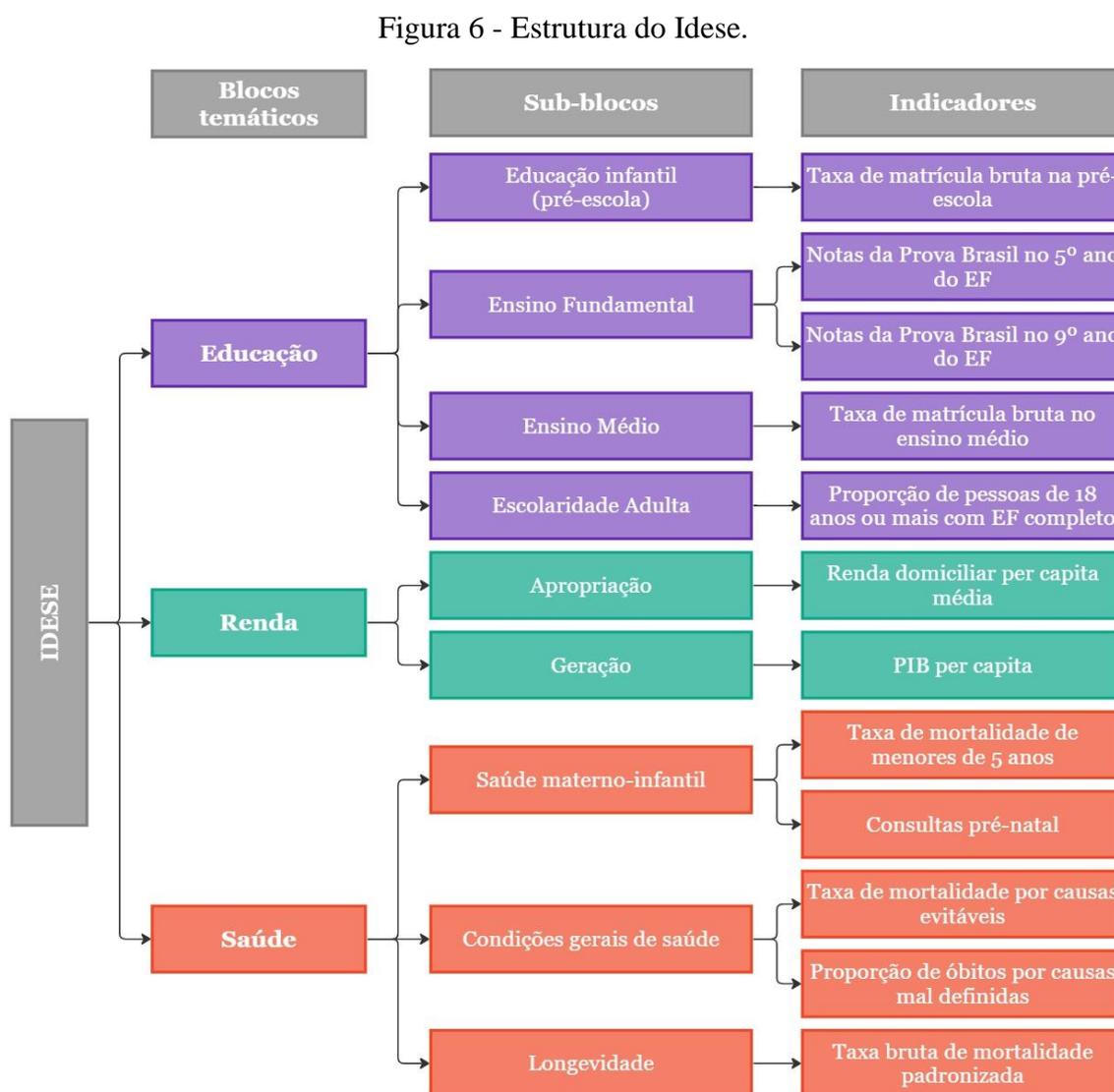
#### **4.3.1.1. Idese**

O Idese é um indicador sintético que sinaliza a situação socioeconômica do Estado do Rio Grande do Sul e de suas regionalizações, considerando aspectos quantitativos e qualitativos do

processo de desenvolvimento, articulando informações referentes à educação, à renda e à saúde. De forma dinâmica, é possível visualizar seus dados através do aplicativo IdeseVis, que possui como funcionalidade (DEE, 2022a):

- Visualizar séries temporais dos indicadores socioeconômicos do Estado com comparações entre os indicadores ou entre as unidades geográficas escolhidas;
- Acessar às informações em mapas, de maneira interativa;
- Relacionar indicadores em gráficos de dispersão em diversas unidades geográficas;
- Obter rankings dos indicadores com diversas unidades geográficas;
- Realizar pesquisas rápidas na base de dados e fazer o download dos dados.

O Idese é composto por doze indicadores divididos em três blocos temáticos (Educação, Renda e Saúde), conforme ilustra a Figura 6.



Fonte: Adaptado de Kang et al. (2014).

Conforme Kang et al. (2014), a metodologia empregada envolve a conversão dos indicadores em índices, contribuindo para a criação dos sub-blocos em cada um dos blocos temáticos. Para o cálculo do Idese Final, pesos uniformes são atribuídos a cada um dos blocos (1/3 para cada blocos). Assim, para a transformação dos indicadores em índices, utiliza-se a Equação ( 2 ):

$$I_{x,j,t} = \frac{y_{x,j,t} - LI_x}{LS_x - LI_x} \quad ( 2 )$$

Onde:

$I_{x,j,t}$  = índice do indicador x da unidade geográfica j no tempo t;

$y_{x,j,t}$  = indicador x da unidade geográfica j no tempo t;

$LI_x$  = limite inferior do indicador x;

$LS_x$  = limite superior do indicador x.

A aplicação de limites no cálculo dos índices significa que, caso um município ou região apresente um indicador inferior ao limite mínimo predefinido, esse indicador receberá uma pontuação de 0. Em contraste, se as unidades geográficas excederem o limite máximo estabelecido para um indicador, esse indicador receberá uma pontuação de 1.

O bloco Educação, é composto por quatro sub-blocos, cujo critério de discriminação é determinado pelas faixas etárias (KANG ET AL., 2014):

- E1 (pessoas de 4 a 5 anos de idade - pré-escola): Avalia-se a taxa de matrícula na pré-escola, calculada como o número de alunos matriculados nesse nível de ensino em relação à população na faixa etária apropriada;
- E2 (pessoas de 6 a 14 anos de idade - ensino fundamental): Realiza-se a soma das pontuações obtidas na Prova Brasil juntamente com a contagem dos alunos que participaram dessa avaliação no ensino fundamental. Esse resultado é subsequentemente ajustado para estar dentro da faixa entre 0 e 1, através de um processo de normalização;
- E3 (pessoas de 15 a 17 anos de idade - ensino médio): Mede-se a taxa de matrícula no ensino médio, calculada como o número de alunos matriculados nesse nível de ensino em relação à população apropriada para essa faixa etária; e
- E4 (pessoas acima dos 18 anos de idade - escolaridade adulta): Avalia-se a proporção de adultos que concluíram o ensino fundamental.

O bloco Renda, por sua vez, é composto por dois sub-blocos (KANG ET AL., 2014):

- R1 (renda gerada): é composto pelo indicador “PIB per capita por município” (R2.1), definido como o produto interno bruto (PIB) do município dividido pela população residente do município, estimado pela FEE;
- R2 (renda apropriada): é composto pelo indicador “renda das pessoas com 10 anos ou mais” (R2.2), medido através da renda domiciliar per capita média das pessoas residentes em domicílios particulares permanentes, estimada a partir dos dados da amostra do Censo Demográfico.

E o bloco Saúde é composto por cinco indicadores que são divididos em três sub-blocos (KANG ET AL., 2014):

- S1 (Condições de saúde materno-infantil): É constituído pelos indicadores "taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos" (S1.1), obtida ao dividir o número de óbitos na faixa etária de 0 a 4 anos pelo número de nascidos vivos de mães residentes no município e multiplicada por mil; e "número de consultas pré-natal por nascidos vivos" (S1.2), que representa a proporção de nascidos vivos cujas mães residentes realizaram sete ou mais consultas pré-natal, dividido pelo total de nascidos vivos no município.
- S2 (Condições gerais de saúde): é constituído pelos indicadores "taxa de mortalidade atribuível a causas preveníveis" (S2.1), obtido ao dividir o número de óbitos de pessoas com idades entre 5 e 74 anos devido a causas preveníveis, conforme codificadas na Classificação Internacional de Doenças (CID), pela população correspondente do município; e "proporção de óbitos por causas indeterminadas" (S2.2), definido como a relação entre o número de óbitos de residentes cujas causas não foram adequadamente definidas e o número total de mortes no município.
- S3 (Longevidade): consiste no indicador "taxa de mortalidade padronizada bruta" (S3.1), que é calculado somando as taxas específicas de mortalidade por faixa etária, cada uma multiplicada pela proporção da população correspondente no estado, conforme estabelecido no ano de 2010, e então dividindo por mil. A taxa específica de mortalidade é obtida ao dividir o número de óbitos na faixa etária específica pelo número de pessoas na mesma faixa etária no município.

#### **4.3.1.2. PIB Municipal**

O indicador PIB Municipal é calculado e divulgado anualmente pelo DEE, em colaboração com o IBGE, por meio das Contas Regionais do Rio Grande do Sul. Esse indicador abrange o PIB dos 497 municípios do estado, mensurando o valor agregado pelas atividades econômicas de cada região, tanto pela perspectiva de renda quanto de oferta (produção de bens e serviços das atividades econômicas) (DEE, 2019).

As informações referentes ao PIB Municipal são disponibilizadas através de uma planilha em formato Excel, contendo o registro histórico dos dados, abrangendo o período de 2002 a 2020. Conforme IBGE (2015), o cálculo do PIB Municipal baseia-se na distribuição, entre os municípios, do valor adicionado bruto (a preços básicos), em valores correntes das atividades econômicas, obtido pelas Contas Regionais do Brasil. Para a distribuição do valor adicionado estadual pelos municípios, são utilizados indicadores correspondentes aos setores de Agropecuária, Indústria e Serviços.

A determinação do Produto Interno Bruto (PIB) das municipalidades segue uma abordagem metodológica uniforme para todas as unidades federativas, estando alinhada, em termos conceituais, com os métodos empregados nos Sistemas de Contas Nacionais e Regionais do Brasil. Isso assegura que os resultados sejam coesos e passíveis de comparação tanto entre si quanto com os dados a nível nacional e regional (IBGE, 2015).

#### **4.4.APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO (AMD)**

Nas mais variadas situações, é comum que mais de um objetivo, ou ainda, um conjunto de critérios, coexistam em muitos problemas de decisão. Estes critérios são utilizados como parâmetros de avaliação para o conjunto de alternativas que, através da definição dos critérios do problema, podem ser utilizados para fazer comparações entre elas (CAMPOS E ALMEIDA, 2006).

Quando se trata de saneamento básico, muitas são as situações em que decisões complexas devem ser tomadas pelos órgãos gestores. Definir o melhor local para construção de uma estação de tratamento de esgotos, quais regiões serão priorizadas na construção de redes de esgoto sanitário ou qual estrutura receberá manutenção e compra de novos equipamentos são algumas das escolhas que exigem uma metodologia para a definição da alternativa mais adequada naquele momento.

Os métodos de AMD têm sido aplicados em diversos tipos de problemas, como nas áreas de finanças, agronegócios, ecologia, saneamento básico, planejamento civil e militar, educação e planejamento e controle da produção, entre outros (CARVALHO E CURI, 2013). Ao contrário do que ocorre na pesquisa operacional tradicional, o AMD não busca uma solução ótima predeterminada para o problema, mas sim uma solução de compromisso, em que as prevaleça o consenso entre as partes envolvidas (GOMES et al.,2014).

Chaves et al. (2010) destacam que diferentes métodos de AMD podem ser recomendados de acordo com as condições encontradas no ambiente da tomada de decisão, sejam elas análise do contexto, atores ou da estrutura de preferências associadas ao problema. Assim, fica a cargo do analista, após a etapa de estruturação do problema, a escolha de uma das metodologias.

Para Maranhão (2016), como principais problemas da abordagem de avaliação multicritério pode-se destacar:

- A estruturação do problema a resolver (decisão a tomar);
- A confiabilidade da informação;
- O tempo de coleta das informações;
- O custo de aquisição das informações;
- Os critérios a serem adotados.

Assim, uma das formas comumente utilizadas para classificar os métodos de AMD é dividindo-os em Escolas Francesa ou Europeia ou Escola Americana (MARANHÃO, 2016):

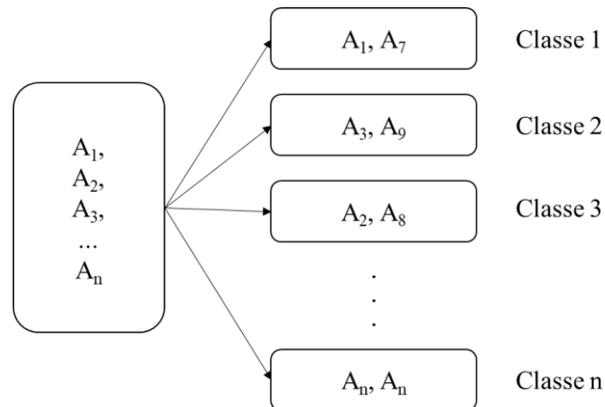
- a) Escola Francesa ou Europeia - Métodos de subordinação ou outranking, uma modelagem mais flexível do problema, pois não admite necessariamente a comparabilidade entre todas as alternativas. Uma alternativa pode ser preferida a outra de modo estrito ou fraco, pode ser indiferente, mas também pode ser incomparável, o que não é admitido na Escola Americana. (COSTA *et al.*, 2007).
  - ELECTRE (Elimination et Choice Translating Reality)
  - PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)
- b) Escola Americana - Métodos de agregação a um critério único de síntese, isto é, critérios/atributos recebem pesos (valor atribuído) diante de outros com mais ou menos importância, permitindo assim definir uma função que busca agregar valores de cada alternativa classificada em cada critério. Apresenta-se o efeito trade-off ou “taxa de substituição” de um atributo em relação a outro, agregando todas as informações acerca do problema que se pretende resolver por meio de uma função utilidade que tem que ser otimizada.
  - AHP (The Analytical Hierarchy Process)
  - TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution)

A seguir será apresentada a síntese de alguns dos métodos multicritérios mais utilizados, são eles: ELECTRE, AHP e TOPSIS:

#### **4.4.1. ELECTRE**

A família de métodos de Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade (ELECTRE) busca obter um subconjunto de alternativas, as quais sobreclassificam as que não fazem parte, conforme ilustrado na Figura 7. Ou seja, busca-se reduzir o tamanho do conjunto de alternativas, explorando o conceito de dominância (SIQUEIRA; FILHO, 2011).

Figura 7 – Método ELECTRE.



Fonte: Adaptado de Costa et al. (2007).

Atualmente, a família ELECTRE é composta dos seguintes métodos:

- ELECTRE, ou ELECTRE I – elaborado por Roy (1968);
- ELECTRE II - elaborado por Roy e Bertier (1971);
- ELECTRE III - elaborado por Roy (1978);
- ELECTRE IV - elaborado por Roy e Hugonnard (1981);
- ELECTRE IS - elaborado por Roy e Skalka (1985);
- ELECTRE TRI - elaborado por Yu (1992).

Apesar da variedade de versões do método ELECTRE, todas partem do mesmo princípio diferenciando-se apenas nos procedimentos matemáticos finais, fazendo com que cada versão possua um resultado específico. Costa et al. (2007) observam que esta análise envolve, mesmo para as questões objetivas, julgamentos subjetivos buscando a mensuração de propriedades não-tradicionalmente mensuráveis como cortesia, conforto e satisfação (alguns autores denominam tais variáveis por variáveis não mensuráveis).

Para Ayala e Frank (2013), o método ELECTRE possui a seguinte definição:

A ideia do método é comparar par a par todas as alternativas, segundo cada critério examinado, para achar qual alternativa prevalece (termo em inglês: outranking) sobre a outra. Uma alternativa se considera dominante se supera certo valor umbral fixado de antemão arbitrariamente para cada critério [...]. O método baseia-se na separação e classificação das alternativas, considerando aquelas que são preferidas na maioria dos critérios de avaliação, sem causar um nível de descontentamento inaceitável para qualquer um dos critérios envolvidos, achando uma solução, que mesmo sem ser ótima pode ser considerada satisfatória [...].

Como exemplo de aplicação do método ELECTRE, o autor Jardim (1999) discorre sobre um processo decisório em um Comitê de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica, com o objetivo de determinar o enquadramento de um rio em um trecho específico. O enquadramento do rio é avaliado em cinco alternativas possíveis (Classes IV, III, II, I e E) com base em adaptações dos critérios de possíveis usos do rio, cada um com seus respectivos pesos.

Para alcançar esse objetivo, são calculados índices de concordância para cada alternativa (classe do rio), levando em conta os pesos atribuídos aos critérios (possíveis usos do rio). Em seguida, são calculados os índices de discordância, que utilizam uma escala numérica comum para todos os critérios, para medir o desconforto entre o pior valor numérico (pior escolha) e o melhor valor numérico (melhor escolha) de cada critério para cada par de alternativas.

O resultado dessa análise permite que os decisores estabeleçam valores de concordância mínima (p) e de discordância máxima (q), identificando os índices que atendem simultaneamente a essas duas condições. Dessa forma, é possível selecionar as alternativas mais atrativas e, posteriormente, classificá-las, determinando assim a classe apropriada para o enquadramento do trecho do rio em questão.

Segundo Acolet (2008), as principais vantagens do ELETRE são as definições do relacionamento de dominância, abrindo um maior leque de possibilidade para a análise de sensibilidade, além de que cada versão do ELECTRE possui um resultado específico entre seleção, ordenação e classificação.

Guglielmetti et al. (2003) identificam como desvantagem para o ELECTRE a necessidade de tratamento preliminar de dados, transformação da escala cardinal para a escala ordinal, dificuldade de implementação em alguns tipos de problemas devido à quantidade de informação necessária, acarretando também problemas na definição dos limites de preferência e indiferença, que podem ser atribuídos aleatoriamente comprometendo a modelagem do problema.

#### **4.4.2. AHP**

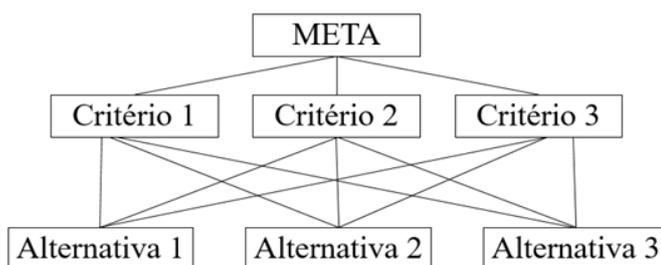
O Processo de hierarquia analítica (AHP) é uma das abordagens que pode ser escolhida quando o tomador de decisão utiliza seu julgamento e conhecimento para fazer uma avaliação entre critérios restritivos ou não para uma determinada situação (LEITE; FREITAS, 2012).

Conforme Carvalho e Curi (2013), o método AHP seleciona, ordena e pode ser utilizado para avaliação subjetiva de várias alternativas em termos de um ou mais objetivos. Por meio de um problema de avaliação como uma hierarquia, essa técnica pode ser utilizada para resolver comparações em vários níveis e integrar soluções dentro de um resultado.

O AHP é baseado na comparação paritária dos critérios e, portanto, exige que este método somente pode ser utilizado quando os parâmetros forem passivos de terem sua importância mensurada numa escala de quociente ou razão. Ou seja, todos os parâmetros devem ser comparáveis entre si (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2009).

Para Grandzol (2005), a proposta do método é fazer comparações entre os pares de alternativas, levando em consideração o julgamento das prioridades do decisor, conforme Figura 8.

Figura 8 - Método AHP.



Fonte: Adaptado de Gartner (2001) apud Grandzol (2005).

Os julgamentos dos tomadores de decisão sobre a importância relativa de um atributo em relação a outro podem ser feitos de forma subjetiva e convertidos em valores numéricos através de uma escala de 1 a 9 (Quadro 1). Nessa escala, o valor 1 representa igual importância entre os atributos, enquanto o valor 9 indica um elevado grau de favoritismo a um dos atributos (MARCHEZETTI et al., 2011).

Quadro 1 - Comparação aos pares para o julgamento dos elementos X e Y.

JULGAMENTO	VALORES
X é igualmente preferível a Y	1
X é igual a moderadamente preferível sobre Y	2
X é moderadamente preferível sobre Y	3
X é moderada a fortemente preferível sobre Y	4
X é fortemente preferível sobre Y	5
X é fortemente a muito fortemente preferível sobre Y	6
X é muito fortemente preferível sobre Y	7
X é muito forte a extremamente preferível sobre Y	8
X é extremamente preferível sobre Y	9

Fonte: Saaty (1991) apud Marchezetti et al. (2011).

De acordo com Francischini & Cabel (2003), o método AHP possui a seguinte definição:

O processo básico de aplicação do AHP consiste em priorizar a importância relativa de n elementos de tomada de decisão em relação a um objetivo, através de avaliações parciais destes elementos, dois a dois, facilitando a análise pelos avaliadores. Através de um índice de consistência, verifica-se se os valores atribuídos a cada par de critérios estão coerentes.

Como forma de exemplificação, no estudo realizado por Marchezetti et al. (2011), o método AHP é empregado como exemplo de aplicação para identificar e hierarquizar as alternativas tecnológicas disponíveis no tratamento dos resíduos sólidos domiciliares na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Nesse método, os componentes relevantes do problema são estruturados em uma hierarquia, assemelhando-se a uma árvore genealógica.

Devido à possibilidade de conflitos entre os critérios analisados na avaliação das tecnologias de tratamento de resíduos sólidos domiciliares, onde uma alternativa pode ser economicamente viável, mas não ser ambientalmente recomendável, foram atribuídos pesos a esses critérios em uma escala de 1 a 9. Para tal, foram realizadas comparações em pares de tecnologias, onde o valor 1 indica igual importância entre os critérios, e o valor 9 indica um elevado grau de favorecimento daquele critério em relação à comparação entre duas tecnologias de tratamento.

A partir desse procedimento, uma escala hierárquica das alternativas tecnológicas disponíveis para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares foi definida, classificando-as em ordem decrescente de acordo com a soma dos pesos atribuídos a cada critério de seleção para cada alternativa. Esse enfoque permitiu a determinação da alternativa mais adequada para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares, considerando os diversos critérios em conflito que podem influenciar a tomada de decisão.

Segundo Saaty (1994), o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

Entretanto, uma das limitações do método destacada por Grandzol (2005) é a sua aplicação inadequada, isto é, em ambientes desfavoráveis onde a aplicação é percebida como simplificação excessiva ou como desperdício de tempo.

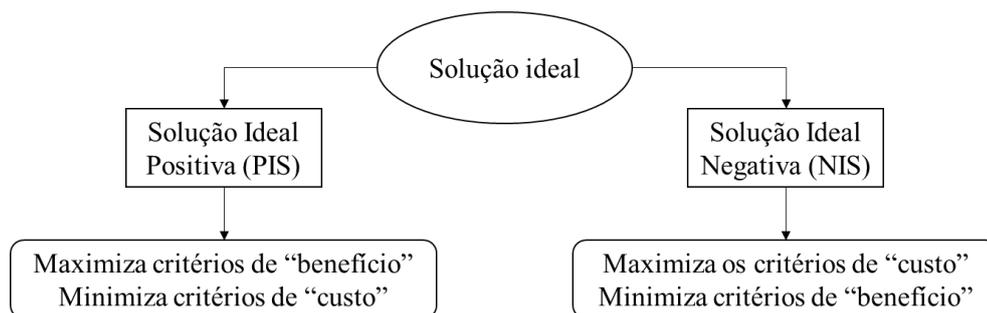
#### 4.4.3. TOPSIS

A Técnica de ordem de preferência por Similaridade para a Solução Ideal (TOPSIS) possui com característica abordar um problema através da comparação de duas situações hipotéticas:

- Ideal – o que possui o melhor nível para todos os atributos considerados;
- Não desejada - o que possui os piores valores de atributos considerados.

Com isso, esta técnica avalia o desempenho de múltiplas alternativas em busca da solução que mais se aproxime da ideal, chamada de Solução Ideal Positiva (PIS), e, ao mesmo tempo, se afaste mais da solução não desejada, chamada de Solução Negativa Ideal (NIS) (MARANHÃO, 2016). PIS representa a opção que maximiza os critérios de “benefício” e minimiza os critérios de “custo”, enquanto NIS representa a opção que possui o caminho oposto, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 – Método TOPSIS.



Fonte: da autora.

Para Pavić & Novoselac (2013), TOPSIS é um método compensatório. Esses tipos de métodos permitem o compromisso entre diferentes critérios, em que um resultado ruim em um critério pode ser compensado por um bom resultado em outro critério. Uma suposição do método TOPSIS é que cada critério tem uma preferência crescente ou decrescente. Devido à

possibilidade de modelagem de critérios, métodos compensatórios, incluindo o TOPSIS, são amplamente utilizados em diversos setores da tomada de decisão multicritério.

Por possuir um processo simples, programável e ser fácil de usar, TOPSIS tem sido usado como ferramenta de tomada de decisão na gestão da cadeia de suprimentos e logística, design, engenharia e sistemas de fabricação, gestão de negócios e marketing, gestão ambiental, gestão de recursos humanos e gestão de recursos hídricos (VELASQUEZ; HESTER, 2013).

Inclusive, Von Sperling (2004) indica que a independência de pressões externas é necessária ao se tomar a decisão para a escolha da tecnologia mais apropriada na implantação de infraestrutura sanitária, uma vez que pressões externas podem direcionar a solução para uma alternativa menos adequada à realidade específica. Entretanto, não existe uma solução aplicável para todas as situações, tornando-se necessário que os decisores estejam abertos às possibilidades e que sua atenção esteja voltada à melhor solução local (HELLER; SPERLING; HELLER, 2009).

Ao longo da literatura nacional e internacional, este método tem sido extensivamente empregado, seja isoladamente ou em combinação com outros métodos. O Quadro 2 apresenta algumas das referências bibliográficas identificadas.

Quadro 2 – Estado da arte do método TOPSIS.

<b>Autores</b>	<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultado</b>
Zakerhaghighi <i>et al.</i> (2016)	Artigo publicado no <i>International Journal of Geosciences and Environment Planning</i>	<i>Classifying and Evaluating the Regional Development of Golestan Province, Using TOPSIS Model</i>	Calcular e avaliar os critérios de desenvolvimento cidades da província de Golestan, no Irã, com base nas últimas estatísticas de população e almanaque habitacional, bem como quantificar as diferenças de desenvolvimento entre as cidades desta província.	Foram combinados dois métodos de apoio multicritério à decisão: AHP e TOPSIS. Critérios econômicos, populacionais, educacionais, culturais, higiênicos e de infraestrutura foram utilizados para a avaliação do desenvolvimento das cidades da província de Golestan e comparados no modelo AHP. Seus dados de saída foram utilizados como critério de peso no modelo TOPSIS.	Foi obtida a hierarquização das cidades da província de Golestan, de acordo com os critérios analisados. Cada critério foi avaliado conforme seus respectivos aspectos (ex.: população total, taxa de urbanização, tutela média líquida etc.). Foi gerado um mapa segmentando os critérios selecionados em cinco grupos: muito desprovido, desprovido, mediano, beneficiado, muito beneficiado.
Orhan <i>et al.</i> (2022)	Artigo publicado na <i>Water Practice &amp; Technology</i> , do IWA Publishing	<i>Identification of priority areas for rehabilitation in wastewater systems using ENTROPY, ELECTRE and TOPSIS</i>	Determinar a prioridade de reabilitação do sistema de esgoto da província de Malatya, localizada no leste da Turquia.	Foi utilizado o método de Entropia na determinação dos coeficientes de peso e representação da natureza do problema, com base em dados reais obtidos em campo. Os métodos ELECTRE e TOPSIS foram utilizados na priorização da reabilitação do sistema de esgoto considerando os pesos	Foi obtido que os cinco primeiros grupos dos rankings de prioridade dos métodos ELECTRE e TOPSIS foram semelhantes. Entretanto, houve casos em que a priorização do TOPSIS determinou que algumas regiões de classificação intermediária estão nas classificações mais baixas de acordo com o ELECTRE. O

Autores	Tipo	Título	Objetivo	Metodologia	Resultado
				<p>definidos. Foi realizada a comparação da proximidade dos resultados obtidos. Critérios como adequação, aplicabilidade, comparabilidade e mensurabilidade dos dados foram considerados na determinação dos fatores que podem afetar o problema.</p>	<p>inverso também foi observado. Essas diferenças surgem dos princípios de funcionamento dos métodos e, portanto, os autores sugerem que na tomada de decisão mais de um método seja utilizado para obtenção da solução ótima.</p>
<p>Mezhoud <i>et al.</i> (2022)</p>	<p>Artigo publicado no <i>Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development</i>, do IWA Publishing</p>	<p><i>Prioritization of maintenance work in wastewater networks using decision support methods</i></p>	<p>Avaliar e priorizar os defeitos de uma Rede de Saneamento Urbano (USN).</p>	<p>Foi desenvolvido um modelo que se baseia na combinação de três métodos de apoio à decisão: o método multicritério AHP, usado para determinar a importância relativa dos critérios; o método de agregação do modelo de produto ponderado, que permite calcular o impacto do defeito; e o método TOPSIS, que permite classificar os defeitos de cada seção por ordem de degradação. Este modelo foi aplicado em um caso</p>	<p>Foi obtida uma classificação dos resultados por meio do método TOPSIS, que permitiu a priorização das intervenções de manutenção e projeção de um sistema de gestão e manutenção mais eficiente.</p>

Autores	Tipo	Título	Objetivo	Metodologia	Resultado
				real de uma rede de saneamento da cidade de Bejaia, na Argélia, onde foram avaliadas oito seções de diâmetros diferentes.	
Kilic & Yalcin (2021)	Artigo publicado no <i>Socio-Economic Planning Sciences</i> , do <i>ScienceDirect</i>	<i>Comparison of municipalities considering environmental sustainability via neutrosophic DEMATEL based TOPSIS</i>	Propor uma metodologia para a comparação de municípios em função de sua sustentabilidade ambiental.	As dimensões de sustentabilidade ambiental e indicadores relacionados para os municípios são determinados por meio de revisão de literatura e entrevistas com especialistas. A partir destes valores, é utilizada uma metodologia integrada baseada no Laboratório Neutrosófico de Decisão e Avaliação (N-DEMATEL) e TOPSIS para a comparação de desempenho de municípios. Para mostrar a aplicabilidade da metodologia proposta, uma aplicação é realizada nos municípios distritais do Município Metropolitano de Istambul.	Foram obtidos três cenários para hierarquização dos municípios: pessimista, neutro e otimista. Os autores inferem que o modelo proposto pode ser facilmente adaptado e utilizado não apenas em nível local, mas também em nível nacional, tanto nos países emergentes quanto em economias mais avançadas.

<b>Autores</b>	<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultado</b>
Melo <i>et al.</i> (2018)	Artigo publicado na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, da ABES	Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério	Avaliar o serviço de abastecimento de água de oito municípios do Estado do Rio Grande do Norte.	O método da entropia foi utilizado para a obtenção dos pesos de cada critério e o método de apoio multicritério à decisão TOPSIS foi adotado para a hierarquização.	Foi determinado o município que ocupou a melhor posição do ranking, dado o seu desempenho nos conjuntos de critérios operacionais, financeiros e de qualidade da água, apresentando resultados positivos nos onze diferentes fatores analisados.
Heller <i>et al.</i> (2009)	Artigo publicado na Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, da ABES	Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa	Avaliar comparativamente o desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios de Itabirito, Nova Lima, Ouro Preto e Vespasiano, todos em Minas Gerais.	A avaliação quantitativa baseou-se em indicadores tecnológicos, construídos a partir de dados primários (questionário desenvolvido para a pesquisa) e complementados por dados secundários obtidos através do IBGE, Censo Demográfico, e SNIS. A avaliação qualitativa, por sua vez, foi norteada pelas informações obtidas através de questionário e comentários expostos pelos dirigentes dos serviços de saneamento no momento de realização das visitas aos municípios. Como forma de	Obteve-se a agregação dos indicadores construídos a partir dos estudos de caso e, conseqüentemente, a hierarquização da qualidade tecnológica dos serviços de saneamento, resultando em uma nota final para cada serviço avaliado. Os autores acreditam que a sequência metodológica adotada pode ser empregada em diversas situações e contribuir para revelar semelhanças e diferenças entre serviços de saneamento, bem como para comparar diferentes modelos institucionais.

<b>Autores</b>	<b>Tipo</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Resultado</b>
				substanciar a pesquisa, fez-se uso da análise multicritério, método TOPSIS.	

Fonte: Zakerhaghighi et al. (2016), Orhan et al. (2022), Mezhoud et al. (2022), Kilic & Yalcin (2021), Melo et al. (2018) e Heller et al. (2009).

Tendo isso em vista e levando em consideração a possibilidade e facilidade de replicação do método TOPSIS, este foi escolhido para o desenvolvimento do presente trabalho pois tornar-se-á possível realizar análises, bem como avaliar aspectos socioambientais e relacionados a esgotamento sanitário em uma escala maior, ainda não explorada por estudos anteriores e voltada à região sul do Brasil.

#### 4.4.3.1. Etapas de cálculo

Com o intuito de ordenar as alternativas da mais próxima à solução ideal até a mais afastada, o algoritmo do TOPSIS busca avaliar uma matriz de decisão (Figura 10) contendo todas as alternativas viáveis ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ) associadas a critérios ou atributos ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) e pesos ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ). Cada critério possui um determinado peso, definido pelo tomador de decisão em questão, e satisfaz  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ , sendo  $w_j$  um peso para o critério  $C_j$  e  $i = \{1, \dots, m\}$  e  $j = \{1, \dots, n\}$  (FREITAS; COSTA, 2018; PACHECO, 2016).

Figura 10 – Matriz de decisão.

$$\text{Matriz de decisão} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Fonte: Adaptado de Freitas e Costa (2018), e Pacheco (2016).

Assim, tendo em vista que este foi o método escolhido para dar continuidade ao presente trabalho, a seguir serão descritas as etapas de cálculo utilizando o método TOPSIS (FREITAS; COSTA, 2018; PACHECO, 2016):

a) Construção da matriz de decisão

Inicialmente, deve-se construir a matriz de decisão, conforme apresentada na Figura 10. A matriz é composta pelas alternativas viáveis ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ), critérios ou atributos ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ), e pesos ( $w_1, w_2, \dots, w_n$ ).

b) Normalização da matriz de decisão

Com o objetivo de padronizar a escala de avaliação entre os critérios e permitir a comparação entre eles, a matriz D (Figura 10) deve ter o desempenho de suas alternativas ( $A_n$ ) normalizadas, gerando uma matriz  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ . Para isso, a Equação ( 3 ) deve ser utilizada:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad ( 3 )$$

Sendo  $i = 1, \dots, m$  e  $j = 1, \dots, n$ .

c) Ponderação da matriz normalizada:

Após a normalização, o desempenho das alternativas da matriz R ( $A_n$ ) deve ser ponderado com os pesos ( $w_n$ ) previamente definidos, para cada critério ( $C_n$ ), conforme seu grau de importância. Esse processo gerará uma matriz  $P = [p_{ij}]_{m \times n}$ , que pode ser obtida a partir da Equação ( 4 ):

$$p_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad ( 4 )$$

d) Definição das soluções ideal e ideal negativa:

Nesta etapa deverão ser identificadas a solução ideal positiva ( $A^+$ ), para critérios de benefício, e a solução ideal negativa ( $A^-$ ), para critérios de custo. Este processo deve ser feito para cada critério considerado e a Equação ( 5 ) pode ser utilizada:

$$\begin{aligned} A^+ &= (p_1^+, p_2^+, \dots, p_n^+) \\ A^- &= (p_1^-, p_2^-, \dots, p_n^-) \end{aligned} \quad ( 5 )$$

Sendo:

$$\begin{aligned} p_j^+ &= \begin{cases} \max_i(p_{ij}), \text{ se o critério é de benefício} \\ \min_i(p_{ij}), \text{ se o critério é de custo} \end{cases} \\ p_j^- &= \begin{cases} \min_i(p_{ij}), \text{ se o critério é de benefício} \\ \max_i(p_{ij}), \text{ se o critério é de custo} \end{cases} \end{aligned}$$

e) Cálculo da distância euclidiana n-dimensional:

Para cada uma das alternativas, a distância euclidiana n-dimensional deve ser calculada entre estas e suas respectivas soluções ideais. A Equação ( 6 ) deve ser utilizada, sendo  $d_i^+$  referente ao vetor de soluções ideais positivas ( $A^+$ ), e  $d_i^-$  referente ao vetor de soluções ideais negativas ( $A^-$ ):

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2}$$
( 6 )

f) Cálculo da proximidade relativa:

Nesta etapa, o objetivo é determinar a alternativa mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa. Para isso, utiliza-se a Equação ( 7 ):

$$\zeta_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$
( 7 )

Sendo:

$$0 < \zeta_i^+ < 1$$

g) Ordenação das alternativas

Por fim, faz-se o ordenamento dos valores de proximidade relativa encontrados, em ordem decrescente. As alternativas que apresentarem os maiores valores serão as preferíveis por estarem mais próximas da solução ideal.

#### **4.4.3.2. Aplicação de método AMD para avaliação do desempenho do esgotamento sanitário no Rio Grande do Sul**

Para a realização da avaliação dos serviços de esgotamento sanitário no estado do Rio Grande do Sul e posterior contraposição com aspectos socioeconômicos do local, pretendida por este trabalho, tornou-se necessária a análise de um conjunto de indicadores, de forma a levar em consideração todos os aspectos relacionados aos serviços de esgotamento sanitário e à população. Os indicadores, obtidos através de sistemas de informações existentes, são meios que permitem os órgãos gestores e interessados a acompanhar o desenvolvimento de um local com relação a aspectos pontuais e, quando em conjunto, a aspectos mais abrangentes.

Entretanto, como analisar em conjunto uma série de indicadores igualmente importantes e relevantes para o desenvolvimento do saneamento no estado, e diferenciar os municípios que necessitam de maior atenção daqueles que já se encontram em um patamar favorável?

TOPSIS, por possuir um processo simples, programável e ser fácil de usar, tem sido muito aplicado em diversos setores em que a tomada de decisão multicritério tornou-se necessária. Este método foi escolhido para o presente trabalho, pois permite a hierarquização dos municípios do estado do Rio Grande do Sul a partir de cálculos envolvendo todos os indicadores de saneamento selecionados.

Com esta análise, será possível verificar a situação do saneamento do Rio Grande do Sul e, ao correlacionar com aspectos socioeconômicos, identificar como os fatores sociais e econômicos impactam ou são impactados pelo déficit de esgotamento sanitário. Além disso, será possível averiguar se, no estado, esse serviço atende as metas estipuladas pelas políticas públicas do país e como poderá contribuir com a universalização do saneamento no país.

#### **4.5. CORRELAÇÃO COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

No decorrer da evolução da humanidade, apesar do notável progresso nos avanços sanitários, constatou-se uma marcante carência na divulgação do conhecimento relacionado a tais questões. Esse contexto culminou em um retrocesso nos índices de saúde e higiene, associando a persistência dos problemas de saneamento ao modelo socioeconômico adotado, o qual marginaliza a população mais vulnerável e a exclui dos benefícios proporcionados pelo processo de desenvolvimento (Heller, 1998; Alves et al., 2017).

Nesse contexto, Rossoni et al. (2020) conduziram um estudo com o objetivo de investigar quais características dos municípios brasileiros são determinantes para a ausência de prestadores de serviços de esgotamento sanitário. Entre suas conclusões, identificaram que a maior universalização do abastecimento de água e o significativo déficit em redes de esgotamento sanitário estão mais presentes nos municípios com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Ainda, a pesquisa elaborada por Abdala & Bordin (2020) teve como objetivo avaliar não apenas a qualidade, mas também o impacto do saneamento básico na vida dos cidadãos gaúchos, através da relação dessa dimensão com variáveis socioeconômicas, populacionais, de desenvolvimento, de controle social, de renda e com a presença do principal prestador de serviços. Os resultados do estudo evidenciaram que fatores como população e PIB municipal estão associados a uma melhoria no índice avaliado, pressupondo-se que o reflexo seja pelo fato de haver mais recursos disponíveis para os altos investimentos necessários à evolução do saneamento básico. Não foi encontrada relevância estatística entre as variáveis do Idese, que englobam renda, educação e saúde, com os serviços de saneamento básico.

Saiani (2007), por sua vez, produziu uma pesquisa com o objetivo de caracterizar o déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil. Através de análises envolvendo aspectos socioeconômicos, o autor identificou que:

- O déficit de acesso a serviços de saneamento está fortemente relacionado ao perfil de renda dos consumidores e à existência de economias de escala e de densidade no setor.
- A oferta desses serviços em grandes concentrações populacionais (aglomerações) é um fator incentivador, uma vez que a expansão e a manutenção destes tendem a ter custos reduzidos à medida que aumenta o tamanho da população a ser atingida.

- Os déficits de acesso a serviços de saneamento ocorrem, principalmente, nas localidades em que a provisão desses serviços possui um custo mais elevado, devido à menores aglomerações, e que a capacidade de pagamento pelos serviços (tarifas) é significativamente mais reduzida, fazendo relação à dificuldade da população mais pobre em pagar as tarifas necessárias para a universalização dos serviços.

## **4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A análise estatística desempenha um papel central na obtenção de inferências válidas sobre uma população a partir de dados amostrais (FILHO & JUNIOR, 2009). Através da aplicação de métodos estatísticos, informações relevantes e representativas podem ser extraídas de uma amostra, permitindo generalizações e conclusões confiáveis que podem ser extrapoladas para a população de interesse.

Dessa forma, a seguir será fornecida uma síntese de alguns dos métodos estatísticos mais frequentemente empregados, compreendendo o Coeficiente de Pearson, a Análise de Regressão Linear Simples e a Significância Estatística.

### **4.6.1. Coeficiente de Pearson**

De acordo com Junior et al. (2018), o Coeficiente de Pearson, também chamado de coeficiente de correlação produto-momento ou coeficiente  $r$  de Pearson, é uma medida que busca quantificar o grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas. Este índice adimensional varia entre -1,0 e 1,0, refletindo a intensidade de uma relação linear entre os conjuntos de dados.

Sendo assim, uma correlação perfeita ( $r$  igual a -1 ou 1) indica que o valor de uma variável pode ser determinado exatamente ao conhecer o valor da outra, evidenciando um elevado grau de dependência estatística linear entre as variáveis. Por outro lado, uma correlação de valor zero indica a inexistência de relação linear entre as variáveis (SOUZA, 2018).

Conforme Legates & McCabe (1999), o Coeficiente de Pearson pode ser calculado através da Equação ( 8 ):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}_{medida})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_{medida})^2}} \quad (8)$$

Sendo:

$r$  = coeficiente de correlação de Pearson;

$x_i$  = a variável independente observada;

$\bar{x}$  = o valor médio da variável independente  $x_i$  ao longo de todo o período da avaliação;

$y_i$  = a variável dependente observada;

$\bar{y}_{medida}$  = o valor médio da variável dependente  $y_i$  ao longo de todo o período da avaliação.

Autores sugerem classificações distintas para os resultados obtidos através da utilização da Equação supracita. De acordo com os autores Filho & Júnior (2009), os resultados do coeficiente de Pearson podem ser classificados da seguinte forma: valores compreendidos entre 0,10 e aproximadamente 0,30 são considerados indicativos de uma correlação pequena ou fraca; valores situados entre 0,30 e 0,49 ou 0,60 são interpretados como uma correlação moderada ou média; e valores entre 0,50 ou 0,70 e 1,00 são associados a uma correlação forte ou alta.

Já para Cohen (1988), os valores podem ser classificados entre:

Para Cohen (1988), valores entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes. Dancey e Reidy (2005) apontam para uma classificação ligeiramente diferente:  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,6$  (moderado);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte).

(FILHO & JÚNIOR, 2009)

E segundo Mukaka (2012), o tamanho do coeficiente de correlação de Pearson pode ser classificado de acordo com as seguintes faixas específicas: valores entre 0,90 e 1,00 são considerados como correlação positiva (ou negativa) muito alta; valores entre 0,70 e 0,90 indicam uma alta correlação positiva (ou negativa); valores entre 0,50 e 0,70 são associados a uma correlação positiva (ou negativa) moderada; valores entre 0,30 e 0,50, possuem uma baixa correlação positiva (ou negativa); e valores entre 0,00 e 0,30 indicam uma correlação insignificante.

Além disso, Moore et al. (2011), Filho & Júnior (2009) e Souza (2018) ressaltam alguns pontos de atenção ao descrever a relação entre duas variáveis por meio de correlações lineares, como é o caso do Coeficiente de Pearson:

- A correlação requer que ambas as variáveis sejam quantitativas;
- A correlação mede a força apenas da relação linear entre duas variáveis. A correlação não descreve relações curvas entre variáveis, não importa quão fortes sejam;
- Uma análise de outliers se torna necessária, uma vez que a presença deles afeta significativamente o coeficiente de correlação;
- Faz-se necessária a independência das observações, ou seja, a ocorrência de uma observação  $X_1$  não influencia a ocorrência de outra observação  $X_2$ .

#### 4.6.2. Análise de Regressão Linear

Conforme citado por Rodrigues (2012), a análise de regressão aborda o estudo da relação entre uma variável designada como dependente (Y) e uma ou mais variáveis independentes (X ou  $X_1, \dots, X_p$ ). Sendo assim, quando somente uma variável independente é considerada, denomina-se análise de regressão simples, enquanto o uso de duas ou mais variáveis é característico da análise de regressão múltipla.

O Modelo de Regressão Linear (MRL) nos fornece uma equação, chamada de equação de regressão, que descreve o comportamento de uma variável em função do comportamento da outra. O gráfico da equação de regressão é uma reta, chamada de reta de regressão, que melhor se ajusta ao conjunto de dados amostrais emparelhados das variáveis em estudo (QUEIROZ, 2020). A equação de regressão é dada por (Equação ( 9 )):

$$Y_i = a \cdot X_i + b + e_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (9)$$

Onde:

$Y_i$  = valor da variável resposta ou dependente Y, para  $i = 1, \dots, n$ ;

$X_i$  = valor da variável independente X, para  $i = 1, \dots, n$ ;

a = corresponde a um dos parâmetros do modelo, representando a inclinação da reta regressora;

b = corresponde a um dos parâmetros do modelo, sendo este o ponto em que a reta regressora corta o eixo dos yy, quando  $x = 0$ ;

$e_i$  = variáveis aleatórias que correspondem ao erro, para  $i = 1, \dots, n$ .

Conforme mencionado por Fundão (2018), para avaliar o grau de correlação e a qualidade do ajustamento da equação da reta que melhor representa a relação linear entre as duas variáveis do MRL, utiliza-se o coeficiente de determinação, representado simbolicamente por  $R^2$ . Esse coeficiente pode ser calculado por meio da Equação ( 10 ), utilizando o Método dos Mínimos Quadrados, que busca encontrar a reta de regressão que minimize a soma dos quadrados das diferenças entre os pontos observados e os valores correspondentes sobre a reta estimada (SILVA & SILVA, 1999):

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = 1 - \frac{SQE}{SQT} \quad (10)$$

Onde:

$R^2$  = coeficiente de determinação;

SQR = soma dos quadrados dos resíduos;

SQT = soma dos quadrados totais;

SQE = soma dos quadrados explicados.

Rodrigues (2012) destaca que o coeficiente de determinação pode ser obtido ao elevar ao quadrado o coeficiente de correlação de Pearson, conforme definido na Equação ( 8 ). O autor também ressalta que esse coeficiente varia entre 0 e 1, em que valores próximos de 0 indicam uma relação inadequada entre os pontos e a reta de regressão, enquanto valores próximos de 1 indicam uma relação mais adequada.

Para classificar os resultados obtidos por meio do cálculo do coeficiente de determinação, Laudau & Moura (2016) propõem as categorias descritas na Tabela 1. Essas categorias representam intervalos de valores nos quais a correlação do coeficiente pode ser considerada desprezível, fraca, moderada, forte ou muito forte.

Tabela 1 – Classificação sugerida ao Coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

<b>Fonte</b>	<b>Correlação</b>	<b>Intervalo</b>
Laudau & Moura (2016)	Desprezível	<0,09
	Fraca	0,09 a <0,25
	Moderada	0,25 a <0,49
	Forte	0,49 a <0,81
	Muito forte	0,81 a 1,00

Fonte: Laudau & Moura (2016).

### 4.6.3. Significância Estatística

Conforme destacado por Jangarelli & Euclides (2006), a significância estatística, medida pelo valor do nível-p, representa uma estimativa do grau em que um determinado resultado é "verdadeiro" em relação à população, indicando sua representatividade. Os autores ressaltam que, tecnicamente, o nível-p serve como um índice decrescente de confiabilidade do resultado. Ou seja, à medida que o valor do nível-p aumenta, diminui a confiança de que a relação observada entre as variáveis na amostra seja um indicador confiável da relação existente entre as respectivas variáveis na população.

Uma maneira de se calcular a significância estatística de um resultado é por meio da Análise de Variância da Regressão (ANOVA), a qual permite medir a qualidade de um determinado modelo de regressão, analisando a significância conjunta dos parâmetros do modelo (FUNDAÇÃO, 2018). Segundo Oliveira et al. (2023), as equações utilizadas neste cálculo podem ser apresentadas na forma de uma tabela de análise de variância, conforme ilustrado na Tabela 2:

Tabela 2 - Análise de Variância da Regressão (ANOVA).

Fonte	Graus de liberdade	Somatório dos quadrados	Quadrado médio
<b>Regressão</b>	P	$SQReg = [\beta]^T \cdot [X]^T \cdot [Y] - nY^2$	$QMReg = \frac{SQReg}{P}$
<b>Resíduos</b>	n - P - 1	$SQRes = [Y]^T \cdot [Y] - [\beta]^T \cdot [X]^T \cdot [Y]$	$QMRes = \frac{SQRes}{n - P - 1}$
<b>Total</b>	n - 1	$SQT = [Y]^T \cdot [Y] - nY^2$	

Fonte: adaptada de Oliveira et al. (2003).

Onde: SQReg = soma dos Quadrados da Regressão; SQRes = soma dos Quadrados dos Resíduos; SQT = soma Total dos Quadrados; QMReg = valor da média dos quadrados da regressão; QMRes = valor da média dos quadrados dos resíduos;  $\beta$  = valor do coeficiente associado à variável independente; [Y] = matriz de dados associada à variável dependente; [X] = matriz de dados associada à variável independente;  $[ ]^T$  = matriz está transposta; n = número de observações da amostra dos dados; P = número de variáveis independentes.

Após a realização dos cálculos apresentados na tabela acima, é realizado o teste estatístico para verificar a hipótese nula, chamado F total, calculado através da Equação ( 11 ):

$$F = \frac{QMReg}{QMRes} \quad ( 11 )$$

Onde:

F = valor da variável estatística da tabela de Snedecor;

QMReg = valor da média dos quadrados da regressão;

QMRes = valor da média dos quadrados dos resíduos.

Oliveira et al. (2003) destaca que a hipótese nula será aceita caso o F tabelado fosse maior que o F calculado pela Equação ( 11 ). Dessa forma, a hipótese nula seria aceita se:

$$F_{calculado} < F_{tabelado}$$

$$F < F(\alpha, P, n - P, 1)$$

Onde:

$\alpha$  = nível de significância;

$P$  = graus de liberdade da regressão (número de variáveis independentes);

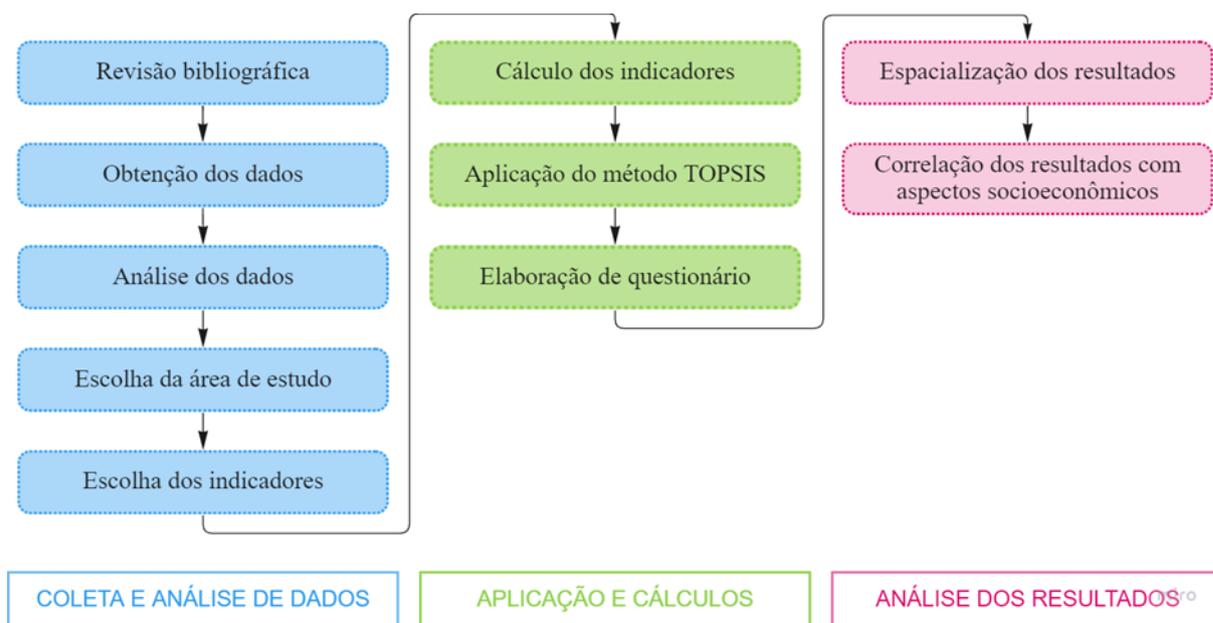
$n - P - 1$  = número de graus de liberdade dos resíduos.

Conforme Filho & Júnior (2009), é comum adotar três diferentes patamares para analisar a significância estatística de um resultado: 0,1 (significativo no nível de 10%); 0,05 (significativo no nível de 5%) e 0,01 (significativo no nível de 1%). Assim, caso o p-valor seja inferior ao nível de significância estabelecido, consideramos a regressão como significativa.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste projeto, foram executadas as etapas dispostas no fluxograma da Figura 11:

Figura 11 - Fluxograma da metodologia utilizada



Fonte: da autora.

O presente trabalho está composto por três grandes etapas: obtenção e análise de dados, aplicação e cálculo, e análise dos resultados obtidos. Cada item será discutido a seguir.

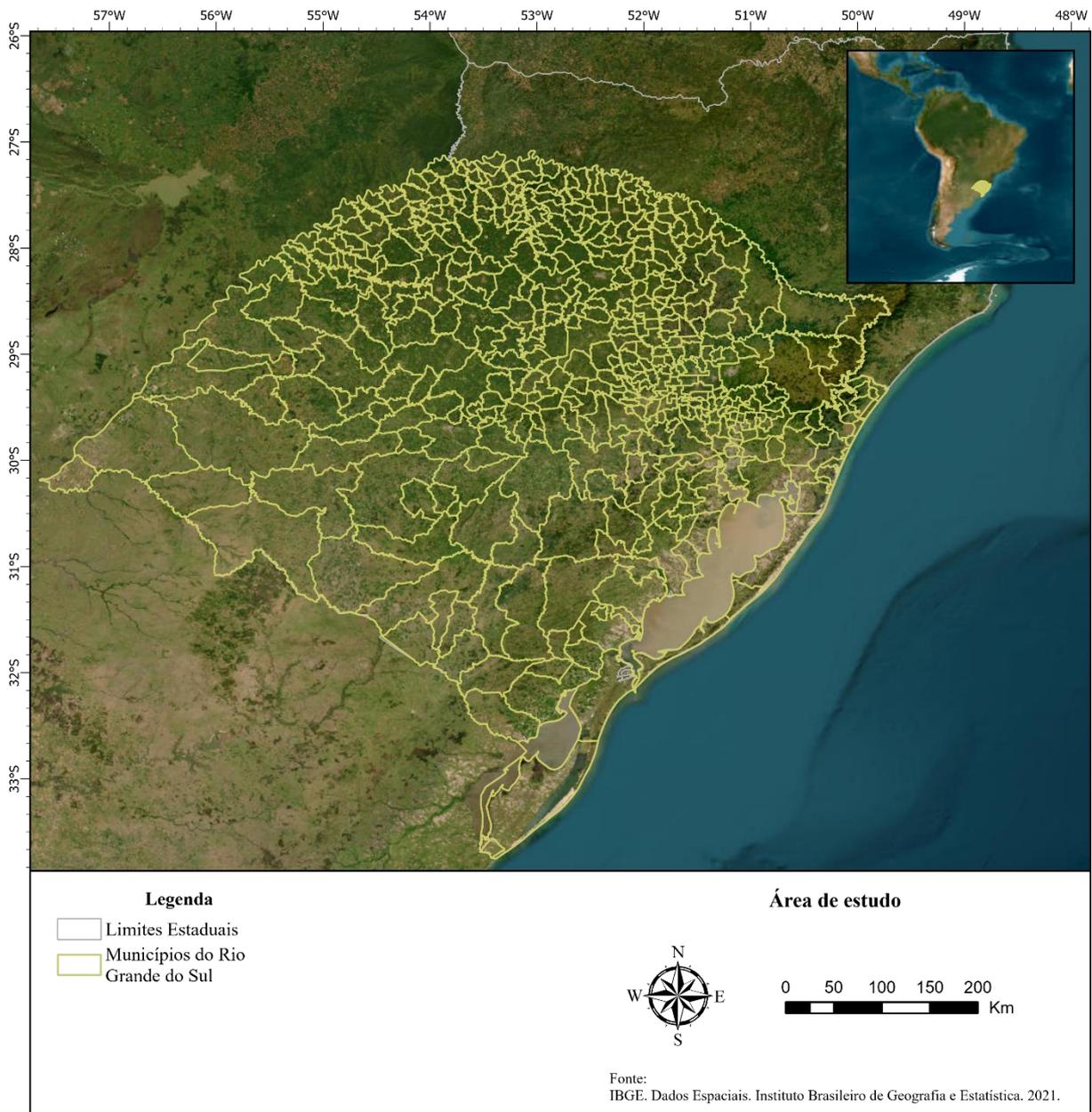
### 5.1. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Esta fase engloba a obtenção, organização e análise dos dados que foram utilizados ao longo deste trabalho, assim como a delimitação da área de estudo.

#### 5.1.1. Escolha da área de estudo

A seleção da área de estudo (Figura 12) abrangeu todos os 497 municípios do Rio Grande do Sul, embasada no propósito de realizar comparações entre eles e identificar aqueles que demonstram um desempenho satisfatório em relação aos serviços de esgotamento sanitário, assim como os que apresentam deficiências nesse âmbito.

Figura 12 – Área de Estudo.



Fonte: da autora.

Essa identificação trará benefícios significativos aos responsáveis pela tomada de decisões, uma vez que permitirá direcionar esforços e discernir quais ações foram bem-sucedidas entre os municípios com desempenho satisfatório, além de evitar práticas que não obtiveram êxito. Esse conhecimento subsidiará a formulação de estratégias eficazes para melhorar a prestação dos serviços de esgotamento sanitário, otimizando recursos e promovendo o avanço do saneamento ambiental nas localidades estudadas.

### **5.1.2. Obtenção e análise dos dados**

A continuidade da avaliação dos serviços de esgotamento sanitário em municípios do Rio Grande do Sul, bem como a subsequente possibilidade de replicação deste estudo, foram fatores motivadores desta pesquisa. Uma maneira de viabilizar essa replicação é através da predominante utilização de sistemas públicos de informação, nos quais a coleta e utilização dos dados possam ser realizadas de forma descomplicada.

O SNIS é uma entidade vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades (MCidades) e é atualmente reconhecido como o principal e mais relevante sistema de informações do setor de saneamento no Brasil (SNIS, 2023). Esse sistema possui abrangência nacional, englobando, portanto, a área de estudo do presente trabalho.

Além do SNIS, foram obtidos dados de fontes complementares, como o IBGE, FUNASA, Instituto Água e Saneamento e demais bibliografias consolidadas, obtidas através de revisão bibliográfica. Essas fontes de dados foram utilizadas para enriquecer a análise e obter uma visão mais abrangente dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios estudados.

Os dados preferenciais para este estudo foram aqueles discretizados por município, garantindo a correta distinção e utilização das informações específicas de cada localidade. Essa abordagem permitiu uma análise mais precisa dos indicadores de esgotamento sanitário em nível municipal, levando em consideração as características e peculiaridades de cada região.

Para a etapa de análise dos dados, todos os dados obtidos por município foram compilados em uma planilha Excel. Em seguida, as informações foram padronizadas visando a realização de uma análise quantitativa dos dados encontrados, bem como a identificação da completude das informações necessárias para o cálculo dos indicadores.

## **5.2. INDICADORES**

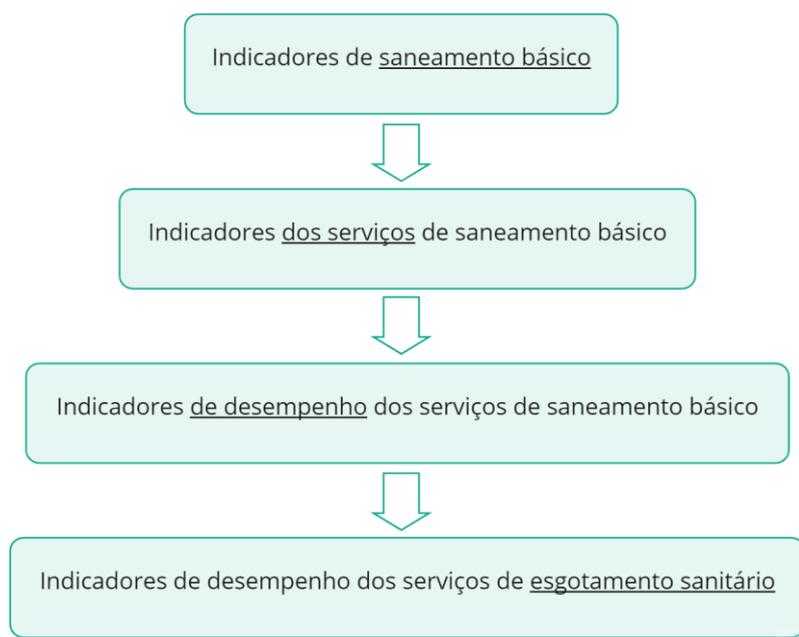
Após a etapa de delimitação da área de estudo, foram estabelecidos os indicadores que serão utilizados neste estudo. Esses indicadores foram calculados para os municípios da área de estudo, seguindo suas respectivas equações e utilizando os dados coletados de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 5. A partir de seus cálculos, a metodologia multicritério decisão TOPSIS foi aplicada, e os municípios serão hierarquizados.

Nesse sentido, os indicadores foram escolhidos com base em revisão bibliográfica, visando representar da melhor maneira possível o saneamento básico de um município. Da mesma forma que foi empregado por Carvalho (2013) na etapa de pré-seleção de seus indicadores, foram adotados quatro critérios para a seleção de um amplo conjunto de indicadores que representam o saneamento básico de um município. Esses critérios são:

- Recorrência (critério quantitativo): refere-se ao fato de um mesmo indicador ser utilizado em diferentes sistemas de indicadores para avaliação do saneamento básico;
- Clareza (critério qualitativo): refere-se a indicadores que possuem uma definição clara e objetiva que evitem entendimentos ambíguos;
- Aplicabilidade nacional: refere-se a indicadores que, pelas variáveis que o compõem, apresentam possibilidade de aplicação no Brasil;
- Relação com o usuário (critério qualitativo): refere-se a indicadores que retratam maior relação com a perspectiva do usuário quanto ao saneamento básico de seu município.

Após a identificação dos indicadores que representam o saneamento básico de um município, foram realizadas três etapas de filtragem para resumi-los e obter um conjunto de indicadores que representem especificamente os serviços de esgotamento sanitário. Inicialmente, do conjunto de indicadores obtidos na etapa de pré-seleção, foram destacados os indicadores voltados aos serviços de abastecimento, coleta e tratamento de água e esgoto sanitário; deste resultado, foram segregados os referentes ao desempenho deste serviço; e, por fim, dos indicadores restantes foram selecionados aqueles que fazem menção ao desempenho dos serviços com ênfase em esgotamento sanitário. O fluxograma que representa a sequência de filtros utilizados pode ser visualizado na Figura 13.

Figura 13 - Filtros adotados na determinação dos indicadores.



Fonte: da autora.

Para a melhor clareza na interpretação e identificação, os indicadores selecionados foram distribuídos em seis classes (SNIS, 2020; IWA, 2004; DANILENKO, 2014; ADASA, 2016; ARIS, 2017):

- Indicadores operacionais/eficiência: permitem a avaliação do trabalho operacional e da eficiência dos operadores de esgotamento sanitário nos municípios analisados;
- Indicadores econômico-financeiros: viabilizam a análise da situação econômico-financeira da prestação de serviços nos municípios;
- Indicadores de qualidade física ou do serviço: possibilitam a avaliação da qualidade no fornecimento do serviço e na infraestrutura oferecida;
- Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário: permitem avaliar a qualidade do serviço de esgotamento sanitário sob a perspectiva do usuário;
- Indicadores de contexto: possibilitam a análise do contexto do município e de sua situação atual em relação ao esgotamento sanitário;
- Indicadores de governança: viabiliza a avaliação do planejamento do município em relação ao esgotamento sanitário, além de possibilitar a análise do envolvimento dos usuários.

Após essa etapa, os indicadores selecionados foram calculados. De forma a facilitar a repetição dos cálculos em todos os municípios considerados, o *Excel* foi utilizado como ferramenta. As

equações para o cálculo dos indicadores foram obtidas a partir das fontes de criação dos mesmos, quando disponíveis. Caso não estivessem disponíveis, as equações foram desenvolvidas e devidamente justificadas.

### 5.3. QUESTIONÁRIO

Para a determinação dos pesos de cada indicador e posterior incorporação nos cálculos do método de TOPSIS, foi elaborado um questionário eletrônico. Este questionário teve como público-alvo especialistas, professores e estudantes da área de recursos hídricos, com ênfase em saneamento ambiental.

O questionário foi elaborado utilizando a ferramenta *ArcGIS Survey123*, da *Esri*, uma vez que permite maior customização, variedade de manipulação dos dados, análise das respostas em tempo real, compartilhamento e elaboração de relatórios. Assim, nesta etapa, os entrevistados receberam um questionário com a listagem de indicadores, onde esperava-se que eles avaliassem tais indicadores com base em alternativas pré-estabelecidas. A cada alternativa foi atribuído um peso pré-determinado, garantindo que, ao término do processo de envio e coleta dos questionários, os resultados pudessem ser devidamente quantificados. Sendo assim, a partir das respostas obtidas, o peso foi computado e, para cada indicador, a proporção entre a soma dos pesos obtidos e a quantidade de respostas foi utilizada na determinação de sua pontuação.

Adicionalmente, uma seção do questionário foi destinada à coleta de informações gerais sobre o entrevistado, tais como nome, área de atuação, município e local de trabalho. Esses dados tornaram-se relevantes para a avaliação do esgotamento sanitário no estado do Rio Grande do Sul, uma vez que se entende importante a obtenção de respostas que abranjam as diversas regiões do estado.

Os questionários foram enviados via e-mail e/ou por meio de aplicativos de mensagens instantâneas. Para a obtenção do público respondente, utilizaram-se de contatos da autora, de indicações e de pesquisa em plataformas de cunho profissional e acadêmico. Foi enviado um e-mail introdutório, contendo informações sobre a pesquisa e sobre o questionário, bem como do envio periódico de e-mails a cada 15 dias para os entrevistados que ainda não tenham respondido. Essa verificação será realizada por meio do campo “Nome do entrevistado”, a ser incluído no questionário.

O questionário foi projetado para ser fácil e rápido de usar, com o objetivo de evitar que os entrevistados desistissem de concluí-lo. Ele foi disponibilizado por meio de um link ou *QR Code* e esteve acessível por um período de um mês, passível de prorrogação de acordo com a quantidade de respostas obtidas. A expectativa consiste em obter cerca de 50 respostas para os questionários.

### **5.3.1. Elaboração do questionário**

Com o intuito de obter os pesos necessários para os indicadores mencionados no subcapítulo 5.2 e, assim, viabilizar a aplicação do método TOPSIS, um questionário foi elaborado e aplicado a um grupo de entrevistados. O questionário aplicado compreendeu um total de nove partes, são elas:

- Introdução;
- Informações gerais;
- Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência;
- Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiro;
- Atribuição de níveis aos Indicadores de qualidade física ou do serviço;
- Atribuição de níveis aos Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário;
- Atribuição de níveis aos Indicadores de cobertura do serviço/contexto/meio ambiente;
- Atribuição de níveis aos indicadores de Governança;
- Conclusão.

Na parte de Introdução, foi dissertado sobre o motivo da elaboração do questionário, o objetivo da pesquisa e o intuito da definição de pesos aos indicadores listados. Nesta etapa explicou-se também como o questionário foi organizado e como respondê-lo corretamente. Esta estruturação pode ser analisada na Figura 14.

Figura 14 – Questionário: introdução.

**Determinação de pesos para indicadores de esgotamento sani...**

Prezados (as),

Venho solicitar a sua contribuição no preenchimento do questionário a seguir, que configura parte da metodologia de minha dissertação junto ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA), do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH/UFRGS).

Este trabalho busca avaliar o desempenho dos serviços de esgotamento sanitário e obter o panorama do mesmo nos municípios do estado do Rio Grande do Sul, utilizando metodologia de apoio multicritério à decisão, e compará-los com aspectos socioeconômicos.

Assim, o presente formulário possui o intuito de definir pesos aos indicadores selecionados e utilizá-los no cálculo do método de apoio multicritério à decisão escolhido, denominado Técnica de ordem de preferência por Similaridade para a Solução Ideal (TOPSIS). Como resultado, este método proporciona a hierarquização do parâmetro avaliado em busca da solução que mais se aproxima da ideal, e, ao mesmo tempo, que se afaste mais da solução não desejada.

Instruções de preenchimento:

O questionário será dividido em 8 partes:

- Dados gerais;
- Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência;
- Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiro;
- Atribuição de níveis aos Indicadores de qualidade física-química ou do serviço;
- Atribuição de níveis aos Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário;
- Atribuição de níveis aos Indicadores de cobertura do serviço/contexto/meio ambiente;
- Atribuição de níveis aos indicadores de Governança;
- Conclusão.

Em cada uma das partes, selecione uma das seguintes opções quando julgar necessário, de acordo com o seu entendimento e/ou experiência:

- Prefiro não opinar: caso não possua uma opinião definida sobre o indicador em questão;
- Irrelevante: caso o indicador em questão seja irrelevante em comparação aos demais;
- Pouco importante: caso o indicador em questão possua pouca importância em comparação aos demais;
- Importante: caso o indicador em questão seja importante em comparação aos demais;
- Muito importante: caso o indicador em questão seja muito importante em comparação aos demais;
- Fundamental: caso o indicador em questão seja o mais importante em comparação aos demais.

Conto com a sua colaboração e me coloco à disposição para sugestões/dúvidas!

Atenciosamente,

Viviane Mezzomo  
Engenheira Hídrica e mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
e-mail: viviane.mezzomo@ufrgs.br

Profa. Dra. Maria Cristina de Almeida Silva (orientadora)  
Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental  
e-mail: mariacristinaas@iph.ufrgs.br

Próximo  Página 1 de 9

Fonte: da autora.

Na etapa seguinte, em Informações gerais, foi solicitado o preenchimento de dados gerais sobre o entrevistado, como o seu nome, formação, município de atuação e local de trabalho, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Questionário: informações gerais.

Determinação de pesos para indicadores de esgotamento sani...

### Informações Gerais

**Nome do entrevistado\***  
Informe o seu nome completo.

**Formação do entrevistado\***  
Informe o nível de escolaridade e curso.

**Área de atuação do entrevistado\***  
Informe a sua área de atuação.

**Município de atuação do entrevistado\***  
Informe o seu município de atuação.

**Local de trabalho do entrevistado\***  
Informe o seu local de trabalho.

Progresso Página 2 de 9

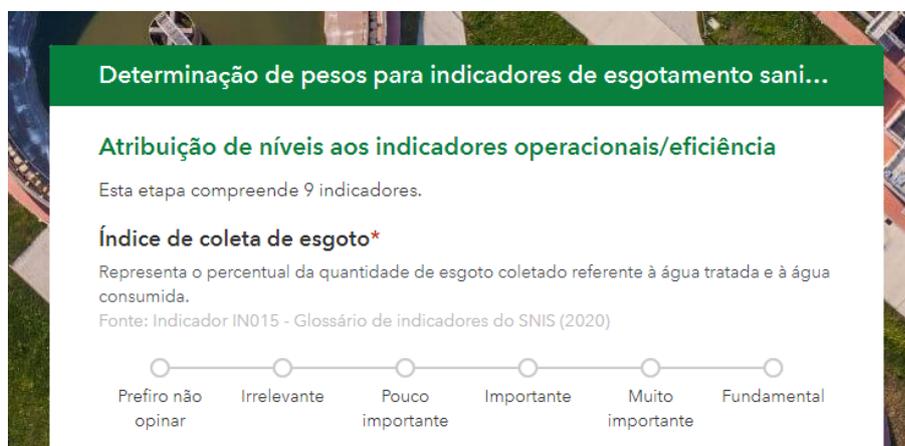
Fonte: da autora.

Na visualização da Atribuição de níveis aos indicadores, cada etapa refere-se a uma das classificações definidas aos indicadores. Assim, cada uma delas consistiu no nome da classificação, da quantidade de indicadores, da listagem deles e de suas alternativas para seleção. Para cada indicador, por sua vez, indicou-se o nome, uma breve descrição, a fonte de onde ele foi obtido e as alternativas, apresentadas por meio de escala Likert, com as seguintes opções:

- **Prefiro não opinar:** para caso o entrevistado não possua uma opinião definida sobre o indicador em questão;
- **Irrelevante:** para caso o indicador em questão seja irrelevante em comparação aos demais;
- **Pouco importante:** para caso o indicador em questão possua pouca importância em comparação aos demais;
- **Importante:** para caso o indicador em questão seja importante em comparação aos demais;
- **Muito importante:** para caso o indicador em questão seja muito importante em comparação aos demais;
- **Fundamental:** para caso o indicador em questão seja o mais importante em comparação aos demais.

Um exemplo da estruturação da etapa de atribuição de níveis aos indicadores pode ser visualizado na Figura 16.

Figura 16 – Questionário: atribuição de níveis aos indicadores.



Fonte: da autora.

Na etapa de Conclusão, conforme exibido na Figura 17, foram incluídos dois espaços para que o entrevistado pudesse escrever livremente. No primeiro espaço, foi solicitado que apontasse a possível ausência de algum indicador relevante para o desenvolvimento do trabalho. Já no segundo espaço, o entrevistado foi convidado a compartilhar sugestões ou comentários sobre a pesquisa.

Figura 17 – Questionário: conclusão.

Determinação de pesos para indicadores de esgotamento sani...

**Conclusão**

Faltou algum indicador que você considera relevante para o desenvolvimento deste trabalho? Não deixe de informar no campo abaixo!

1000

Sugestões ou comentários são sempre bem-vindos. Fique à vontade para deixar o seu!

1000

Voltar Enviar

Página 9 de 9

Fonte: da autora.

Na elaboração do questionário, optou-se pelo formato qualitativo de avaliação dos indicadores devido à sua maior atratividade visual e facilidade de seleção para os entrevistados. No entanto, para possibilitar a posterior análise e quantificação dos resultados, foi necessário definir pesos para as alternativas utilizadas.

A fim de minimizar a tendenciosidade na apuração dos resultados dos questionários, utilizou-se pesos equilibrados que refletissem a mesma proporção, porém destacando as alternativas consideradas mais relevantes em relação às demais. Assim, foi atribuída a maior pontuação à alternativa "Fundamental", enquanto a opção "Irrelevante" recebeu a menor pontuação. No caso de os entrevistados não terem conhecimento técnico para avaliar o indicador, foi oferecida a opção "Prefiro não opinar", que não teve peso atribuído para não afetar a quantificação dos resultados.

Assim, a pontuação adotada foi a apresentada na Tabela 3, abaixo, com variação entre zero e um.

Tabela 3 - Pontuação das alternativas do questionário.

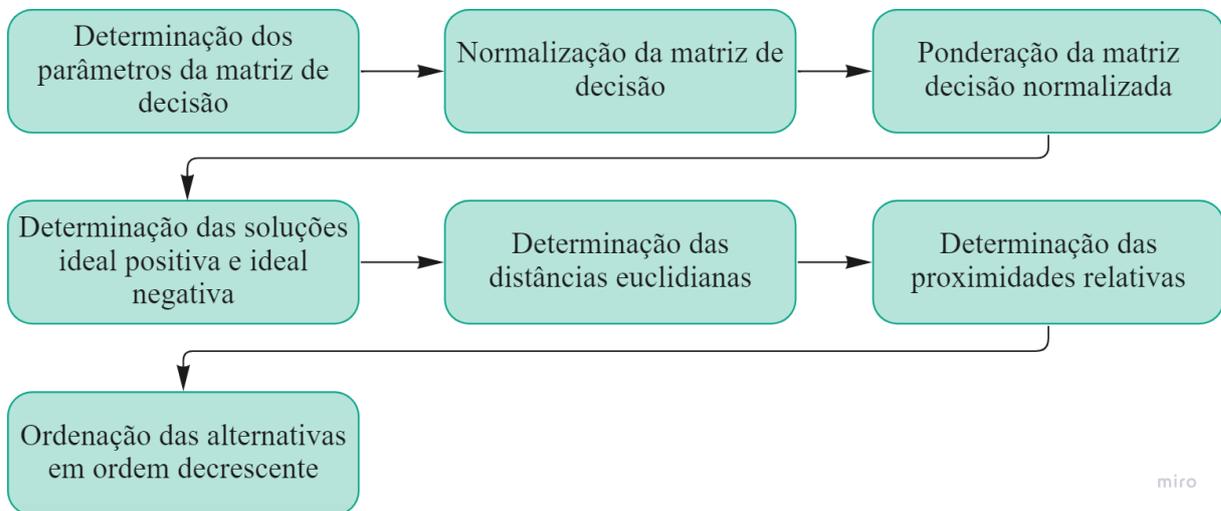
<b>Alternativas</b>	<b>Pontuação</b>
Fundamental	1,00
Muito importante	0,75
Importante	0,50
Pouco importante	0,25
Irrelevante	0,00
Prefiro não opinar	-

Fonte: da autora.

## 5.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS

O método TOPSIS é um método de tomada de decisão, baseada em objetivos para encontrar a alternativa com a menor distância euclidiana da solução ideal e a maior distância euclidiana da solução ideal negativa (TZENG & HUANG, 2011). De acordo com Bhutia & Phipon (2012) e Melo et al. (2018), o processo de cálculo do método consiste em sete passos, ilustrados no fluxograma da Figura 18:

Figura 18 - Fluxograma da metodologia de utilização de TOPSIS.



Fonte: adaptado de Melo et al. (2018) e Bhutia & Phipon (2012).

Assim, o primeiro passo consiste na formação de uma matriz de decisão para hierarquização, indicada na Equação ( 12 ), a qual é composta por um conjunto de alternativas,  $A = \{A_k$ , onde  $k = 1, \dots, n$  }, e um grupo de critérios  $C = \{X_j$ , onde  $j = 1, \dots, m$  }. Nesta matriz,  $C$  indica um conjunto de avaliações de desempenho e  $W = \{w_j | j = 1, \dots, m$  } representa um conjunto de pesos.

$$D = \begin{bmatrix} & X_1 & X_2 & X_3 & \cdots & X_n \\ A_1 & X_{1,1} & X_{1,2} & X_{1,3} & \cdots & X_{1,n} \\ A_2 & X_{2,1} & X_{2,2} & X_{2,3} & \cdots & X_{2,n} \\ A_3 & X_{3,1} & X_{3,2} & X_{3,3} & \cdots & X_{3,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ A_m & X_{m,1} & X_{m,2} & X_{m,3} & \cdots & X_{m,n} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Onde,

D = matriz de decisão;

A<sub>m</sub> = conjunto de alternativas;

X<sub>n</sub> = conjunto de critérios.

X<sub>i,j</sub> = resultados numéricos das alternativas em relação aos critérios.

No contexto deste trabalho, o conjunto de alternativas foi formado pelos municípios incluídos na área de estudo, enquanto o conjunto de critérios foi constituído pelos indicadores previamente selecionados e que representam a avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Essa estrutura foi estabelecida com o intuito de realizar a hierarquização dos municípios com base em parâmetros que permitem a avaliação dos serviços de esgotamento sanitário de cada um deles, utilizando dados concretos.

O segundo passo é constituído pela normalização da matriz de decisão. Como as alternativas e critérios podem não ter a mesma unidade, suas dimensões unitárias devem ser removidas e esses valores convertidos em números sem dimensão (AZADI et al., 2023). Este passo é representado pela Equação ( 13 ).

$$r_{i,j} = \frac{X_{i,j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{i,j}^2}} \quad (13)$$

Onde,

r<sub>i,j</sub> = matriz de decisão normalizada;

X<sub>i,j</sub> = resultados numéricos das alternativas em relação aos critérios.

A partir da matriz  $r_{i,j}$ , passa-se para o terceiro passo, que consiste na ponderação da matriz de decisão normalizada, em que os valores desta matriz são multiplicados por seus respectivos pesos associados. O resultado deste processo é obtido a partir da aplicação da Equação ( 14 ).

$$v_{i,j} = w_{i,j} \cdot r_{i,j} = \begin{bmatrix} v_{1,1} & v_{1,2} & \cdots & v_{1,n} \\ v_{2,1} & v_{2,2} & \cdots & v_{2,n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{m,1} & v_{m,2} & \cdots & v_{m,n} \end{bmatrix} \quad ( 14 )$$

Onde,

$v_{i,j}$  = matriz de decisão normalizada ponderada;

$w_{i,j}$  = matriz de pesos;

$r_{i,j}$  = matriz de decisão normalizada;

No caso do presente trabalho, os pesos foram obtidos a partir do uso de um questionário eletrônico, onde solicitou-se ao público-alvo que avalie os indicadores selecionados com base em alternativas pré-estabelecidas. A metodologia utilizada para o questionário pode ser encontrada no item 5.3.

Na sequência, o quarto passo do processo envolve a determinação das soluções ideais positivas (A+) e das soluções ideais negativas (A-) para os indicadores selecionados. Para realizar essa etapa, é necessário identificar os critérios nos quais o processo decisório busca maximizar ou minimizar determinadas características. Dependendo dos objetivos de utilização do método TOPSIS, alguns critérios podem representar benefícios para a decisão e, portanto, são preferencialmente representados por valores mais altos, enquanto outros podem ser considerados custos e são preferencialmente representados por valores mais baixos.

Dessa forma, as soluções ideais positivas e negativas indicam, respectivamente, os valores que mais se aproximam da melhor solução e que mais se afastam da pior solução para cada indicador, considerando os resultados obtidos no passo de ponderação. A obtenção dessas soluções é realizada por meio das Equações ( 15 ) e ( 16 ), onde são selecionados o valor máximo e o valor mínimo do critério em questão, respectivamente.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J), (\min v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, \dots, n\} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+\} \quad ( 15 )$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J), (\max v_{ij} \mid j \in J'), i = 1, 2, \dots, n\} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-\} \quad ( 16 )$$

Onde,

$A^+, A^-$  = solução ideal positiva e negativa, respectivamente;

$v_{ij}$  = elementos da matriz de decisão normalizada ponderada;

$v_i^+, v_i^-$  = elementos do conjunto de soluções ideais positivas e negativas, respectivamente;

$J = \{j = 1, 2, \dots, n \text{ e } j \text{ está associado a critérios de benefício}\}$ ;

$J' = \{j = 1, 2, \dots, n \text{ e } j \text{ está associado a critérios de custo}\}$ ;

Após a conclusão dessa etapa, a metodologia é prosseguida com a aplicação do quinto passo, que consiste no cálculo das medições de separação de cada elemento com relação à solução ideal positiva e solução ideal negativa. Este cálculo pode ser realizado através da obtenção das distâncias euclidianas positivas e negativas, conforme apresentado nas Equações ( 17 ) e ( 18 ).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (18)$$

Onde,

$S_i^+, S_i^-$  = distância euclidiana positiva e negativa, respectivamente;

$v_{ij}$  = elementos da matriz de decisão normalizada ponderada;

$v_j^+, v_j^-$  = elementos do conjunto de soluções ideais positivas e negativas, respectivamente;

O sexto passo é composto do cálculo da proximidade relativa dos elementos à solução ideal, que utiliza como parâmetro as distâncias euclidianas positivas e negativas, obtidas no passo anterior. Este cálculo é realizado com base na Equação ( 19 ).

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (19)$$

Onde,

$C_i^+$  = proximidade relativa da alternativa à solução ideal;

$S_i^+$ ,  $S_i^-$  = distância euclidiana positiva e negativa, respectivamente;

Por fim, o sétimo passo consiste na classificação em ordem decrescente das proximidades relativas, obtidas no passo anterior. Nesta etapa, quanto maior o valor de  $C_i^+$  da alternativa, melhor o seu desempenho. Com essa hierarquização será então possível definir os municípios com melhor ou pior desempenho dos serviços de esgotamento sanitário.

## **5.5. CORRELAÇÃO DOS RESULTADOS COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**

Com o intuito de fomentar uma discussão mais abrangente acerca dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios analisados, foi realizado um estudo comparativo dos resultados obtidos por meio da aplicação do método TOPSIS, em conjunto com a análise de aspectos socioeconômicos. Essa discussão foi levantada com o propósito de investigar se questões como desigualdade de renda, educação, saúde e tamanho populacional possuem relação com a prestação de serviços de esgotamento sanitário. Assim, busca-se auxiliar na identificação de padrões de distribuição dessas características e, conseqüentemente, orientar a tomada de decisões pertinentes.

Sendo assim, neste estudo foram considerados os seguintes aspectos socioeconômicos: saúde, renda, educação, população e PIB. Os dados foram obtidos por meio de informações calculadas e divulgadas pelo DEE do Estado do Rio Grande do Sul, em convênio com o IBGE. Os indicadores de saúde, renda e educação são componentes do aplicativo IdeseVis, que busca apresentar os dados relacionados ao Índice de Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Rio Grande do Sul de forma interativa e dinâmica.

Nesse contexto, a fim de realizar a correlação entre os resultados obtidos por meio do método TOPSIS e os aspectos socioeconômicos, foi empregado o Coeficiente de Pearson. Esse coeficiente já foi utilizado em estudos similares, como o de Lins & Valgas Junior (2021), que correlacionou o tratamento de esgoto com indicadores de saúde, educação e renda nas Regiões Brasileiras, e o de Pisani Junior et al. (2018), que estimou a taxa de geração per capita de

resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo, com base nas variáveis população, renda per capita e consumo de energia elétrica.

### 5.5.1. Aplicação do Coeficiente de Pearson

Após a aplicação do questionário e posterior cálculo do método TOPSIS, foi aplicado o Coeficiente de Pearson ( $r$ ) para correlação dos resultados obtidos com aspectos socioeconômicos no Rio Grande do Sul.

Este coeficiente tem como propósito a quantificação do grau de correlação linear entre duas variáveis quantitativas, gerando um valor adimensional na faixa entre -1,0 e 1,0. Quanto mais próximo o coeficiente " $r$ " estiver de 1 ou -1, mais forte será a associação linear entre as variáveis (LEGATES & MCGABE, 1999; PISANI JUNIOR ET AL., 2018; LINS & VALGAS JUNIOR, 2021).

Portanto, o Coeficiente foi derivado dos resultados obtidos nos cálculos de Proximidade Relativa do método TOPSIS para cada município, em relação aos dados socioeconômicos avaliados, também referentes a cada município da área de estudo. Esses cálculos foram executados utilizando a ferramenta *Excel*.

O Coeficiente de Pearson não se restringe a uma classificação única, pois varia conforme a apreciação técnica dos pesquisadores que o investigaram. Com o objetivo de estabelecer uma categorização para os resultados obtidos, foram adotadas as classificações propostas por Cohen (1988), Dancey e Reidy (2005) e Mukaka (2012), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificações sugeridas ao coeficiente de correlação de Pearson.

Fonte	Correlação	Intervalo
Cohen (1988)	Pequena	0,10 a 0,29
	Média	0,30 a 0,49
	Grande	0,50 a 1,00

<b>Fonte</b>	<b>Correlação</b>	<b>Intervalo</b>
<b>Dancey e Reidy (2005)</b>	Fraca	0,10 a 0,30
	Moderada	0,40 a 0,60
	Forte	0,70 a 1,00
<b>Mukaka (2012)</b>	Insignificante	0,00 a 0,30
	Baixa	0,30 a 0,50
	Moderada	0,50 a 0,70
	Alta	0,70 a 0,90
	Muito alta	0,90 a 1,00

Fonte: Cohen (1988), Dancey e Reidy (2005) e Mukaka (2012).

### 5.5.2. Análise de regressão linear simples e significância estatística

Com o objetivo de complementar a análise do Coeficiente de Correlação de Pearson, foi também realizada uma análise de regressão linear simples e de significância estatística entre os aspectos socioeconômicos selecionados e o resultado do cálculo do método TOPSIS.

Teixeira et al. (2012) enfatizaram que o Coeficiente de Determinação  $R^2$  varia no intervalo de 0 a 1, e quanto maior seu valor, maior será a capacidade explicativa do modelo proposto. Para avaliar essa capacidade, os dados foram representados em um gráfico de dispersão e uma linha de tendência será traçada usando o Excel, o que permite calcular o valor de  $R^2$ . Em seguida, os intervalos de  $R^2$  e suas respectivas categorias, conforme estabelecidos por Laudau & Moura (2016), foram consultados para classificar os valores obtidos. Essas categorias abrangem desde correlação desprezível até correlação muito forte, como descrito na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação sugerida ao Coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

<b>Fonte</b>	<b>Correlação</b>	<b>Intervalo</b>
Laudau & Moura (2016)	Desprezível	<0,09
	Fraca	0,09 a <0,25
	Moderada	0,25 a <0,49
	Forte	0,49 a <0,81
	Muito forte	0,81 a 1,00

Fonte: Laudau & Moura (2016).

Além deste coeficiente, Filho & Júnior (2009) sugerem a utilização da significância estatística (p) para se obter a probabilidade dos valores encontrados a partir de dados amostrais serem representativos dos parâmetros populacionais. O autor ressalta que é comum adotar três diferentes patamares para analisar o valor de p, considerando que quanto menor o seu valor, maior é a confiança do pesquisador em rejeitar a hipótese nula: 0,1 (significativo no nível de 10%); 0,05 (significativo no nível de 5%) e 0,01 (significativo no nível de 1%).

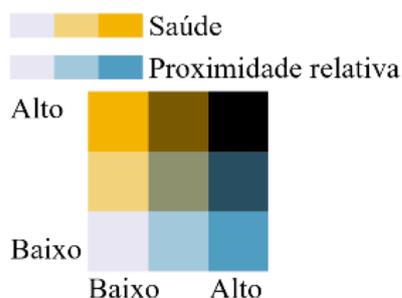
Dessa forma, o valor de significância estatística foi calculado utilizando a ferramenta de análise de dados chamada Regressão, disponível no *Excel*. Seguindo a abordagem de Ferreira (2018), neste estudo foi adotado o critério de  $p \leq 0,05$ , indicando que resultados com 95% de confiabilidade serão considerados estatisticamente significativos. Isso foi utilizado como parâmetro para a aceitação dos resultados obtidos.

### 5.5.3. Espacialização dos resultados

Adicionalmente, os dados de proximidade relativa, derivados da aplicação do método TOPSIS, bem como as informações utilizadas para as análises estatísticas, foram submetidos a um processo de espacialização com o intuito de avaliar e compreender visualmente as tendências espaciais e as relações entre os diferentes aspectos estudados.

Para a realização do processo de representação espacial dos dados, os resultados obtidos por meio do método TOPSIS foram tabulados, georreferenciados e importados na ferramenta ArcGIS Pro para a geração de mapas temáticos. Para facilitar a visualização dos dados e permitir a análise qualitativa das informações, optou-se por apresentar os dados em um mapa único, usando uma legenda ilustrada na Figura 19. Essa representação possibilita a identificação tanto individual quanto conjunta dos parâmetros. As colorações mais escuras do parâmetro analisado no mapa indicam valores mais elevados, enquanto as colorações mais claras do parâmetro indicam valores mais baixos. Além disso, é possível observar que quando um município apresenta o tom mais escuro da cartela de opções, ambos os parâmetros possuem valores elevados, e quando o município apresenta o tom mais claro, ambos os parâmetros possuem valores baixos.

Figura 19 – Legenda dos mapas de espacialização.



Fonte: da autora.

## **6. RESULTADOS**

Compreende a especificação da área de estudo, os resultados obtidos através da aplicação do método TOPSIS, retorno dos questionários e correlação dos resultados com aspectos socioeconômicos.

### **6.1. ÁREA DE ESTUDO**

Inicialmente, a área de estudo foi definida abrangendo todos os 497 municípios do Rio Grande do Sul, com o objetivo de identificar aqueles que apresentavam um desempenho satisfatório em relação aos serviços de esgotamento sanitário e os que tinham deficiências nessa área. No entanto, ao obter a série histórica de dados do SNIS, foi percebida uma realidade diferente.

Após consulta ao SNIS, acessando seus dados por município e com anos de referência de 2020 e 2021, foi observado que apenas 91 dos 497 municípios do Rio Grande do Sul possuíam informações disponíveis para o ano de referência de 2021, e apenas 65 municípios possuíam informações para o ano de referência de 2020. Utilizando o ano de 2021 como ano-base, essa amostra representa menos de 1/5 dos municípios do Estado, o que levou à conclusão de que o presente estudo não abrange o Estado como um todo, mas sim uma análise específica de alguns municípios do Rio Grande do Sul.

Com o propósito de ressaltar a falta de representatividade do estado no SNIS, que é uma fonte de dados de saneamento de referência no país, essa constatação tem como objetivo sensibilizar e estimular aprimoramentos na qualidade da base de dados disponível. É relevante destacar que o envio de informações ao SNIS é uma responsabilidade atribuída às instituições encarregadas da prestação de serviços de abastecimento de água e saneamento, como companhias estaduais, autarquias ou empresas municipais, departamentos municipais e empresas privadas. Ainda que o fornecimento dessas informações seja de caráter voluntário, programas de investimentos do Ministério do Desenvolvimento Regional, incluindo o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), condicionam a seleção, hierarquização e liberação de recursos financeiros ao envio regular de dados ao SNIS (SNIS, 2022).

Dessa forma, no Quadro 3 é possível visualizar a lista dos municípios incluídos na área de estudo do presente trabalho.

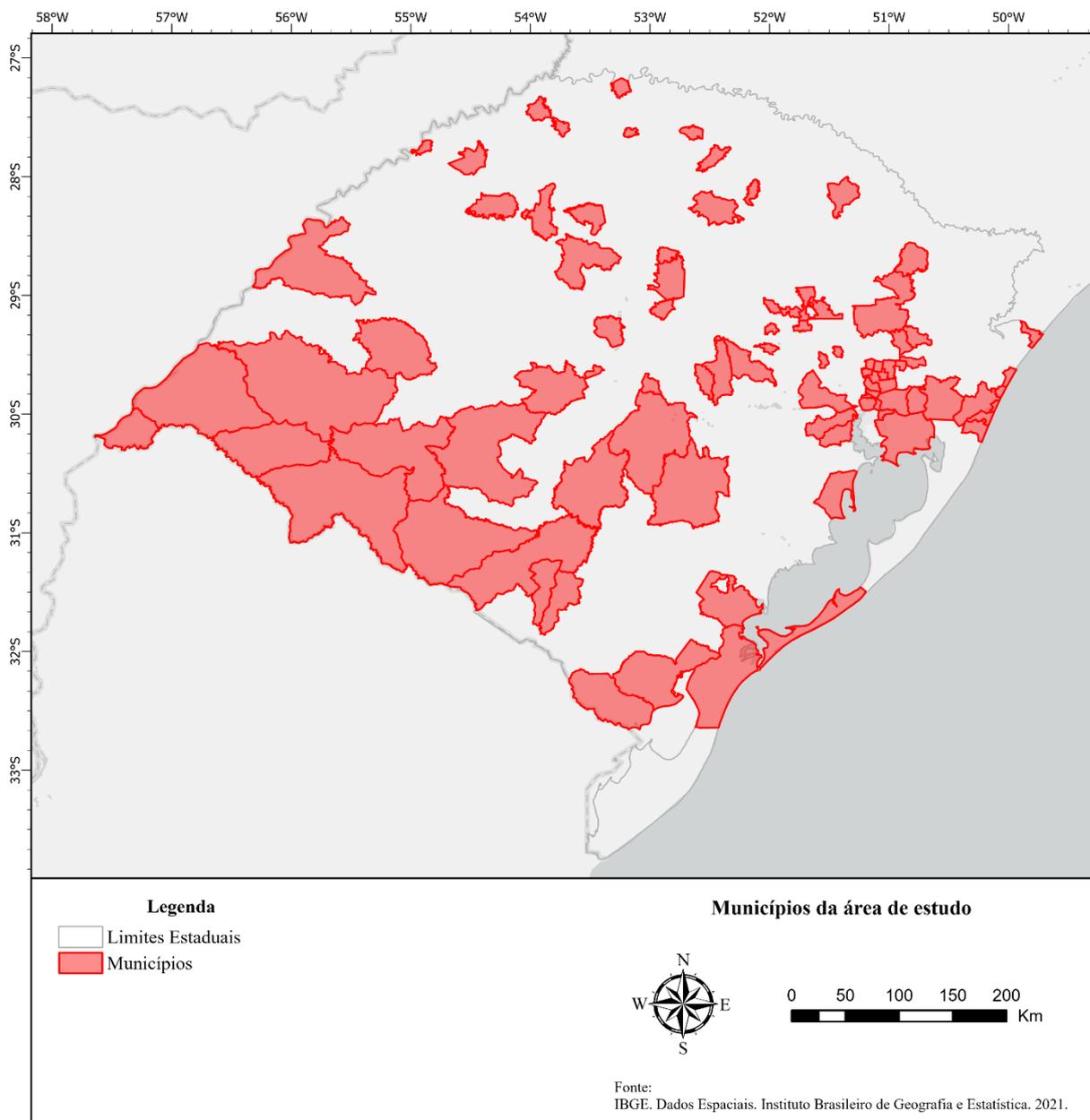
Quadro 3 - Municípios da área de estudo.

Nº	Municípios	Nº	Municípios	Nº	Municípios
1	Alegrete	31	Estância Velha	61	Rio Grande
2	Alvorada	32	Esteio	62	Rosário do Sul
3	Arroio Grande	33	Glorinha	63	Santa Cruz do Sul
4	Bagé	34	Gramado	64	Santa Maria
5	Barra do Quaraí	35	Gravataí	65	Santana do Livramento
6	Bento Gonçalves	36	Guaíba	66	Santa Rosa
7	Braga	37	Hulha Negra	67	Santa Tereza
8	Caçapava do Sul	38	Igrejinha	68	Santo Ângelo
9	Cachoeira do Sul	39	Ijuí	69	Santo Antônio da Patrulha
10	Cachoeirinha	40	Imbé	70	São Borja
11	Campo Bom	41	Iraí	71	São Francisco de Assis
12	Candiota	42	Ivoti	72	São Gabriel
13	Canela	43	Jaguarão	73	São João do Polêsine
14	Canoas	44	Lajeado	74	São José do Norte
15	Capão Bonito do Sul	45	Maratá	75	São Leopoldo
16	Capão da Canoa	46	Monte Alegre dos Campos	76	Sapiranga
17	Capitão	47	Muçum	77	Sapucaia do Sul
18	Caxias do Sul	48	Nova Hartz	78	Tapera
19	Cerro Grande	49	Novo Cabrais	79	Tapes
20	Cidreira	50	Novo Hamburgo	80	Torres
21	Coronel Pilar	51	Osório	81	Tramandaí
22	Cotiporã	52	Panambi	82	Três Passos
23	Cruz Alta	53	Passo Fundo	83	Triunfo
24	Cruzaltense	54	Pelotas	84	Tunas
25	Dois Irmãos	55	Pinhal	85	Tupandi
26	Dom Pedrito	56	Pinhal Grande	86	Uruguaiana
27	Doutor Ricardo	57	Porto Alegre	87	Venâncio Aires
28	Eldorado do Sul	58	Porto Vera Cruz	88	Vera Cruz
29	Encruzilhada do Sul	59	Quaraí	89	Viamão
30	Espumoso	60	Quatro Irmãos	90	Vila Lângaro
				91	Xangri-lá

Fonte: da autora.

Ainda, o mapa que ilustra a distribuição geográfica dos municípios mencionados pode ser encontrado na Figura 20.

Figura 20 – Municípios da área de estudo.



Fonte: da autora.

## 6.2. DETERMINAÇÃO E CÁLCULO DOS INDICADORES

Conforme mencionado no Capítulo 5.2, foi realizado um levantamento de indicadores relacionados ao saneamento básico por meio de revisão bibliográfica. A partir desses indicadores, foram aplicados filtros com o objetivo de sintetizá-los e direcioná-los para a avaliação do desempenho dos serviços de esgotamento sanitário nos municípios da área de estudo.

Esses indicadores foram posteriormente classificados de forma a tornar sua interpretação e identificação mais claras. Foram utilizadas as seguintes categorias de classificação:

- Indicadores operacionais/eficiência;
- Indicadores econômico-financeiros;
- Indicadores de qualidade física ou do serviço;
- Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário;
- Indicadores de contexto;
- Indicadores de governança.

No Quadro 4 disponibiliza-se uma listagem dos indicadores selecionados, sua respectiva fonte, sua respectiva classificação, bem como um identificador atribuído a ele no presente trabalho. Nesse sentido, nove indicadores foram escolhidos e categorizados como "operacionais/eficiência", oito foram classificados como "econômico-financeiros", dois foram identificados como "de qualidade físico-química ou do serviço", três foram designados para "avaliação do serviço pelo usuário", cinco foram categorizados como "de contexto", e quatro foram classificados como "de governança".

Para a composição da lista de indicadores, foram consultadas as fontes SNIS (2020), NAM et al. (2019), DANILENKO et al. (2014), GANJIDOOST et al. (2018), FUNASA (2004), Bureau of Meteorology (2022) e PLANSAB (2013).

Quadro 4 - Indicadores selecionados

<b>Identificador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Classificação</b>	<b>Indicador</b>
IND1.1	IN015 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Índice de coleta de esgoto
IND1.2	IN016 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Índice de tratamento de esgoto
IND1.3	IN046 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Índice de esgoto tratado referido à água consumida
IND1.4	IN047 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto
IND1.5	IN077 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos
IND1.6	IN083 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Duração média dos serviços executados
IND1.7	C25 - Nam, Nguyen & Oh	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Resolução de reclamações
IND1.8	IN019 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Economias ativas por pessoal total (equivalente)
IND1.9	IN102 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores operacionais/eficiência	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)
IND2.1	IN004 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Tarifa média praticada
IND2.2	IN006 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Tarifa média de esgoto
IND2.3	IN003 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado
IND2.4	IN008 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Despesa média anual por empregado
IND2.5	IN012 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Indicador de desempenho financeiro
IND2.6	IN041 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total

<b>Identificador</b>	<b>Fonte</b>	<b>Classificação</b>	<b>Indicador</b>
IND2.7	C32 - Nam, Nguyen & Oh	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais
IND2.8	1.1 e 11.3 - Danilenko, van den Berg, Macheve & Moffitt	Atribuição de níveis aos indicadores econômico-financeiros	Custos de operação e manutenção
IND3.1	IN082 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores de qualidade física ou do serviço	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede
IND3.2	sem identificação - Adaptada de Ganjidoost et al.	Atribuição de níveis aos indicadores de qualidade física ou do serviço	Idade média da tubulação de esgoto
IND4.1	P2-7 - FUNASA	Atribuição de níveis aos indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário	Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos
IND4.2	P2-8 - FUNASA	Atribuição de níveis aos indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário	Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos
IND4.3	C24 - Nam, Nguyen & Oh	Atribuição de níveis aos indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário	Número de reclamações de serviço de esgoto
IND5.1	IN021 - SNIS	Atribuição de níveis aos indicadores de contexto	Extensão da rede de esgoto por ligação
IND5.2	E1 - Bureau of Meteorology	Atribuição de níveis aos indicadores de contexto	Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário
IND5.3	E2 - Bureau of Meteorology	Atribuição de níveis aos indicadores de contexto	Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário
IND5.4	E3 - Bureau of Meteorology	Atribuição de níveis aos indicadores de contexto	Porcentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário
IND5.5	P3-2 - FUNASA	Atribuição de níveis aos indicadores de contexto	Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário
IND6.1	P2-9 - FUNASA	Atribuição de níveis aos indicadores de governança	Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário
IND6.2	G1 - PLANSAB	Atribuição de níveis aos indicadores de governança	Possui Política Municipal de Saneamento Básico
IND6.3	G2 - PLANSAB	Atribuição de níveis aos indicadores de governança	Possui Plano Municipal de Saneamento Básico
IND6.4	G3 - PLANSAB	Atribuição de níveis aos indicadores de governança	Possui serviços públicos de saneamento básico regulados

Fonte: da autora.

Em seguida, realizou-se a busca pelas equações que possibilitaram as suas quantificações. Essas equações foram obtidas a partir das fontes bibliográficas utilizadas para obter os indicadores, de outras fontes bibliográficas que disponibilizam as equações desejadas ou informações relevantes, ou, quando não disponíveis nas opções anteriores, as equações foram desenvolvidas e foram devidamente justificadas. Tais equações podem ser visualizadas na Tabela 6.

A partir do levantamento de equações, foi identificado que algumas delas estariam se referindo ao conjunto abastecimento de água e esgotamento sanitário. Tendo em vista que o presente trabalho busca avaliar o desempenho de municípios com relação aos serviços específicos de esgotamento sanitário, tornou-se necessário ajustá-las. Assim, foi calculado o percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário por município, utilizando as informações de População total atendida com esgotamento sanitário (ES001) e População total do município do ano de referência, 2021 – fonte IBGE (POP\_TOT), ambas obtidas através da série histórica de dados do SNIS. Para este cálculo, a Equação ( 20 ) foi utilizada.

$$\%POP\_ESG = \frac{ES001}{POP\_TOT} \cdot 100 \quad ( 20 )$$

Onde:

$\%POP\_ESG$  = Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário [%];

ES001 = População total atendida com esgotamento sanitário [habitantes];

POP\_TOT = População total do município do ano de referência (fonte: IBGE) [habitantes].

A equação mencionada foi então aplicada empregando-se os valores populacionais de cada município considerado, e seu resultado foi multiplicado pelos valores obtidos para os indicadores referentes ao saneamento básico como um todo. Por meio desse procedimento, obteve-se o resultado dos indicadores com referência exclusivamente ao esgotamento sanitário. Os indicadores que foram submetidos a esse tratamento foram identificados na Tabela 6.

Tabela 6 - Equações utilizadas no cálculo dos indicadores selecionados.

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
IND1.1	Índice de coleta de esgoto	$\frac{ES005}{AG010 - AG019} \cdot 100$ <p>ES005: Volume de esgotos coletado (m<sup>3</sup>/ano);  AG010: Volume de água consumido (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  AG019: Volume de água tratada exportado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	%
IND1.2	Índice de tratamento de esgoto	$\frac{ES006 + ES014 + ES015}{ES005 - ES013} \cdot 100$ <p>ES005: Volume de esgotos coletado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  ES006: Volume de esgotos tratado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  ES013: Volume de esgotos bruto importado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  ES014: Volume de esgoto importado tratado nas instalações do importador (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  ES015: Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador (1.000 m<sup>3</sup>/ano.).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	%
IND1.3	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	$\frac{ES006 + ES015}{AG010 - AG019} \cdot 100$ <p>ES006: Volume de esgotos tratado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  ES015: Volume de esgoto bruto exportado tratado nas instalações do importador (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  AG010: Volume de água consumido (1.000 m<sup>3</sup>/ano.);  AG019: Volume de água tratada exportado (1.000 m<sup>3</sup>/ano.).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	%
IND1.4	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto		%

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		$\frac{ES026}{GE06b^4} \cdot 100$	
		ES026: População urbana atendida com esgotamento sanitário (habitantes); GE06b: População urbana residente do(s) município(s) com esgotamento sanitário (habitantes); POP_URB: População urbana do município do ano de referência (fonte: IBGE).	
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
		$\frac{QD012}{QD011}$	
IND1.5	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	QD011: Quantidades de extravasamentos de esgotos registrados (extravasamentos/ano); QD012: Duração dos extravasamentos registrados (horas/ano).	horas/extrav.
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
		$\frac{QD025}{QD024} \cdot \%POP\_ESG$	
IND1.6 *	Duração média dos serviços executados	QD024: Quantidade de serviços executados (serviços/ano); QD025: Tempo total de execução dos serviços (horas/ano); %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).	hora/serviço
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
IND1.7 *	Resolução de reclamações <sup>5</sup>		%

<sup>4</sup> Tendo em vista que a informação GE06b não foi incluída na série histórica do SNIS para os anos 2020 e 2021, foi realizada a substituição desta por informação de resultado equivalente. A partir dos dados de População total atendida com esgotamento sanitário (ES001), identificaram-se os municípios atendidos com esgotamento sanitário para os quais foi utilizada a informação de População urbana do município do ano de referência (POP\_URB – Fonte IBGE), indicando a população urbana de cada município que é atendida com esgotamento sanitário.

<sup>5</sup> Esta equação foi desenvolvida através da utilização de variáveis fornecidas na série histórica do SNIS. A variável Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços (QD023) indica a quantidade total anual de reclamações ou solicitações de serviços referentes ao(s) sistema(s) de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, enquanto

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		$\frac{QD023}{QD024} \cdot \%POP\_ESG$ <p>QD023: Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços (reclamações/ano);            QD024: Quantidade De Serviços Executados (serviços/ano);            %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).</p> <p>Fonte da equação: da autora.</p>	
IND1.8 *	Economias ativas por pessoal total (equivalente)	$\frac{AG003* + ES003*}{IN018^6} \cdot \%POP\_ESG$ <p>AG003*: Quantidade de economias ativas de água (economias);            ES003*: Quantidade de economias ativas de água (economias);            IN018: Quantidade equivalente de pessoal total (empregado);            %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	econ./empreg. eqv.
IND1.9 *	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	$\frac{AG002* + ES002*}{IN018^6} \cdot \%POP\_ESG$ <p>AG002*: Quantidade de ligações ativas de água (ligações);            ES002*: Quantidade de ligações ativas de esgotos (ligações);            IN018: Quantidade equivalente de pessoal total (empregado);            %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	ligações/ empregados
IND2.1	Tarifa média praticada		R\$/m <sup>3</sup>

a variável Tempo total de execução dos serviços (QD024) indica a quantidade total anual de serviços executados no(s) sistema(s) de abastecimento de água e de esgotamento sanitário relativa às reclamações ou solicitações feitas.

<sup>6</sup> Este elemento da equação é calculado através da equação  $IN018 = FN026* + \frac{(FN014 \cdot FN026*)}{FN010}$ , onde FN026\*: Média aritmética da quantidade total de empregados próprios do ano de referência e do ano anterior ao mesmo; FN014: Despesa com serviços de terceiros; e FN010: Despesa com pessoal próprio.

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		$\frac{FN001^7}{AG011 + ES007} \cdot \frac{1}{1.000} \cdot \%POP\_ESG$ <p>AG011: Volume de água faturado (1.000 m³/ano);  ES007: Volume de esgotos faturado (1.000 m³/ano);  FN001: Receita operacional direta (R\$/ano);  %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	
IND2.2	Tarifa média de esgoto	$\frac{FN003}{ES007 - ES013} \cdot \frac{1}{1.000}$ <p>ES007: Volume de esgotos faturado (1.000 m³/ano);  ES013: Volume de esgotos bruto importado (1.000 m³/ano.)  FN003: Receita operacional direta de esgoto (R\$/ano).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	R\$/m³
IND2.3 *	Despesa total com os serviços por m³ faturado	$\frac{FN017}{AG011 - ES007} \cdot \frac{1}{1.000} \cdot \%POP\_ESG$ <p>AG011: Volume de água faturado (1.000 m³/ano);  ES007: Volume de esgotos faturado (1.000 m³/ano);  FN017: Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano);  %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).</p> <p>Fonte da equação: SNIS, 2021.</p>	R\$/m³
IND2.4	Despesa média anual por empregado	$\frac{FN010}{FN026^*} \cdot \%POP\_ESG$ <p>FN010: Despesa com pessoal próprio (R\$/ano);</p>	R\$/empreg.

<sup>7</sup> Este elemento da equação é calculado através da equação  $FN001 = FN002 + FN003 + FN007 + FN038$ , onde FN002: Receita operacional direta de água; FN003: Receita operacional direta de esgoto; FN007: Receita operacional direta de água exportada (bruta ou tratada); e FN038: Receita operacional direta - esgoto bruto importado.

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		FN026*: Média aritmética da quantidade total de empregados próprios do ano de referência e do ano anterior ao mesmo (empregado); %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).	
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
		$\frac{FN001^7}{FN017} \cdot \%POP\_ESG$	
IND2.5	Indicador de desempenho financeiro	FN001: Receita operacional direta (R\$/ano); FN017: Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano); %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).	%
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
		$\frac{FN003 + FN038}{FN005} \cdot 100$	
IND2.6	Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total	FN003: Receita operacional direta de esgoto (R\$/ano); FN005: Receita operacional total (direta + indireta) (R\$/ano); FN038: Receita operacional direta - esgoto bruto importado (R\$/ano).	%
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
		$\frac{FN010}{FN017} \cdot \%POP\_ESG$	
IND2.7 *	Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais <sup>8</sup>	FN010: Despesa com pessoal próprio (R\$/ano);	%

<sup>8</sup> Esta equação foi desenvolvida com o objetivo de estimar os custos de atendimento ao cliente e os gastos relacionados à prestação dos serviços de saneamento básico. Utiliza-se a variável FN010, do SNIS, que engloba todas as despesas relacionadas à prestação de serviços, podendo incluir gastos com funcionários responsáveis pelo atendimento aos clientes. Além disso, também utiliza-se a variável FN017, do SNIS, que abrange uma série de subcategorias, como Despesa de Exploração (FN015), Despesa com Pessoal (FN010), Produtos Químicos (FN011), Energia Elétrica (FN013), Serviços de Terceiros (FN014), Água Importada (FN020), Esgoto Exportado (FN039), Despesas Fiscais ou Tributárias computadas na DEX (FN022), Outras Despesas de Exploração (FN027), Despesas com Juros e Encargos das Dívidas (FN016), Despesas com Depreciação, Amortização do Ativo Diferido e Provisão para Devedores Duvidosos (FN019), Despesas Fiscais ou Tributárias não Computadas na DEX (FN021) e Outras Despesas com os Serviços (FN028).

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		FN017: Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano); %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).	
		Fonte da equação: da autora.	
		$FN017 \cdot \%POP\_ESG$	
IND2.8 *	Custos de operação e manutenção <sup>9</sup>	FN017: Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano); %POP_ESG: Percentual de habitantes atendidos com esgotamento sanitário (%).	R\$/ano
		Fonte da equação: da autora.	
		$\frac{QD011}{ES004}$	
IND3.1	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	ES004: Extensão da rede de esgotos (km); QD011: Quantidades de extravasamentos de esgotos registrados (extravasamentos/ano).	extrav./Km
		Fonte da equação: SNIS, 2021.	
IND3.2	Idade média da tubulação de esgoto	--	--
IND4.1	Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos	--	--
IND4.2	Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos	--	--
		$QD023$	
IND4.3 *	Número de reclamações de serviço de esgoto	QD023: Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços (reclamações/ano).	reclamações/ano
		Fonte da equação: da autora.	

<sup>9</sup> Esta equação foi desenvolvida através da utilização de variáveis fornecidas na série histórica do SNIS. Tendo em vista que o objetivo do cálculo é a obtenção do custo de operação e manutenção, foram somadas as variáveis de Despesa, fornecidas pelo SNIS em sua série histórica, referentes a este tópico, são elas: despesas com pessoal próprio; despesa com produtos químicos; despesa com energia elétrica; despesa com serviços de terceiros e despesas totais com os serviços.

Identificador	Indicador	Equação	Unidade
		$\frac{ES004^*}{ES009^*} \cdot 1.000$	
IND5.1	Extensão da rede de esgoto por ligação	ES004*: Média aritmética da extensão da rede de esgotos do ano de referência e do ano anterior ao mesmo (km); ES009*: Média aritmética da quantidade de ligações totais de esgotos do ano de referência e do ano anterior ao mesmo (ligações).  Fonte da equação: SNIS, 2021.	m/lig.
IND5.2	Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário	--	--
IND5.3	Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário	--	--
IND5.4	Porcentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário	--	--
		<i>Ind<sub>atendimento individual</sub></i>	
IND5.5	Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário	Ind <sub>atendimento individual</sub> : Índice de Atendimento por Solução Individual (%).  Fonte dos dados: Instituto Água e Saneamento (2023) <i>apud</i> ANA (2013).	%
IND6.1	Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário	Se possui prestador de serviços de esgotamento = 1 Se não possui prestador de serviços de esgotamento = 0  Fonte dos dados: Instituto Água e Saneamento, 2023.	Booleano
IND6.2	Possui Política Municipal de Saneamento Básico	Possui Política Municipal de Saneamento Básico = 1 Não possui Política Municipal de Saneamento Básico = 0  Fonte dos dados: SNIS, 2021.	Booleano
IND6.3	Possui Plano Municipal de Saneamento Básico	Possui Plano Municipal de Saneamento Básico = 1 Não possui Plano Municipal de Saneamento Básico = 0  Fonte dos dados: Instituto Água e Saneamento (2023) <i>apud</i> IBGE (2017).	Booleano

<b>Identificador</b>	<b>Indicador</b>	<b>Equação</b>	<b>Unidade</b>
<b>IND6.4</b>	Possui serviços públicos de saneamento básico regulados	Se ano de vencimento da delegação de esgotamento sanitário $\geq 2023 = 1$ Se ano de vencimento da delegação de esgotamento sanitário $< 2023 = 0$	Booleano
Fonte dos dados: SNIS, 2021.			

\*Indicadores referem-se aos componentes água e esgoto e, portanto, foram submetidos à análise proposta na aplicação da Equação ( 20 ).

Fonte: da autora, SNIS (2021) e Água e Saneamento (2023).

Alguns dos indicadores mencionados no Quadro 4 não possuem uma equação explícita e, portanto, não foram considerados nos cálculos do método TOPSIS. Esses indicadores foram incluídos com o objetivo de promover uma breve discussão sobre a possível necessidade de avaliá-los e obter a opinião de especialistas sobre o assunto, em comparação com os demais indicadores. Esses indicadores não possuem informações suficientes para serem estimados, o que pode servir como um alerta para que os agentes decisores avaliem se tais parâmetros devem ser considerados ou não em próximas avaliações. Os indicadores mencionados são:

- Idade média da tubulação de esgoto;
- Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos;
- Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos;
- Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário;
- Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário;
- Percentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário.

Após a definição das equações a serem utilizadas, foram realizados os cálculos dos indicadores. Para uma análise mais precisa, os municípios foram segregados em dois grupos distintos, conforme apresentado na Tabela 7:

Tabela 7 - Grupos de indicadores selecionado para análise.

<b>Grupo</b>	<b>Parâmetro utilizado</b>	<b>Municípios contidos*</b>
<b>1</b>	Os dez municípios mais populosos da área de estudo	1. Porto Alegre: 1.492.530 hab.
		2. Caxias do Sul: 523.716 hab.
		3. Canoas: 349.728 hab.
		4. Pelotas: 343.826 hab.
		5. Gravataí: 285.564 hab.
		6. Santa Maria: 285.159 hab.
		7. Viamão: 257.330 hab.
		8. Novo Hamburgo: 247.303 hab.
		9. São Leopoldo: 240.378 hab.
		10. Rio Grande: 212.881 hab.
<b>2</b>	Os dez municípios menos populosos da área de estudo	1. São João do Polêsine: 2.535 hab.
		2. Cerro Grande: 2.281 hab.
		3. Vila Lângaro: 2.070 hab.
		4. Doutor Ricardo: 1.967 hab.
		5. Quatro Irmãos: 1.860 hab.
		6. Cruzaltense: 1.765 hab.
		7. Santa Tereza: 1.722 hab.
		8. Capão Bonito do Sul: 1.628 hab.
		9. Coronel Pilar: 1.602 hab.
		10. Porto Vera Cruz: 1.258 hab.

\* População proveniente do Censo Demográfico 2010, do IBGE.

Fonte: SNIS (2021), apud IBGE (2021).

Esses grupos foram estabelecidos com o intuito de examinar as disparidades no desempenho dos serviços de esgotamento sanitário entre municípios mais e menos populosos do Estado, proporcionando uma base para comparações estratégicas. Essa abordagem visa entender melhor as variações nas operações de esgotamento sanitário e, por conseguinte, formular diretrizes mais precisas para melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços, adaptando-os às necessidades específicas de cada tipo de município.

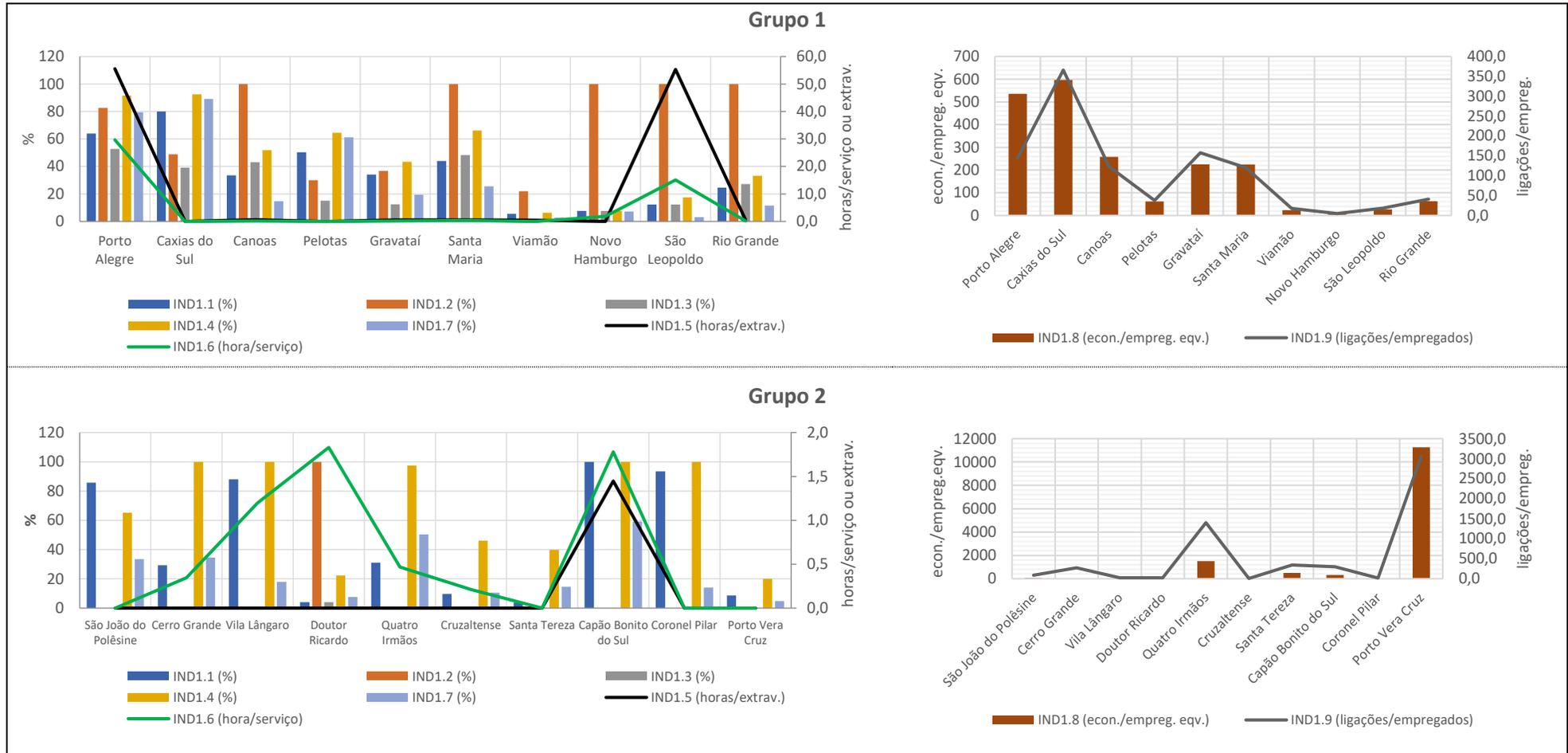
A seguir, os indicadores serão analisados por categoria de classificação. Através dessa análise, será possível observar padrões nos indicadores avaliados, identificar correlações entre eles e detectar possíveis valores discrepantes (*outliers*).

### **6.2.1. Indicadores operacionais/eficiência**

A Figura 21 exibe a variação dos indicadores operacionais/eficiência por meio de gráficos, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho.



Figura 21 - Variação dos indicadores operacionais/eficiência para os Grupos 1 e 2.



Legenda: IND1.1 - Índice de coleta de esgoto; IND1.2 - Índice de tratamento de esgoto; IND1.3 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida; IND1.4 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto; IND1.5 - Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos; IND1.6 - Duração média dos serviços executados; IND1.7 - Resolução de reclamações; IND1.8 - Economias ativas por pessoal total (equivalente); IND1.9 - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente).

Fonte: da autora.

De maneira geral, foi identificada uma variação significativa dos indicadores entre os municípios analisados, que pode ser atribuída às circunstâncias únicas enfrentadas por cada localidade, as quais influenciam a implementação e o desempenho de seus sistemas de esgoto.

Essas análises revelam algumas considerações interessantes. Ao analisar os dados do “Índice de coleta de esgoto” (IND1.1), que é usado para medir a relação entre o volume de esgotos coletados e o volume de água consumida e/ou exportada, pode-se observar que os municípios do Grupo 1, em média, apenas 36% do volume consumido é coletado pelos prestadores de serviço de saneamento, apresentando um desvio padrão de 25%. Em contrapartida, nos municípios do Grupo 2, a média é de 45% do volume consumido sendo coletado, com um desvio padrão de 41%.

Isso sugere que os municípios do Grupo 1 possuem uma proporção relativamente baixa de coleta de esgoto em relação ao consumo de água, além de uma variação considerável entre seus municípios. Por outro lado, os municípios do Grupo 2 têm uma proporção um pouco maior de coleta de esgoto em relação ao consumo de água, se comparados ao Grupo 1, porém apresentam uma variação ainda maior entre seus municípios.

Já com relação ao “Índice de tratamento de esgoto”, IND1.2, que indica a proporção de esgoto que passou pelo tratamento em relação ao volume de esgoto coletado e importado, observam-se cenários bastante divergentes entre os grupos analisados. Nos municípios do Grupo 1, em média, 72% do esgoto coletado e importado é tratado, enquanto nos municípios do Grupo 2 essa proporção é de apenas 10%. Apesar dessa grande diferença, ambos apresentam um desvio padrão próximo a 30%.

Essa variação pode ser atribuída às circunstâncias únicas enfrentadas por cada localidade, as quais influenciam a implementação e o desempenho de seus sistemas de esgoto. Portanto, os fatores individuais de cada município, como recursos disponíveis, infraestrutura existente e políticas públicas adotadas, podem desempenhar um papel significativo nas diferenças observadas nos índices de tratamento de esgoto.

Com relação à proporção de esgoto que passou pelo tratamento em relação ao volume de água consumida e exportada, tem-se o “Índice de esgoto tratado referido à água consumida” (IND1.3). A análise desse índice revela que, em média, 26% dos dez municípios do Grupo 1 submetem sua água consumida e exportada a tratamento, apresentando um desvio padrão próximo de 20%. Por outro lado, dentre os municípios do Grupo 2, constata-se que, em média,

nenhum percentual do volume de água coletada e exportada é submetido ao tratamento, com um desvio padrão de apenas 1%.

Assim, esses dados indicam que, nos municípios mais populosos, há uma proporção relativamente baixa de tratamento de esgoto em relação ao volume de água consumida e exportada, com uma variação considerável entre os municípios desse grupo. Já nos municípios menos populosos, observa-se uma ausência geral de tratamento de esgoto, com uma variação mínima entre os municípios desse grupo.

O “Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto” (IND1.4), que indica a proporção de habitantes residentes da zona urbana atendidos com esgotamento sanitário em relação à população total do município que possui esse serviço, indica que, para o Grupo 1, cerca da metade da população residente da zona urbana atendida com esgoto possui acesso ao esgotamento sanitário, enquanto nos do Grupo 2, essa proporção é ainda maior, chegando a cerca de 70%. No entanto, é importante destacar que há uma variação considerável entre os municípios dentro de cada grupo, totalizando um desvio padrão de aproximadamente 30%.

Ao analisar o indicador da “Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos” (IND1.5), que calcula o tempo médio necessário para resolver vazamentos de esgoto, foi constatado que em aproximadamente 37% dos municípios analisados, os prestadores de serviços de esgotamento sanitário não coletam ou não registram informações sobre extravasamentos de esgoto. Como resultado, apenas um município registrou tal ocorrência entre os municípios do Grupo 2. No caso dos municípios do Grupo 1, observou-se, em média, uma duração de 13 horas para a resolução dos reparos decorrentes de extravasamento de esgoto, com um desvio padrão de 24 horas por extravasamento.

Foi observado um padrão semelhante ao analisar o indicador da “Duração média dos serviços executados” (IND1.6), que estima o tempo necessário para a realização de serviços de esgotamento sanitário. Verificou-se que 12% da amostra não possui registros do tempo total de execução dos serviços, mas apenas da quantidade de serviços realizados, o que é um ponto de atenção a ser considerado.

Dentre os resultados obtidos, destaca-se que o Grupo 1 apresentou uma média de 6 horas de duração para a execução dos serviços, enquanto o Grupo 2 registrou apenas 1 hora de duração. Além disso, o Grupo 1 também apresentou uma maior variação entre os seus municípios, com

um desvio padrão de 11 horas de duração por serviço executado, indicando que além de demandar um tempo maior para a execução dos serviços de esgotamento sanitário em média, este grupo também apresenta uma maior variabilidade no tempo necessário entre os municípios analisados.

Ao analisar o indicador de “Resolução de reclamações” (IND1.7), que estima a proporção total anual de reclamações ou solicitações resolvidas pelos prestadores de serviços de esgotamento sanitário em relação à quantidade total anual de serviços executados relativo às reclamações ou solicitações feitas, foram identificadas diferenças entre os dois grupos analisados. O Grupo 1, mesmo com uma população atendida maior, registrou uma média de 31% de reclamações resolvidas, com uma variação de aproximadamente 30% entre os municípios pertencentes a esse grupo. Já o Grupo 2 apresentou uma média de 25% de resolução das reclamações, com um desvio padrão de cerca de 20%.

Os resultados dos indicadores de "Economias ativas por pessoal total (equivalente)" (IND1.8) e "Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)" (IND1.9) surpreenderam de certa forma. Ambos os indicadores revelaram que os municípios do Grupo 2 obtiveram valores mais altos em relação às economias por empregado equivalente e às ligações por empregado, respectivamente.

No caso do IND1.8, os municípios do Grupo 1 apresentaram, em média, 202 economias por empregado equivalente, enquanto os municípios do Grupo 2 registraram uma média de 1.369 economias por empregado equivalente. Tendo em vista que o desvio padrão para o Grupo 2 foi de 3.507 economias por empregado equivalente, foi observado que dois municípios - Quatro Irmãos e Porto Vera Cruz - apresentaram valores discrepantes em relação aos demais, o que resultou em uma média e desvio padrão do Grupo significativamente elevados.

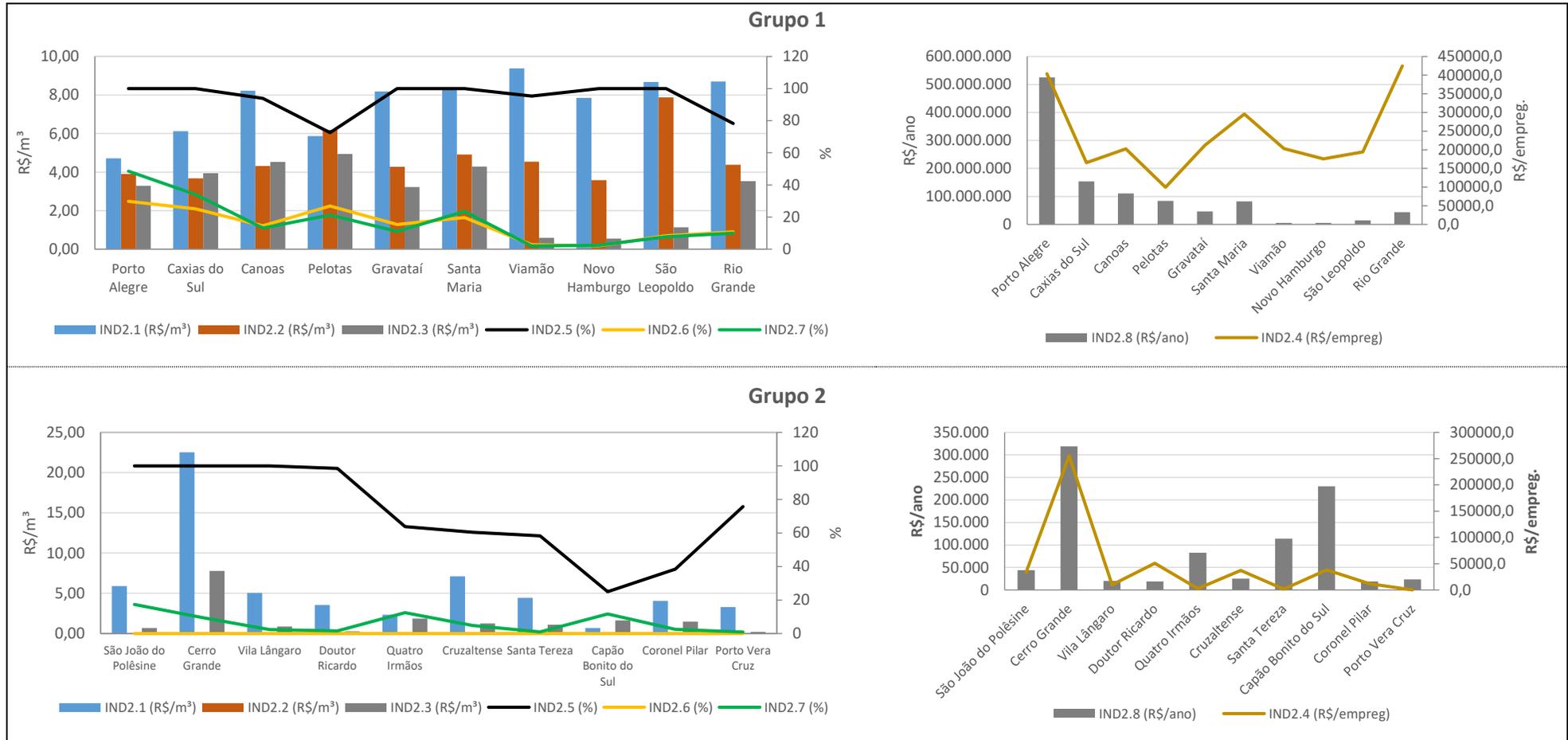
Esses mesmos municípios destacaram-se de forma anormal em relação aos demais também no IND1.9, o qual resultou em uma média de 552 ligações por empregado para o Grupo 2, em contraste com a média de 103 ligações por empregado para o Grupo 1. O desvio padrão para o Grupo 2 nesse indicador foi de 975 ligações por empregado.

Essas discrepâncias podem ser resultado de circunstâncias únicas, como erros no preenchimento dos dados divulgados, ou de diferenças nos processos operacionais e estratégias adotadas por esses municípios em relação aos demais do Grupo 2.

### **6.2.2. Indicadores econômico-financeiros**

A Figura 22 exibe a variação dos indicadores econômico-financeiros por meio de gráficos, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho.

Figura 22 - Variação dos indicadores econômico-financeiros para os Grupos 1 e 2.



Legenda: IND2.1 - Tarifa média praticada; IND2.2 - Tarifa média de esgoto; IND2.3 - Despesa total com os serviços por m³ faturado; IND2.4 - Despesa média anual por empregado; IND2.5 - Indicador de desempenho financeiro; IND2.6 - Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total; IND2.7 - Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais; IND2.8 - Custos de operação e manutenção.

Fonte: da autora.

Como esperado, em geral, os indicadores econômico-financeiros apresentam considerável variação entre os municípios e grupos analisados. Essas variações podem estar associadas às diferentes realidades e prioridades econômica e financeiras de cada município, o que influencia a implementação, investimento e desempenho dos sistemas de esgotamento sanitário.

Durante a análise dos indicadores de “Tarifa média praticada” (IND2.1) e de “Tarifa média de esgoto” (IND2.2), foram observados dois cenários distintos. No primeiro cenário, que engloba o Grupo 1, constatou-se que o IND2.2 corresponde a cerca de 65% do IND2.1, sendo essa proporção próxima de 100% em três dos dez municípios analisados. Por outro lado, no segundo cenário, representado pelo Grupo 2, nenhum dos municípios apresentou dados disponíveis para o IND2.2. Entretanto, é notável o caso do município de Cerro Grande, que demonstrou um valor excepcionalmente alto para o IND2.1 em comparação aos demais.

No caso do primeiro cenário, é importante destacar que a diferença entre os valores pode ser atribuída ao fato de que o IND2.1 abrange informações tanto sobre esgoto quanto sobre água, enquanto o IND2.2 se refere exclusivamente ao esgoto. Nesse contexto, espera-se encontrar tarifas médias praticadas superiores às tarifas médias de esgoto, uma vez que comumente as tarifas de esgoto são efetuadas com base no volume mensal de água consumido, como é o caso dos sistemas de esgotamento sanitário operados pela CORSAN (Resolução Normativa N° 35/2016, de 10 de novembro de 2016), por exemplo. No entanto, uma situação oposta foi observada nos municípios de Porto Alegre, Pelotas e São Leopoldo. Essa circunstância pode estar relacionada a vários aspectos, como uma possível estruturação tarifária que dá ênfase à receita proveniente do esgoto, a possibilidade de subsídios cruzados que envolvem a receita do saneamento, além de investimentos significativos direcionados para melhorias na infraestrutura de esgoto, entre outros fatores.

No caso do segundo cenário, a falta de dados se refere à inexistência de informações relativas ao volume de esgotos faturados para os municípios analisados, conforme indicador ES007 do SNIS. Tal ausência de dados refere-se a municípios com população inferior a 3.000 habitantes e pode ser atribuída a várias razões, tais como a não prestação dos serviços de esgotamento sanitário por parte da empresa concessionária responsável pelo saneamento, a inexistência de um sistema de faturamento específico para o esgoto, a prática de cobrança dos serviços de esgotamento sanitário de forma conjunta ao de abastecimento de água, entre outras possibilidades.

Com relação ao indicador de “Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado”, IND2.3, que determina o valor total das despesas incorridas na prestação dos serviços de saneamento por unidade de volume de esgoto faturado, observam-se cenários similares entre os grupos analisados. Nos municípios dos Grupo 1, em média, são gastos R\$ 3,00/m<sup>3</sup> com os serviços, enquanto nos municípios do Grupo 2 essa proporção é de R\$ 2,00/m<sup>3</sup>, ambos com um desvio padrão de R\$ 2,00/m<sup>3</sup>.

O indicador “Despesa média anual por empregado”, IND2.4, representa o valor total das despesas incorridas na operação, manutenção e investimentos nos serviços de saneamento, dividido pelo número de empregados envolvidos nessas atividades. Durante a análise, foi observada uma grande disparidade entre os municípios dos dois grupos, evidenciada pelos desvios padrão elevados. No Grupo 1, o desvio padrão entre os municípios avaliados foi de aproximadamente R\$ 105.000 por empregado, enquanto no Grupo 2 foi de cerca de R\$ 76.000 por empregado, por município. Além disso, o valor médio do IND2.4 para o Grupo 1 foi consideravelmente mais elevado do que o valor médio para o Grupo 2, o que pode ser explicado pelo fato de que municípios mais populosos tendem a ter uma infraestrutura de saneamento mais complexa e uma maior demanda por serviços de saneamento. Essa complexidade e demanda extras podem resultar em desafios adicionais e exigir profissionais mais qualificados, o que pode contribuir para um aumento significativo nas despesas médias por empregado.

Para o “Indicador de desempenho financeiro” (IND2.5), que busca avaliar a sustentabilidade econômico-financeira das concessionárias de saneamento básico através da receita operacional direta e despesas totais com os serviços de saneamento, foi identificada média de 94% para os municípios do Grupo 1, enquanto apenas 50% dos municípios do Grupo 2 alcançaram valor acima de 70%. Com o intuito de otimizar o desempenho financeiro dos prestadores de serviços e fomentar a oferta de saneamento em regiões com recursos financeiros limitados, a prática de subsídios cruzados é empregada como uma ferramenta econômica para assegurar a universalização do acesso ao saneamento básico, especialmente em benefício de populações e áreas de baixa renda, de acordo com as disposições da Lei Federal nº 11.445/ 2007.

No entanto, essa abordagem normalmente é adotada por concessionárias de maior porte, e raramente é observada em municípios cujos serviços de saneamento são gerenciados por departamentos municipais. Diante desse contexto, os resultados apontam para a realidade de que municípios menos populosos, nos quais a prestação dos serviços de saneamento frequentemente recai sobre a própria administração municipal, enfrentam desafios substanciais

no que diz respeito à sua estabilidade financeira e podem necessitar de medidas adicionais para aprimorar sua situação.

O indicador “Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total” (IND2.6) foi utilizado para avaliar a proporção da receita gerada pelos serviços de esgotamento sanitário em relação à receita operacional total das concessionárias de saneamento básico. Os resultados obtidos revelaram que, no Grupo 1, a média da participação foi de 16%, com um desvio padrão de 10%. Além disso, constatou-se que os municípios mais populosos apresentaram os valores mais elevados nessa amostra.

Por outro lado, os municípios do Grupo 2 não obtiveram nenhuma participação da receita operacional direta de esgoto em sua receita operacional total, o que foi consistente com a ausência de volume de esgotos faturados para os municípios analisados (ES007, do SNIS). Como resultado, a tarifa média de esgoto nessas localidades também alcançou o valor zero, conforme supracitado.

O indicador “Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais” (IND2.7) é utilizado para avaliar a eficiência e a gestão dos recursos financeiros destinados ao atendimento aos clientes nos serviços de saneamento básico. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que, em média, 17% das despesas totais anuais das concessionárias de saneamento dos municípios pertencentes ao Grupo 1 são alocados para custear as despesas de atendimento ao cliente. Houve uma variação de 15% entre os municípios desse grupo, sendo que o valor máximo foi registrado no município mais populoso da amostra. Já no Grupo 2, a média foi de apenas 6% das despesas anuais da concessionária direcionadas ao atendimento ao cliente, com uma variação também de 6% entre os municípios desse grupo. Tais resultados estão suscetíveis às particularidades e prioridades de cada localidade.

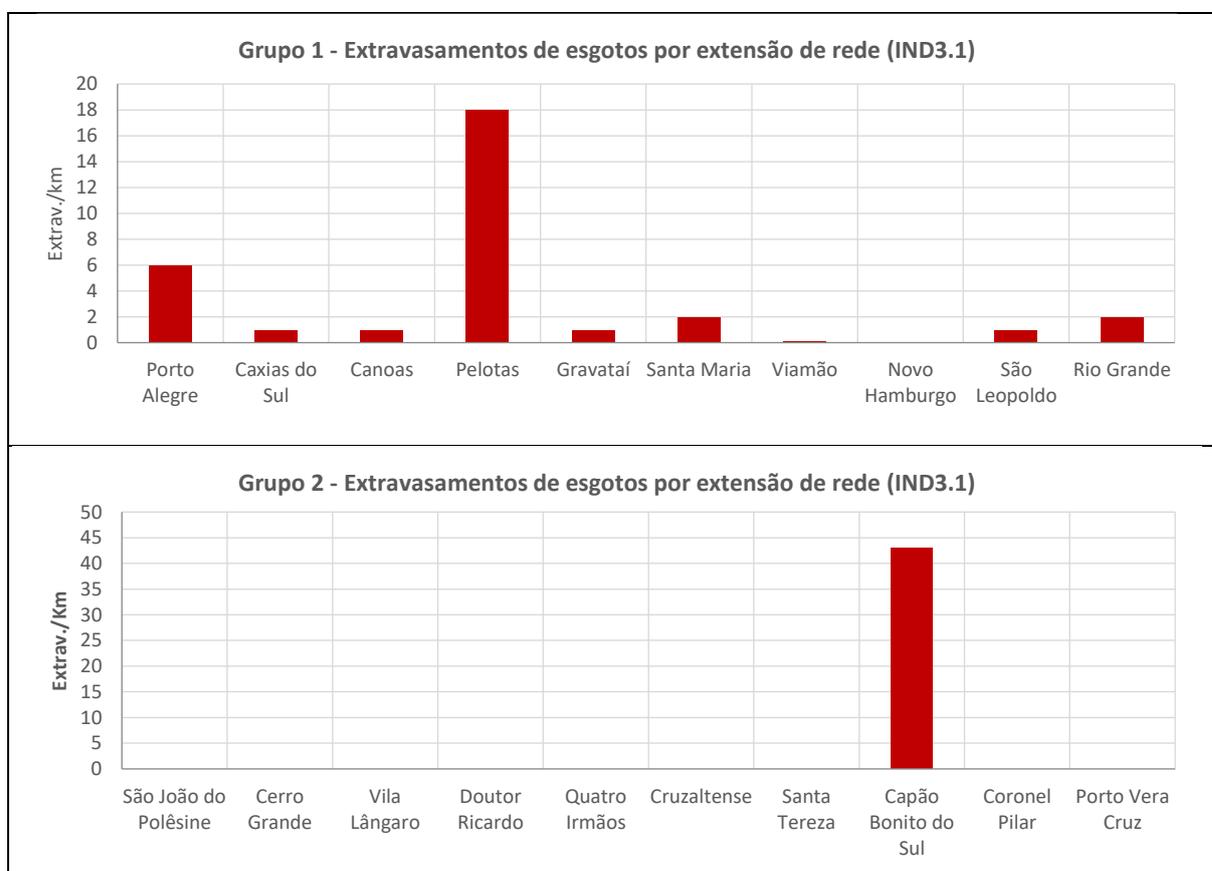
Ao analisar o indicador “Custos de operação e manutenção” (IND2.8), que visa estimar os gastos anuais necessários para o adequado funcionamento e conservação das infraestruturas e equipamentos utilizados nos serviços de saneamento, verificou-se que os valores são consideravelmente elevados e apresentam uma grande variação entre os municípios dos Grupos 1 e 2. No Grupo 1, a média dos custos foi de aproximadamente 107 milhões de reais por ano, com um desvio padrão em torno de 154 milhões de reais por ano. Por sua vez, no Grupo 2, os valores encontrados foram menores, com média de cerca de 89 mil reais por ano e desvio padrão de 104 mil reais por ano. É importante ressaltar que esses valores englobam o conjunto total de despesas das concessionárias relacionadas aos serviços de saneamento sanitário dos municípios,

incluindo gastos com pessoal próprio, produtos químicos, energia elétrica, serviços de terceiros, despesas fiscais ou tributárias, entre outros.

### 6.2.3. Indicadores de qualidade física ou do serviço

A Figura 23 exibe a variação do indicador de qualidade física ou do serviço por meio de gráficos, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho.

Figura 23 - Variação do indicador de qualidade física ou do serviço para os Grupos 1 e 2.



Fonte: da autora.

A classificação de Indicadores de qualidade física ou do serviço é composta por apenas dois indicadores, sendo um deles qualitativo no contexto deste trabalho. Esses indicadores têm o objetivo de representar a qualidade da infraestrutura e dos serviços de saneamento básico, fornecendo informações relevantes sobre a condição física e química dos sistemas, assim como a qualidade do atendimento aos usuários.

A análise do indicador “Extravasamentos de esgotos por extensão de rede” (IND3.1) revelou informações sobre a incidência de extravasamentos de esgoto em relação à extensão da rede de

saneamento em cada município. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que, em média, o Grupo 1 apresentou uma taxa de 3 extravasamentos por quilômetro de rede, com um desvio padrão de 5 extravasamentos por quilômetro, enquanto no Grupo 2, a taxa média foi de 4 extravasamentos por quilômetro, com um desvio padrão de 14 extravasamentos por quilômetro.

Além disso, foi observada a falta de registros de extravasamentos em alguns municípios, tanto no Grupo 1 quanto no Grupo 2. Destacou-se o município de Capão Bonito do Sul no Grupo 2, que apresentou um número significativamente alto de extravasamentos (275 extravasamentos) em relação à extensão limitada da rede (6,5 quilômetros). Esses resultados ressaltam a importância de um acompanhamento adequado e do registro consistente dos extravasamentos para a gestão eficiente dos sistemas de saneamento.

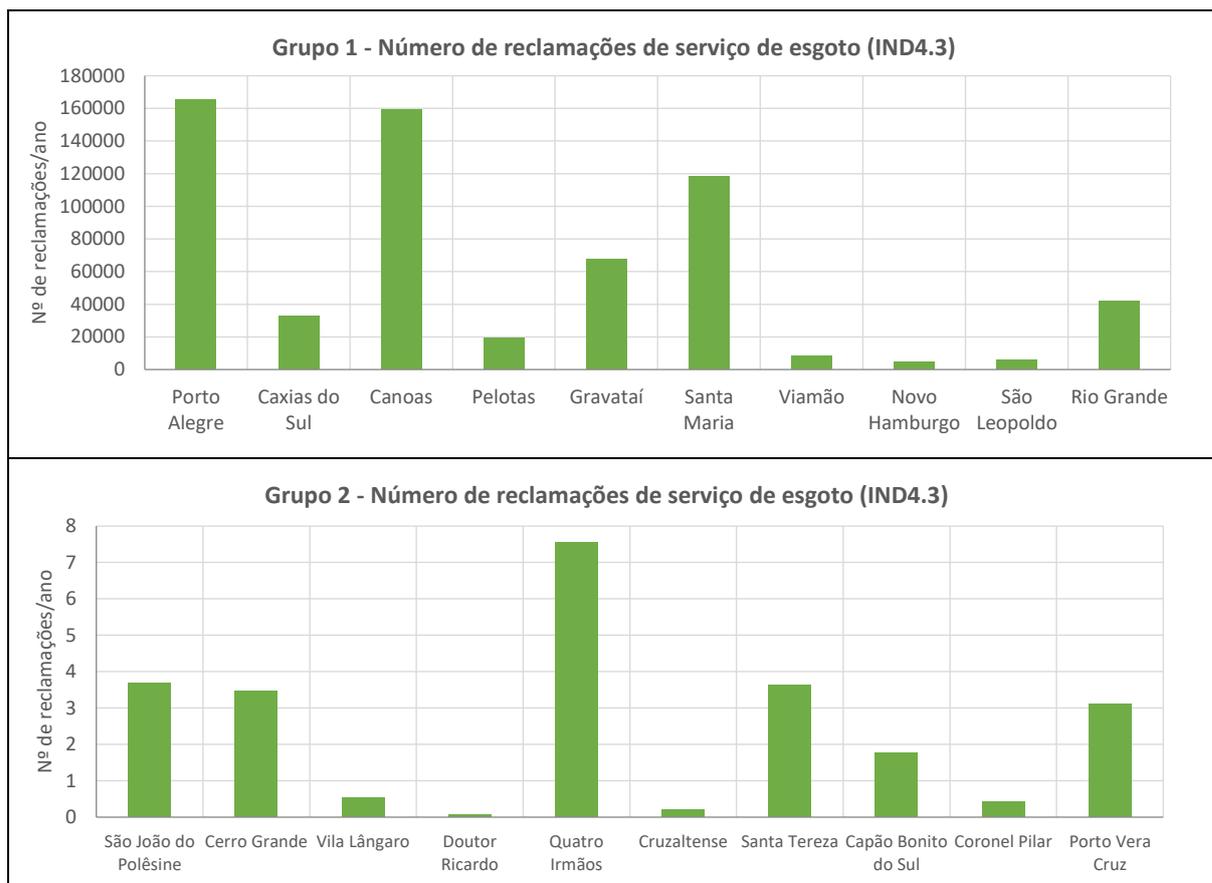
No presente trabalho, o indicador “Idade média da tubulação de esgoto” foi utilizado de forma qualitativa em virtude da ausência de informações que caracterizem este aspecto dentro da plataforma do SNIS, sistema oficial que registra e disponibiliza dados e informações relacionados aos serviços de saneamento básico a nível nacional. No entanto, mesmo diante dessa limitação, é importante ressaltar a relevância de ter essas informações mapeadas, visando obter um panorama qualitativo mais abrangente das instalações sanitárias nos municípios do Estado e permitindo embasar decisões gerenciais e estratégicas relacionadas a investimentos na área de saneamento, direcionando recursos de forma mais eficiente e contribuindo para a melhoria contínua dos sistemas de esgotamento sanitário.

O indicador “Idade média da tubulação de esgoto” é uma métrica importante para mapear as regiões dos municípios que exigirão manutenções mais frequentes nos sistemas de esgotamento sanitário. Nesse sentido, assim como o material da tubulação, por exemplo, esse indicador pode ser utilizado como um dos fatores de avaliação da viabilidade econômica entre realizar excessivas manutenções ou realizar a troca das tubulações antigas. Tubulações mais antigas tendem a ter sua performance reduzida devido à corrosão, o que pode resultar na obstrução parcial dos encanamentos e aumento na quantidade de vazamentos nas juntas e conexões. Solucionar essas questões pode resultar em melhorias significativas na qualidade de vida da população e contribuir para a preservação do meio ambiente em áreas urbanas e rurais. Portanto, o indicador Idade média da tubulação de esgoto desempenha um papel fundamental na gestão eficiente dos sistemas de esgotamento sanitário, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para melhorias e manutenções necessárias.

## 6.2.4. Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário

A Figura 24 exibe a variação do indicador para avaliação do serviço por parte do usuário por meio de gráficos, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho.

Figura 24 - Variação dos indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário para os Grupos 1 e 2.



Fonte: da autora.

A classificação de Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário consiste em três indicadores, dos quais dois são qualitativos no âmbito deste estudo. Esses indicadores têm como objetivo avaliar a qualidade e o desempenho dos serviços de saneamento básico sob a perspectiva dos usuários.

O indicador de “Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos” (IND4.1) reflete a opinião dos usuários sobre a qualidade geral do serviço de esgotos, abrangendo aspectos como a disponibilidade, a regularidade e a efetividade do serviço. Ele mede o grau de satisfação dos usuários e sua percepção em relação à eficácia das ações de coleta e tratamento do esgoto.

Já o indicador de “Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos” (IND4.2) está associado à forma como os usuários percebem as respostas das instituições às suas reclamações e problemas relacionados ao sistema de esgotos. Ele avalia se os usuários se sentem ouvidos e se as reclamações são devidamente atendidas e solucionadas pela concessionária.

Esses indicadores são de natureza subjetiva e baseados em opiniões, e devem considerar as visões de um grupo significativo de usuários dos serviços de esgotamento sanitário da concessionária. Se coletados pelas concessionárias de saneamento locais, esses indicadores se tornam fundamentais na avaliação da eficiência dos canais de comunicação e do nível de satisfação dos usuários em relação à interação com a concessionária. Ambos os indicadores fornecem *insights* valiosos sobre a experiência dos usuários, sua satisfação e percepção dos serviços de esgotos. Essas informações são essenciais para melhorar a qualidade dos serviços, identificar áreas de aprimoramento, fortalecer a comunicação com os usuários, promover maior transparência nas concessionárias de saneamento e alcançar um número maior de usuários que ainda não têm acesso a soluções de esgotamento sanitário em suas residências.

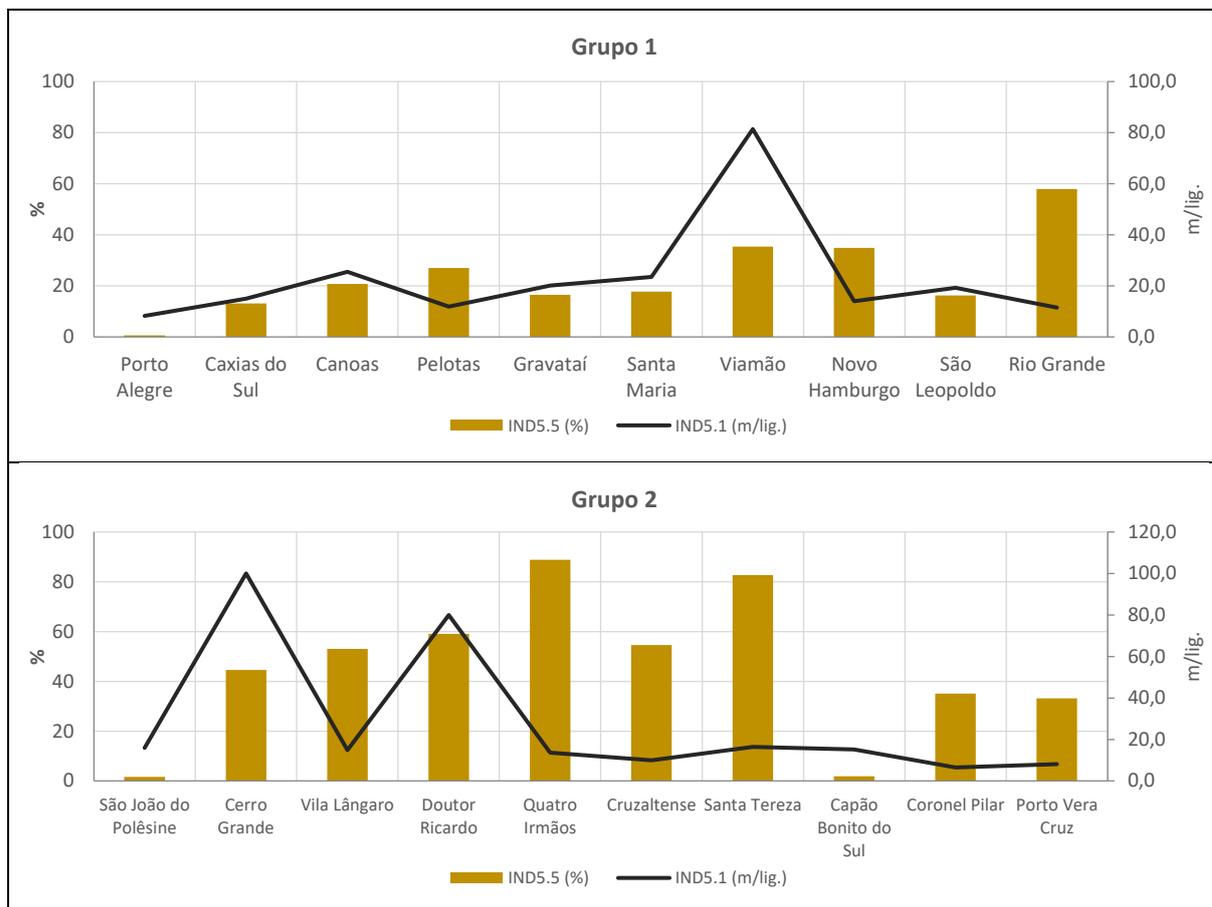
O indicador “Número de reclamações de serviço de esgoto” (IND4.3), obtido por meio da variável “Quantidade de reclamações ou solicitações de serviços” (QD023) do SNIS, revelou resultados significativamente contrastantes entre os Grupos 1 e 2. No Grupo 1, foi observada uma média de aproximadamente 62 mil reclamações por ano, com um desvio padrão semelhante. Em contraste, o Grupo 2 registrou uma média de apenas 2 reclamações por ano, com um desvio padrão igualmente baixo. Esses valores indicam uma disparidade significativa na quantidade de reclamações recebidas pelas concessionárias de saneamento entre os dois grupos, sugerindo diferentes níveis de satisfação ou problemas enfrentados pelos usuários em relação aos serviços de esgotamento sanitário.

É importante ressaltar que o Grupo 1 apresenta uma maior população e uma extensão de rede de esgotamento sanitário mais ampla em comparação com o Grupo 2, o que pode explicar os números mais elevados de reclamações encontrados. Já no Grupo 2, como mencionado anteriormente no IND3.1, as extensões de rede de esgoto variam de zero a 6,5 quilômetros, abrangendo populações com menos de 3 mil habitantes. Essa diferença de escala entre os grupos pode influenciar diretamente a quantidade de reclamações recebidas pelas concessionárias de saneamento.

### 6.2.5. Indicadores de contexto

A Figura 25 exibe a variação dos indicadores de contexto por meio de gráficos, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho.

Figura 25 - Variação dos indicadores de contexto para os Grupos 1 e 2.



Legenda: IND5.1 - Extensão da rede de esgoto por ligação; IND5.5 - Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário.

Fonte: da autora.

A classificação de Indicadores de contexto é composta por cinco indicadores, sendo três deles qualitativos no contexto deste trabalho. Esses indicadores buscam contextualizar e fornecer dados relevantes para a compreensão do ambiente em que os serviços estão inseridos, permitindo uma análise mais abrangente e a identificação de desafios, oportunidades e peculiaridades específicas de cada município.

Um dos indicadores de contexto é “Extensão da rede de esgoto por ligação” (IND5.1), que tem o propósito de avaliar a eficiência e a cobertura do sistema de esgotamento sanitário em relação ao número de ligações existentes. No caso do Grupo 1, foi constatada uma média de aproximadamente 23 metros de rede de esgoto por ligação, com uma variação de cerca de 21

metros por ligação entre os municípios desse grupo. Já no Grupo 2, os valores foram semelhantes, com uma média de aproximadamente 28 metros de rede de esgoto por ligação e uma variação de aproximadamente 33 metros por ligação entre os municípios desse grupo. Esses resultados contribuem para a compreensão da eficiência do sistema de esgotamento sanitário em atender as necessidades de cada unidade usuária.

Os indicadores “Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário” (IND5.2), “Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário” (IND5.3) e “Percentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário” (IND5.4) foram considerados indicadores de cunho qualitativo no contexto deste trabalho. Essa decisão foi motivada em função da ausência de monitoramento dos níveis de tratamento dos esgotos por município em sistemas de informações nacionais e oficiais, como o SNIS, tendo em vista o retorno benéfico na disponibilização de tais dados.

A obtenção destas informações pode auxiliar na realização de avaliações mais completas e precisas com relação ao tratamento de esgotos, o que permitiria identificar o nível de eficiência dos sistemas de esgotamento sanitário. Essas informações também podem ser úteis para aprofundar as análises e podem ser utilizadas como uma ferramenta complementar para fiscalizar o esgoto lançado após o tratamento. Isso é especialmente importante, uma vez que o lançamento de esgotos com qualidade abaixo do esperado pode ter impactos negativos na qualidade do corpo receptor e no ecossistema local.

Ao analisar o indicador de “Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário” (IND5.5), verifica-se a relação entre o número de unidades consumidoras que possuem soluções individuais de esgotamento sanitário, como fossas sépticas, sumidouros ou outras tecnologias de tratamento local, e o total de unidades consumidoras atendidas no município. Os resultados obtidos revelam que, em média, o Grupo 2 apresenta um maior percentual de unidades com soluções individuais de esgotamento sanitário, aproximadamente 45%. Já o Grupo 1 possui, em média, 24% das unidades consumidoras com esse tipo de solução. Essa diferença na proporção entre os grupos pode ser justificada pela menor densidade populacional e presença de áreas rurais e dispersas nos municípios do Grupo 2, que podem ser mais propícias para a adoção de soluções individuais. Cabe ressaltar que a escolha entre soluções individuais e conexão com uma rede de esgoto centralizada depende das particularidades de cada município, considerando fatores como viabilidade técnica, custos e condições locais.

### 6.2.6. Indicadores de governança

O Quadro 5 e o Quadro 6 exibem a variação dos indicadores de governança, para os dez municípios mais (Grupo 1) e menos (Grupo 2) populosos da área de estudo deste trabalho, respectivamente.

Quadro 5 - Variação dos indicadores de governança para o Grupo 1.

<b>Grupo 1</b>	<b>IND6.1</b>	<b>IND6.2</b>	<b>IND6.3</b>	<b>IND6.4</b>
Porto Alegre	Sim	Sim	Sim	Não
Caxias do Sul	Sim	Não	Não	Não
Canoas	Sim	Sim	Sim	Sim
Pelotas	Sim	Não	Não	Não
Gravataí	Sim	Sim	Sim	Sim
Santa Maria	Sim	Sim	Sim	Sim
Viamão	Sim	Sim	Sim	Sim
Novo Hamburgo	Sim	Sim	Não	Não
São Leopoldo	Sim	Sim	Sim	Não
Rio Grande	Sim	Sim	Sim	Sim

Legenda: IND6.1 - Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário; IND6.2 - Possui Política Municipal de Saneamento Básico; IND6.3 - Possui Plano Municipal de Saneamento Básico; IND6.4 - Possui serviços públicos de saneamento básico regulados.

Fonte: SNIS (2021) e Instituto Água e Saneamento (2023).

Quadro 6 - Variação dos indicadores de governança para o Grupo 2.

<b>Grupo 2</b>	<b>IND6.1</b>	<b>IND6.2</b>	<b>IND6.3</b>	<b>IND6.4</b>
São João do Polésine	Sim	Não	Sim	Não
Cerro Grande	Sim	Sim	Sim	Não
Vila Lângaro	Sim	Não	Sim	Não
Doutor Ricardo	Sim	Sim	Sim	Não
Quatro Irmãos	Sim	Sim	Sim	Não
Cruzaltense	Sim	Não	Sim	Não
Santa Tereza	Sim	Sim	Sim	Não
Capão Bonito do Sul	Sim	Não	Não	Não
Coronel Pilar	Sim	Não	Sim	Não
Porto Vera Cruz	Sim	Não	Sim	Não

Legenda: IND6.1 - Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário; IND6.2 - Possui Política Municipal de Saneamento Básico; IND6.3 - Possui Plano Municipal de Saneamento Básico; IND6.4 - Possui serviços públicos de saneamento básico regulados.

Fonte: SNIS (2021) e Instituto Água e Saneamento (2023).

Os indicadores de governança buscam avaliar a eficiência, transparência e capacidade de gestão das entidades responsáveis pelos serviços de saneamento básico. Esses indicadores podem ser utilizados com o objetivo de medir a qualidade das políticas, regulamentações e práticas

adotadas na prestação dos serviços, assim como auxiliar no planejamento e monitoramento das atividades.

Nesse sentido, o indicador “Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário” (IND6.1) foi utilizado para verificar se os municípios avaliados possuem uma entidade ou órgão responsável pela gestão e operação dos serviços de esgotamento sanitário. Os resultados revelaram que 100% dos municípios nos Grupos 1 e 2 possuem essa estrutura organizacional, o que demonstra a existência de um órgão responsável pela coordenação, eficiência e qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. A presença desse órgão é fundamental para garantir a governança adequada do setor, a implementação de políticas públicas, o planejamento e a execução de investimentos, bem como a regulação e o controle dos serviços, proporcionando transparência e prestação de contas à sociedade.

Adicionalmente, foi realizada uma avaliação para verificar se os municípios analisados possuem um documento formal que estabelece diretrizes, metas e ações relacionadas ao planejamento, execução e gestão dos serviços de saneamento básico, utilizando o indicador “Possui Política Municipal de Saneamento Básico” (IND6.2). Os resultados mostraram que, dentre os municípios do Grupo 1, 80% possui uma política municipal de saneamento básico, enquanto no Grupo 2 esse número é de 40%. A obrigatoriedade na elaboração de uma Política de Saneamento Básico por parte do titular dos serviços foi instituída pela Lei Federal nº. 11.445/2007 e é parte fundamental na promoção da eficiência e da sustentabilidade dos serviços de saneamento, garantindo o acesso universal a esses serviços e o cumprimento dos princípios e diretrizes estabelecidos pela legislação nacional.

Em complemento, junto ao indicador “Possui Plano Municipal de Saneamento Básico” (IND6.3), foi verificado se os municípios têm ações e metas específicas para a implementação das diretrizes e o alcance dos objetivos estabelecidos na Política Municipal de Saneamento Básico. Os resultados revelaram que, no Grupo 1, 70% dos municípios possuem um plano municipal de saneamento básico, enquanto no Grupo 2 esse percentual é de 90%. Esse instrumento também é requisitado pela Lei Federal nº 11.445/2007 e desempenha um papel fundamental na formulação de estratégias concretas para alcançar as metas estipuladas, além de ser essencial para obter acesso aos recursos da União destinados a investimentos em saneamento básico.

Por fim, o indicador “Possui serviços públicos de saneamento básico regulados” (IND6.4) foi utilizado para verificar se os serviços de saneamento básico oferecidos pelos municípios são

regulados por uma entidade responsável. Os resultados revelaram que 50% dos municípios do Grupo 1 possuem serviços regulados, enquanto nenhum dos municípios do Grupo 2 possui serviços regulados.

A Lei Federal nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, estabelece que os titulares elegerem uma entidade reguladora de outro ente federativo terão prioridade na obtenção de recursos públicos federais para a elaboração do plano municipal de saneamento básico. Essa medida incentiva a busca pela regulação adequada dos serviços de saneamento básico em conformidade com a legislação vigente.

## **6.3. PONDERAÇÃO DOS INDICADORES ATRAVÉS DE QUESTIONÁRIO**

### **6.3.1. Aplicação do questionário**

O questionário elaborado foi aplicado em profissionais, professores e estudantes da área de recursos hídricos, com ênfase em saneamento ambiental. Assim, membros de órgãos públicos da área ambiental, concessionárias de saneamento, professores, técnicos e estudantes dessa área foram bastante visados na captação de contatos e envio do questionário.

Um outro aspecto relevante na elaboração da lista de entrevistados foi o município onde atuam. Como o presente estudo está concentrado na análise de municípios do Estado do Rio Grande do Sul, buscou-se, sempre que possível, ampliar a distribuição do questionário para localidades ainda não alcançadas.

O questionário ficou disponível por um período de 2 meses, entre 07 de março e 07 de maio de 2023, e para compartilhamento, utilizou-se predominantemente o envio de um link e de um Qr Code através de e-mail e aplicativos de mensagens instantâneas. Ao longo desse período, realizou-se o acompanhamento do envio dos e-mails e, para aqueles que após um determinado intervalo ainda não haviam retornado, foram enviados e-mails adicionais enfatizando a importância da participação. Além disso, incentivou-se a divulgação do estudo para os colegas de profissão dos entrevistados, o que resultou em uma boa adesão.

Foram obtidas 43 respostas para o questionário aplicado ao término do prazo estabelecido. Embora a expectativa inicial fosse de obter cerca de 50 respostas para os questionários, a quantidade obtida foi considerada suficiente e o período de respostas foi dado como encerrado.

### **6.3.2. Dados coletados**

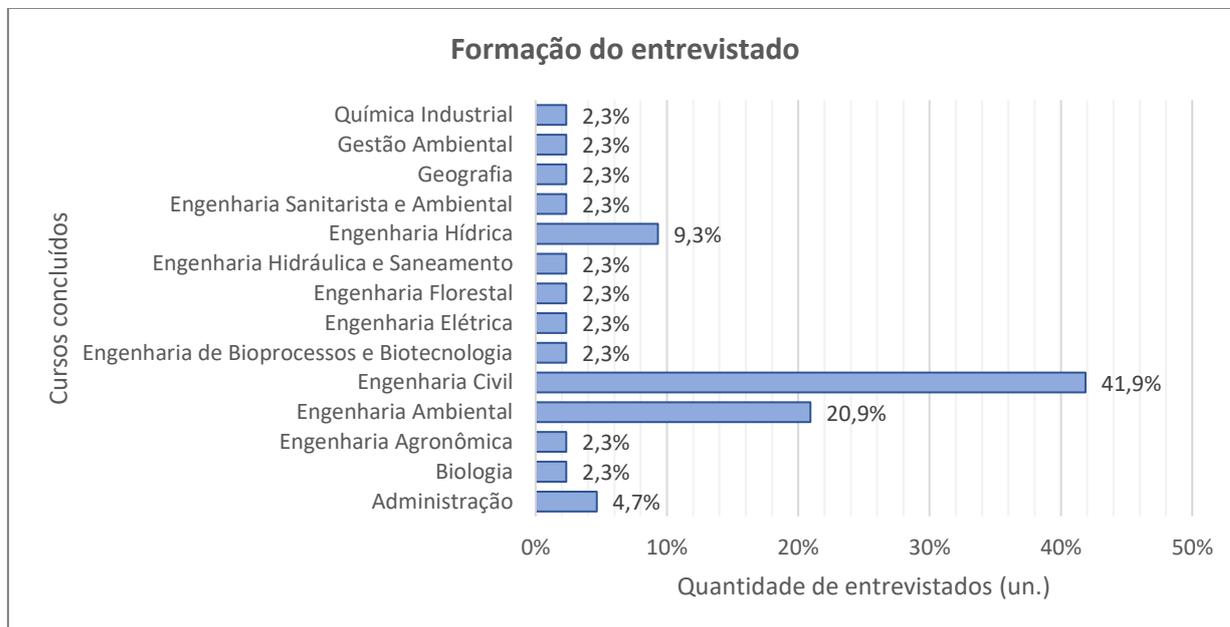
Dentro do questionário o entrevistado foi convidado a inserir informações gerais sobre si, a avaliar os indicadores listados e a sugerir outros indicadores ou fornecer comentários e sugestões para a autora, caso necessário. Abaixo, serão apresentadas as análises dos dados coletados por meio dos questionários para cada uma dessas seções.

### 6.3.2.1. Informações gerais

As informações gerais possibilitam a análise do alcance do questionário junto ao público-alvo necessário para este trabalho. Tais questões permitem avaliar o perfil dos entrevistados e sua capacidade técnica para expressar opiniões sobre indicadores que afetam diretamente e indiretamente a tomada de decisões, e que refletem a situação atual do saneamento nos municípios analisados.

O questionário foi direcionado ao público-alvo composto por especialistas, professores e estudantes da área de recursos hídricos, com ênfase em saneamento ambiental. Como resultado, constatou-se que todos os entrevistados possuem formação superior completa, sendo que o curso mais frequente entre eles foi o de Engenharia Civil, com aproximadamente 42% dos entrevistados, seguido por Engenharia Ambiental, com cerca de 21% dos entrevistados, conforme apresentado na Figura 26. Responderam, ao todo, profissionais de 14 cursos de formação diferentes.

Figura 26 – Curso de formação do entrevistado.

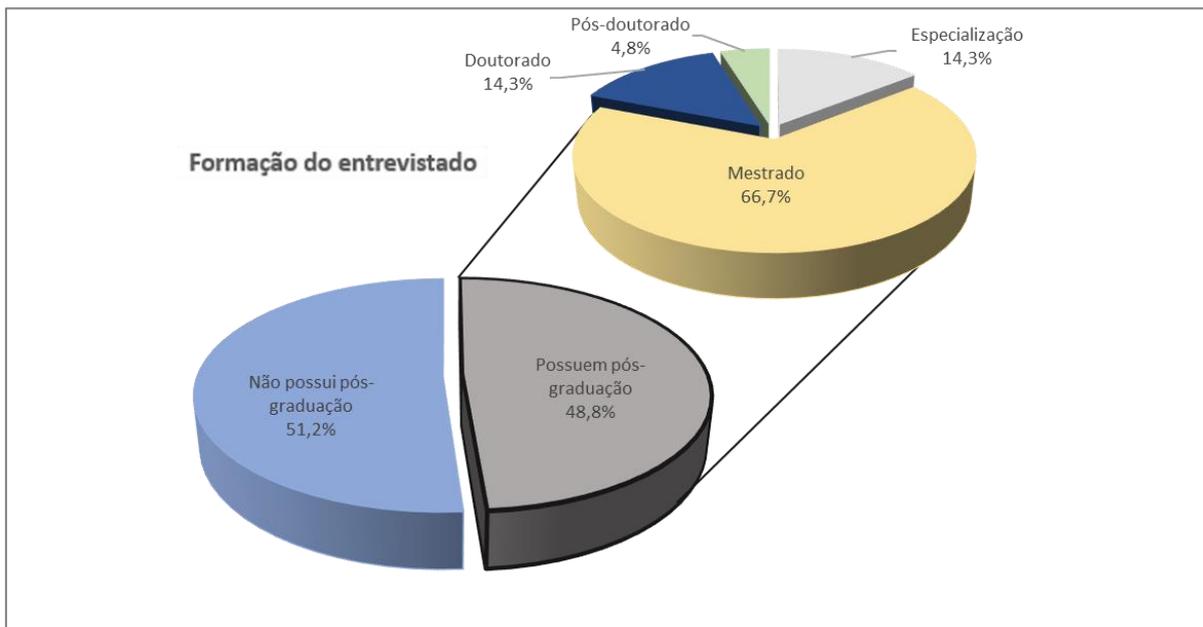


Fonte: da autora.

Além disso, aproximadamente 49% dos entrevistados afirmaram ter concluído pelo menos um curso de pós-graduação, enquanto os restantes 51% não possuem essa qualificação. Entre os que possuem pós-graduação, 67% possuem mestrado, 14,3% têm especialização, 14,3%

possuem doutorado e somente 4,8% possuem título de pós-doutorado. Tais resultados podem ser visualizado na Figura 27.

Figura 27 – Nível de formação do entrevistado.

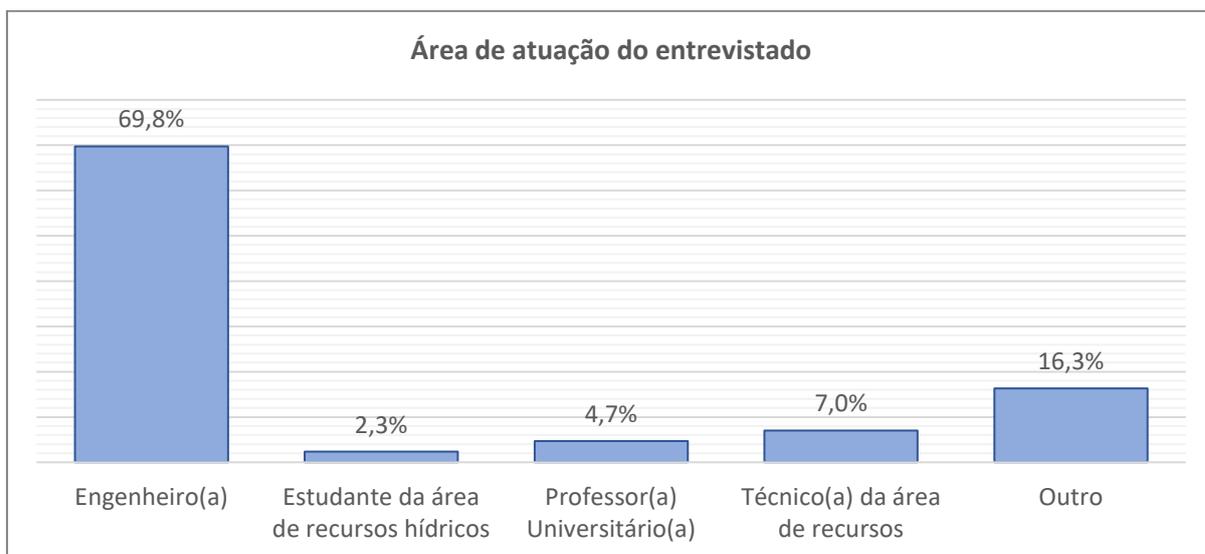


Fonte: da autora.

A área de atuação dos entrevistados também foi questionada, para identificar onde de fato os entrevistados atuam, apesar de sua formação. Como alternativas, foram dadas as opções de Engenheiro(a), Estudante da área de recursos hídricos, Professor(a) universitário(a), Técnico(a) da área de recursos hídricos e Outro, com a abertura de um campo para escrita quando selecionada esta opção.

A partir dos resultados obtidos, observa-se que, de acordo com as expectativas baseadas na análise dos cursos de formação dos entrevistados, a maioria atua como engenheiros, como mostrado na Figura 28, embora nem todos os entrevistados formados em Engenharia exerçam a profissão de engenheiro. Em segundo lugar, 16% dos entrevistados selecionaram a opção "Outros", desempenhando funções como administradores, biólogos e ocupando cargos de diretoria, por exemplo.

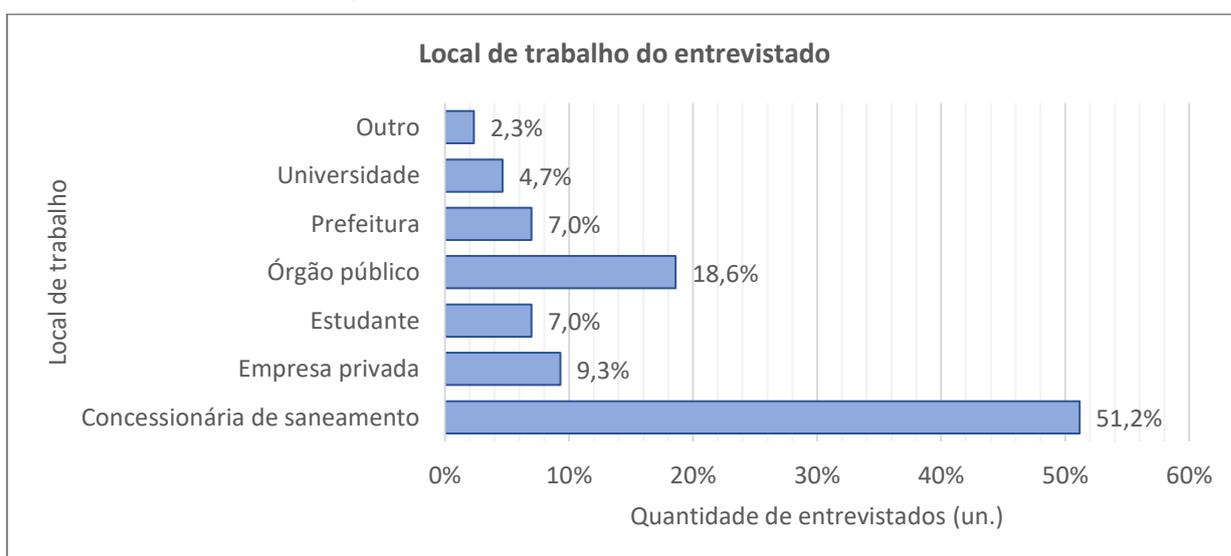
Figura 28 – Área de atuação do entrevistado.



Fonte: da autora.

Os entrevistados também foram questionados sobre o local onde trabalham. Foram fornecidas opções, incluindo Concessionária de Saneamento, Empresa Privada, Estudante, Órgão Público, Prefeitura, Universidade e Outros. Constatou-se que os dois maiores percentuais obtidos foram de 51% para os entrevistados que trabalham em concessionárias de saneamento e de 18% para aqueles que trabalham em órgãos públicos, como ilustra a Figura 29.

Figura 29 - Local de trabalho do entrevistado.



Fonte: da autora.

Além do questionamento anterior, sentiu-se a necessidade de obter informações adicionais sobre o local de trabalho dos entrevistados, e, portanto, um campo aberto foi disponibilizado

para descrição. Esse questionamento permitiu identificar que, dentre os cerca de 52% dos entrevistados que trabalham em concessionárias de saneamento, 34,9% são funcionários da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) e 14% trabalham no Departamento Municipal de Águas e Esgotos de Porto Alegre, conforme apresenta a Tabela 8.

Os demais participantes distribuem-se em diferentes instituições públicas, tais como a Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico do Rio Grande do Sul (AGESAN), a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), a Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA), a Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade de Porto Alegre (SMAMUS), além de prefeituras, empresas privadas e universidades.

Tabela 8 - Local de trabalho do entrevistado.

<b>Local de trabalho do entrevistado</b>	
Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento Básico do Rio Grande do Sul - AGESAN	2,3%
Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN	34,9%
Consultora autônoma	2,3%
Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Rolante	2,3%
Departamento Municipal de Água e Esgotos - DMAE	14,0%
Empresa privada	7,0%
Estudante	7,0%
Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM	4,7%
Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão do Rio Grande do Sul - SEPLAG	2,3%
Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul - SEMA	2,3%
Secretaria Municipal da Agricultura de Mariana Pimentel	2,3%
Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade de São Francisco de Paula - SEMAS	2,3%
Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade de Porto Alegre - SMAMUS	4,7%
Serviço Municipal de Água, Saneamento Básico e Infraestrutura - SEMASA	2,3%
Sistema de Crédito Cooperativo - SICREDI	2,3%
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM	2,3%
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	4,7%

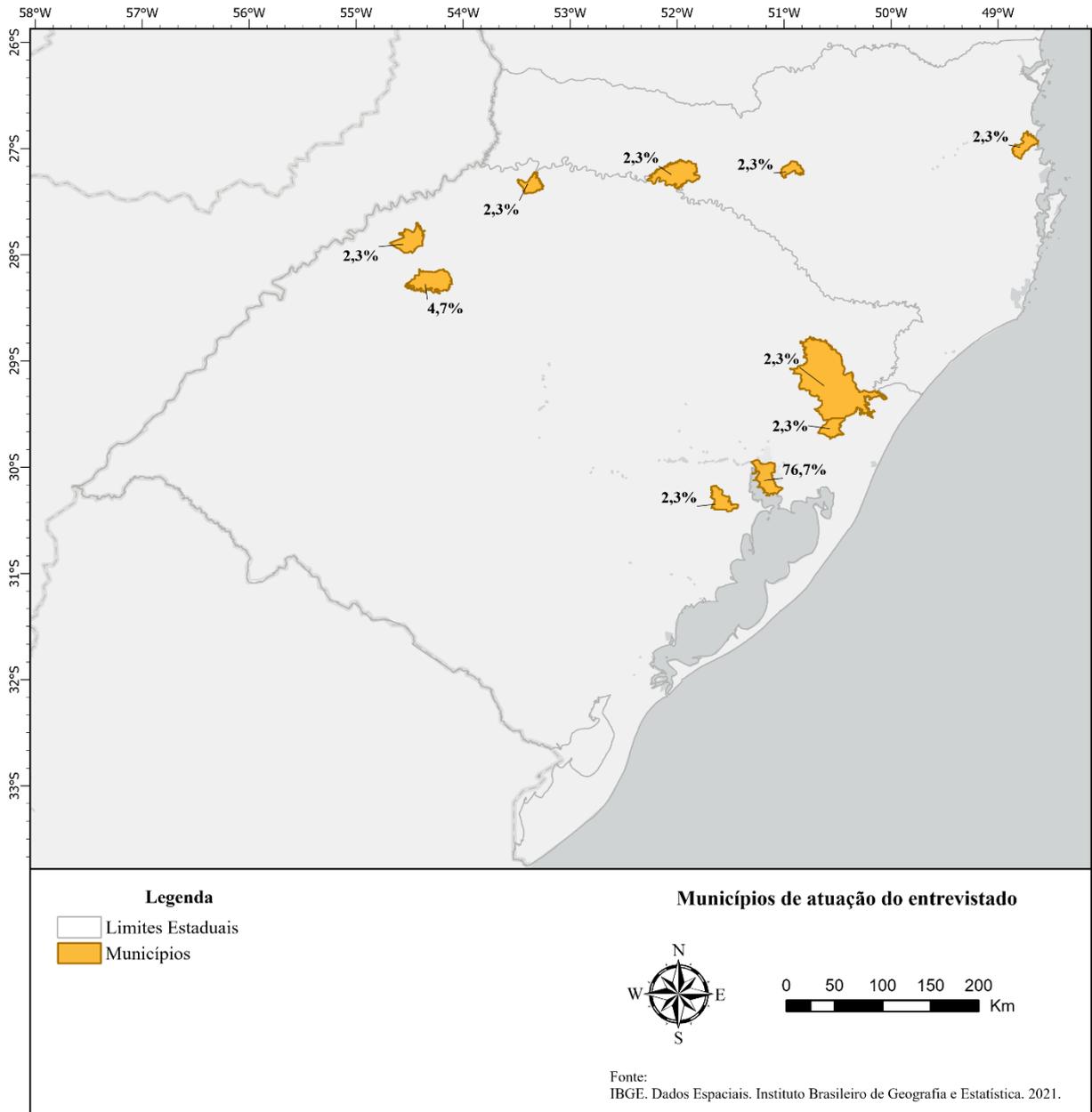
Fonte: da autora.

Por fim, também foi levantada a questão sobre o município de atuação dos entrevistados com o intuito de analisar o alcance geográfico do questionário. Considerou-se relevante ampliar o alcance do questionário a fim de captar diferentes opiniões na classificação dos indicadores, levando em consideração a possível influência da situação dos serviços de saneamento nos respectivos municípios em que os entrevistados atuam.

Assim, verificou-se que, embora aproximadamente 77% dos entrevistados atuem em Porto Alegre, o questionário obteve sucesso em alcançar uma maior diversidade de municípios. As regiões mais contempladas com respostas do questionário foram as regiões norte e leste do Estado do Rio Grande do Sul, bem como as regiões oeste, meio-oeste e litoral norte de Santa Catarina. Tendo em vista que o objetivo do questionário é a obtenção de opiniões técnicas para a definição do grau de importância dos indicadores, não se limitou a obtenção de resultados a apenas o município da área de estudo, uma vez que se entende que essa análise se refere ao indicador de maneira geral.

As regiões que apresentaram maior participação nas respostas do questionário foram o norte e o leste do Estado do Rio Grande do Sul, além das regiões oeste, meio-oeste e litoral norte de Santa Catarina, como é possível observar na Figura 30. É importante ressaltar que o objetivo do questionário é obter opiniões técnicas para a definição do grau de importância dos indicadores, não se limitando apenas aos municípios da área de estudo. Isso ocorre porque a análise proporcionada pela aplicação dos questionários abrange os indicadores de forma geral, não se restringindo apenas aos municípios da área de estudo.

Figura 30 - Municípios de atuação do entrevistado



Fonte: da autora.

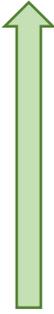
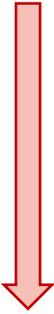
### 6.3.2.2. Atribuição de níveis aos indicadores

Este questionário tem como objetivo atribuir níveis aos indicadores. Os indicadores foram categorizados em seis classificações distintas, são elas: indicadores operacionais/eficiência, indicadores econômico-financeiros, indicadores de qualidade física ou do serviço, indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário, indicadores de contexto e indicadores de governança.

A partir desta etapa, será possível pontuar os indicadores selecionados e hierarquizar os municípios presentes na área de estudo utilizando o método TOPSIS. A pontuação dos indicadores neste questionário foi realizada através de alternativas qualitativas, as quais serão quantificadas com base na pontuação descrita na Tabela 3.

Dessa forma, a partir dos resultados obtidos, foi possível realizar uma classificação quantitativa dos indicadores. Como resultado, foram identificados os cinco indicadores com as maiores pontuações e os cinco indicadores com as menores pontuações, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação quantitativa dos indicadores selecionados.

<b>Classificação</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Pontuação</b>	
Indicadores operacionais/eficiência	Índice de tratamento de esgoto	0,89	
Indicadores de governança	Possui Plano Municipal de Saneamento Básico	0,88	
Indicadores operacionais/eficiência	Índice de coleta de esgoto	0,87	
Indicadores de governança	Possui serviços públicos de saneamento básico regulados	0,83	
Indicadores de governança	Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário	0,82	
Indicadores operacionais/eficiência	Economias ativas por pessoal total (equivalente)	0,54	
Indicadores de qualidade	Idade média da tubulação de esgoto	0,54	
Indicadores operacionais/eficiência	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	0,52	
Indicadores econômico-financeiros	Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais	0,49	
Indicadores econômico-financeiros	Despesa média anual por empregado	0,49	

Fonte: da autora.

Assim, os indicadores “Índice de tratamento de esgoto”, “Possui Plano Municipal de Saneamento Básico”, “Índice de coleta de esgoto”, “Possui serviços públicos de saneamento básico regulados” e “Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário” obtiveram, respectivamente, as maiores pontuações. Isto denota que, do ponto de vista de profissionais, professores e estudantes da área de recursos hídricos com ênfase em saneamento ambiental, tais indicadores foram considerados mais relevantes na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário em comparação com os demais.

Em contrapartida, os indicadores “Economias ativas por pessoal total (equivalente)”, “Idade média da tubulação de esgoto”, “Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)”, “Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais” e “Despesa média anual por empregado” foram os que receberam as menores pontuações, respectivamente. Isso sugere que, na perspectiva dos profissionais entrevistados, esses indicadores podem ser considerados menos importantes ou até mesmo irrelevantes em relação aos demais na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário.

Em relação às classificações analisadas, foi constatado que os indicadores de governança receberam as maiores pontuações, correspondendo a 20% da pontuação total, conforme apresentado na Tabela 10. Por outro lado, tanto os indicadores de qualidade quanto os indicadores econômico-financeiros receberam aproximadamente 15% cada um da pontuação total atribuída pelos entrevistados. Esse comportamento indica que os entrevistados demonstraram maior preocupação com a gestão e planejamento dos serviços de esgotamento sanitário em detrimento da manutenção financeira dos sistemas e da qualidade de sua infraestrutura.

Tabela 10 – Pontuação média dos indicadores por classificação.

<b>Classificações</b>	<b>Pontuação média</b>
<b>Indicadores de governança</b>	0,83
<b>Indicadores operacionais/eficiência</b>	0,67
<b>Indicadores de contexto</b>	0,66
<b>Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário</b>	0,64
<b>Indicadores econômico-financeiros</b>	0,63
<b>Indicadores de qualidade</b>	0,63

Fonte: da autora.

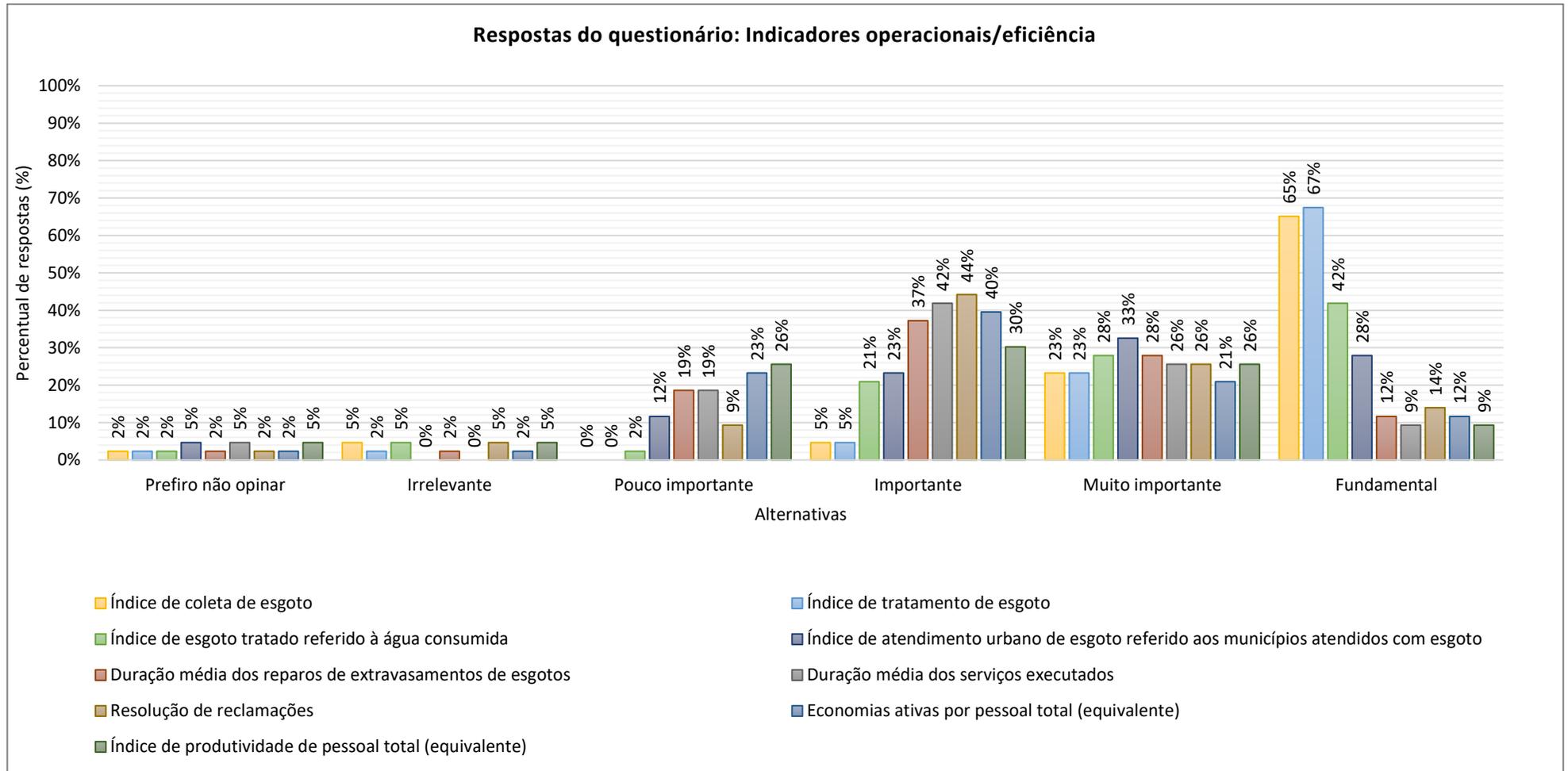
A seguir, serão apresentados resultados mais específicos, obtidos a partir do questionário, destacando cada indicador dentro de suas respectivas classificações mencionadas anteriormente.

#### 6.3.2.2.1. Indicadores operacionais/eficiência

A classificação de indicadores operacionais/eficiência é composta por nove indicadores, são eles: índice de coleta de esgoto, índice de tratamento de esgoto, índice de esgoto tratado referido à água consumida, índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto, duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos, duração média dos serviços executados, resolução de reclamações, economias ativas por pessoal total (equivalente) e índice de produtividade de pessoal total (equivalente).

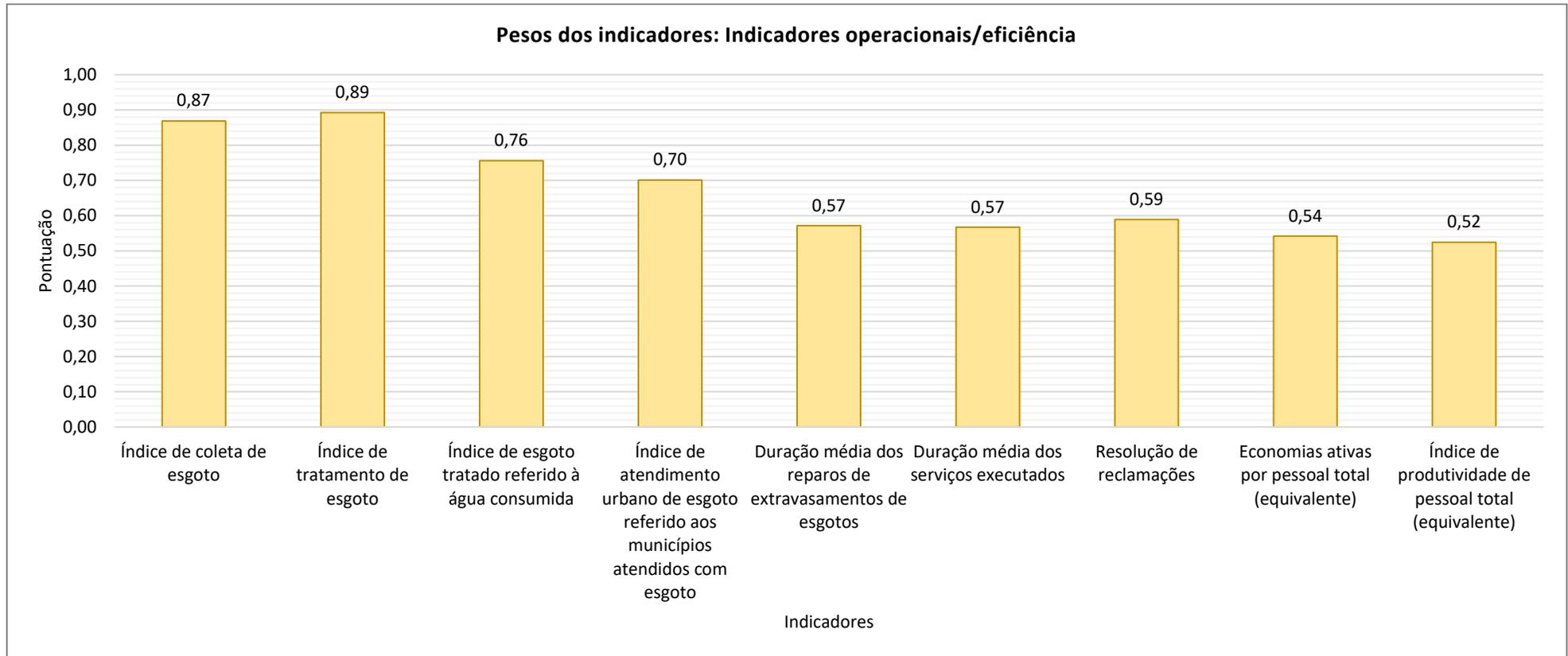
Os indicadores operacionais permitem avaliar, de uma forma simplificada, o trabalho e a eficiência dos operadores de esgotamento sanitário nos municípios analisados. Dada sua elevada relevância no segmento de serviços de esgotamento sanitário, os entrevistados foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância. O resultado dessa pontuação pode ser visualizado na Figura 31. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 32.

Figura 31 – Questionário: Indicadores operacionais/eficiência.



Fonte: da autora.

Figura 32 – Pesos: Indicadores operacionais/eficiência.



Fonte: da autora.

O Índice de coleta de esgotos, primeiro indicador a ser avaliado, representa a proporção do esgoto coletado em relação à quantidade de água tratada e consumida. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 65% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,87**.

Já o Índice de tratamento de esgotos representa o percentual de esgoto coletado que é encaminhado para tratamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 67% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este índice obteve pontuação igual a **0,89**.

O Índice de esgoto tratado referido à água consumida representa o percentual da quantidade de esgoto tratado referente à água tratada e à água consumida. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 42% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este índice obteve pontuação igual a **0,76**.

O Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto representa o percentual da população total atendida com coleta de esgoto, em comparação aos municípios atendidos com esgoto. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 28% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 33% o consideraram muito importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este índice obteve pontuação igual a **0,70**.

O Indicador de duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos representa a duração média dos reparos de extravasamento no sistema de coleta de esgoto sanitário. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que apenas 12% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 37% o consideraram importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos

entrevistados o classificaram como irrelevante e 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,57**.

O Indicador de duração média dos serviços executados representa a duração média dos serviços executados pela concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que apenas 9% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 42% o consideraram importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,57**.

O Indicador de resolução de reclamações representa o percentual de respostas da concessionária de saneamento às reclamações dos usuários. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que apenas 14% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 44% o consideraram importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,59**.

O Indicador de economias ativas por pessoal total (equivalente) representa a quantidade de economias de água e esgoto ativas em relação à quantidade equivalente de pessoal total da concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que apenas 12% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 40% o consideraram importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,54**.

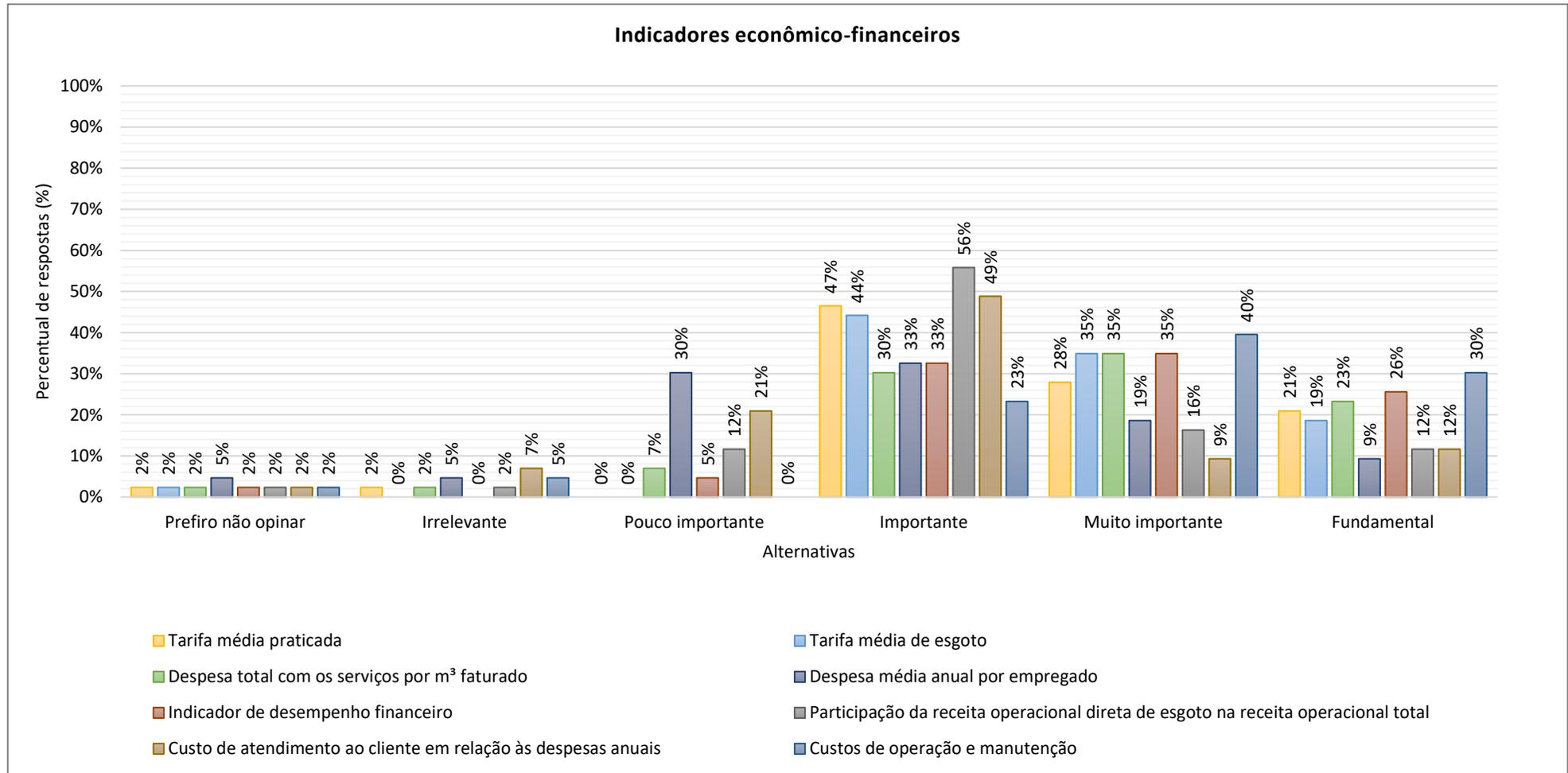
O Índice de produtividade de pessoal total (equivalente) representa a quantidade de ligações ativas de água e esgoto em relação à quantidade equivalente de pessoal total da concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 30% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário, enquanto 26% o consideraram muito importante e 26% o consideraram pouco importante. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este índice obteve pontuação igual a **0,52**.

#### 6.3.2.2.2. Indicadores econômico-financeiros

A classificação de indicadores econômico-financeiros é composta por oito indicadores, são eles: tarifa média praticada, tarifa média de esgoto, despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado, despesa média anual por empregado, indicador de desempenho financeiro, participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total, custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais e custos de operação e manutenção.

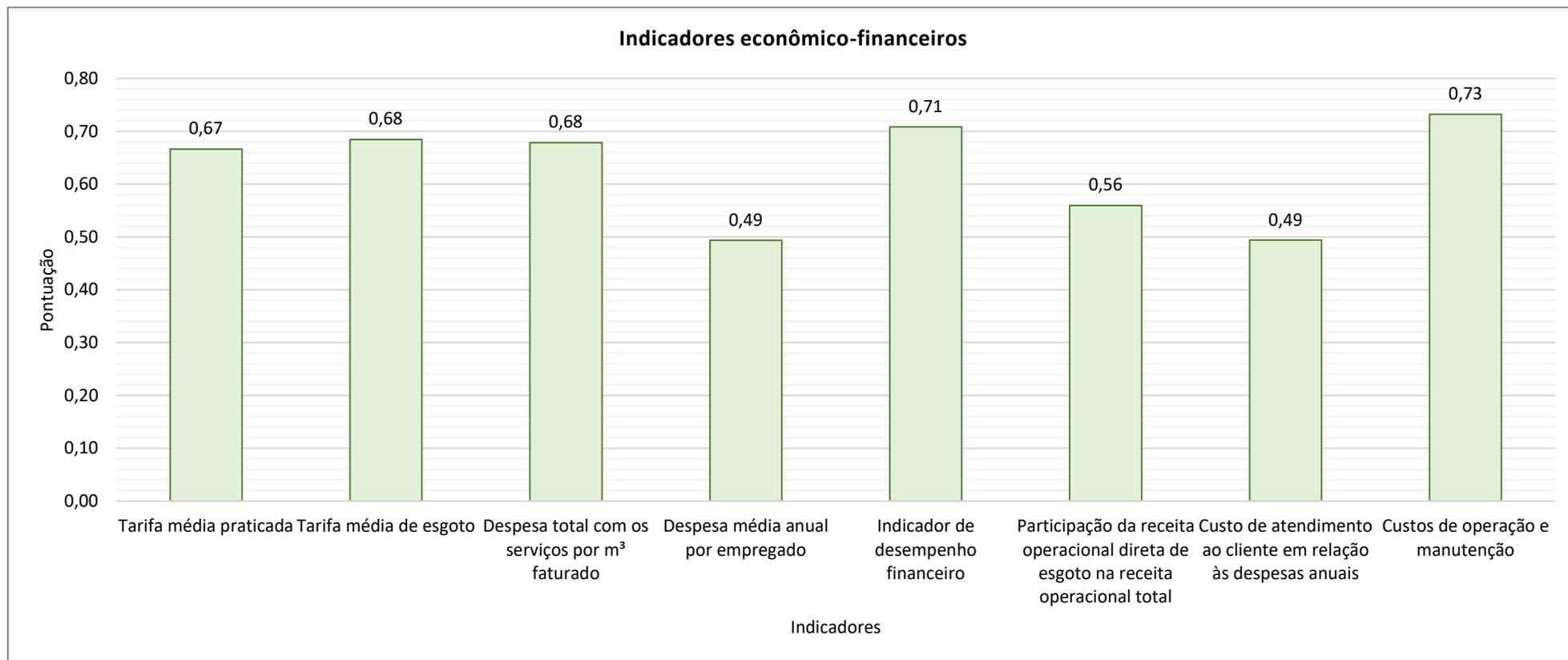
Através dos econômico-financeiros, é possível analisar a situação econômico-financeira dos serviços prestados nos municípios. Os entrevistados também foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância, cujo resultado pode ser visualizado na Figura 33. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 34.

Figura 33 – Questionário: Indicadores econômico-financeiros.



Fonte: da autora.

Figura 34 – Pesos: Indicadores econômico-financeiros.



Fonte: da autora.

O Indicador de tarifa média praticada, primeiro indicador a ser avaliado, representa a Tarifa Média Praticada pelas concessionárias de saneamento dos municípios. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 47% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,67**.

O Indicador de tarifa média de esgoto representa tarifa média referente aos serviços de coleta de esgoto, praticada pelas concessionárias de saneamento dos municípios. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 44% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,68**.

O Indicador de despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado representa as despesas totais com os serviços divididas pelo volume total faturado (água + esgoto). Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 35% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,68**.

O Indicador despesa média anual por empregado representa a despesa média anual por empregado próprio, pela quantidade total de empregados próprios da concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 33% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,49**.

O Indicador de desempenho financeiro representa as receitas operacionais diretas de água e esgoto da concessionária de saneamento, em relação às despesas totais com os serviços. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 35% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas

2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,71**.

O Indicador de participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total representa a influência do valor faturado pela prestação do serviço de esgotamento sanitário, com relação à receita operacional total (direta + indireta). Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 56% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,56**.

O Indicador de custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais representa a despesa anual da concessionária no atendimento ao cliente. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 49% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 7% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,49**.

O Indicador de custos de operação e manutenção representa todos os custos vinculados à operação e à manutenção dos serviços de saneamento da concessionária. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 40% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,73**.

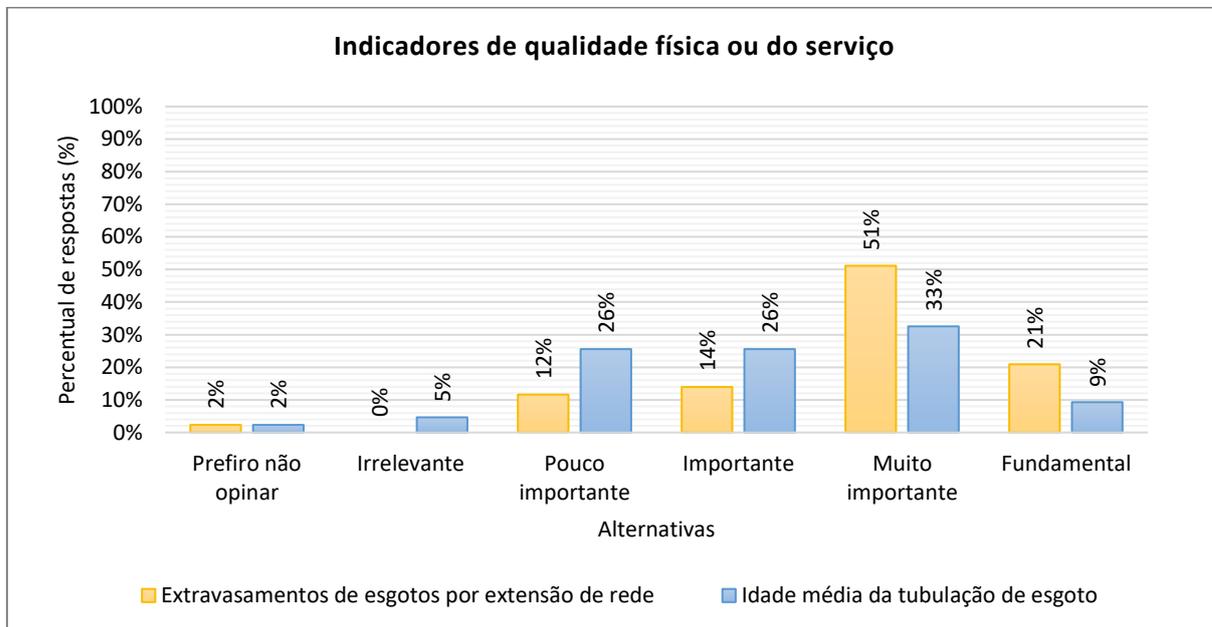
#### 6.3.2.2.3. Indicadores de qualidade física ou do serviço

A classificação de qualidade física ou do serviço é composta por dois indicadores, são eles: extravasamentos de esgotos por extensão de rede e idade média da tubulação de esgoto.

Os indicadores de qualidade física ou do serviço permitem avaliar a qualidade no fornecimento do serviço e na infraestrutura oferecida. Dada sua pertinência no segmento de serviços de esgotamento sanitário, os entrevistados foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância. O resultado dessa pontuação pode ser visualizado na Figura 35. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a

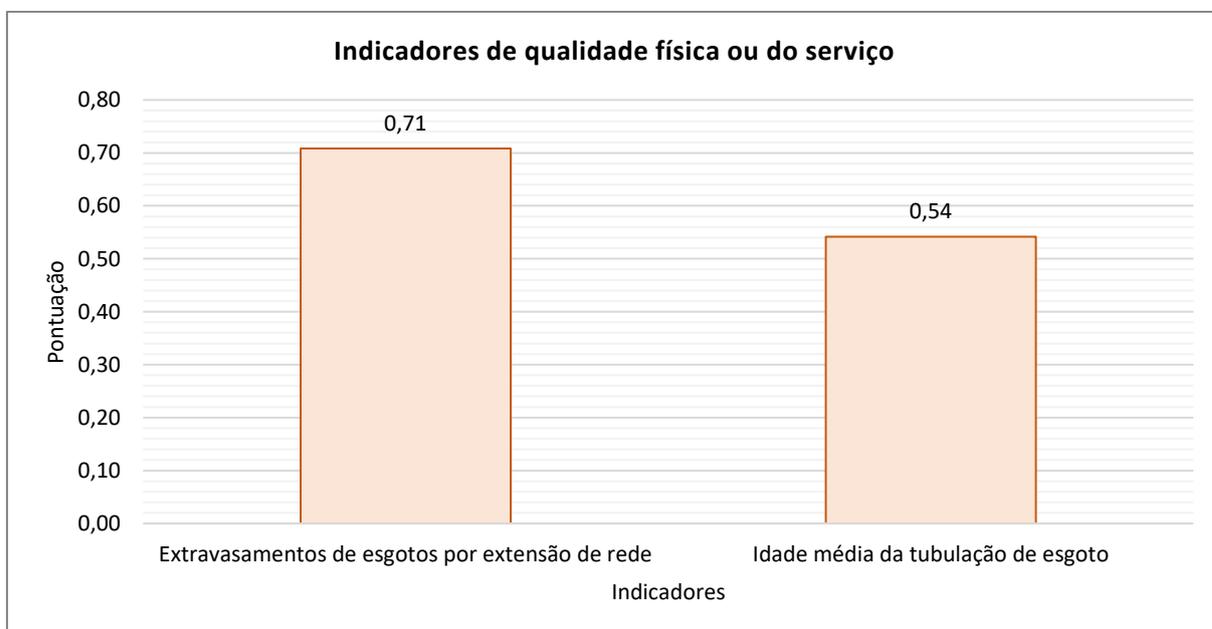
avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 36.

Figura 35 – Questionário: Indicadores de qualidade física ou do serviço.



Fonte: da autora.

Figura 36 – Pesos: Indicadores de qualidade física ou do serviço.



Fonte: da autora.

Extravasamentos de esgotos por extensão de rede, primeiro indicador da classificação a ser avaliado, representa o extravasamento de esgoto, por km de rede, como resultado do rompimento ou obstrução de redes coletoras, interceptores ou emissários. Dentre as respostas

obtidas, constatou-se que 51% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,71**.

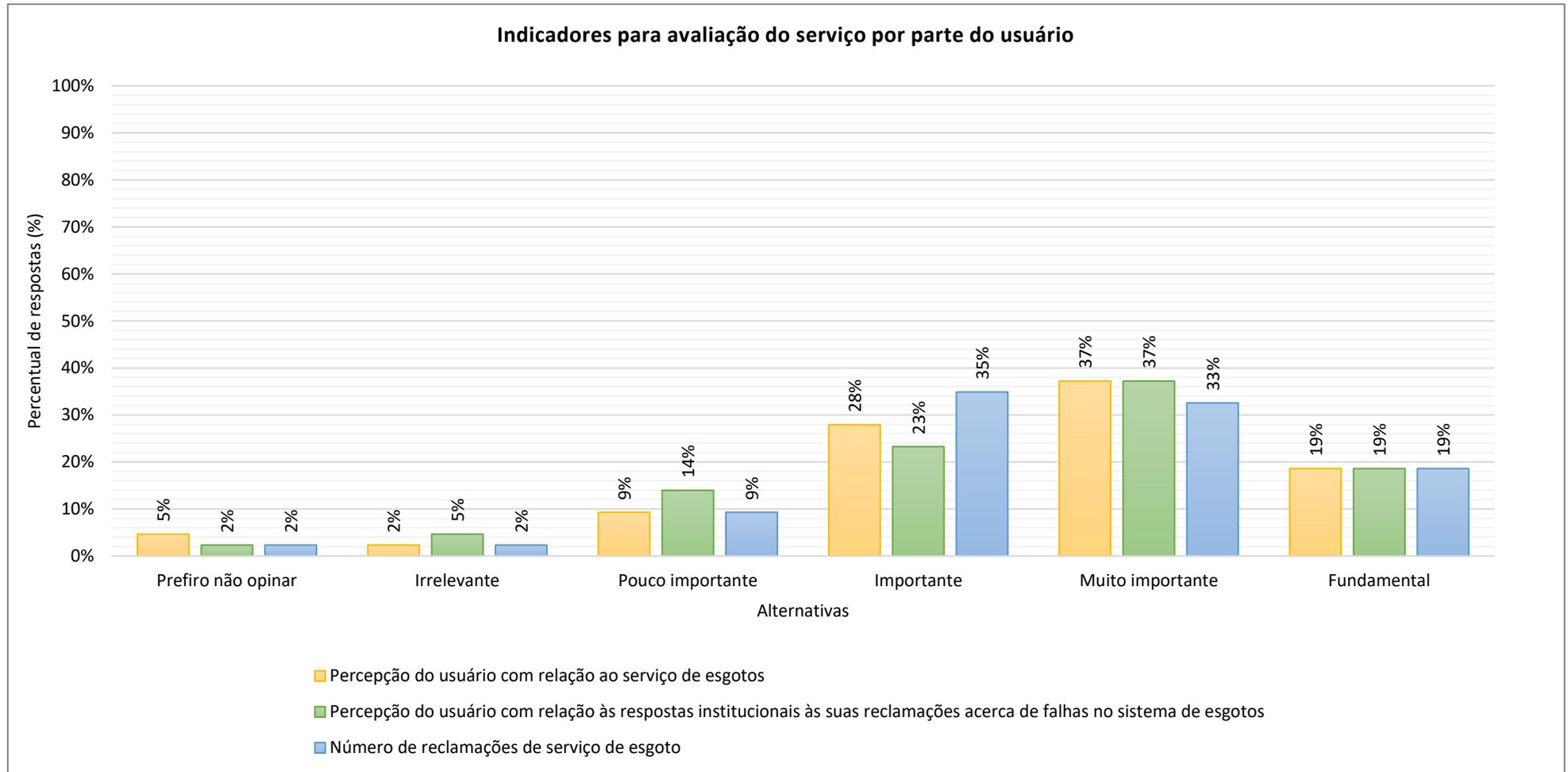
A Idade média da tubulação de esgoto representa a idade média da tubulação de esgoto instalada no município. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 33% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,54**.

#### 6.3.2.2.4. Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário

A classificação para avaliação do serviço por parte do usuário é composta por três indicadores, são eles: percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos, percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos e número de reclamações de serviço de esgoto.

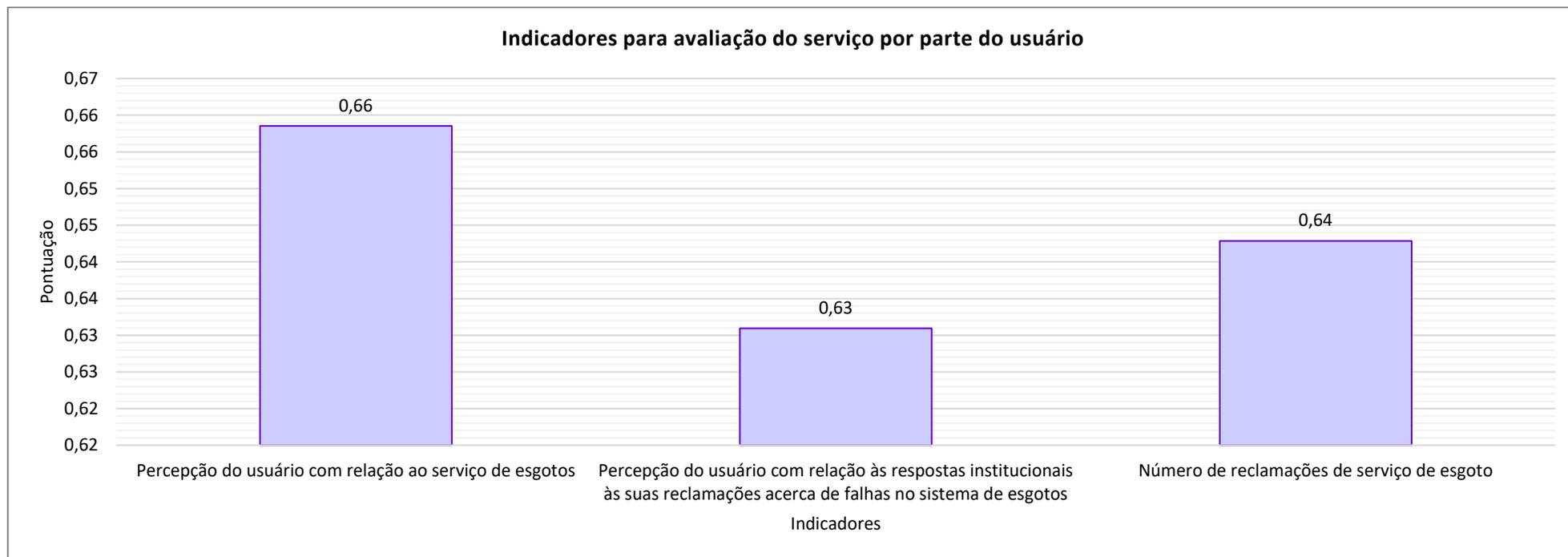
Os indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário permitem analisar a qualidade do serviço de esgotamento sanitário sob a perspectiva do usuário. Dada sua relevância no segmento de serviços de esgotamento sanitário, os entrevistados foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância. O resultado dessa pontuação pode ser visualizado na Figura 37. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 38.

Figura 37 – Questionário: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.



Fonte: da autora.

Figura 38 – Pesos: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.



Fonte: da autora.

A Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos representa a percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos provido pela concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 37% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,66**.

A Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos representa a percepção do usuário com relação ao retorno provido pela concessionária de saneamento quanto às suas reclamações de falhas no sistema de esgotos. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 37% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,63**.

O Número de reclamações de serviço de esgoto representa a quantidade de reclamações do usuário quanto ao serviço de esgoto sanitário, provido pela concessionária de saneamento. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 35% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,64**.

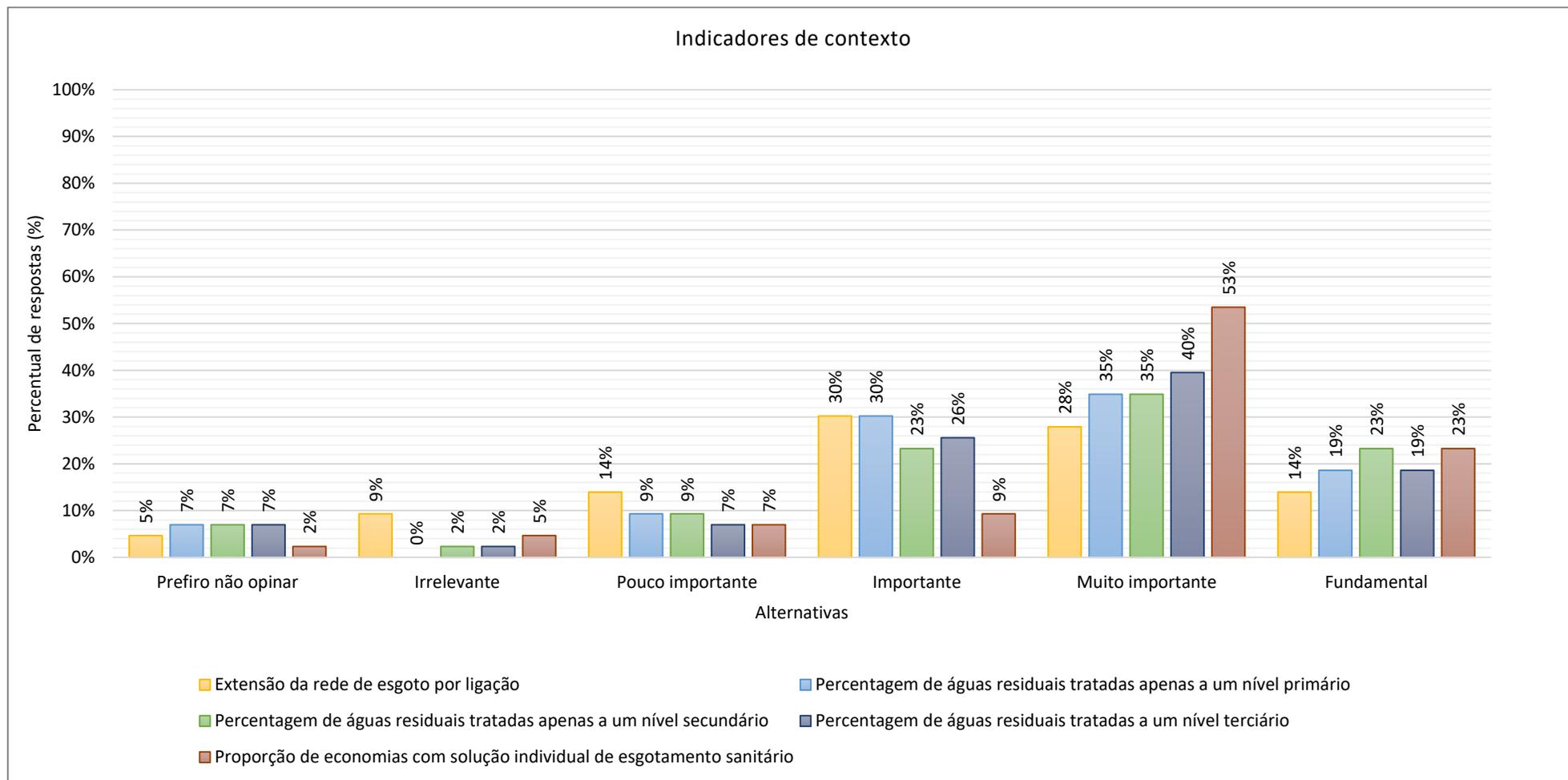
#### 6.3.2.2.5. Indicadores de contexto

A classificação de contexto é composta por cinco indicadores, são eles: extensão da rede de esgoto por ligação, percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário, percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário, percentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário e proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário.

Os indicadores de contexto permitem analisar o contexto do município e de sua situação atual em relação ao esgotamento sanitário. Dada sua pertinência no segmento de serviços de

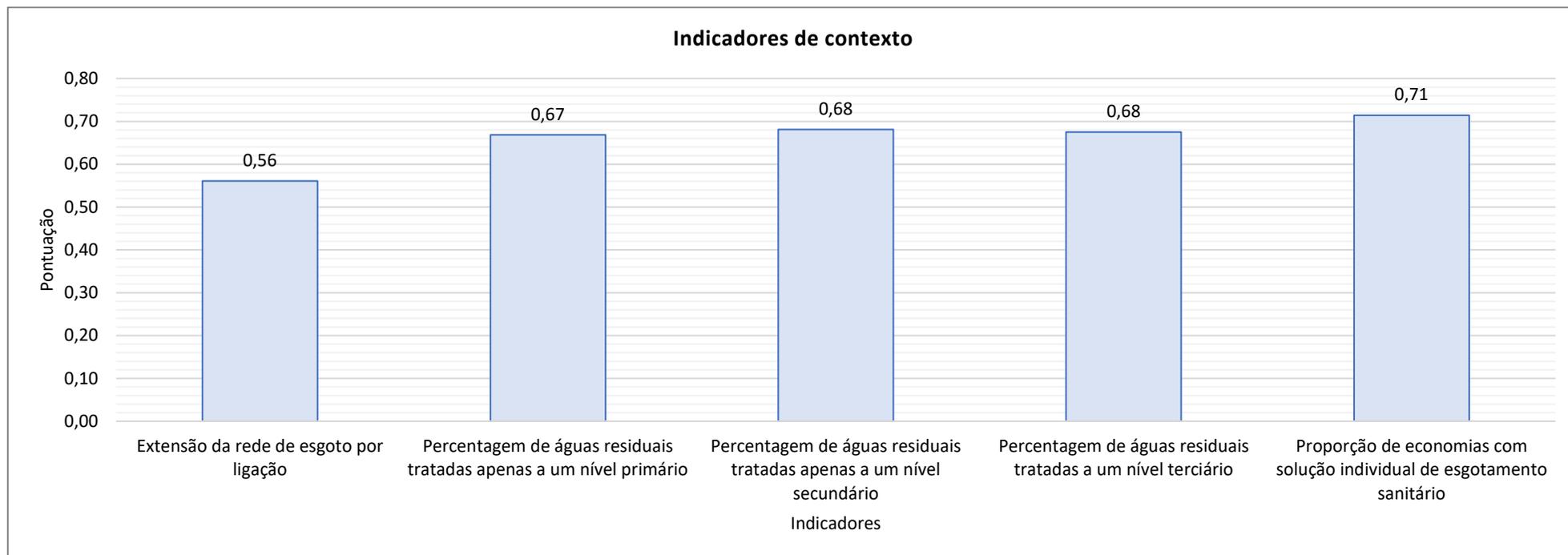
esgotamento sanitário, os entrevistados foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância. O resultado dessa pontuação pode ser visualizado na Figura 39. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 40.

Figura 39 – Questionário: Indicadores de contexto.



Fonte: da autora.

Figura 40 – Pesos: Indicadores de contexto.



Fonte: da autora.

A Extensão da rede de esgoto por ligação representa a extensão total da rede de esgoto, com relação à quantidade de ligações totais de esgotos. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 30% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 9% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,56**.

A Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário representa o percentual de esgoto sanitário tratado por apenas um nível primário. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 35% dos entrevistados o consideraram como um aspecto importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 7% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,67**.

A Porcentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário representa o percentual de esgoto sanitário tratado por apenas um nível secundário. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 35% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 7% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,68**.

A Porcentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário representa o percentual de esgoto sanitário tratado a um nível terciário. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 40% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 2% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 7% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,68**.

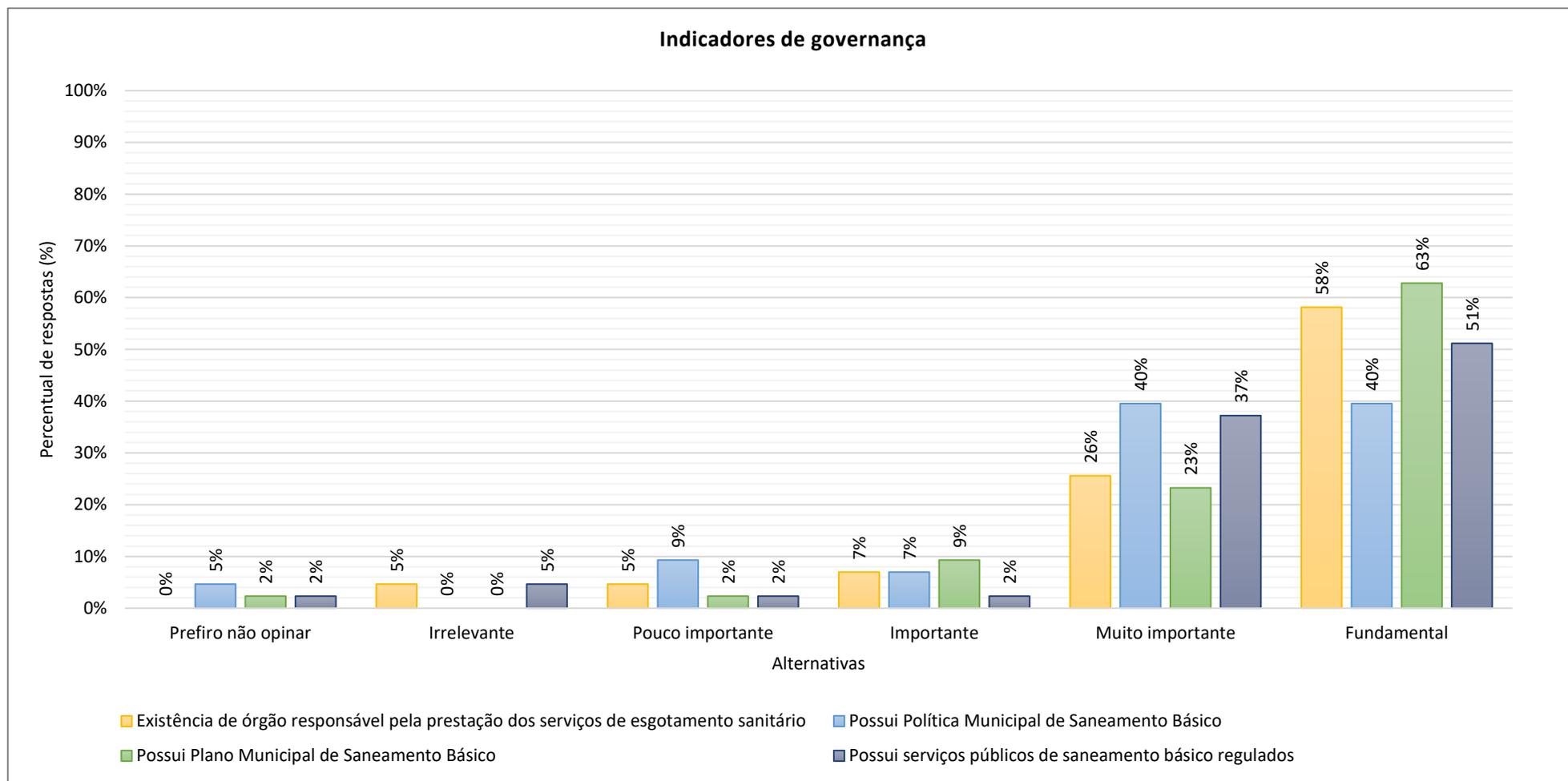
A Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário representa a quantidade de economias que adotam soluções individuais de esgotamento sanitário, com relação ao total de economias com saneamento básico. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 53% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,71**.

#### 6.3.2.2.6. Indicadores de governança

A classificação de governança é composta por quatro indicadores, são eles: existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário, possui política municipal de saneamento básico, possui plano municipal de saneamento básico e possui serviços públicos de saneamento básico regulados.

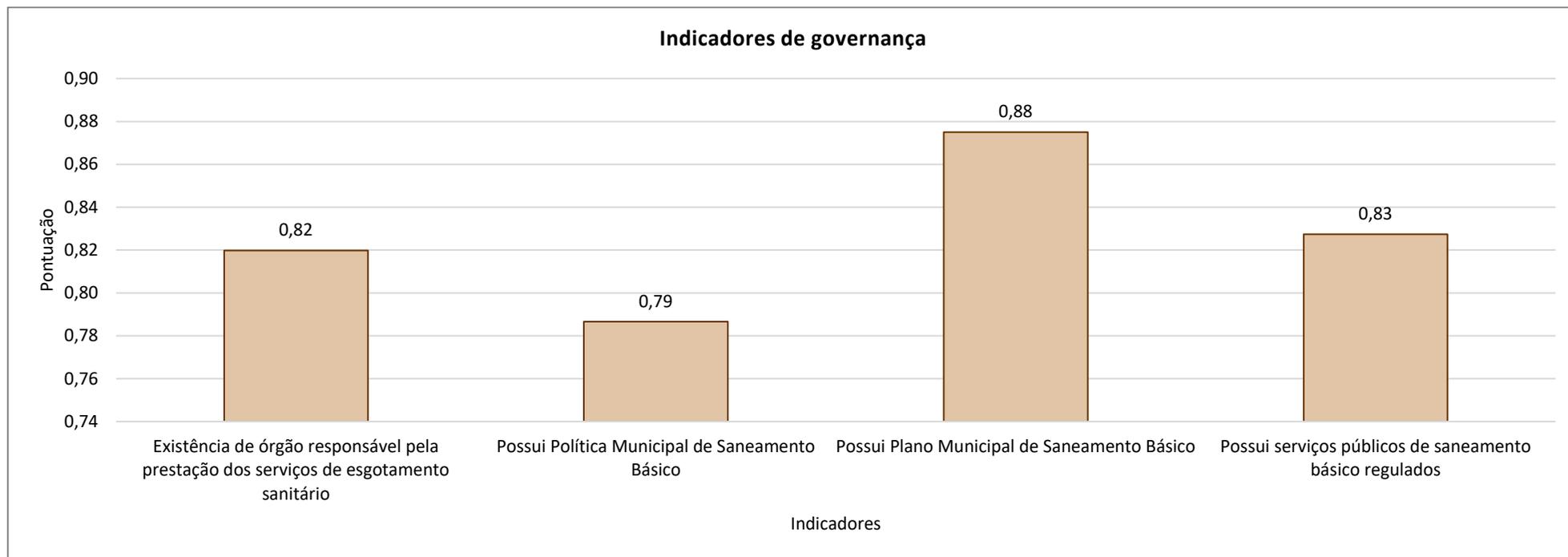
Os indicadores de governança permitem avaliar o planejamento do município em relação ao esgotamento sanitário, além de possibilitar a análise do envolvimento dos usuários. Dada sua significância no segmento de serviços de esgotamento sanitário, os entrevistados foram convidados a pontuá-los com relação a seus níveis de importância. O resultado dessa pontuação pode ser visualizado na Figura 41. Considerando a metodologia indicada no item 5.3 e a pontuação indicada na Tabela 3, o a avaliação qualitativa dos indicadores realizada pelos entrevistados foi quantificada. O resultado dessa quantificação pode ser analisado na Figura 42.

Figura 41 – Questionário: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.



Fonte: da autora.

Figura 42 – Pesos: Indicadores para avaliação do serviço por parte do usuário.



Fonte: da autora.

A Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário representa a existência ou não de órgão responsável por atender a população com serviços de esgotamento sanitário. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 58% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 0% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,82**.

A Possui Política Municipal de Saneamento Básico indica se o município em questão é contemplado com Política Municipal de Saneamento Básico. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 40% dos entrevistados o consideraram como um aspecto muito importante e fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 5% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,79**.

A Possui Plano Municipal de Saneamento Básico indica se o município em questão é contemplado com Plano Municipal de Saneamento Básico. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 63% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 0% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,88**.

A Possui serviços públicos de saneamento básico regulados indica se o município em questão é contemplado com serviços públicos de Saneamento Básico. Dentre as respostas obtidas, constatou-se que 51% dos entrevistados o consideraram como um aspecto fundamental na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário. Por outro lado, com base em sua experiência e expertise, 5% dos entrevistados o classificaram como irrelevante e apenas 2% preferiram não opinar. Após processo de quantificação, este indicador obteve pontuação igual a **0,83**.

#### 6.3.2.2.7. Sugestões e/ou comentários

A conclusão do estudo permite a inclusão de observações e comentários adicionais por parte dos entrevistados, visando contribuir para a elaboração do presente trabalho. Nessa fase, os entrevistados foram convidados a inserir conteúdo em dois espaços designados para esse fim:

“Faltou algum indicador que você considera relevante para o desenvolvimento deste trabalho? Não deixe de informar no campo abaixo!” e “Sugestões ou comentários são sempre bem-vindos. Fique à vontade para deixar o seu!”. Esses questionamentos foram incluídos com um campo aberto para escrita e o envio foi mantido como opcional para os entrevistados.

Dentre os retornos obtidos, foram informados os seguintes indicadores considerados como relevantes na avaliação do esgotamento sanitário:

- Indicador que diferencie os sistemas de esgotamento sanitário que possuem disposição em solo e os que utilizam o sistema de esgotamento pluvial para afastamento;
- Indicador que relate o cumprimento da legislação em relação à qualidade do efluente no lançamento;
- Regularidade ambiental dos empreendimentos (exemplo, ter licença ambiental e outorga e cumprir a mesma);
- Indicador que informe a aplicação de penalidades, como autos de infração;
- Índices de qualidade da água dos corpos hídricos receptores dos efluentes;
- Indicador que informa a eficiência da ETE (ou do SES), levando em consideração o cumprimento das legislações referentes ao tratamento de efluentes;
- Indicador do percentual de economias a serem atendidas até 2033, ano do Marco Regulatório;
- Indicador do percentual de economias já atendidas com sistema individual completo;
- Indicador do percentual de economias atendidas com serviços de limpeza de sistema individual;
- Indicador sobre a execução das medidas previstas no PMSB;
- Indicador sobre a infraestrutura dos municípios na área de saneamento (desde corpo técnico, instrumentos para a sua efetiva participação, entre outros);
- Indicador que informe a existência de Plano de Bacia;
- Indicador que informa a existência de diretrizes dos órgãos gestores;
- Indicador que informe a destinação do lodo das soluções individuais
- Indicador que informe o controle da frequência de limpezas do lodo das soluções individuais;
- Indicador de qualidade da água;
- Indicador do volume de esgoto tratado lançado em curso d'água;
- Indicador da qualidade da água gerada após tratamento (composição química mg/L);

- Indicador da qualidade do curso d'água que recebe o esgoto tratado: monitoramento (composição química mg/L).

Dentre os indicadores sugeridos e supracitados, destacam-se aqueles referentes às soluções individuais de esgotamento sanitário, nos quais os entrevistados demonstraram interesse em obter informações mais específicas sobre esse tópico, como o percentual de domicílios atendidos por essas soluções, a frequência de limpeza e a destinação adequada dos resíduos gerados.

Outro tópico amplamente discutido nesta seção diz respeito às políticas públicas de saneamento. Os entrevistados destacaram a falta de indicadores que pudessem fornecer informações relevantes sobre a fiscalização do cumprimento das legislações relacionadas ao tratamento de esgotamento sanitário e à qualidade do efluente após o processo de tratamento. Além disso, também foi apontada a necessidade de indicadores que representassem o status do cumprimento das medidas estabelecidas em documentos oficiais, como o Plano Municipal de Saneamento Básico e o Marco Regulatório.

No espaço dedicado a sugestões ou comentários sobre a pesquisa, foi levantada a questão de que alguns indicadores podem ser interpretados de forma distorcida, dependendo do nível de terceirização dos serviços adotado pela concessionária. Por exemplo, uma empresa que terceiriza a operação e manutenção terá menos funcionários próprios em comparação a uma empresa que realiza essas atividades internamente. Isso pode impactar nos indicadores de produtividade, salários médios, entre outros, mesmo que não necessariamente reflita a qualidade ou eficiência dos serviços prestados.

Outra questão levantada está relacionada com o SNIS, sistema nacional de informações sobre saneamento do Governo Federal. Foi apontado que esse sistema não apresenta os melhores indicadores para uma análise abrangente dos serviços prestados. Por exemplo, o SNIS permite a comparação entre o volume de água produzido e o volume de esgoto tratado, mas não possibilita a comparação entre o número de domicílios atendidos por abastecimento de água e aqueles que possuem sistema de esgotamento sanitário disponível em suas regiões. Além disso, foi destacado como uma falha o fato de o SNIS não possuir um indicador que avalie a qualidade do esgoto lançado após o processo de tratamento.

Por fim, também foi discutida a relevância da pesquisa no contexto das concessões e parcerias público-privadas, assim como na desestatização de empresas de saneamento, considerando o

novo marco legal do setor. Foi observado que existe um amplo campo de desenvolvimento para o presente estudo, especialmente no contexto da transição regulatória do modelo discricionário para o modelo contratual.

## 6.4. APLICAÇÃO DO MÉTODO TOPSIS

Após a definição e cálculo dos indicadores, apresentados no subcapítulo 6.2, e a definição dos pesos correspondentes, conforme descrito no subcapítulo 6.3, tornou-se viável a aplicação do método TOPSIS. A implementação efetiva desse método requer a execução de uma série de etapas, descritas a seguir:

1. Determinação dos parâmetros da matriz de decisão;
2. Normalização da matriz de decisão;
3. Ponderação da matriz normalizada;
4. Determinação das soluções ideais positiva e negativa;
5. Cálculo das distâncias euclidianas;
6. Determinação das proximidades relativas;
7. Ordenação das alternativas em ordem decrescente.

Com a utilização deste método espera-se obter a hierarquização dos municípios do RS da área de estudo quanto ao desempenho dos serviços de esgotamento sanitário, a partir do ordenamento dos coeficientes de proximidade relativa. Para isso serão encontrados valores entre 0 e 1, os quais permitem definir os municípios com melhor ou pior desempenho desses serviços.

Com a obtenção da hierarquização proveniente do método TOPSIS, será possível identificar os municípios que se destacam negativamente com relação aos serviços de esgotamento sanitário, de forma concentrar os esforços dos órgãos gestores na procura pelas principais causas dos problemas e possíveis melhorias. Já com a identificação dos municípios que se sobressaem positivamente com relação aos serviços de esgotamento sanitário, torna-se possível orientar a busca por investimentos e projetos que trouxeram resultados satisfatórios, a fim de replicá-los nos municípios menos favorecidos.

Conforme indicado no subcapítulo 4.4, Maranhão (2016) destaca os principais problemas da abordagem de avaliação multicritério. Assim, antes de dar seguimento aos próximos passos, tais problemas foram delimitados para o presente estudo, conforme indicado no Quadro 7.

Quadro 7 – Delimitação dos problemas destacados por Maranhão (2016) para o presente estudo.

---

Estruturação do problema a resolver (decisão a tomar)	Identificar os municípios na área de estudo com maior carência nos serviços de
---	--

---

	esgotamento sanitário, a fim de direcionar esforços para melhorias e fornecer suporte na tomada de decisões.
Confiabilidade da informação	Boa. A maioria dos dados utilizados são oriundos do SNIS, sendo submetidos a análises de consistência por parte da equipe técnica do SNIS, a fim de garantir uma maior confiabilidade.
Tempo de coleta das informações	Os dados são atualizados anualmente.
Custo de aquisição das informações	Nulo, visto que as informações são previamente apuradas pelos provedores de serviços de saneamento para monitoramento interno e fiscalização. Quando submetidos ao SNIS, os dados se tornam de domínio público e disponíveis sem custo.
CrITÉRIOS a serem adotados	A avaliação multicritério deve ser de tal forma que deve atender aos critérios de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Confiabilidade;</li> <li>- Replicabilidade;</li> <li>- Efetividade;</li> <li>- Baixo custo.</li> </ul>

Fonte: da autora.

Assim, os passos tomados e os resultados obtidos serão explicitados a seguir:

#### **6.4.1. Determinação dos parâmetros da matriz de decisão**

No método TOPSIS, o primeiro passo envolve a determinação dos parâmetros da matriz de decisão. Esse processo consiste na elaboração de uma planilha na qual os indicadores relevantes são calculados para cada município presente na área de estudo, obtendo-se assim seus desempenhos específicos para o critério em questão. Essa etapa é fundamental para a aplicação do método, pois fornece os dados necessários para a análise comparativa dos municípios e a seleção da melhor alternativa.

Os cálculos realizados no subcapítulo 6.2, anteriormente segregados por indicador, foram agregados em uma mesma planilha. Essa ação foi tomada para possibilitar os cálculos das próximas etapas do processo. Essa integração dos cálculos em uma planilha centralizada é fundamental para garantir a continuidade do método TOPSIS e a obtenção de resultados consistentes.

#### **6.4.2. Normalização da matriz de decisão**

Após a etapa descrita anteriormente, procedeu-se à normalização da matriz de decisão. Essa etapa de cálculo é fundamental para padronizar os valores dos indicadores e garantir que todos os critérios tenham pesos comparáveis durante a análise e a seleção da melhor alternativa no método TOPSIS.

Assim, de acordo com as orientações apresentadas no subcapítulo 5.4, esse cálculo é realizado individualmente para cada indicador selecionado, utilizando os dados de desempenho do município. Consiste em obter a razão entre o resultado calculado para cada indicador e a raiz quadrada do somatório das potências desses resultados, conforme indica a Equação ( 13 ).

Esse processo de cálculo foi executado para cada um dos indicadores, resultando em valores compreendidos entre 0 e 1.

#### **6.4.3. Ponderação da matriz normalizada**

Na sequência, foi executada a ponderação da matriz normalizada, obtida na etapa anterior. Essa etapa foi responsável por gerar a necessidade de desenvolver o questionário apresentado no capítulo 6.3 deste trabalho. A etapa de ponderação permite considerar a importância relativa de cada indicador no contexto da tomada de decisão, levando em conta as preferências pré-estabelecidas.

Assim, durante este processo, a pontuação obtida para cada indicador, conforme apresentado na Tabela 9, foi utilizada para ponderar o desempenho normalizado de cada município, através da multiplicação destes dois valores, conforme indica a equação ( 14 ).

#### **6.4.4. Determinação das soluções ideais positiva e negativa**

Com base nos desempenhos ponderados, foi viável determinar a Solução Ideal Positiva (PIS) e a Solução Ideal Negativa (NIS) para cada indicador. No método TOPSIS, a melhor alternativa é aquela que se encontra mais próxima do PIS, maximizando assim os critérios de "benefício". Por outro lado, a opção que se encontra mais distante do NIS é considerada a melhor alternativa em termos de minimização dos critérios de "custo". Essa abordagem permite identificar a alternativa que melhor atende aos critérios estabelecidos, levando em consideração tanto os aspectos de benefício quanto os de custo.

Antes de determinar as soluções ideais positivas ou negativas para os indicadores, foi necessário identificar e avaliar quais indicadores devem ser maximizados e quais devem ser minimizados,

levando em consideração a avaliação realizada por cada indicador. Dependendo dos objetivos e critérios estabelecidos, alguns indicadores podem representar benefícios ou aspectos positivos, indicando uma maior preferência por valores mais altos, enquanto outros podem ser considerados custos ou aspectos negativos, indicando uma maior preferência por valores mais baixos.

A cada avaliação realizada, são identificados *trade-offs* nas decisões tomadas. Em alguns casos, maximizar um indicador pode trazer benefícios para o saneamento local, mas requer investimentos significativos. Por outro lado, buscar economia e acessibilidade financeira dos serviços para a população de baixa renda pode resultar em comprometimento da qualidade, capacidade de investimento em infraestrutura, expansão e manutenção do sistema. É necessário considerar cuidadosamente esses *trade-offs* e buscar um equilíbrio entre os diferentes objetivos e necessidades, a fim de tomar decisões que promovam um saneamento eficiente, acessível e de qualidade.

Assim, os resultados da análise supracitada podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11 – Identificação das Soluções Ideais Positivas e Negativas.

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND1.1	Índice de coleta de esgoto	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentiva o atendimento com coleta e tratamento de esgotos de 90% da população até 2033, como indica na Lei Federal nº 14.026/2020;</li> <li>- Contribui significativamente para a melhoria da saúde pública e do meio ambiente, uma vez que o lançamento de esgoto pode contaminar corpos d'água e causar a propagação de doenças.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução nos recursos disponíveis para investimento em outros serviços públicos;</li> <li>- Traz desafios e limitações no engajamento ativo com a comunidade, envolvendo atividades de conscientização pública, educação sobre o uso adequado do sistema de esgoto e a obtenção de permissões ou acesso a propriedades privadas para a instalação de infraestrutura</li> </ul>
IND1.2	Índice de tratamento de esgoto	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentiva o atendimento com coleta e tratamento de esgotos de 90% da população até 2033, como indica na Lei Federal nº 14.026/2020;</li> <li>- Contribui significativamente para a melhoria da saúde pública e do meio ambiente, uma vez que o lançamento de esgoto sem o tratamento correto pode contaminar corpos d'água e causar a propagação de doenças;</li> <li>- Contribui para a conservação do meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos hídricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Além dos investimentos iniciais, implica em custos operacionais e de manutenção contínuos, destinados ao funcionamento das estações de tratamento, energia consumida, compra de produtos químicos e manutenção regular;</li> <li>- A construção de novas estações de tratamento pode gerar oposição local em função de possíveis desapropriações, impacto visual da infraestrutura, odores e preocupações ambientais.</li> </ul>
IND1.3	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentiva o atendimento com coleta e tratamento de esgotos de 90% da população até 2033, como indica na Lei Federal nº 14.026/2020;</li> <li>- Contribui para a melhoria das</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer esforços consideráveis em infraestrutura, sistemas de coleta e tratamento, além de operação e manutenção contínuas, o que pode representar um desafio, especialmente</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	<i>Trade-offs</i> envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			condições sanitárias e de saúde da população, reduzindo a incidência de doenças relacionadas à falta de saneamento básico adequado; - Contribui com a redução da poluição hídrica e a preservação dos recursos naturais do município.	em áreas com recursos limitados; - Ampliação dos desafios técnicos e operacionais, uma vez que a maximização do índice de atendimento exige expertise técnica e capacitação de equipes para operação e manutenção do sistema.
<b>IND1.5</b>	Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos	<b>Minimizar</b>	- Contribui para minimizar o tempo em que o esgoto não tratado é liberado para o meio ambiente, ajudando a prevenir a poluição dos corpos d'água, do solo e do ar e minimizando os impactos negativos nos ecossistemas; - Reduz-se o tempo em que as comunidades são expostas a patógenos e substâncias nocivas, contribuindo para a proteção da saúde da população.; - Incentiva a melhoria da infraestrutura de saneamento básico.	- A busca pela minimização dos reparos pode exigir soluções técnicas complexas e especializadas, uma vez que dependendo das condições do sistema de esgoto pode ser necessário lidar com problemas de infraestrutura antiga, redes de esgoto danificadas, entre outros; - Pode exigir custos adicionais como a aquisição de equipamentos especializados, aumento do quadro de funcionários e contratação de mão de obra qualificada.
<b>IND1.6</b>	Duração média dos serviços executados	<b>Minimizar</b>	- Reduz o impacto e a interrupção do serviço para os usuários e a comunidade em geral; - Pode resultar em ganhos de produtividade e otimização dos recursos disponíveis, permitindo que mais serviços sejam concluídos dentro de um determinado período; - Pode levar a uma maior capacidade de atendimento e satisfação do cliente.	- A depender da situação, a redução da duração média de execução dos serviços pode comprometer a qualidade do trabalho executado, impactando também a percepção e a confiança dos clientes.

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND1.7	Resolução de reclamações	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demonstra um compromisso com a satisfação do cliente, melhorando sua experiência e aumentando a sua confiança com a prestadora dos serviços.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode exigir recursos financeiros, logísticos e humanos adicionais, o que pode exigir investimento em equipes de atendimento ao cliente, treinamentos, sistemas de gerenciamento de reclamações e possíveis compensações aos clientes insatisfeitos.</li> </ul>
IND1.8	Economias ativas por pessoal total (equivalente)	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uma alta quantidade de economias ativas por pessoa pode indicar uma operação eficiente, na qual cada membro da equipe é capaz de atender a um maior número de clientes ou realizar mais tarefas;</li> <li>- Permite a melhor utilização dos recursos disponíveis, evitando a ociosidade e aumentando a produtividade da equipe;</li> <li>- Pode resultar em um aumento na receita da organização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode levar a uma sobrecarga de trabalho, o que pode afetar negativamente a qualidade dos serviços prestados, causar desgaste da equipe e aumentar o risco de erros;</li> <li>- Pode ocasionar a redução da qualidade do atendimento ao cliente.</li> </ul>
IND1.9	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indica que a organização está aproveitando eficientemente seus recursos humanos para realizar um maior volume de trabalho. Isso pode resultar em uma melhor utilização dos recursos disponíveis e uma operação mais enxuta;</li> <li>- Ao maximizar a produtividade da equipe, a organização pode reduzir seus custos operacionais;</li> <li>- Com uma equipe mais produtiva, a</li> </ul>	

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			organização pode atender a um maior volume de demanda e, potencialmente, expandir sua base de clientes.	
IND2.1	Tarifa média praticada	Maximizar	- Promove um aumento na receita da empresa ou órgão responsável pelo saneamento, o que pode ser direcionado para investimentos em infraestrutura, melhoria dos serviços e expansão da cobertura; - Melhora a sustentabilidade financeira empresa ou órgão responsável pelo saneamento, permitindo a manutenção adequada dos sistemas existentes e a realização de novos investimentos;	- Aumento dos custos mensais da população.
IND2.2	Tarifa média de esgoto	Maximizar	- Com mais recursos financeiros, é possível investir em melhorias nos sistemas de tratamento de água e esgoto; - Melhora na qualidade do serviço prestado.	
IND2.3	Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	Maximizar	- Maior retenção de recursos financeiros para serem utilizados em investimentos de expansão dos serviços de saneamento básico;	- As tarifas cobradas dos usuários podem vir a aumentar para sustentar os investimentos necessários na expansão e manutenção da infraestrutura.

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			- Maior rentabilidade financeira para a empresa ou órgão responsável pelo saneamento;	
IND2.4	Despesa média anual por empregado	Minimizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promove a eficiência operacional, buscando otimizar a alocação de recursos e a eficiência dos processos;</li> <li>- Promove a busca pelo equilíbrio entre as despesas com a força de trabalho e a capacidade de geração de receita da concessionária;</li> <li>- Pode contribuir na oferta de tarifas mais acessíveis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuição da qualidade dos serviços prestados e na capacidade de manter uma equipe qualificada;</li> <li>- A depender do grau de minimização das despesas, pode-se resultar na redução do quadro de funcionários e consequente sobrecarga de trabalho para os funcionários remanescentes.</li> </ul>
IND2.5	Indicador de desempenho financeiro	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite manter a situação financeira equilibrada e sustentável para a empresa ou órgão responsável pelo saneamento básico, em prol de garantir a prestação adequada e contínua dos serviços de saneamento;</li> <li>- Pode facilitar o acesso a recursos adicionais, como financiamentos, investimentos ou parcerias, que podem ser direcionados para a melhoria dos serviços de saneamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode levar a um foco excessivo na rentabilidade financeira em detrimento de outros aspectos importantes, como a qualidade dos serviços, a sustentabilidade ambiental e o impacto social;</li> <li>- Em alguns casos, maximizar o desempenho financeiro pode levar ao aumento das tarifas para os usuários, as quais podem representar uma barreira de acesso para determinados grupos socioeconômicos.</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND2.6	Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promove investimentos e esforços específicos para a expansão e melhoria dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, essencial para o cumprimento do proposto na Lei Federal nº 14.026/2020, que incentiva que 90% da população seja atendida com coleta e tratamento de esgotos até 2033;</li> <li>- Contribui para a sustentabilidade financeira dos serviços de esgotamento sanitário.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode contribuir para o aumento nas tarifas de esgoto para os usuários;</li> <li>- Pode resultar na redução dos investimentos e dos esforços entre os demais serviços de saneamento, como abastecimento de água, manejo de resíduos sólidos, entre outros.</li> </ul>
IND2.7	Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais	Minimizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite alocar recursos financeiros para outras áreas do negócio, como investimentos em infraestrutura, melhorias nos serviços de saneamento, capacitação dos funcionários, entre outros;</li> <li>- Promove a implementação de processos mais ágeis e automatizados para o atendimento ao cliente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode comprometer a qualidade do atendimento e, conseqüentemente, reduzir a capacidade para lidar adequadamente com as demandas dos clientes, resultando em tempos de resposta mais longos, falta de pessoal adequado ou falta de recursos para resolver problemas de maneira eficaz.</li> </ul>
IND2.8	Custos de operação e manutenção	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promove a alocação de mais recursos para operação e manutenção, abrangendo despesas como folha de pagamento, consumo de energia, aquisição de produtos químicos, manutenção de equipamentos e serviços preventivos e corretivos, entre outros;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento nas tarifas cobradas dos usuários com o objetivo de garantir os recursos necessários para financiar os investimentos requeridos na expansão e preservação da infraestrutura.</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			- Promove um maior esforço em preservar e operar o sistema já existente com eficiência e qualidade.	
IND3.1	Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	Minimizar	<p>- Reduz o risco de contaminação do ambiente e a propagação de doenças relacionadas ao saneamento inadequado, contribuindo para a melhoria da saúde pública e reduzindo os impactos negativos na qualidade de vida;</p> <p>- Aumento na preservação do meio ambiente, reduzindo a contaminação de recursos hídricos e minimizando os danos à flora e à fauna;</p> <p>- Fortalece a imagem institucional ao demonstrar o compromisso da instituição com a prestação de serviços de qualidade e com o meio ambiente.</p>	<p>- Exige esforços significativos em manutenção, reabilitação e expansão da rede de esgoto;</p> <p>- Requer um monitoramento contínuo e eficiente da rede de esgoto para garantir a minimização dos extravasamentos;</p> <p>- Traz desafios e limitações no engajamento ativo com a comunidade.</p>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND3.2	Idade média da tubulação de esgoto	Minimizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduz o risco de problemas estruturais, uma vez que tubulações mais novas tendem a ter menor desgaste e menor probabilidade de apresentar problemas estruturais, como vazamentos, rupturas ou obstruções;</li> <li>- Melhora o desempenho hidráulico da tubulação e reduz perdas de água em sua extensão;</li> <li>- Reduz o risco de interrupções no serviço, diminui os custos de manutenção corretiva e aumenta a confiabilidade do sistema de esgoto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exige esforços significativos ao substituir ou renovar as tubulações existentes;</li> <li>- Exige um planejamento cuidadoso e uma gestão eficiente para mapear a necessidade de renovação das tubulações e, ao mesmo tempo, minimizar o impacto nos locais que serão afetados pelas obras.</li> </ul>
IND4.1	Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promove o aumento na satisfação dos clientes, levando a uma relação mais positiva entre a empresa e seus clientes.</li> <li>- Fortalecer a reputação da empresa perante a comunidade, órgãos reguladores e outras partes interessadas;</li> <li>- Facilita a implementação de medidas importantes, como investimentos em infraestrutura e ações de preservação ambiental;</li> <li>- Promove a redução no número de reclamações e conflitos relacionados ao serviço de esgoto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exige um esforço contínuo para manter e superar as expectativas, buscando constantemente a melhoria dos serviços prestados.</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND4.2	Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da satisfação dos clientes, uma vez que é exigido o comprometimento da empresa em resolver suas reclamações;</li> <li>- Aumento da confiança nas instituições responsáveis pelo serviço de esgoto;</li> <li>- Melhora a imagem institucional da empresa prestadora do serviço de esgoto perante a comunidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lidar com reclamações de forma eficiente requer um tempo significativo e recursos da equipe responsável pelo atendimento ao cliente, o que pode gerar uma carga adicional de trabalho e exigir uma estrutura organizacional adequada para lidar com as demandas de resposta e resolução das reclamações;</li> <li>- Exige um esforço contínuo para manter e superar as expectativas, buscando constantemente a melhoria dos serviços prestados.</li> </ul>
IND4.3	Número de reclamações de serviço de esgoto	Minimizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da satisfação dos clientes, uma vez que a redução na quantidade de reclamações indica que os problemas estão sendo resolvidos de maneira rápida e satisfatória;</li> <li>- Contribui para uma imagem institucional positiva da empresa responsável pelo serviço de esgoto;</li> <li>- Pode indicar uma maior eficiência dos processos internos da empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uma redução significativa no número de reclamações pode indicar uma subnotificação de problemas, a qual pode estar relacionada com a falta de conhecimento dos canais de comunicação disponíveis.</li> </ul>
IND5.1	Extensão da rede de esgoto por ligação	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona acesso ao serviço de esgoto para o maior número possível de propriedades e usuários, contribuindo para a melhoria na qualidade de vida da população, reduzir os riscos à saúde pública e preservar o meio ambiente;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer investimentos consideráveis em infraestrutura, os quais podem representar um desafio financeiro para as empresas ou governos responsáveis pela implementação do sistema;</li> <li>- A depender do local pode ser difícil e custoso estender a rede de esgoto por</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
				ligação devido à dispersão geográfica e à falta de infraestrutura adequada, o que pode limitar a viabilidade ou exigir soluções alternativas, como sistemas de tratamento descentralizados.
IND5.2	Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário	Minimizar	- Exige a implementação de tratamento a nível secundário ou superior, uma vez que o nível primário não é capaz de remover completamente poluentes mais complexos, como nutrientes, metais pesados, pesticidas e produtos farmacêuticos presentes nas águas residuais.	- O tratamento de águas residuais apenas a um nível primário é menos complexo e requer menos processos e infraestrutura do que o tratamento secundário ou avançado; - Embora o tratamento primário não remova todos os poluentes presentes nas águas residuais, ele pode reduzir significativamente a carga orgânica e sólidos suspenso, sendo este melhor do que a total falta de tratamento.
IND5.3	Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário	Minimizar	- Embora seja eficaz na remoção de poluentes orgânicos e nutrientes, o tratamento secundário pode ser menos eficiente na remoção de poluentes mais complexos, como metais pesados, produtos farmacêuticos e produtos químicos persistentes; - Este nível de tratamento não é projetado para produzir água tratada de qualidade suficiente para reutilização em fins potáveis ou industriais, o que pode limitar as oportunidades de reutilização de água tratada.	- Incentiva o tratamento de águas residuais a um nível terciário, o qual, a depender do tratamento realizado, produz uma água tratada de alta qualidade, adequada para uma variedade de usos, incluindo reuso industrial, agrícola e potável; - Os processos de tratamento de nível secundário são relativamente mais simples e exigem menos equipamentos e custos operacionais, em comparação a níveis superiores; - É geralmente mais econômico em comparação com o tratamento terciário.

Nº	Indicador	Objetivo	<i>Trade-offs</i> envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
IND5.4	Porcentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este nível de tratamento é capaz de remover uma ampla gama de poluentes, incluindo substâncias químicas, metais pesados, microrganismos patogênicos e compostos orgânicos persistentes;</li> <li>- Produz água tratada com qualidade suficiente para reutilização em diversas aplicações, como irrigação de áreas verdes, recarga de aquíferos, abastecimento de água para usos não potáveis em edifícios comerciais ou industriais, entre outros;</li> <li>- Reduz significativamente o impacto negativo das águas residuais no meio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer tecnologias e processos mais avançados, o que resulta em um maior investimento em infraestrutura, equipamentos e operação;</li> <li>- Envolve tecnologias mais complexas e requer expertise técnica especializada para operar e manter adequadamente o sistema;</li> <li>- Pode gerar subprodutos ou resíduos, como lodo de depuração, que precisam ser gerenciados de maneira adequada e que podem exigir custos adicionais e medidas de controle ambiental.</li> </ul>
IND5.5	Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este tipo de solução pode melhorar a qualidade de vida das pessoas em áreas onde o acesso a sistemas centralizados de esgoto é limitado, o que pode reduzir o risco de doenças e melhorar as condições sanitárias locais;</li> <li>- As soluções individuais podem ser mais flexíveis e adaptáveis a diferentes condições e características locais, uma vez que podem ser implementadas em áreas rurais, remotas ou de baixa densidade populacional, onde a instalação de sistemas de esgoto centralizados seria inviável ou economicamente inviável;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As soluções individuais de esgotamento sanitário requerem uma operação e manutenção adequadas para garantir seu funcionamento eficiente e minimizar os riscos à saúde e ao meio ambiente;</li> <li>- A falta de monitoramento e cuidado adequados pode levar à contaminação do solo, da água subterrânea e de corpos hídricos;</li> <li>- Podem exigir investimentos iniciais significativos por parte dos proprietários.</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			- Essa abordagem pode ser implementada de maneira provisória e paliativa até que sistemas de coleta de esgoto sejam estabelecidos.	
IND6.1	Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite a coordenação e o planejamento eficiente dos serviços de esgotamento sanitário em uma determinada área geográfica;</li> <li>- Permite a elaboração de padrões e regulamentações para garantir a qualidade dos serviços de esgotamento sanitário;</li> <li>- Possibilita monitorar e avaliar regularmente os serviços de esgotamento sanitário para verificar o desempenho, identificar áreas de melhoria e tomar medidas corretivas quando necessário.</li> </ul>	- Pode estar sujeito a processos burocráticos e tomadas de decisão demoradas, o que pode atrasar a implementação de projetos e a resolução de problemas.
IND6.2	Possui Política Municipal de Saneamento Básico	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona uma orientação estratégica para a tomada de decisões e ações relacionadas ao saneamento através do estabelecimento de diretrizes e metas;</li> <li>- Define as necessidades de investimento, prioridades e cronogramas para a expansão e</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A continuidade da política de saneamento básico pode ser afetada por mudanças de gestão política em nível municipal, uma vez que novas administrações podem ter diferentes prioridades e abordagens;</li> <li>- A falta de recursos financeiros suficientes pode comprometer a</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	Trade-offs envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			aprimoramento dos serviços de saneamento básico otimizando o planejamento e a alocação de recursos.	capacidade de realização das metas e ações propostas na política, limitando o alcance e a qualidade dos serviços de saneamento básico oferecidos à população.
IND6.3	Possui Plano Municipal de Saneamento Básico	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite estabelecer diretrizes, objetivos e metas de longo prazo para o desenvolvimento e gestão dos serviços de saneamento básico em um município;</li> <li>- Permite identificar as necessidades de investimento, prioridades e cronogramas para a expansão e aprimoramento dos serviços de saneamento básico, auxiliando na otimização do planejamento e na alocação de recursos;</li> <li>- Busca o engajamento da comunidade na definição de metas, prioridades e soluções para o saneamento básico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode estar sujeito à falta de recursos financeiros, capacidade técnica limitada, resistência política ou burocracia administrativa, dificultando a realização das metas estabelecidas e a execução efetiva das ações propostas no plano;</li> <li>- A continuidade do Plano Municipal de Saneamento Básico pode ser afetada por mudanças de gestão política em nível municipal.</li> </ul>
IND6.4	Possui serviços públicos de saneamento básico regulados	Maximizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A regulação dos serviços públicos de saneamento básico estabelece padrões e requisitos de qualidade, garantindo que os serviços sejam prestados de forma adequada, eficiente e segura;</li> <li>- Promove a transparência na prestação dos serviços, exigindo que as empresas concessionárias forneçam informações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A regulação dos serviços de saneamento básico pode impor obrigações e exigências às empresas concessionárias, o que pode resultar em custos adicionais;</li> <li>- Em alguns casos, a regulação excessivamente burocrática e rígida pode dificultar a adaptação às necessidades específicas de cada</li> </ul>

Nº	Indicador	Objetivo	<i>Trade-offs</i> envolvidos na decisão	
			Fatores positivos à decisão	Fatores negativos à decisão
			claras sobre suas atividades, metas, investimentos e resultados.	município ou limitar a capacidade de inovação e flexibilidade das empresas concessionárias;

Fonte: da autora.

Dessa forma, no âmbito deste trabalho, as decisões tomadas foram impulsionadas pelo objetivo de atender 90% da população até 2033 com coleta e tratamento de esgotos, conforme estabelecido na Lei Federal nº 14.026/2020. Assim, buscou-se promover a expansão dos sistemas de esgotamento sanitário nas localidades analisadas, com ênfase no aumento dos investimentos iniciais para a construção da infraestrutura necessária. Em decisões subsequentes, é possível que alguns dos indicadores sejam ajustados.

Conclui-se que esta etapa do processo de cálculo da metodologia TOPSIS está estreitamente relacionada ao contexto da decisão e aos objetivos da gestão financeira durante a análise. Essa avaliação apresenta a complexidade de identificar quais indicadores trazem benefícios à análise e devem ser maximizados, e quais representam custos e devem ser minimizados. No entanto, uma vantagem dessa abordagem é a flexibilidade da decisão, permitindo que seja adaptada de acordo com o contexto e a situação específica do saneamento no município em questão.

#### **6.4.5. Cálculo das distâncias euclidianas**

Na sequência, foi realizado o cálculo das distâncias euclidianas, que correlaciona os desempenhos ponderados dos municípios com as soluções ideais positivas e negativas, obtidas na etapa anterior. Essa etapa busca avaliar a proximidade entre esses dois elementos, uma vez que quanto menor a distância euclidiana, mais próxima a alternativa está da solução ideal.

Dessa forma, essa etapa produz dois resultados para cada município na área de estudo: a distância euclidiana positiva, que considera a solução ideal positiva; e a distância euclidiana negativa, que considera a solução ideal negativa. Para cada resultado, é calculada a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças entre o desempenho ponderado dos municípios e suas respectivas soluções ideais positivas ou negativas, conforme indica as Equações ( 17 ) e ( 18 ).

#### **6.4.6. Determinação das proximidades relativas**

Em seguida, as proximidades relativas das alternativas foram determinadas com base nas distâncias euclidianas previamente calculadas. A partir dessa proximidade, é possível determinar a ordem de classificação das alternativas, revelando o quão próximo cada município está da solução ideal em comparação com as demais opções avaliadas.

Para alcançar esse objetivo, essa etapa gera um resultado que considera ambas as distâncias euclidianas em seu cálculo. É feita a divisão da distância euclidiana negativa pelo resultado da

subtração da distância euclidiana positiva pela distância euclidiana negativa, conforme indica a Equação ( 19 ). Essa relação entre as distâncias proporciona uma medida que indica o quão próximo cada município está da solução ideal em relação às demais alternativas avaliadas.

#### 6.4.7. Ordenação das alternativas em ordem decrescente

Por fim, com base nos resultados obtidos na etapa anterior, procede-se à ordenação dos resultados em ordem decrescente, a fim de obter a hierarquização dos municípios da área de estudo em relação ao desempenho dos serviços de esgotamento sanitário. A Tabela 12 apresenta o resultado dessa ordenação, permitindo uma visualização clara e objetiva dos posicionamentos dos municípios.

Tabela 12 - Hierarquização dos municípios da área de estudo.

ORDENAMENTO POR PROXIMIDADE RELATIVA					
Nº	Municípios	Proximidade relativa	Nº	Municípios	Proximidade relativa
1	Pinhal	0,5481	46	Quaraí	0,4424
2	Caxias do Sul	0,4863	47	Cruz Alta	0,4423
3	Triunfo	0,4750	48	Lajeado	0,4420
4	Cachoeirinha	0,4724	49	Nova Hartz	0,4418
5	Glorinha	0,4721	50	Viamão	0,4417
6	Cerro Grande	0,4664	51	Rosário do Sul	0,4415
7	Torres	0,4662	52	Gramado	0,4411
8	Porto Vera Cruz	0,4595	53	Espumoso	0,4410
9	Tupandi	0,4584	54	Santa Tereza	0,4405
10	Capão da Canoa	0,4564	55	Canela	0,4404
11	Cachoeira do Sul	0,4557	56	Santo Antônio da Patrulha	0,4401
12	Porto Alegre	0,4550	57	Venâncio Aires	0,4400
13	Santa Rosa	0,4543	58	Ivoti	0,4399
14	Cotiporã	0,4538	59	Ijuí	0,4396
15	Quatro Irmãos	0,4532	60	Novo Cabrais	0,4394
16	Pinhal Grande	0,4530	61	Tapes	0,4393
17	Maratá	0,4509	62	São Gabriel	0,4390
18	Alvorada	0,4494	63	Imbé	0,4390
19	Santa Maria	0,4494	64	São José do Norte	0,4388
20	Santana do Livramento	0,4490	65	Doutor Ricardo	0,4387
21	Candiota	0,4482	66	Braga	0,4371
22	Coronel Pilar	0,4482	67	Dois Irmãos	0,4366
23	Vila Lângaro	0,4481	68	Osório	0,4364
24	Canoas	0,4477	69	Tapera	0,4363
25	Esteio	0,4477	70	Três Passos	0,4360
26	Cidreira	0,4468	71	São Francisco de Assis	0,4348

<b>ORDENAMENTO POR PROXIMIDADE RELATIVA</b>					
<b>Nº</b>	<b>Municípios</b>	<b>Proximidade relativa</b>	<b>Nº</b>	<b>Municípios</b>	<b>Proximidade relativa</b>
27	São Borja	0,4468	72	Jaguarão	0,4345
28	Hulha Negra	0,4465	73	Cruzaltense	0,4342
29	Guaíba	0,4465	74	Capitão	0,4339
30	Rio Grande	0,4464	75	Novo Hamburgo	0,4337
31	Santo Ângelo	0,4459	76	Estância Velha	0,4330
32	Vera Cruz	0,4456	77	Dom Pedrito	0,4317
33	Xangri-lá	0,4454	78	Igrejinha	0,4312
34	Panambi	0,4452	79	Bento Gonçalves	0,4311
35	Alegrete	0,4451	80	Sapiranga	0,4311
36	Campo Bom	0,4450	81	Caçapava do Sul	0,4303
37	Passo Fundo	0,4449	82	Encruzilhada do Sul	0,4296
38	Eldorado do Sul	0,4445	83	Pelotas	0,4279
39	Tramandaí	0,4439	84	Iraí	0,4259
40	Barra do Quaraí	0,4433	85	Monte Alegre dos Campos	0,4248
41	Gravataí	0,4430	86	Bagé	0,4232
42	Tunas	0,4426	87	Arroio Grande	0,4216
43	São João do Polêsine	0,4426	88	Muçum	0,4145
44	Sapuçaia do Sul	0,4425	89	Uruguaiana	0,3922
45	Santa Cruz do Sul	0,4424	90	São Leopoldo	0,3889
			91	Capão Bonito do Sul	0,3650
		<b>Pontuação máxima = 0,5481</b>			
		<b>Pontuação mínima = 0,3650</b>			
		<b>Média = 0,4427</b>			
		<b>Desvio padrão = 0,0196</b>			

Fonte: da autora.

Com base nos resultados alcançados, é possível identificar quais municípios apresentam um melhor desempenho em relação aos serviços de esgotamento sanitário em comparação aos demais. Assim, os municípios que ocupam as melhores posições no ordenamento são considerados os de melhor desempenho dos serviços de esgotamento sanitário para o objetivo de universalização do saneamento. Por outro lado, os municípios que se encontram nas piores posições são considerados os de pior desempenho para alcançar este objetivo.

Em termos gerais, os resultados revelaram um valor médio da proximidade relativa de 0,4427, acompanhado de um desvio padrão de 0,0196. O valor máximo alcançado foi de 0,5481 para o município de Pinhal, enquanto o valor mínimo registrado foi de 0,3650 para o município de Capão Bonito do Sul. Essas estatísticas fornecem uma visão geral da distribuição dos dados e da variabilidade dos desempenhos dos municípios em relação à universalização dos serviços de esgotamento sanitário.

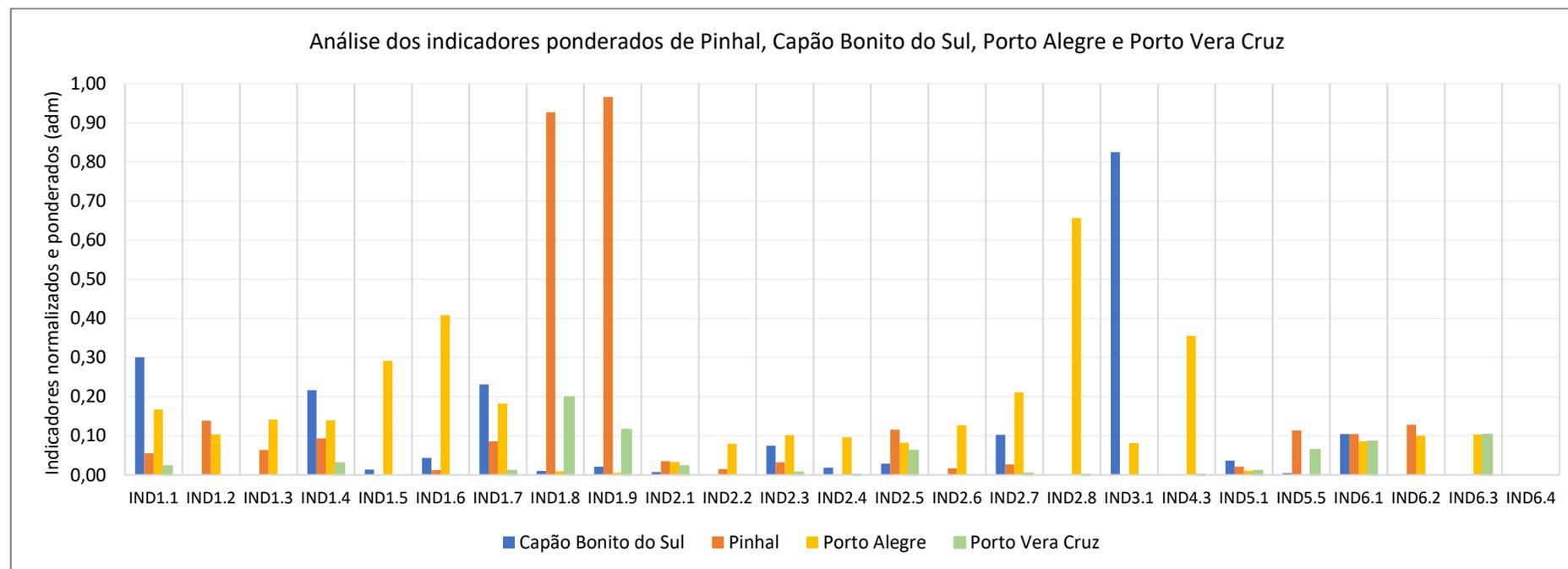
É importante ressaltar que esse ordenamento foi obtido considerando indicadores selecionados para representar o desempenho dos municípios em relação aos serviços de esgotamento sanitário. Os indicadores foram calculados a partir de informações obtidas por meio de portais públicos de dados, em especial o SNIS. Além disso, a pontuação dos indicadores foi estabelecida por meio de um questionário aplicado a profissionais, professores e estudantes da área de recursos hídricos, com ênfase em saneamento ambiental. Para auxiliar na tomada de decisões, foi utilizado o método TOPSIS, onde foram determinados quais indicadores deveriam ser maximizados ou minimizados, visando obter resultados mais congruentes com o objetivo da pesquisa.

Observou-se que não há uma correlação entre o tamanho da população dos municípios e o desempenho dos serviços de esgotamento sanitário, uma vez que tanto municípios mais populosos quanto aqueles menos populosos ocupam posições tanto no topo quanto na parte inferior do ordenamento. Nesse contexto, é notável que o segundo município mais populoso e o segundo menos populoso estejam ambos classificados entre os dez primeiros colocados no ranking. Da mesma forma, municípios como Pelotas e São Leopoldo, que estão entre os dez mais populosos, assim como Capão Bonito do Sul, que está entre os dez menos populosos, também se encontram nas dez últimas posições do ranking.

Além disso, foi constatado que os municípios, de maneira geral, possuem baixa dispersão em seus valores de proximidade relativa, sugerindo uma possível similaridade na busca pela universalização do saneamento. No entanto, mesmo com essa dispersão reduzida, os municípios ainda estão distantes de atingir o valor máximo esperado para o método, que é igual a 1. Isso significa que, apesar das variações positivas ou negativas que podem ocorrer, esses resultados destacam a necessidade de abordagens específicas e adaptadas às diversas realidades locais no planejamento e implementação de políticas de saneamento.

Com o objetivo de facilitar uma melhor análise, os resultados dos indicadores de quatro municípios foram consolidados em um gráfico (Figura 43), após a aplicação do processo de ponderação do método TOPSIS (conforme descrito na seção 6.4.3). Os municípios são: Pinhal, que ocupa a primeira posição do ordenamento; Capão Bonito do Sul, que se encontra na última posição do ordenamento; Porto Alegre, o município mais populoso da análise; e Porto Vera Cruz, o município menos populoso da análise.

Figura 43 – Análise dos indicadores ponderados de Pinhal, Capão Bonito do Sul, Porto Alegre e Porto Vera Cruz.



Legenda: IND1.1 - Índice de coleta de esgoto; IND1.2 - Índice de tratamento de esgoto; IND1.3 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida; IND1.4 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto; IND1.5 - Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos; IND1.6 - Duração média dos serviços executados; IND1.7 - Resolução de reclamações; IND1.8 - Economias ativas por pessoal total (equivalente); IND1.9 - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente); IND2.1 - Tarifa média praticada; IND2.2 - Tarifa média de esgoto; IND2.3 - Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado; IND2.4 - Despesa média anual por empregado; IND2.5 - Indicador de desempenho financeiro; IND2.6 - Participação da receita operacional direta de esgoto na receita operacional total; IND2.7 - Custo de atendimento ao cliente em relação às despesas anuais; IND2.8 - Custos de operação e manutenção; IND3.1 - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede; IND3.2 - Idade média da tubulação de esgoto; IND4.1 - Percepção do usuário com relação ao serviço de esgotos; IND4.2 - Percepção do usuário com relação às respostas institucionais às suas reclamações acerca de falhas no sistema de esgotos; IND4.3 - Número de reclamações de serviço de esgoto; IND5.1 - Extensão da rede de esgoto por ligação; IND5.2 - Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível primário; IND5.3 - Percentagem de águas residuais tratadas apenas a um nível secundário; IND5.4 - Percentagem de águas residuais tratadas a um nível terciário; IND5.5 - Proporção de economias com solução individual de esgotamento sanitário; IND6.1 - Existência de órgão responsável pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário; IND6.2 - Possui Política Municipal de Saneamento Básico; IND6.3 - Possui Plano Municipal de Saneamento Básico; IND6.4 - Possui serviços públicos de saneamento básico regulados. Fonte: da autora.

No ranking obtido, dois municípios se destacaram em relação aos demais: Pinhal e Capão Bonito do Sul. A partir da Figura 43, é possível observar que Pinhal exibe um desempenho notavelmente superior em dois indicadores específicos: "Economias ativas por pessoal total (equivalente)" e "Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)". Estes indicadores, além de apresentarem resultados bastante elevados, foram otimizados como parte dos esforços em direção à universalização do saneamento. É evidente que esses valores são significativamente superiores tanto a municípios densamente populados, como Porto Alegre, quanto a municípios menos populosos, como Porto Vera Cruz.

Por outro lado, Capão Bonito do Sul registrou um indicador com um desempenho bastante elevado em comparação com Pinhal, que é "Extravasamentos de esgotos por extensão de rede". Entretanto, este indicador foi minimizado como parte dos esforços em direção à universalização do saneamento. Embora Capão Bonito do Sul esteja entre os 10 municípios menos populosos da análise, a quantidade de extravasamentos de esgotos por extensão de rede é consideravelmente maior do que a observada no município de Porto Alegre, o mais populoso da análise.

Dado que os próximos passos do método TOPSIS envolvem a determinação das distâncias euclidianas e das proximidades relativas, com base nos resultados dos indicadores ponderados, conforme ilustrado na Figura 43, é possível concluir que esses indicadores podem ter desempenhado um papel significativo na classificação de Pinhal como o primeiro colocado e Capão Bonito do Sul como o último colocado no ranking. Como mencionado na item 6, essas discrepâncias podem ser atribuídas a circunstâncias singulares, como possíveis erros na coleta de dados, ou a diferenças nos processos operacionais e estratégias implementadas por esses municípios em comparação com os demais.

Com o intuito de complementar a análise, procedeu-se à comparação da hierarquização obtida com o Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2022, que faz uma análise dos indicadores do SNIS do ano de 2020, e de 2023, que faz uma análise dos indicadores do SNIS do ano de 2021. Este ranking consiste dos 100 municípios mais populosos do Brasil, considerando a estimativa populacional de 2020, para o Ranking de 2022, e 2021, para o Ranking de 2023, do IBGE. Com base nos dados retirados do SNIS, são atribuídas notas aos 100 municípios em questão, sendo que os cálculos se fundamentam na análise de 12 indicadores (TRATA, 2023).

Nesse cenário, observou-se que, dentre os municípios analisados no Ranking do Saneamento, somente seis estão situados no Estado do Rio Grande do Sul. Estes municípios são: Porto Alegre, Caxias do Sul, Santa Maria (considerado apenas no Ranking do Saneamento de 2022), Canoas, Pelotas e Gravataí. O Quadro 8 apresenta a posição alcançada por esses municípios em ambas as classificações.

Quadro 8 – Posição dos municípios do RS no Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2022 e 2023 e na avaliação realizada no presente trabalho.

<b>Município</b>	<b>Posição na hierarquização de TOPSIS</b>	<b>Posição no Ranking do Saneamento 2022</b>	<b>Posição no Ranking do Saneamento 2023</b>
Porto Alegre	12	43	49
Caxias do Sul	02	62	67
Santa Maria	19	75	-
Canoas	24	81	79
Pelotas	83	80	84
Gravataí	41	92	88
<b>Total de municípios considerados</b>	<b>91</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: TRATA, 2022; TRATA, 2023.

Considerando a disparidade nos conjuntos de dados, visto que o Ranking do Saneamento abrange os 100 municípios mais populosos de todo o Brasil, ao passo que a classificação por meio do método TOPSIS neste estudo se limita aos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, esta análise se concentrou na ordenação dos municípios exclusivamente dentro do contexto do Rio Grande do Sul. Nesse contexto, é evidente que as posições hierárquicas dos municípios em destaque diferem consideravelmente daquelas encontradas no Ranking do Instituto Trata Brasil de 2022 e 2023, exceto pelo município de Pelotas, que manteve uma posição semelhante àquela identificada nos Rankings analisados.

Além disso, foi observado que os municípios de Pelotas e Gravataí foram integrantes do grupo dos 20 municípios com piores desempenhos de ambos os Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil. No caso deste estudo, ao realizar a hierarquização por meio do método de TOPSIS, apenas o município de Pelotas se posicionou como o de pior desempenho dentre as localidades do Estado do Rio Grande do Sul analisadas.

Com base nas análises conduzidas neste capítulo, é possível concluir que o método TOPSIS demonstra uma notável sensibilidade a eventuais erros nos dados utilizados nas análises, o que pode resultar em orientações imprecisas para os responsáveis pela tomada de decisão. Adicionalmente, esses resultados destacam a significativa importância de um monitoramento

rigoroso e da manutenção de registros consistentes dos dados, a fim de promover uma gestão eficaz dos sistemas de saneamento.

## 6.5. ANÁLISE COMPARATIVA COM ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Após obter os resultados da aplicação do método TOPSIS, procedeu-se à realização de uma análise comparativa desses valores em relação aos aspectos socioeconômicos. Os aspectos considerados neste estudo incluem Saúde, Renda, Educação e PIB, cujos dados são divulgados pelo DEE do Estado do Rio Grande do Sul, bem como a População total do município, obtidos a partir do IBGE (2021), conforme registrado no SNIS (2021).

Assim, por meio da utilização de uma planilha no software Microsoft Excel, foram compilados os municípios da área de estudo, juntamente com suas respectivas proximidades relativas à solução ideal, bem como os dados correspondentes aos aspectos de saúde, renda, educação, população e PIB. Com o propósito de investigar a possível existência de uma relação linear entre esses aspectos e o desempenho dos serviços de esgotamento sanitário do Estado, foram calculados os Coeficientes de Correlação de Pearson ( $r$ ) para cada um dos aspectos analisados. Além disso, foi conduzida uma análise de regressão linear simples e avaliado o Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a significância estatística ( $p$ ) dos resultados obtidos para esses aspectos.

De acordo com Ferreira (2018), a significância estatística pode ser utilizada como uma medida estimada do grau em que um determinado resultado é representativo, verificando se ele de fato reflete o que ocorre na população. Nesse contexto, quanto menor o valor de  $p$ , maior é a confiabilidade do resultado em representar a população. Sendo assim, no presente estudo, adotou-se o critério de  $p \leq 0,05$  como parâmetro para a aceitação de resultados estatisticamente significativos, indicando uma confiabilidade de 95% nos resultados obtidos.

Adicionalmente, com o intuito de confrontar e comparar as informações de proximidade relativa com os aspectos analisados, foram criados mapas que mostram a distribuição espacial dessas informações nos municípios do Estado. Esta análise ganha maior relevância ao observarmos os extremos de coloração na legenda, revelando que nos tons mais escuros da paleta de cores, os indicadores dos serviços de esgotamento sanitário se aproximam da solução ideal, e os indicadores do aspecto analisado são mais elevados e favoráveis. Esse padrão sugere uma relação entre a qualidade dos serviços de esgotamento sanitário e o estado geral do aspecto nessas localidades, fornecendo informações valiosas para fundamentar estratégias e políticas específicas relacionadas ao aspecto em questão, assim como para o aprimoramento sanitário.

Da mesma forma, nos tons mais claros da paleta de cores, podemos observar municípios nos quais os indicadores dos serviços de esgotamento sanitário estão significativamente afastados

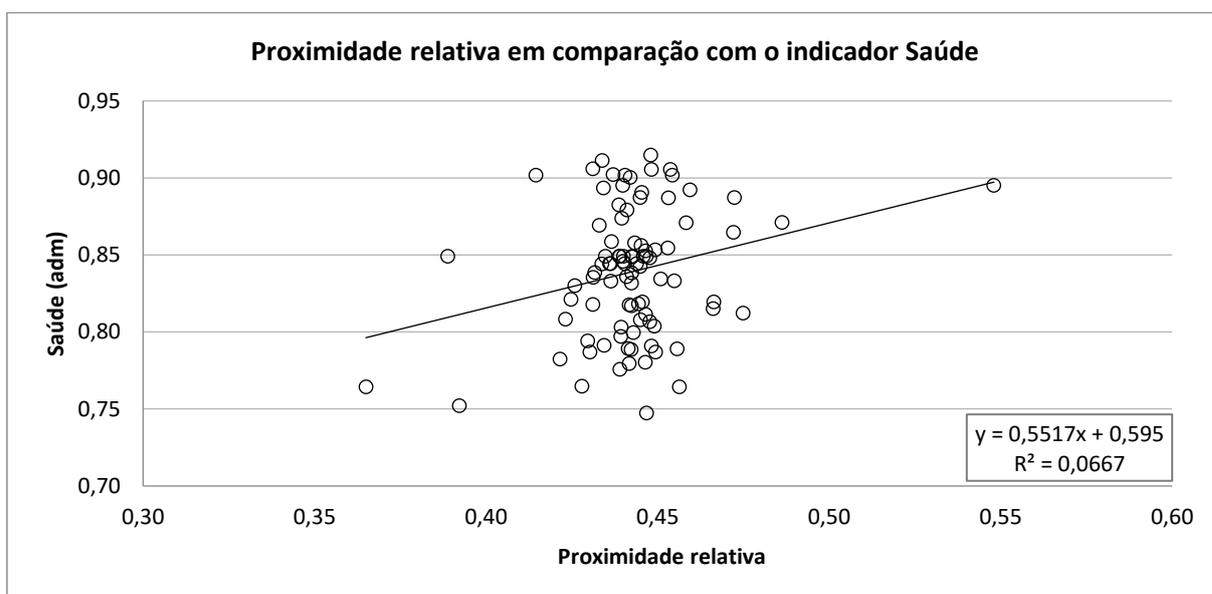
da solução ideal, e os indicadores locais do aspecto analisado são mais baixos e desfavoráveis. Essa constatação reforça a importância de implementar medidas específicas para aprimorar essas condições e enfrentar quaisquer problemas associados ao aspecto em análise.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos individualmente para cada aspecto considerado:

### 6.5.1. Saúde

O primeiro aspecto analisado refere-se ao bloco temático Saúde, derivada do Idese, o qual considera informações relacionadas às condições gerais de saúde, saúde materno-infantil e longevidade, que são posteriormente normalizadas em uma escala de 0 a 1 (KANG ET AL., 2014). Para realizar uma comparação desse aspecto com as proximidades relativas obtidas por meio do método TOPSIS, foi elaborado o gráfico de dispersão disposto na Figura 44.

Figura 44 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Saúde.



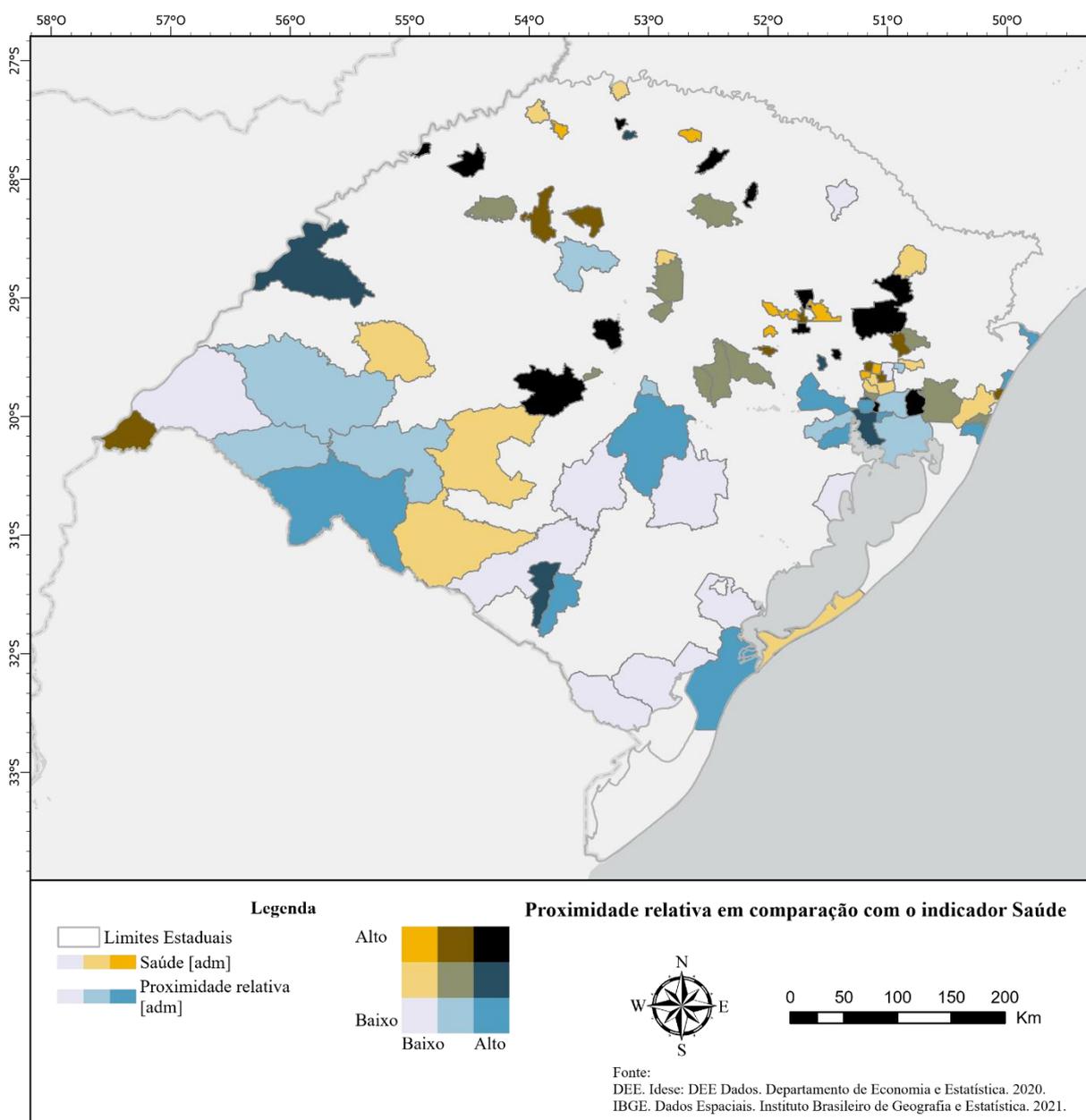
Fonte: da autora.

A análise revelou um coeficiente  $R^2$  de 0,0667, classificado como desprezível, de acordo com Landau & Moura (2016) e significância estatística igual a 0,0135, valor menor do que a significância estatística de 0,05 adotada para este trabalho, assegurando, portanto, uma maior confiabilidade do resultado em representar a população. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson obtido para a amostra foi de 0,2582, indicando uma correlação pequena (Cohen,

1988), fraca (Dancey e Reidy, 2005) ou insignificante (Mukaka, 2012) entre os parâmetros analisados.

Em complemento às análises estatísticas, os dados brutos de proximidade relativa e de saúde foram espacializados para permitir uma compreensão visual das possíveis tendências espaciais desses parâmetros. Os resultados desse processo estão apresentados na Figura 45.

Figura 45 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Saúde.



Fonte: da autora.

Após realizar uma análise regional, podemos observar padrões distintos na distribuição dos parâmetros estudados. Nas regiões Norte e Nordeste do Estado, é evidente uma maior

incidência de tons mais escuros, representando valores elevados para ambos os parâmetros analisados. Isso sugere uma tendência positiva na qualidade dos serviços de esgotamento sanitário e nos indicadores de Saúde nessas áreas, indicando uma boa correlação entre esses fatores.

Por outro lado, na região Sul, nota-se uma maior concentração de municípios com coloração em tons mais claros, o que corresponde a valores mais baixos para ambos os parâmetros. Essa situação indica a necessidade de atenção e intervenções para melhorar a situação sanitária e de saúde nessas localidades, sugerindo uma possível correlação negativa entre esses fatores.

Além do mencionado, é possível observar uma certa frequência de municípios com coloração em tons amarelados, indicando valores baixos para o parâmetro proximidade relativa e elevados para o parâmetro saúde. Esses municípios demonstram que apesar de obterem resultados desfavoráveis nos indicadores de esgotamento sanitário, quando comparados aos demais municípios avaliados, foram obtidos resultados satisfatórios nos indicadores relacionados à saúde.

Em contrapartida, é possível observar uma frequência significativa de municípios com coloração em tons mais azulados, indicando valores médios a altos para o parâmetro proximidade relativa e baixo para o parâmetro saúde. Esses municípios demonstram resultados satisfatórios nos indicadores de serviços de esgotamento sanitário, porém desfavoráveis nos indicadores de saúde quando comparados aos demais municípios avaliados.

Assim, devido à correlação desprezível observada ao analisar o coeficiente  $R^2$ , a sólida confiabilidade desse resultado evidenciada na análise de significância estatística, a correlação fraca do coeficiente de Pearson, e a prevalência substancial de municípios com colorações variando entre tons de azul e amarelo, torna-se inviável afirmar uma conexão definitiva entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de saúde em todo o estado.

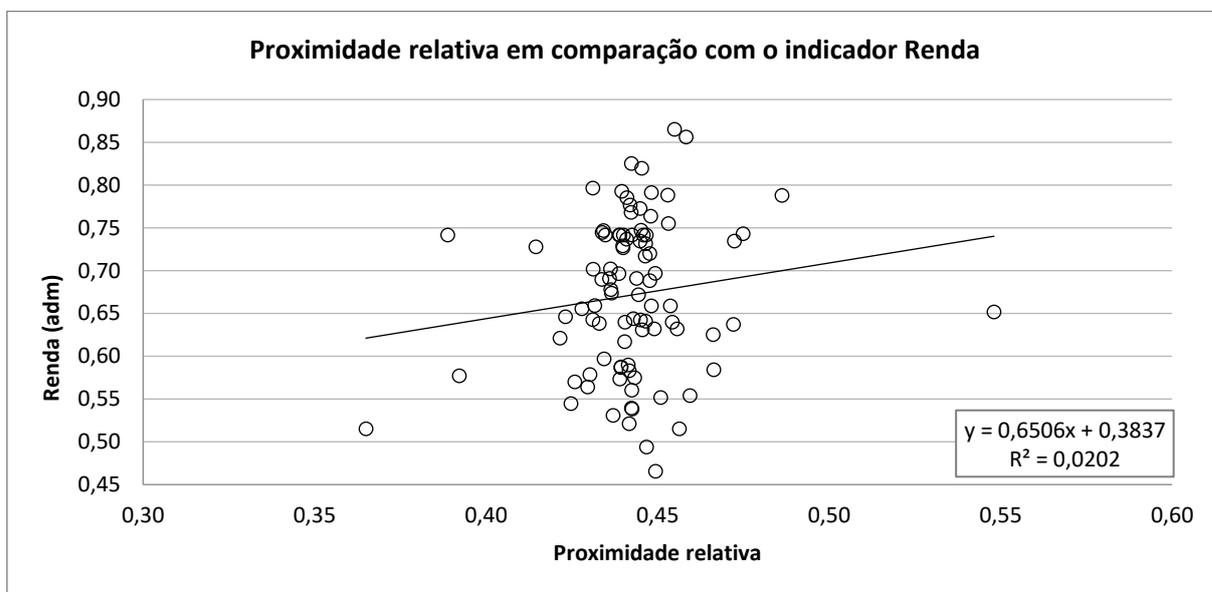
No entanto, essa relação tornou-se mais evidente nos municípios da região Sul e em alguns dos municípios das regiões Norte e Nordeste. Isso sugere que essa correlação pode ainda existir, embora possa não ser válida para todos os municípios do Estado. Além disso, é possível observar que cinco dos dez municípios menos populosos do Estado se destacam por apresentar uma correlação positiva entre os parâmetros analisados, são eles: Cerro Grande, Porto Vera Cruz, Quatro Irmãos, Coronel Pilar e Vila Lângaro. Em contrapartida, quatro dos dez municípios mais populosos do Estado chamam a atenção por apresentarem esse tipo de

correlação entre os parâmetros, são eles: Caxias do Sul, Porto Alegre, Santa Maria e Rio Grande. Tais municípios coincidem ao ocupar posições entre os 30 primeiros no ranking resultante da aplicação da metodologia TOPSIS.

### 6.5.2. Renda

O segundo aspecto analisado refere-se ao bloco temático Renda, que por sua vez considera informações relacionadas à Apropriação e à Geração, que são posteriormente normalizadas em uma escala de 0 a 1 (DEE, 2023; KANG ET AL., 2014). Para realizar uma comparação desse aspecto com as proximidades relativas obtidas por meio do método TOPSIS, foi elaborado um gráfico de dispersão apresentado na Figura 46.

Figura 46 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Renda.

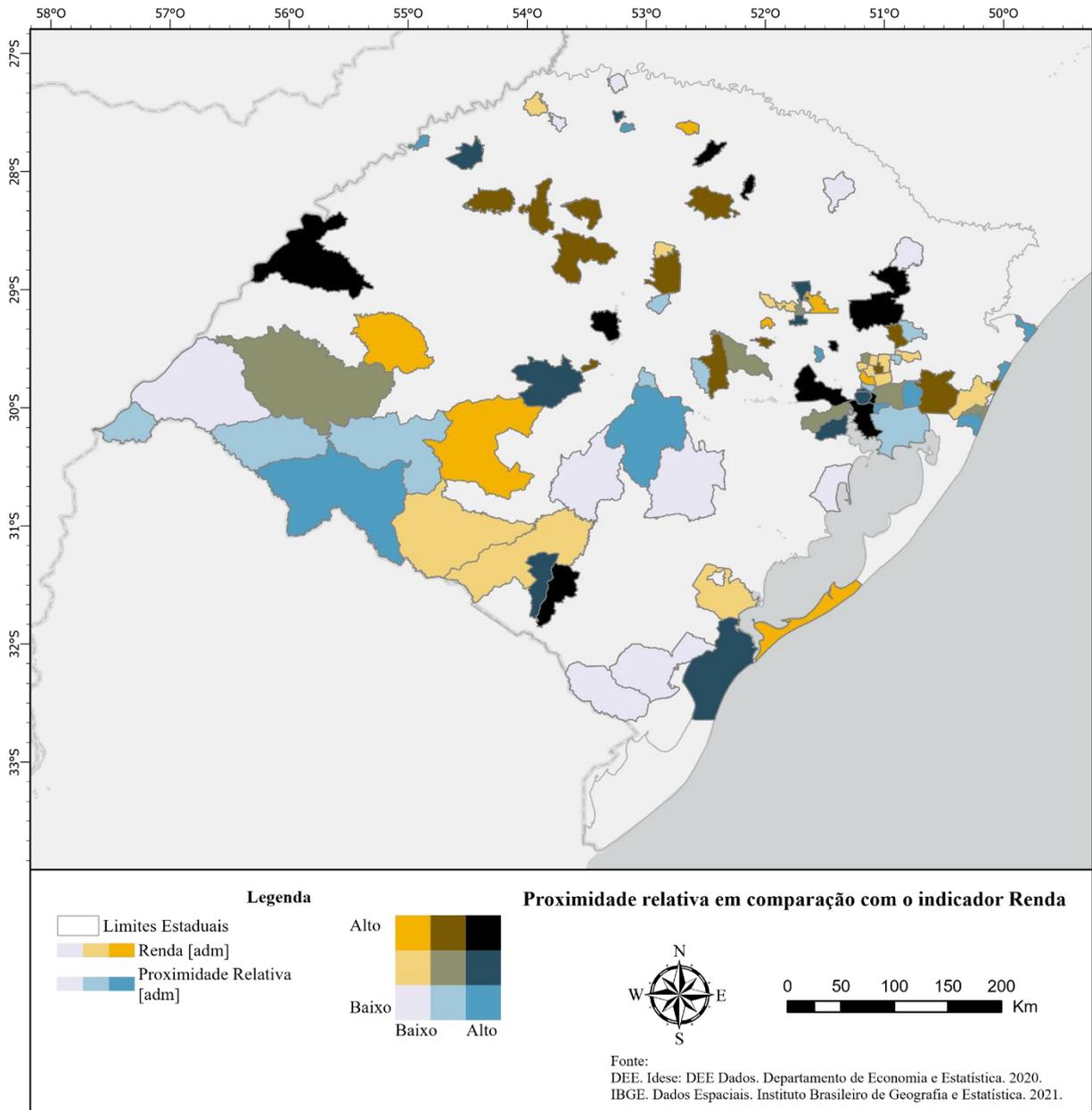


Fonte: da autora.

A análise revelou um coeficiente  $R^2$  de 0,0202, classificado como desprezível, de acordo com Landau & Moura (2016) e significância estatística igual a 0,1794, valor maior do que a significância estatística de 0,05 adotada para este trabalho, assegurando, portanto, uma menor confiabilidade do resultado em representar a população. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson obtido para a amostra foi de 0,1420, indicando uma correlação pequena (Cohen, 1988), fraca (Dancey e Reidy, 2005), ou insignificante (Mukaka, 2012) entre os parâmetros analisados.

Além das análises estatísticas, os dados brutos referentes à proximidade relativa e à renda foram transformados em informações espaciais, possibilitando uma visualização gráfica das potenciais tendências geográficas desses parâmetros. Os resultados desse processo estão apresentados na Figura 47.

Figura 47 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Renda.



Fonte: da autora.

Ao realizar uma análise regional, observa-se grande variedade na coloração dos municípios analisados. Inicialmente, nota-se que as porções Norte, Nordeste e Noroeste do Estado se destacam pela presença de municípios com coloração em tons mais escuros, indicando valores

elevados para ambos os parâmetros. De forma mais dispersa, é possível observar o oposto em diversos outros municípios, refletindo valores reduzidos para ambos os parâmetros, indicando valores baixos para ambos os parâmetros.

Entretanto, também se nota uma concentração maior de municípios com coloração marrom nas regiões Norte e Nordeste do Estado, indicando elevado valor referente ao bloco temático Renda, porém médio valor referente à proximidade relativa. Também é relevante enfatizar a frequência de municípios com coloração na tonalidade amarela, variando de mais claro a mais escuro. Essa tonalidade indica que esses municípios têm uma média a alta renda, mas apresentam baixo valor de proximidade relativa. Essas situações sugerem que, mesmo com indicadores de renda elevados, esses municípios podem necessitar de intervenções para melhorar a situação sanitária.

De forma similar, isso também se aplica aos municípios com coloração na tonalidade azul, seja ela mais clara ou mais escura. Essa tonalidade indica que esses municípios possuem uma média a alta proximidade relativa, mas com baixo valor de renda. Isso sugere que, apesar de terem indicadores favoráveis aos serviços de esgotamento sanitário, esses municípios enfrentam desafios relacionados à renda.

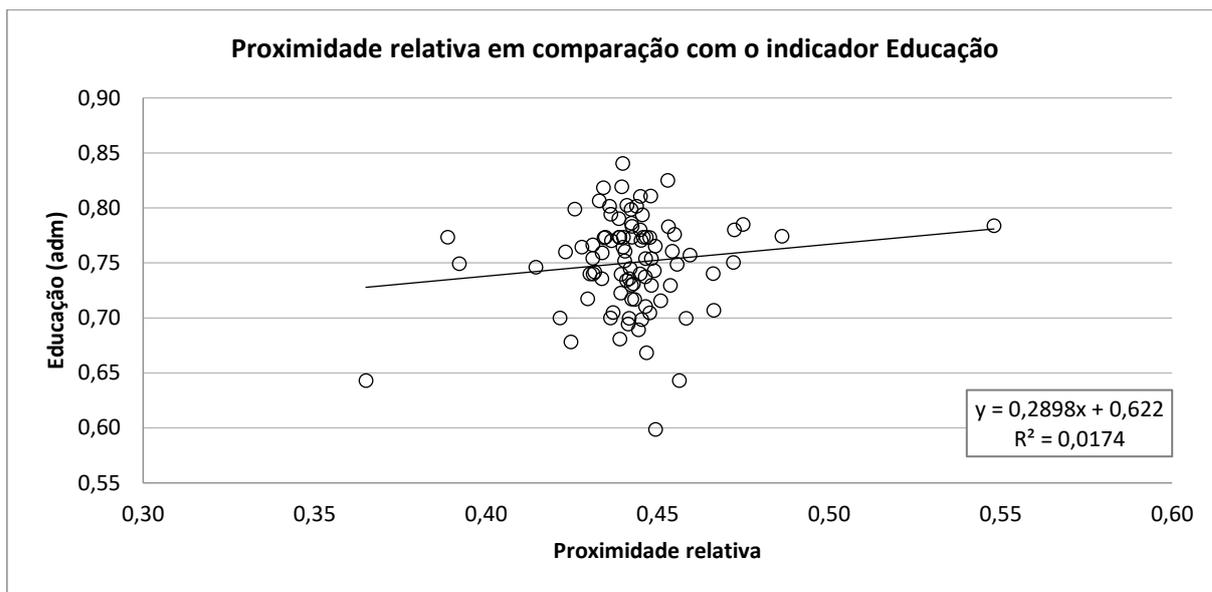
Dessa forma, devido à correlação desprezível observada ao examinar o coeficiente  $R^2$ , porém baixa confiabilidade desse resultado conforme evidenciado na análise de significância estatística, juntamente com a correlação fraca indicada pelo coeficiente de Pearson, e a considerável discrepância nos resultados da representação espacial da proximidade relativa em comparação com o bloco temático de Renda, não é possível confirmar a existência de uma correlação entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de renda em todo o Estado.

Em determinados municípios, uma possível relação se torna mais evidente. Entre os cinco primeiros municípios no ranking gerado pela metodologia TOPSIS, alguns se destacaram ao exibir uma correlação positiva entre os parâmetros examinados. Esses municípios incluem Caxias do Sul, Triunfo e Cachoeirinha. De maneira similar, entre os cinco últimos municípios no ranking resultante da metodologia TOPSIS, alguns também se destacaram ao apresentar uma correlação negativa entre os parâmetros analisados. Esses municípios são Arroio Grande, Uruguaiana e Capão Bonito do Sul.

### **6.5.3. Educação**

Posteriormente, o bloco temático Educação foi analisado, englobando informações sobre Pré-Escola, Ensino Fundamental (anos iniciais e finais), Ensino Médio e Educação de Adultos, que são posteriormente normalizadas em uma escala de 0 a 1 (DEE, 2023; KANG ET AL., 2014). Para realizar uma comparação desse aspecto com as proximidades relativas obtidas por meio do método TOPSIS, foi elaborado o gráfico de dispersão ilustrado na Figura 48.

Figura 48 – Análise de regressão linear simples: bloco temático Educação.

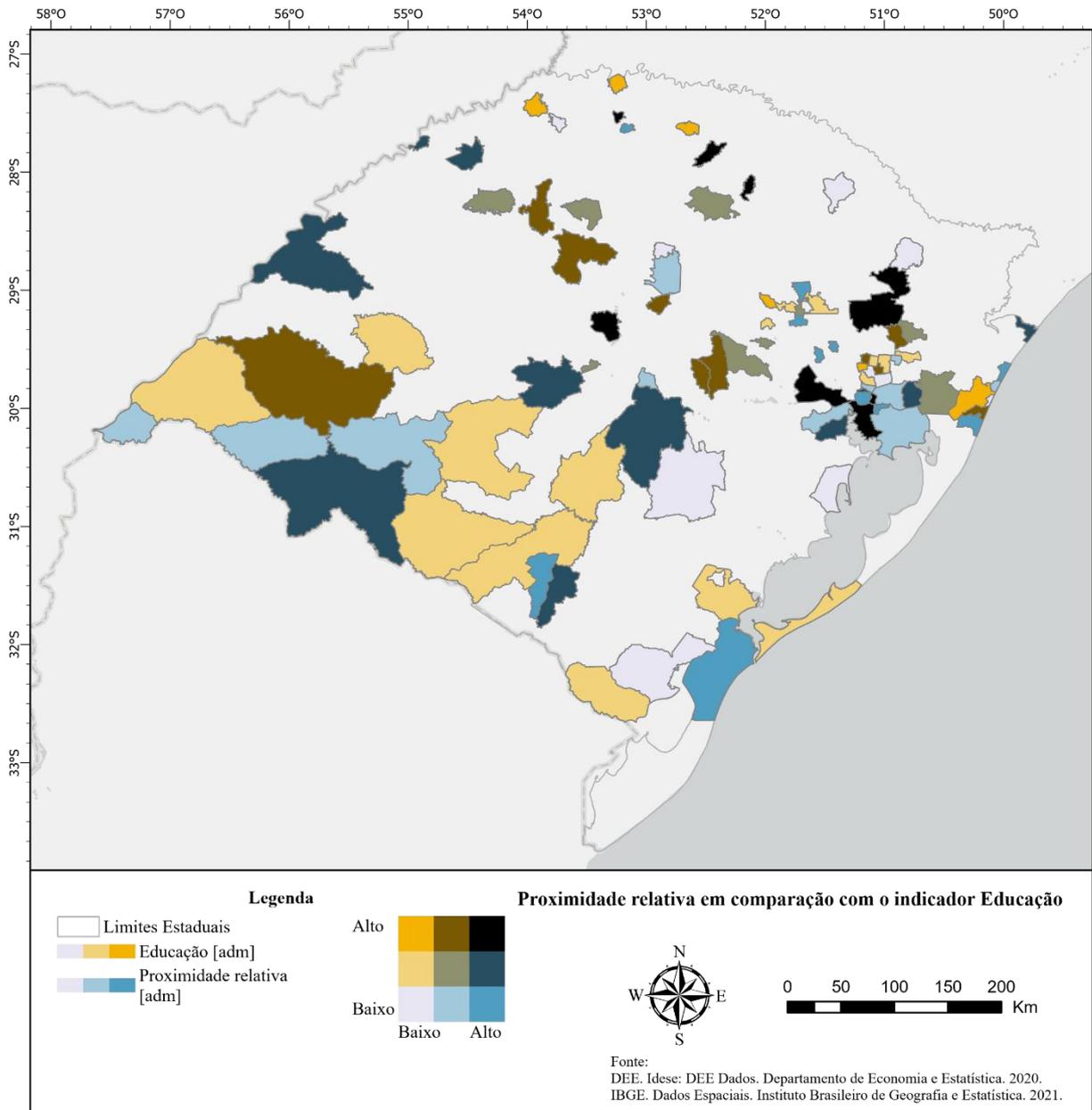


Fonte: da autora.

A análise revelou um coeficiente  $R^2$  de 0,0174, classificado como desprezível, de acordo com Landau & Moura (2016) e significância estatística igual a 0,2129, valor maior do que a significância estatística de 0,05 adotada para este trabalho, assegurando, portanto, uma menor confiabilidade do resultado em representar a população. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson obtido para a amostra foi de 0,1318, indicando uma correlação pequena (Cohen, 1988), fraca (Dancey e Reidy, 2005) ou insignificante (Mukaka, 2012) entre os parâmetros analisados.

Em complemento às análises estatísticas, os dados brutos de proximidade relativa e de Educação foram espacializados para permitir uma compreensão visual das possíveis tendências espaciais desses parâmetros. Os resultados desse processo estão apresentados na Figura 49.

Figura 49 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o bloco temático Educação.



Fonte: da autora.

Ao analisar o mapa apresentado na Figura 49, é possível observar uma diversidade significativa de colorações nos municípios, similar ao que foi observado para o bloco temático Renda. Nas áreas situadas entre o Sul e o Oeste do Estado, verifica-se uma predominância de tonalidades amarelo claro, indicando valores médios no bloco temático Educação. No entanto, nesses casos a proximidade relativa apresenta baixos valores, sugerindo que, nessas regiões, embora a situação educacional seja mediana em comparação com outros municípios, ainda existem desafios nos serviços de esgotamento sanitário.

Além disso, é notável uma quantidade significativa de municípios com tonalidades azuladas, dispersas por várias áreas do Estado. Isso sugere valores elevados de proximidade relativa, mas valores moderados a baixos no âmbito do bloco temático Educação. Essas tonalidades indicam que, apesar da situação educacional menos favorável em comparação com outros municípios, os serviços de saneamento básico apresentam desempenho satisfatório.

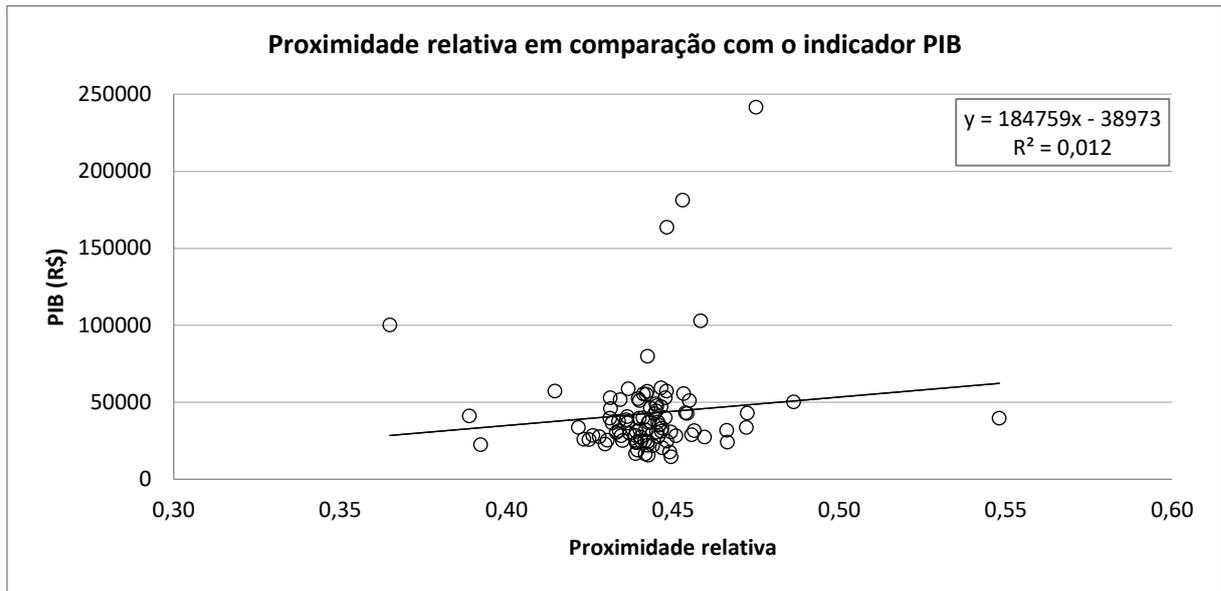
Assim, devido à correlação desprezível identificada ao examinar o coeficiente  $R^2$ , bem como à confiabilidade limitada desse resultado conforme indicado pela análise de significância estatística, combinada com a correlação fraca do coeficiente de Pearson e a ampla variedade de tonalidades presentes nos municípios, chega-se à conclusão de que não se pode estabelecer uma correlação entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de Educação em todo o estado.

Por outro lado, sete dentre os 20 municípios que lideram o ranking gerado pela metodologia TOPSIS sobressaem-se ao exibir uma correlação positiva entre os parâmetros examinados, são eles: Pinhal, Caxias do Sul, Triunfo, Cachoeirinha, Porto Alegre, Quatro Irmãos e Pinhal Grande. Por outro lado, entre os 20 municípios que ocupam as últimas posições nesse ranking, cinco se destacam pela apresentação de uma correlação negativa entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores educacionais, são eles: Capão Bonito do Sul, Arroio Grande, Monte Alegre dos Campos, Encruzilhada do Sul e Novo Hamburgo.

#### **6.5.4. PIB**

Em seguida, o indicador de Produto Interno Bruto (PIB) foi examinado utilizando os dados disponibilizados anualmente pelo DEE (2020) para os 497 municípios. Ao contrário do bloco temático Renda, que permite avaliar os padrões de vida de uma população, o PIB é um indicador de fluxo de novos bens e serviços finais produzidos durante um período (IBGE, 2023). Assim, para realizar uma comparação desse aspecto com as proximidades relativas obtidas por meio do método TOPSIS, foi elaborado o gráfico de dispersão ilustrado na Figura 50.

Figura 50 – Análise de regressão linear simples: indicador de PIB.

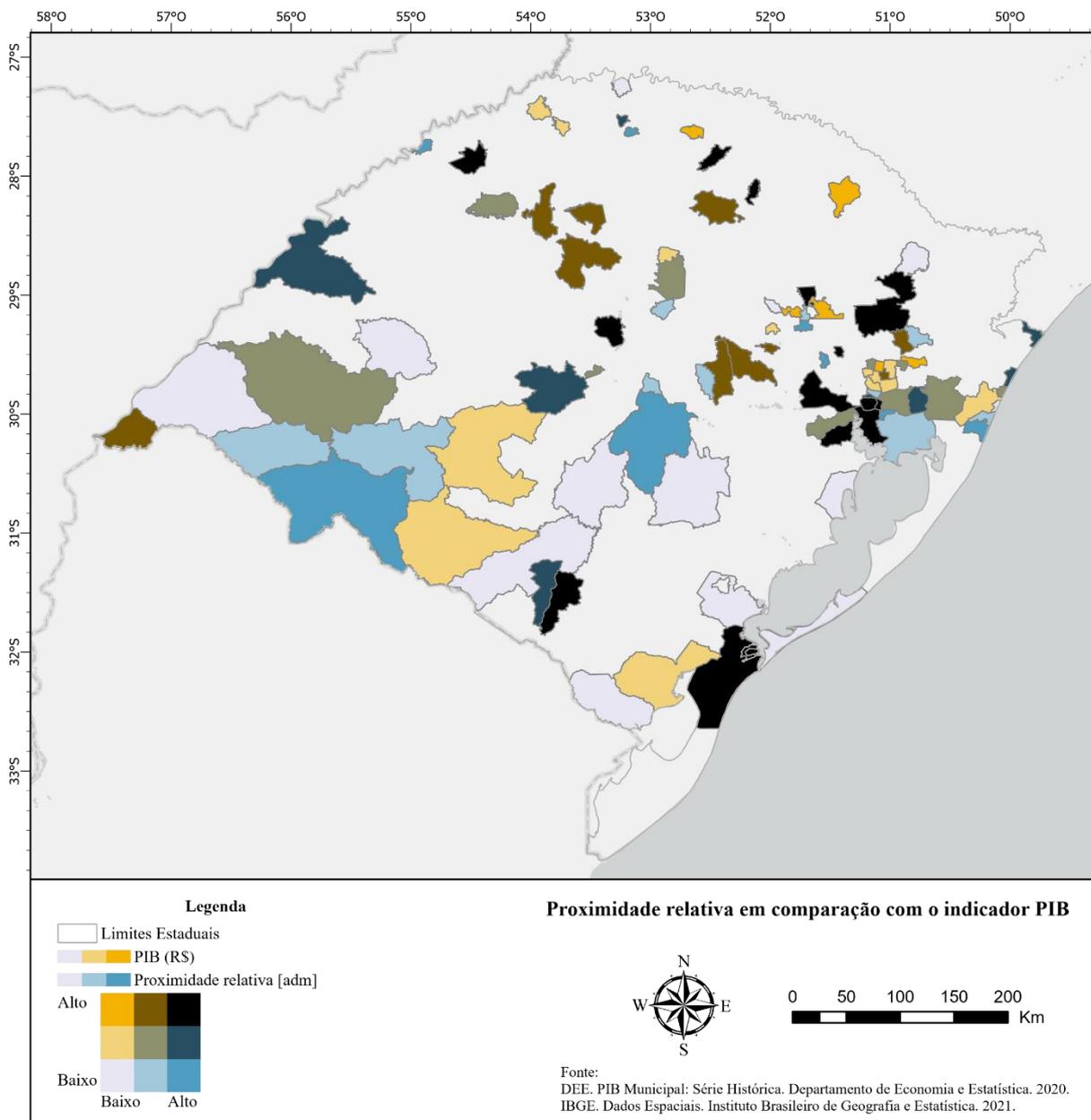


Fonte: da autora.

A análise revelou um coeficiente  $R^2$  de 0,0120, classificado como desprezível, de acordo com Landau & Moura (2016) e significância estatística igual a 0,3008, valor maior do que a significância estatística de 0,05 adotada para este trabalho, assegurando, portanto, uma menor confiabilidade do resultado em representar a população. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson obtido para a amostra foi de 0,1097, indicando uma correlação pequena (Cohen, 1988), fraca (Dancey e Reidy, 2005) ou insignificante (Mukaka, 2012) entre os parâmetros analisados.

Adicionalmente às análises estatísticas, os dados brutos referentes à proximidade relativa e ao PIB foram espacializados, possibilitando uma visualização gráfica das possíveis tendências geográficas desses parâmetros. Os resultados desse processo estão apresentados na Figura 51.

Figura 51 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com o indicador PIB.



Fonte: da autora.

A partir do mapa apresentado na Figura 51, foi possível identificar uma considerável quantidade de municípios com coloração mais escura, mais concentrados na região Norte, Nordeste e Sul do Estado, indicando valores elevados para ambos os parâmetros analisados. Da mesma forma, também foi observada uma significativa quantidade de municípios com coloração mais clara, mais concentrados entre as regiões Sul e Sudoeste do Estado, indicando valores mais baixos em relação aos dois parâmetros analisados. Tais situações sugerem a existência de correlação entre os parâmetros de PIB e proximidade relativa.

Adicionalmente, foi possível identificar municípios, com destaque nas regiões Norte e Nordeste do Estado, cujas tonalidades amareladas apontam para valores medianos a elevados no que se refere ao indicador do PIB, enquanto apresentam valores baixos relacionados à proximidade relativa. Em contraste, certos municípios, notadamente concentrados nas áreas Noroeste e Sudoeste do Estado, exibiram tonalidades azuladas, indicando níveis médios a elevados de proximidade relativa, mas baixos valores no quesito PIB. Isso ressalta que a correlação entre os parâmetros examinados não é uniforme em todas as regiões do estado.

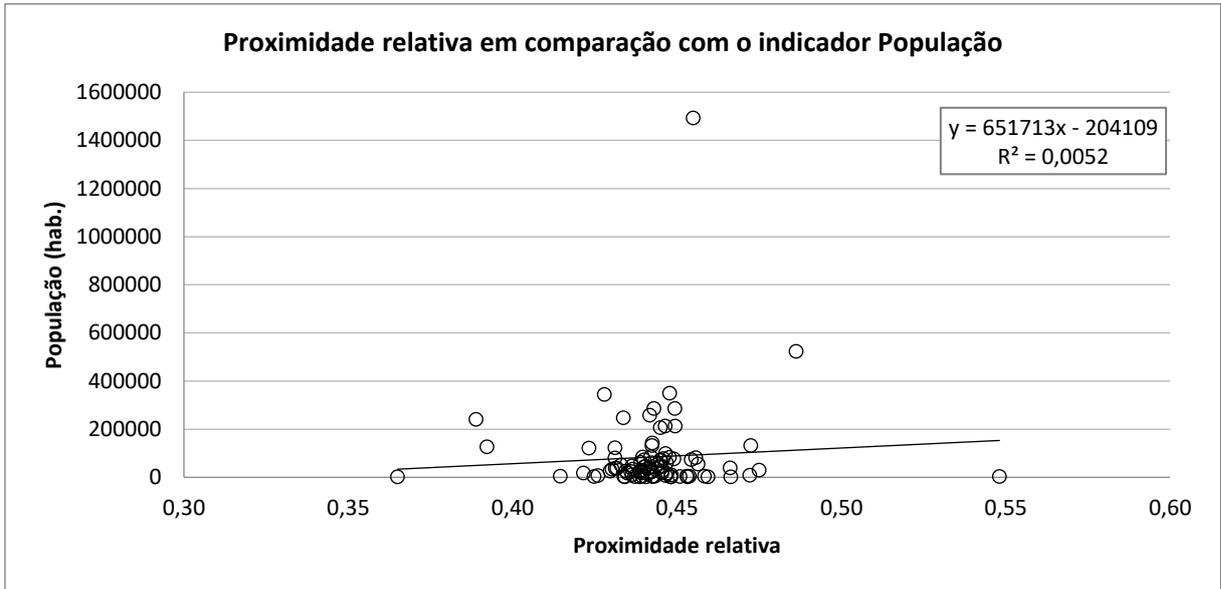
Portanto, devido à correlação insignificante observada ao analisar o coeficiente  $R^2$ , apesar da baixa confiabilidade desse resultado destacada na análise de significância estatística, combinada com a correlação fraca apontada pelo coeficiente de Pearson, e a prevalência de municípios exibindo uma variação de colorações entre tons de azul e amarelo, torna-se inviável estabelecer uma relação definitiva entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de PIB em todo o estado.

Apesar da impossibilidade de estabelecer essa relação de forma geral, a análise espacial revela que de maneira dispersa pelo estado, é possível identificar que alguns dos municípios examinados exibem uma correlação entre os parâmetros em análise. Entre eles, quatro dos dez primeiros municípios no ranking gerado pela metodologia TOPSIS se sobressaíram ao demonstrar uma correlação positiva entre os parâmetros analisados, são eles: Caxias do Sul, Triunfo, Cachoeirinha e Tupandi. Em contrapartida, seis dos dez últimos municípios no ranking destacaram-se ao apresentar uma correlação negativa entre esses parâmetros, são eles: Uruguaiana, Bagé, Monte Alegre dos Campos, Iraí, Pelotas e Encruzilhada do Sul.

#### **6.5.5. População**

Em um estágio posterior, a População foi examinada, utilizando os dados correspondentes à variável "População total do município do ano de referência", obtidos a partir do IBGE (2021), conforme registrado no SNIS (2021). Para realizar uma comparação desse aspecto com as proximidades relativas obtidas por meio do método TOPSIS, foi elaborado o gráfico de dispersão ilustrado na Figura 52.

Figura 52 – Análise de regressão linear simples: População.

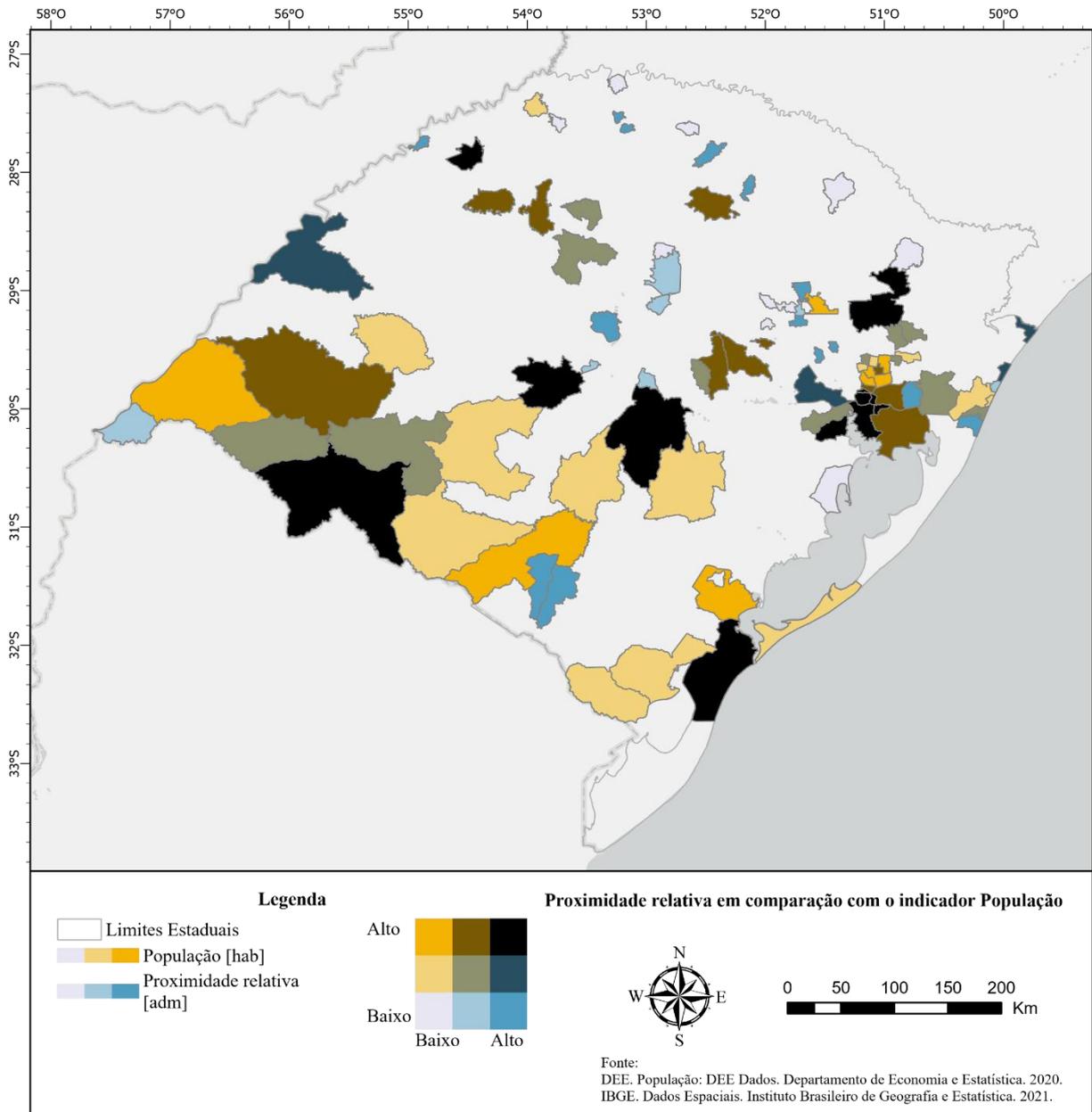


Fonte: da autora.

A análise revelou um coeficiente  $R^2$  de 0,0052, classificado como fraca, de acordo com Landau & Moura (2016) e significância estatística igual a 0,4961, valor maior do que a significância estatística de 0,05 adotada para este trabalho, assegurando, portanto, uma menor confiabilidade do resultado em representar a população. Além disso, o coeficiente de correlação de Pearson obtido para a amostra foi de 0,0723, indicando uma correlação insignificante (Mukaka, 2012) e sem correlação (Cohen, 1988; Dancey e Reidy, 2005).

Além das análises estatísticas, os dados brutos referentes à proximidade relativa e à População foram espacializados, possibilitando uma visualização gráfica das possíveis tendências geográficas desses parâmetros. Os resultados desse processo estão apresentados na Figura 53.

Figura 53 – Espacialização da proximidade relativa em comparação com a População dos municípios.



Fonte: da autora.

Por meio da análise geoespacial dos parâmetros, é possível observar uma quantidade significativa de municípios com coloração amarela, sendo mais intensa nas regiões Nordeste, Sul e Sudoeste do Estado. Essa coloração indica a presença de valores elevados para o indicador de População, mas baixos valores relacionados à proximidade relativa e, conseqüentemente, baixas condições sanitárias em comparação aos demais municípios.

Também foi identificada uma dispersão de municípios que apresentam coloração esverdeada, indicando valores medianos para ambos os parâmetros. Essa situação sugere que, apesar desses

municípios serem populosos e terem investido em serviços de esgotamento sanitário, ainda não alcançaram todo o seu potencial em comparação com os demais municípios analisados.

Assim, em razão da fraca correlação identificada ao examinar o coeficiente  $R^2$ , porém baixa confiabilidade desse resultado conforme evidenciado na análise de significância estatística, a correlação que varia entre insignificante ou mesmo ausente no coeficiente de Pearson, e a considerável predominância de municípios com colorações que variam entre tons de amarelo e verde, torna-se inviável afirmar com certeza uma ligação definitiva entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores populacionais em todo o estado.

Entretanto, embora não sejam numerosos, alguns municípios revelaram uma correlação, seja positiva ou negativa, entre os parâmetros avaliados. Oito dos vinte primeiros municípios no ordenamento derivado da metodologia TOPSIS se destacaram ao exibir uma correlação positiva entre os parâmetros sob análise. Esses municípios são Caxias do Sul, Cachoeirinha, Cachoeira do Sul, Porto Alegre, Santa Rosa, Alvorada, Santa Maria e Santana do Livramento. Por outro lado, dentre os últimos 20 no ranking com base na metodologia TOPSIS, seis chamam a atenção por apresentarem uma correlação negativa entre esses parâmetros. Esses municípios são Cruzaltense, Capitão, Iraí, Monte Alegre dos Campos, Muçum e Capão Bonito do Sul.

## 7. DISCUSSÃO

No cenário brasileiro, existe uma gama de fatores que desempenham um papel significativo nas condições de saneamento. Este estudo em questão focalizou na utilização do método de Apoio Multicritério a Decisão TOPSIS em busca da hierarquização dos municípios da área de estudo quanto ao desempenho dos serviços de esgotamento sanitário. A partir destes resultados, foi realizada a comparação entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e uma série de indicadores socioeconômicos no contexto dos municípios do estado do Rio Grande do Sul. Esses indicadores abrangem áreas como renda, saúde, educação, PIB e tamanho populacional.

Assim, no âmbito deste estudo, o parâmetro de Renda demonstrou uma correlação que variou de fraca a desprezível. Além disso, uma discrepância considerável surgiu nos resultados da representação espacial em comparação com a proximidade relativa da metodologia TOPSIS. Este aspecto foi investigado previamente por Rezende (2007), que encontrou resultados contrastantes. Especificamente, Rezende identificou que a renda domiciliar agregada é positivamente correlacionada ao aumento na cobertura de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O autor ainda complementa que a probabilidade de um domicílio possuir rede de esgotamento sanitário é 1,9 vezes maior para rendas domiciliares agregadas superiores a 5 salários-mínimos.

Similarmente, Saiani (2007) concluiu em sua pesquisa que a disparidade no acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil está estreitamente ligada ao perfil de renda dos consumidores, levando em conta a capacidade de pagamento das tarifas. Além disso, destacou a importância das economias de escala e densidade no setor, enfatizando que há uma maior facilidade em ofertar serviços em grandes concentrações populacionais. Em um estudo mais recente, Tshililo et al. (2022) conduziram um estudo em Joanesburgo, África do Sul, onde suas conclusões apontaram que a acessibilidade à água também é afetada pelo tipo de moradia, pelo tamanho do domicílio e pela renda dos residentes. Além disso, foi identificado que o pagamento pelos serviços de água é influenciado tanto pela fonte de água utilizada quanto pelo tipo de habitação.

No que diz respeito ao aspecto da Saúde, no estudo atual foi observada uma correlação fraca com os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário. Além disso, verificou-se que há municípios que possuem resultados satisfatórios nos indicadores de serviços de esgotamento

sanitário, mas enfrentam desafios nos indicadores de saúde, enquanto outros municípios mostram a situação inversa.

Nesse sentido, Siqueira et al. (2018) conduziu uma pesquisa visando analisar as correlações entre a eficiência na alocação de recursos públicos e indicadores de saúde, educação, renda e urbanização nos municípios mineiros, através de uma abordagem que utiliza a análise envoltória de dados (DEA) e o teste de correlação Rô de Sperman. Para isso, os municípios foram divididos em grupos de baixa, média e alta eficiência na alocação de recursos para saneamento. De forma inesperada, nos municípios de baixa eficiência, foi observada uma correlação negativa entre os indicadores de saneamento básico e os de educação, renda e urbanização, indicando que quanto maior a eficiência na alocação de recursos em saneamento, menor eram os indicadores de educação, renda e urbanização. No entanto, nos municípios de alta eficiência, os resultados estavam alinhados com as expectativas, identificando-se uma correlação positiva significativa entre a eficiência na alocação de recursos e os indicadores de desenvolvimento em saúde, indicando que um investimento eficaz em saneamento básico estava associado a melhores condições de saúde para a população.

No que diz respeito ao indicador de Educação, foi observada uma correlação de baixa intensidade com os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e destacou-se a grande variação nos resultados da representação espacial, quando comparados à proximidade relativa obtida pela metodologia TOPSIS. Por outro lado, Rezende (2007) identificou que o número de anos de estudo do chefe de domicílio desempenha um papel significativo na relação com as ações de saneamento. Ao examinar os principais fatores determinantes da presença dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos domicílios urbanos brasileiros em 2000 de forma descritiva e estatística, o autor concluiu que um maior nível de escolaridade estava associado a uma maior cobertura dos serviços. Essa mesma tendência foi observada em relação à renda agregada domiciliar, onde rendas mais elevadas estavam correlacionadas com maiores índices de cobertura.

No que concerne ao indicador do Produto Interno Bruto (PIB), foi constatada uma fraca correlação com os parâmetros relacionados aos serviços de saneamento básico. Além disso, na análise da distribuição geográfica dos resultados, não apenas se verificou uma variação significativa, mas também se identificou casos que sugeriam possíveis correlações positivas e negativas. Saiani (2007), em sua pesquisa, considerou o PIB como um dos possíveis fatores determinantes da disparidade na distribuição de acesso aos serviços de saneamento básico. Para

isso, o autor estabeleceu uma relação entre o acesso a esses serviços e o PIB per capita estadual e do Distrito Federal. Como resultado, foi observada uma tendência de aumento na cobertura de redes de saneamento à medida que o PIB per capita estadual e do Distrito Federal aumentava.

No que diz respeito à População, foi identificada uma correlação que variou de fraca a moderada com os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário. Além disso, foi observada uma presença significativa de municípios que demonstraram altos valores para o indicador de População, porém apresentaram valores baixos em relação à proximidade relativa. Da mesma forma, houve situações em que os valores para ambos os parâmetros se mantiveram em níveis intermediários.

Por outro lado, a pesquisa de Rodrigues (2018) sobre a distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico, abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo nas microrregiões brasileiras durante os anos de 2006 e 2013 revelou um padrão oposto. Utilizando uma metodologia de análise exploratória dos dados espaciais, o autor identificou uma concentração espacial mais intensa e estruturada no que diz respeito à dependência espacial no acesso aos serviços de esgotamento sanitário. Isso foi especialmente evidente em regiões com alta densidade populacional, aglomeração urbana significativa e maior renda per capita. Em contrapartida, o autor detectou microrregiões com carência no acesso aos serviços de saneamento básico em áreas menos povoadas e com menor renda.

Além disso, foram empregadas análises estatísticas e de distribuição espacial para comparar os resultados obtidos por meio da abordagem TOPSIS com os indicadores relacionados aos aspectos socioeconômicos. Nesse sentido, as técnicas estatísticas aplicadas neste estudo incluíram o Coeficiente de Pearson ( $r$ ), o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) e a avaliação de significância estatística ( $p$ ).

Em um estudo similar, conduzido por Lins (2021), o pesquisador empregou o Coeficiente de Pearson ( $r$ ) como método estatístico para examinar a relação entre os casos de Leptospirose, que representam a saúde, e o tratamento do esgoto gerado. Através desta análise, o autor identificou uma correlação linear de grau nulo, levando à conclusão de que não existe associação entre a incidência de leptospirose e o esgoto tratado. Embora os resultados da correlação não tenham atendido às expectativas, o autor não subestima os impactos da falta de saneamento na saúde.

Por outro lado, Ferreira (2018) dedicou-se a estabelecer uma conexão entre as condições de saneamento básico e três indicadores epidemiológicos: a taxa de mortalidade em crianças menores de cinco anos, a proporção de crianças menores de dois anos com desnutrição e a taxa de incidência de dengue em todas as faixas etárias. Essas análises foram realizadas por meio de regressões lineares simples, empregando o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ), e também por meio de testes de significância estatística ( $p$ ), com foco nos municípios que fazem parte da mesorregião do Campo das Vertentes, localizada no estado de Minas Gerais. No entanto, contrariando as expectativas, não foram encontradas correlações estatisticamente significativas em nenhuma das análises realizadas. Diante desse resultado, a autora sugere a necessidade de um estudo a nível municipal, desagregado por bairros e regiões, na tentativa de identificar correlações entre as variáveis quando analisadas nesse nível.

Por sua vez, Venson (2017) utilizou uma abordagem que enfatizava a distribuição espacial para investigar a evolução do acesso aos serviços de saneamento básico, abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios do Estado da Bahia ao longo dos anos de 2006 e 2012. No que tange ao serviço de esgotamento sanitário, o autor notou um aumento na dispersão geográfica durante esse período, indicando um crescimento desigual no acesso à rede de esgoto entre os municípios. Através da análise de autocorrelação espacial, ficou evidente uma concentração significativa do acesso ao serviço de esgotamento sanitário nas áreas mais urbanizadas, além da identificação de regiões com carência de acesso à rede de esgoto nas áreas de menor renda do Estado.

Com base na discussão anterior, podemos concluir que os resultados deste estudo divergem das conclusões alcançadas por outros pesquisadores. Essa disparidade pode ser atribuída a vários fatores que têm influência nos resultados e afetam o processo de tomada de decisão. Em linhas gerais, o objetivo deste estudo foi avaliar os serviços de esgotamento sanitário em municípios do estado do Rio Grande do Sul, utilizando uma abordagem de apoio à decisão multicritério e relacionando os resultados a aspectos socioeconômicos. Nesse sentido, várias decisões foram embasadas na busca de uma ferramenta de apoio à decisão que proporcionasse uma visão abrangente das regiões do estado que mais necessitam de melhorias em esgotamento sanitário e que pudesse auxiliar os gestores no processo de tomada de decisão e na gestão de recursos aplicados em saneamento básico.

Assim, este estudo destaca a complexidade e as nuances envolvidas na avaliação dos serviços de esgotamento sanitário e sua relação com os aspectos socioeconômicos. As divergências em

relação a pesquisas anteriores ressaltam a importância de considerar as particularidades de cada região e município ao desenvolver estratégias de saneamento. Além disso, o estudo enfatiza a necessidade de ferramentas de apoio à decisão mais personalizadas para orientar eficazmente os gestores na alocação de recursos em saneamento básico. Dessa forma, abre-se espaço para futuras pesquisas que possam aprofundar essa análise, bem como avaliar outras metodologias de correlação, a fim de aprimorar a compreensão dos impactos do tratamento de esgoto na saúde, renda, educação, PIB e tamanho populacional nas diferentes regiões do Brasil.

## 8. CONCLUSÃO

O propósito deste estudo foi avaliar os serviços de esgotamento sanitário em municípios situados no estado do Rio Grande do Sul, utilizando uma metodologia de apoio multicritério à decisão e relacionando os resultados com fatores socioeconômicos. A análise dos indicadores selecionados revelou que a situação do esgotamento sanitário varia significativamente entre os municípios mais e menos populosos, sendo influenciada por características únicas de cada localidade, como disponibilidade de recursos, infraestrutura e políticas públicas adotadas. Essa diversidade de cenários enfatiza a importância de levar em conta as especificidades regionais ao planejar e implementar sistemas de esgoto eficientes.

No decorrer do estudo, constatou-se a ausência de dados no SNIS em diversos municípios, o que impossibilitou a realização de uma análise completa do estado do Rio Grande do Sul. Esse obstáculo ressalta a carência de uma visão abrangente da situação do saneamento no país. A falta de informações precisas compromete a exatidão das análises e dificulta a formulação de políticas públicas eficazes, bem como a alocação adequada de recursos necessários.

Os indicadores analisados foram utilizados para desenvolver um questionário direcionado a especialistas da área de recursos hídricos, enfocando o saneamento ambiental. O questionário permitiu a atribuição de pesos aos indicadores selecionados, os quais foram empregados nos cálculos do método TOPSIS que, por sua vez, foi utilizado para hierarquizar os municípios, classificando-os do melhor ao pior desempenho em relação aos serviços de esgotamento sanitário.

O questionário proporcionou uma avaliação abrangente do grau de importância dos indicadores selecionados, baseada nas perspectivas e experiências de especialistas e estudiosos da área. Além disso, os participantes compartilharam comentários valiosos acerca de indicadores e informações adicionais que poderiam ser integrados tanto no SNIS quanto em futuros estudos, provenientes de suas trajetórias profissionais.

A hierarquização dos municípios, por sua vez, proporcionou uma visão geral da distribuição dos dados e da variabilidade de desempenho nos serviços de esgotamento sanitário. Foi observada a falta de correlação entre o tamanho populacional dos municípios e o desempenho dos serviços de esgotamento sanitário, juntamente com uma baixa dispersão nos valores de proximidade relativa, indicando uma possível similaridade nos esforços para alcançar a universalização do saneamento. Entretanto, é importante ressaltar que o método TOPSIS

demonstrou uma sensibilidade notável a potenciais erros nos dados utilizados nas análises, o que pode gerar orientações imprecisas para os responsáveis pela tomada de decisão.

Os resultados obtidos por meio do método TOPSIS foram então correlacionados com indicadores socioeconômicos, como saúde, renda, educação, população e PIB. Essa correlação foi realizada através da aplicação do Coeficiente de Pearson, do Coeficiente de Determinação e da Significância Estatística. Técnicas de espacialização foram também utilizadas para visualizar e analisar os dados de forma geográfica.

Durante a análise estatística, foi constatado que todos os aspectos socioeconômicos avaliados apresentaram uma correlação desprezível, conforme evidenciado pelo baixo coeficiente  $R^2$ . Apenas o indicador Saúde demonstrou uma boa confiabilidade com base nos resultados da análise de significância estatística. Todos os indicadores exibiram uma correlação fraca por meio do coeficiente de Pearson, sendo que o indicador População mostrou uma correlação insignificante ou até mesmo ausente.

Entretanto, ao conduzir a análise espacial dos parâmetros, tornou-se evidente que essa correlação pode estar presente em alguns dos municípios examinados, embora esse padrão não seja válido para todos os municípios no estado. Nesse contexto, observou-se que os municípios que ocupam as posições mais elevadas no ranking resultante da metodologia TOPSIS geralmente se destacam por apresentar uma correlação positiva entre os parâmetros analisados. Em contrapartida, os municípios posicionados nas últimas posições do ranking tendem a sobressair-se devido a uma correlação negativa entre esses mesmos parâmetros.

Adicionalmente, alguns municípios merecem destaque por demonstrar correlação positiva em relação a todos os aspectos socioeconômicos analisados, a saber: Caxias do Sul e Porto Alegre. Por outro lado, no que se refere à correlação negativa, não foi possível identificar municípios que apresentassem correlação com todos os aspectos socioeconômicos analisados. No entanto, cinco municípios demonstraram correlação negativa em relação a quatro dos cinco aspectos socioeconômicos analisados: Capão Bonito do Sul, Monte Alegre dos Campos, Encruzilhada do Sul, Imbé e Tapes.

Assim, por conta da metodologia empregada neste estudo não foi possível confirmar a existência de uma relação consistente entre os parâmetros dos serviços de esgotamento sanitário e os indicadores de Saúde, Renda, Educação, População e Produto Interno Bruto (PIB). Com base na discussão apresentada anteriormente, é possível concluir que os resultados deste estudo

se distinguem das conclusões alcançadas por outros pesquisadores. Essa discrepância pode ser atribuída a uma série de fatores, que incluem a seleção dos indicadores que caracterizam os serviços de esgotamento sanitário, a atribuição de pesos a eles com base nas respostas de especialistas em um questionário, os dados utilizados nas análises, a escolha da metodologia TOPSIS, a determinação de quais indicadores maximizar e minimizar de acordo com o objetivo de universalização do saneamento, bem como as análises estatísticas e de distribuição espacial realizadas posteriormente.

Diante da diversidade de opções e da complexidade das relações analisadas no contexto dos serviços de esgotamento sanitário, é possível inferir que essas investigações envolvem, em essência, múltiplas variáveis. Com isso, torna-se superficial uma investigação que não leve em conta a interferência de outras variáveis que impactam os resultados em saúde, educação, renda e PIB. A critério de exemplo, a qualidade dos serviços de saúde e saneamento desempenha um papel crucial nas condições gerais de saúde da população, enquanto as características físicas do local impactam diretamente na implementação da infraestrutura de saneamento, influenciando os custos de instalação. Nesse sentido, a influência desses elementos nos resultados destaca a importância de uma tomada de decisão informada, que considere integralmente as características locais de forma a evitar conclusões imprecisas.

## 9. RECOMENDAÇÕES

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de estudos que possam significativamente contribuir para aprimorar as políticas públicas de saneamento básico no estado do Rio Grande do Sul. Nesse sentido, é importante refinar o presente estudo, considerando as particularidades de cada município e região, levando em conta também as diferenças entre áreas urbanas e rurais. Isso envolve a seleção criteriosa de indicadores adequados para cada situação e a adaptação dos *trade-offs* de acordo com as necessidades específicas de cada município.

Além disso, é fundamental realizar um trabalho mais aprofundado que incorpore novos indicadores e dados no SNIS. É sugerido que sejam incluídas informações detalhadas sobre o cumprimento das legislações relacionadas ao tratamento de esgotamento sanitário, a qualidade do efluente após o tratamento e um aprofundamento nas condições de funcionamento das soluções individuais de esgotamento sanitário existentes.

Outro ponto relevante é abordar a necessidade de um banco de dados ainda mais completo em relação ao saneamento básico. É essencial investigar a razão pela qual muitos municípios não estão presentes no SNIS, buscando compreender as possíveis limitações e obstáculos enfrentados pelas autoridades locais para fornecer as informações necessárias.

Por fim, é recomendada a replicação da pesquisa utilizando outro método de apoio multicritério à decisão. Ao empregar diferentes abordagens metodológicas, será possível verificar a robustez dos resultados obtidos e identificar possíveis divergências ou complementaridades entre os métodos utilizados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, P. R. Z.; BORDIN, R. O saneamento básico no Rio Grande do Sul sob a perspectiva do ranking nacional do saneamento. 2020. 185–193 f. [s. l.], 2020.
- ABES. GRMD – Guia de Referência para Medição do Desempenho 2022. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://pnqs.com.br/wp-content/uploads/2022/03/GRMD-2022-v-1.1.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.
- ACOLET, Tatiana. Modelo de análise de crédito fundamentado no ELECTRE TRI. 2008. - Faculdades Ibmec, [s. l.], 2008.
- ADASA. Manual de Avaliação de Desempenho da Prestação dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Distrito Federal. Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. 2016.
- AGERGS. Resolução Normativa N° 35/2016, de 10 de novembro de 2016. Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <https://agergs.rs.gov.br/upload/arquivos/201910/22145539-20161111145358ren-35-2016.pdf>
- AGIR. Anexo I: Metodologia para avaliação dos indicadores de desempenho. Blumenau: Agência Intermunicipal de Regulação do Médio Vale do Itajaí, 2018.
- ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA, JR. E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. Performance Indicators for Water Supply Services: Third Edition. Water Intelligence Online, [s. l.], v. 15, n. 0, p. 9781780406336–9781780406336, 2016.
- ALVES, A. T. A.; SANTOS, G. T. L.; NETO, J. M. F.; BARROS, V. H. O.; COUTINHO, A. P. Desenvolvimento socioeconômico e saneamento. Anais II CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/33361>.
- AMBIENTAL Secretaria Nacional de Saneamento. Subsídios para o Projeto Estratégico de Elaboração do PLANSAB - Parte 2. 2008. 78 f. [s. l.], 2008.
- ANA. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. [S. l.]: Agência Nacional de Água, 2017.

ARIS. Metodologia para avaliação dos indicadores de desempenho. Agência reguladora intermunicipal de saneamento. 2017. Disponível em: <https://aris.sc.gov.br/uploads/legislacao/1121/IuOF7gcz2j6U4KkL4Ha4Gb7d6gNlqNNq.pdf>.

AYALA, Néstor Fabián; FRANK, Alejandro Germán. Métodos de análise multicriterial Métodos de análise multicritério: uma revisão das forças e fraquezas. [S. l.: s. n.], 2013.

AZADI, A.; SEYED, J.; SEYED A; NAVIDI, M. N. Assessment of Land Suitability for Sugarcane Cultivation Using TOPSIS and Parametric Methods in Southwestern Iran. Eurasian Soil Science. 56. 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/369985061\\_Assessment\\_of\\_Land\\_Suitability\\_for\\_Sugarcane\\_Cultivation\\_Using\\_TOPSIS\\_and\\_Parametric\\_Methods\\_in\\_Southwestern\\_Iran](https://www.researchgate.net/publication/369985061_Assessment_of_Land_Suitability_for_Sugarcane_Cultivation_Using_TOPSIS_and_Parametric_Methods_in_Southwestern_Iran).

BANDEIRA, L. H. Indicadores de Ações de Saneamento e Seus Impactos Sobre a Saúde Pública Articulados com as Políticas de Saúde, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Dissertação. Escola Nacional de Saúde Pública. 2003. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/5238/858.pdf;jsessionid=66A32CD85A0596EF32699824F4A80578?sequence=2>.

BHUTIA, P.W.; RUBEN, P. Application of ahp and topsis method for supplier selection problem. IOSR Journal of Engineering 02 (2012): 43-50.

BOWEN S, KREINDLER SA. Indicator madness: a cautionary reflection on the use of indicators in healthcare. Healthc Policy. 2008 May;3(4):41-8. PMID: 19377325; PMCID: PMC2645155.

BOWEN, S.; ERICKSON, T.; MARTENS, P. J.; CROCKETT, S. More Than “Using Research”: The Real Challenges in Promoting Evidence-Informed Decision-Making. 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2653695/>.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. [S. l.: s. n.], 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).

BRASIL. Decreto no 7.217, de 21 de junho de 2010. [S. l.: s. n.], 2010.

BRASIL. Decreto no 8.141, de 20 de novembro de 2013. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=8141&ano=2013&ato=c52kXRq5ENVpWTce0#:~:text=DISPÕE SOBRE O PLANO NACIONAL, PNSB E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS>.

BRASIL. Decreto no 82.587, de 6 de novembro de 1978. [S. l.: s. n.], 1978.

BRASIL. Decreto no 99.240, de 7 de maio de 1990. [S. l.: s. n.], 1990.

BRASIL. Decreto-Lei no 2.291, de 21 de novembro de 1986. [S. l.: s. n.], 1986.

BRASIL. Decreto-Lei no 949, de 13 de outubro de 1969. [S. l.: s. n.], 1969.

BRASIL. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. [S. l.: s. n.], 2007.

BRASIL. Lei no 14.026, de 15 de julho de 2020. [S. l.: s. n.], 2020a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm).

BRASIL. LEI No 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. [S. l.: s. n.], 2020b.

BRASIL. Lei no 5.318, de 26 de setembro de 1967. [S. l.: s. n.], 1967.

BRASIL. Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. [S. l.: s. n.], 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm).

BRASIL. Medida Provisória no 844, de 6 de julho de 2018. [S. l.: s. n.], 2018a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Mpv/mpv844.htm#:~:text=.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Mpv/mpv844.htm#:~:text=.) (NR)-, “Art., e do uso desses serviços.

BRASIL. Medida provisória no 868, de 27 de dezembro de 2018. [S. l.: s. n.], 2018b. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Mpv/mpv868.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Mpv/mpv868.htm).

BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB. [S. l.: s. n.], 2008.

BRASIL. Programa Nacional de Saneamento Rural. [S. l.: s. n.], 2019.

BUREAU OF METEOROLOGY. National performance report 2020–21: urban water utilities, part A. 2022. Disponível em: [http://www.bom.gov.au/water/npr/docs/2020-21/National\\_Performance\\_Report\\_2019-20\\_urban\\_water\\_utilities.pdf](http://www.bom.gov.au/water/npr/docs/2020-21/National_Performance_Report_2019-20_urban_water_utilities.pdf)

CAMPANI, DARCI BARNECH. Indicadores socioambientais como instrumento de gestão na coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. [S. l.: s. n.], 2012a.

CAMPANI, DARCI BARNECH. INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO NA COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. [S. l.: s. n.], 2012b.

‘

- CARLUCCI, Daniela. Evaluating and selecting key performance indicators: An ANP-based model. *Measuring Business Excellence*, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 66–76, 2010.
- CARVALHO, B. E. F. C. A avaliação de desempenho da prestação de serviços de abastecimento de água independe da perspectiva do avaliador, se usuário ou prestador?. [S. l.: s. n.], 2013.
- CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F. Construção de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental através da análise multicritério: estudo em municípios paraibanos. [S. l.: s. n.], 2013.
- CHAVES, M. C. de C. et al. Uso integrado de dois métodos de apoio à decisão multicritério: VIP ANALYSIS e MACBETH. [S. l.: s. n.], 2010.
- COSTA, A. M. Avaliação da Política Nacional de Saneamento, Brasil - 1996/2000. [S. l.: s. n.], 2003.
- COSTA, H. G., MANSUR; A. F. U.; FREITAS, A. L. P.; CARVALHO, R. A. ELECTRE TRI aplicado a avaliação da satisfação de consumidores. [S. l.: s. n.], 2007.
- COSTA, I. G.; PIEROBON, F.; SOARES, E. C. A efetivação do direito ao saneamento básico no Brasil: do PLANASA ao PLANASB. [S. l.: s. n.], 2018.
- D. MOORE, et. al. *The Basic Practice of Statistics* 6th ed. 2013. Disponível em: [https://www.academia.edu/5347042/The\\_Basic\\_Practice\\_of\\_Statistics\\_6th\\_ed\\_D\\_Moore\\_et\\_al\\_W\\_H\\_Freeman\\_2012\\_BBS](https://www.academia.edu/5347042/The_Basic_Practice_of_Statistics_6th_ed_D_Moore_et_al_W_H_Freeman_2012_BBS).
- DANILENKO, A. BERG, C. V. D.; MACHEVE, B.; MOFFITT, L. J. *The IBNET Water Supply and Sanitation. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities Databook*. 2014.
- DEE. Idese. Departamento de Economia e Estatística. [S. l.], 2022a. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/idese>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- DEE. IdeseVis: App para análise da nova série histórica do Idese (Revisão 2020). Departamento de Economia e Estatística. [S. l.], 2022b. Disponível em: <http://visualiza.dee.planejamento.rs.gov.br/idese/>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- DEE. PIB Municipal. Departamento de Economia e Estatística. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/pib-municipal>.

DEE. PIBVis. Departamento de Economia e Estatística. [S. l.], 2022c. Disponível em: <http://visualiza.dee.planejamento.rs.gov.br/pib/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

DEE. Estudo do DEE mostra situação do RS no acesso à água potável e saneamento. Departamento de Economia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/estudo-do-dee-mostra-situacao-do-rs-no-acesso-a-agua-potavel-e-saneamento>.

ERSAR. Missão, atribuições e poderes. [S. l.], 2022a. Disponível em: <https://www.ersar.pt/pt/a-ersar/missao-atribuicoes-e-poderes>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ERSAR. Relatório anual do setor. [S. l.], 2022b. Disponível em: <https://www.ersar.pt/pt/publicacoes/relatorio-anual-do-setor>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ERSAR. Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal – Caracterização do setor de águas e resíduos. [S. l.: s. n.], 2021. v. 1

ESRI. ArcGIS Survey123. 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-survey123/overview?rsource=https%3A%2F%2Fwww.esri.com%2Fpt-br%2Farcgis%2Fproducts%2Fsurvey123%2Foverview>.

FARIA, S. A.; FARIA, R. C. Cenários e perspectivas para o setor de saneamento e sua interface com os recursos hídricos. [S. l.: s. n.], 2004.

FERREIRA, J. G.; GOMES, M. F. B.; DE ARAÚJO DANTAS, M. W. Desafios e controvérsias do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. *Brazilian Journal of Development*, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 65449–65468, 2021.

FERREIRA, L. G. Relação entre saneamento básico e indicadores de saúde no campo das vertentes – MG. Trabalho Final de Curso. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2018. Disponível em: [https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TFC\\_L%c3%adviaOFICIAL\\_CORRIGIDO-1.pdf](https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TFC_L%c3%adviaOFICIAL_CORRIGIDO-1.pdf).

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ). *Revista Política Hoje*, Vol. 18, n. 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>.

- FRANCISCHINI, P. G; CABEL, G. M. Proposição de um indicador geral de desempenho utilizando AHP. Encontro Nacional De Engenharia De Produção, [s. l.], v. 23, p. 1–8, 2003.
- FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B.; ADAMI, S. F. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de áreas de preservação permanente. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, [s. l.], n. 2004, p. 2643–2650, 2007.
- FREITAS, J. G.; COSTA, H. G. Aplicação do método TOPSIS para casos com múltiplos decisores: o caso da sustentabilidade do LEAN SIX SIGMA. [S. l.: s. n.], 2018.
- FUNASA. Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica. Ministério da Saúde. 116 p.: il. 2004. ISBN 85-87943-37-5.
- FUNASA. Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. [S. l.: s. n.], 2010.
- FUNDÃO, N. M. Modelo de Regressão Linear: Aplicação ao Estudo sobre os Fatores que Influenciam o Rendimento Acadêmico dos Alunos em Angola. Universidade da Beira Interior. 2018. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/10042/1/6087\\_13270.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/10042/1/6087_13270.pdf).
- GANJIDOOST, A.; KNIGHT, M. A.; UNGER, A. J. A.; HAAS, C. T. Benchmark Performance Indicators for Utility Water and Wastewater Pipelines Infrastructure. J. Water Resour. Plann. Manage., 2018, 144(3): 04018003.
- GOMES, Carlos Francisco Simoes;; GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. Tomada De Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério. 5. ed. [S. l.]: Atlas, 2014.
- GOMES, Luiz; ARAYA, Marcela;; CARIGNANO, Claudia. Tomada de decisões em cenários complexos. 1. ed. [S. l.]: Cengage Learning, 2009.
- GRANDZOL, John R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. IR Applications, [s. l.], v. 6, p. 13, 2005.
- GUGLIELMETTI, F; SILVA, F;; SALOMON, V. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. XXIII Encontro Nac. de Engenharia de Produção, [s. l.], v. 1, 2003.
- GUIMARÃES, Lucy Teixeira. Proposta de um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável para Bacias Hidrográficas. [S. l.: s. n.], 2008.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência e saúde coletiva* [online]. 1998, vol.3, n.2, pp.73-84. ISSN 1413-8123 .

HELLER, Pedro Gasparini Barbosa; SPERLING, Marcos Von; HELLER, Léo. Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa. [S. l.: s. n.], 2009.

IBGE. Nota metodológica da série do PIB dos Municípios: Referência 2010. Coordenação de Contas Nacionais. 2015. Disponível em: [http://ftp.ibge.gov.br/Pib\\_Municipios/Notas\\_Metodologicas\\_2010/NotaMetodologicaPIB\\_MunicipiosRef2010.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Pib_Municipios/Notas_Metodologicas_2010/NotaMetodologicaPIB_MunicipiosRef2010.pdf).

IBGE. Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação Com Data de Referência em 1º de julho de 2020. Ibge, [s. l.], n. 3, p. 119, 2020. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2013/populacoes\\_estimativas\\_municipios\\_TCU\\_31\\_10\\_2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2013/populacoes_estimativas_municipios_TCU_31_10_2013.pdf).

IBGE. IBGE: Rio Grande do Sul. [S. l.], 2017a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pesquisa/30/84366>. Acesso em: 2 ago. 2022.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [S. l.: s. n.], 2020.

IBGE. MUNIC - Pesquisa de Informações Básicas Municipais. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/19879-suplementos-munic.html?=&t=o-que-e>.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017. [S. l.], 2017b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>. Acesso em: 18 jul. 2022.

IBGE. Saneamento Básico: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://ces.ibge.gov.br/apresentacao/portarias/200-comite-de-estatisticas-sociais/base-dados/1149-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html>. Acesso em: 4 jul. 2022.

IBGE. PIB Municipal. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>.

Instituto Água e Saneamento. Explore e Compare. 2021. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/explore-compare>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel Saneamento Brasil. [S. 1.], 2022. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022>. Acesso em: 20 jul. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel Saneamento Brasil. [S. 1.], 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023>. Acesso em: 20 jul. 2023.

IWA. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. International Water Association. 2004. Disponível em: [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ersar\\_indicadores\\_de\\_desempenho\\_para\\_servicos\\_de\\_abastecimento\\_de\\_agua\\_2004.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ersar_indicadores_de_desempenho_para_servicos_de_abastecimento_de_agua_2004.pdf).

JANGARELLI, M.; EUCLYDES, R. F. Amostragem e significância estatística: Ferramentas eficazes para otimizar o melhoramento genético. 2006. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/dbg/resumos/res56924.htm>.

KANG, T.; BERNARDINI, R.; WINK JR., M. V.; AFFELDT, B. Textos para Discussão FEE. ISSN 1984-5588. n. 127, 2014. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/20140805novo-idese-artigo-metodologia-28anpec-sul29-2.pdf>.

KILIC, Huseyin Selcuk; YALCIN, Ahmet Selcuk. Comparison of municipalities considering environmental sustainability via neutrosophic DEMATEL based TOPSIS. *Socio-Economic Planning Sciences*, [s. 1.], v. 75, n. March 2020, p. 100827, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100827>.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. (Ed.). *Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais*. Brasília, DF: Embrapa, 2016. cap. 9, p. 213-272.

LEGATES, D. R.; MCCABE, G. J. Evaluating the use of “goodness-of-fit” Measures in hydrologic and hydroclimatic model validation, *Water Resour. Res.*, 35( 1), 233– 241, 1999. doi:10.1029/1998WR900018.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério a decisão: AHP, ELECTRE E PROMETHEE. [S. 1.: s. n.], 2012.

LEITE, M. S. Análise jurídica do Novo Marco Legal do Saneamento b (Lei no 14.026/2020) e a básico (in)constitucionalidade frente ao direito humano fundamental do acesso à água. 2021. 89 f. - Universidade Federal do Ceará, [s. 1.], 2021. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59119/1/2021\\_tcc\\_msleite.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59119/1/2021_tcc_msleite.pdf).

LEUCK, M. F.; MENDES, C. A. B. II-1788-Setorização de um Sistema de Esgotamento Sanitário II-Índice de Desempenho. [S. l.: s. n.], 2021.

LINS, T. C.; JUNIOR, M. C. V. Correlação do tratamento de esgoto com indicador de saúde, educação e renda nas Regiões Brasileiras. *Educação ambiental e cidadania: pesquisa e práticas contemporâneas*, v. 2, n. 9, p. 108-119, 2021. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/articles/code/210404240>.

LOPES, W. s.; RODRIGUES, A. C. L.. FREITOSA, P. H. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 1–10, 2016. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=188&SUMARIO=5142>.

LUNA, R. M. Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o semi-árido brasileiro. [S. l.: s. n.], 2007.

MADEIRA, R. F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para a universalização do acesso. [S. l.: s. n.], 2010.

MARANHÃO, C. E. TOPSIS versus AHP: métodos multicritério aplicados em um estudo de caso. [S. l.: s. n.], 2016.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E. BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/jhNwXdVpXJQpmgtrkPqJqmB/?format=pdf&lang=pt>

MATOS, R.; CARDOSO A.; DUARTE, P.; ASHLEY, R.; MOLINARI, A.; SCHULZ, A. Performance indicators for wastewater services. IWA Publishing, *Water Supply*, p. 365–371. [s. l.], 2003.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise. [s. l.], v. 2, n. 2, 1994.

MDR. SNIS - Série Histórica. [S. l.: s. n.], 2022.

MEADOWS, D. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. [S. l.]: The Sustainability Institute, 1998.

- MELO, F. L. N. B.; SILVA, M. .; SILVA, R. R.; AIRES, R. F. F. Apoio ao processo de avaliação do serviço de abastecimento de água no Rio Grande do Norte: uma abordagem multicritério. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, [s. l.], v. 23, n. 4, p. 675–686, 2018.
- MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. *Sistemas sustentáveis de esgotos*. Edgard Blüed. [S. l.: s. n.], 2016. E-book. Disponível em: [www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br).
- Tchobanoglous, G.; Stensel, H. D.; Burton, F.; Tsuchihashi, R.; Abu-Orf M.; Bowden, G.; Pfrang, W. *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*. 5. ed. Metcalf & Eddy. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- MEZHOUD, C., BERREKSI, A.; BEDJOU, A.; BOSSELER, B. Prioritization of maintenance work in wastewater networks using decision support methods. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 186–199, 2022.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB*. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Plano Nacional de Saneamento Básico, [s. l.], p. 173, 2013.
- MOREIRA, T. *Saneamento Básico: Desafios e Oportunidades*. [S. l.: s. n.], 1996.
- MÖRS, J. *Avaliação de indicadores de saneamento básico e os custos vinculados à saúde em municípios do RSBRASIL*. [S. l.: s. n.], 2020.
- MUKAKA, M. *A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research*. 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3576830/>.
- MUÑOZ, H. R. *Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997*. 2. ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos: 2000, 2000.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.
- NAM, S.; NGUYEN, T. T.; OH, J. Performance Indicators Framework for Assessment of a Sanitary Sewer System Using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Sustainability* 2019, 11, 2746; doi:10.3390/su11102746.
- NIRAZAWA, A. N.; DE OLIVEIRA, S. V. W. B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. *Revista de Administração Pública*, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 753–763, 2018.

OLIVEIRA, L. F.; WARTCHOW, D. SILVA, S. W. Proposição de modelo para estimativa de custos de coleta de resíduos sólidos domiciliares em pequenos municípios do estado do Rio Grande do Sul. *Eng Sanit Ambient* v. 28, e20210343, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/PgwV5byF9zmQXtw6SLZWmSG/?format=pdf&lang=pt>.

ORHAN, C.; FIRAT, M.; YILMAZ, S. Identification of priority areas for rehabilitation in wastewater systems using ENTROPY, ELECTRE and TOPSIS. *Water Practice and Technology*, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 835–851, 2022.

PACHECO, A. TOPSIS - Um algoritmo de tomada de decisão. [S. l.: s. n.], 2016.

PAGNOCCHESCHI, B. Governabilidade e Governança das Águas no Brasil. In: *INTERFACES DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: DESAFIOS DA LEI DE ÁGUAS DE 1997*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos: [s. n.], 2000. p. 175–199.

PAVIĆ, Z.; NOVOSELAC, V. Notes on TOPSIS Method. *International Journal of Research in Engineering and Science*, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 5–12, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/285886027\\_Notes\\_on\\_TOPSIS\\_Method%0Awww.ijres.org](https://www.researchgate.net/publication/285886027_Notes_on_TOPSIS_Method%0Awww.ijres.org).

PEROSA, P. T. Y. Regulação dos serviços de saneamento básico aspectos conceituais e fatores intervenientes. 2002. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2002.

PISANI JUNIOR, R.; CASTRO, M.C.A.A.; Costa, A.A. Desenvolvimento de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo: influências da população, renda per capita e consumo de energia elétrica. *Eng Sanit Ambient*, v.23 n.2. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/hqd33tnHz4XR7dJnYqctWCB/?format=pdf&lang=pt>.

PISANI JUNIOR, R.; DE CASTRO, M. C. A.; DA COSTA, A. A. Development of a correlation to estimate per capita municipal solid waste generation rates in são paulo state, Brazil: Population, per capita income and electricity consumption influences. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 415–424, 2018.

PNQS. Quem somos - PNQS. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://pnqs.com.br/institucional/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

QUEIROZ, M. V. F. Correlação linear e regressão linear simples no conteúdo de matemática do ensino médio. Universidade Federal de Campina Grande. 2020. Disponível em:

[http://mat.ufcg.edu.br/profmat/wp-content/uploads/sites/5/2020/06/TCC-PROFMAT\\_MATHEUS\\_QUEIROZ.pdf](http://mat.ufcg.edu.br/profmat/wp-content/uploads/sites/5/2020/06/TCC-PROFMAT_MATHEUS_QUEIROZ.pdf).

RANDAZZO, L.; CUSUMANO, A. OLIVERI, G.; STEFANO, P. D.; RENDA, P. PERRICONE, M; ZARCONE, G. Landfill site selection for municipal solid waste by using AHP method in GIS environment: waste management decision-support in Sicily (Italy). *Detritus* - Volume 02 – 2018. 78-88p. Disponível em: <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2018.13656>.

REGIONAL, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO. Do SNIS ao SINISA - Informações para planejar o Sanemaneto Básico. Brasília: [s. n.], 2020.

REGIONAL, Ministério do Desenvolvimento. SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. [S. l.: s. n.], 2022.

REZENDE, S.; WAJNMAN, S.; DE CARVALHO, J. A. M.; HELLER, L. Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. *Artigos Técnicos. Eng. Sanitária e Ambiental*. Vol.12, nº 1, p. 90-101, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000100011>.

RODRIGUES, S. C. A. Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações. Dissertação. Universidade Da Beira Interior. 2012. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1869/1/Tese%20Sandra%20Rodrigues.pdf>.

RODRIGUES K. C. T. T.; VENSON, A. H.; CAMARA, M. R. G. Distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico nas microrregiões brasileiras de 2006 a 2013. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 15, n. 1, p. 137-151, Taubaté/SP, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4325/747>.

ROSSONI, H. A. V; FARIA, M. T. S.; SILVA, A. C. Socioeconomic aspects and municipal human development determinants in the absence of providers of sanitary sewage services in Brazil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 393–402, 2020.

ROUBICEK, M. O novo marco legal do saneamento básico sob análise. *Nexo Jornal*, [s. l.], 2020.

SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces*, [s. l.], v. 24, p. 19–43, 1994.

SAIANI, C. C. S. Déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil. Tema 1: Eficiência e Efetividades do Estado no Brasil. Prêmio IPEA CAIXA - Concurso de monografias, 2007. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/ipeacaixa/premio2006/docs/trabpremiados/IpeaCaixa2006\\_Profissional\\_MH02\\_tema01.pdf](https://www.ipea.gov.br/ipeacaixa/premio2006/docs/trabpremiados/IpeaCaixa2006_Profissional_MH02_tema01.pdf).

SAIANI, C. C. S. Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: Déficit de acesso e desempenho dos prestadores. Programa de pós-graduação em Economia (dissertação). Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96131/tde-18072007-095214/publico/CarlosCesarSantejoSaiani.pdf>.

SAIANI, C. C. S.; JÚNIOR, R. T. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). *Economia e Sociedade*, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 79–106, 2010.

SASI, J.; DIGALWAR, A. e. K. Application of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection Between India & China in Textile Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2015. Disponível em: <https://www.irjet.net/archives/V2/i4/Irjet-v2i4284.pdf>

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: Uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. *Revista de Administracao Publica*, [s. l.], v. 46, n. 6, p. 1479–1504, 2012.

SILVA, E. M. da.; SILVA, E. M. da. *Matemática e estatística aplicada*. São Paulo: Atlas, 1999. p. 13-62.

SINGH, R. Wastewater Problems and Social Vulnerability in Megacity Delhi/India. [S. l.: s. n.], 2008.

SIQUEIRA, G. B. A.; FILHO, A. T. de A. *Aplicação do Método Electre I para Seleção de Ideias de Inovação*. [S. l.: s. n.], 2011.

SIQUEIRA, I. M.; REIS, A. de O.; FRAGA, M. S.; FERREIRA, E. P.; AMARAL, N. L. Eficiência na alocação de recursos em saneamento básico: correlações com saúde, educação, renda e urbanização nos municípios mineiros. *Contabilometria - Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting*, Monte Carmelo, v. 5, n. 1, p. 1-16, jan.-jun./2018.

SNIS. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br).

SNIS. Do SNIS ao SINISA: Informações para planejar o Saneamento Básico. [S. l.: s. n.], 2020a.

SNIS. Glossário de Indicadores - Água e Esgotos: Indicadores econômico-financeiros e administrativos. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, [s. l.], p. 1–25, 2020b.

SNIS. Perguntas Frequentes. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/perguntas-frequentes>.

SOUSA, A. C. A. de; COSTA, N. do R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 615–634, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702016000300615&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702016000300615&lng=pt&tlng=pt).

SOUZA, L. A. Coeficiente de dispersão em lagoas facultativas e a relação com as taxas de remoção de DBO, DQO e amônia total. Monografia. Universidade Federal do Ceará. 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45604/3/2018\\_tcc\\_lasousa.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45604/3/2018_tcc_lasousa.pdf).

SPERLING, M. Von. Constraints to improving water and sanitation services. In: WATER AND PUBLIC HEALTH. ENCYCLOPEDIA OF LIFE SUPPORT SYSTEMS (EOLSS). Unesco: EOLSS, 2004.

SPERLING, T. L. Von; SPERLING, M. V. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. *Eng Sanit Ambient*, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 313–322, 2013.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. *Rev Panam Salud Publica* 32(6), 2012. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2012.v32n6/419-425/pt>.

TRATA. Ranking do saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021). GO Associados. 2023. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio\\_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf](https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf).

TUNSTALL, D. Developing and using indicators of sustainable development in Africa: an overview. In: THEMATIC WORKSHOP ON INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Banjul: Gambia, 1994. p. 16–18.

TUROLLA, F. A. Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas. [S. l.: s. n.], 2002. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>.

TSHILOLO, F. P.; MUTANGA, S; SIKHWIVHILU, K.; SIAME, J.; HONGORO, C.; MANAGA, L. R.; MBOHWA, C.; MADYIRA, D. M. Analysis of the determinants of household's water access and payments among the urban poor. A case study of Diepsloot Township, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 127, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103183>.

VAFAEIPOUR, M.; ZOLFANI, S. H.; VARZANDEH, M. H. M.; DERAKHTI, A.; ESHKALAG, M. K. Assessment of regions priority for implementation of solar projects in Iran: New application of a hybrid multi-criteria decision making approach. 86 v., 2014. 653-663p. ISSN 0196-8904. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.05.083>.

VAN-BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. [s. l.], v. 9, p. 235, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84033/189898.pdf>.

VELASQUEZ, M; HESTER, P. T. An analysis of multi-criteria decision making methods. International Journal of Operations Research, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 56–66, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275960103>.

VENSON, A. H.; RODRIGUES, K. C. T. T.; CAMARA, M. R. G. Evolução da distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico nos municípios do Estado da Bahia, nos anos de 2006 e 2012. Ensaio FEE, Porto Alegre, v. 38, n. 1, p. 107-134, 2017.

ZAKERHAGHIGHI, K.; SHAMI, M. R.; FATTAHI, S.; KHALJI, M. A. Classifying and Evaluating the Regional Development of Golestan Province, Using TOPSIS Model. [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2016.