330 – ANÁLISE DE INDICADORES DE COBERTURA DE ÁGUA E ESGOTO POR SETOR CENSITÁRIO: UMA ABORDAGEM ESPACIAL NA GRANDE SÃO PAULO

Bruno Pereira Toniolo[(1)]
Engenheiro civil (UMC), especialista em Geoprocessamento (PUC Minas), mestre e doutorando em Ciências Ambientais (UNESP). Tecnólogo na Sabesp, atuando no Departamento de Planejamento de Expansão e docente na Escola Técnica de São Paulo (ETESP) e Senac SP.
Carla Tereza de Chiara[(2)]
Engenheira civil (USP), mestre em Hidráulica (USP). Atuou como engenheira e gerente na Sabesp.
Rodrigo Oliveira da Trindade[(3)]
Engenheiro civil (UFRN), pós graduado em BIM (IBEC) e possui MBA em Gestão de Negócios (USP). Engenheiro na Sabesp, atuando no Departamento de Planejamento de Expansão.
Mônica Di Fillipo[(4)]
Engenheira civil (Mackzenzie), pós graduada em Gestão Empresarial (FIA) e Administração de Empresas (FAAP). Engenheira na Sabesp, atuando no Departamento de Planejamento de Expansão.
Nelson Bevilacqua[(5)]
Engenheiro civil (FAAP), mestre em Engenharia e Saneamento (USP) e possui MBA em gestão empresarial (USP). Gerente na Sabesp, responsável pelo Departamento de Planejamento de Expansão.

Endereço[(1)]**:** Av. do Estado, 681 - Pte. Pequena, São Paulo - SP, 01107-000 – Tel: +55 (16) 9542-12126 – e-mail: btoniolo@sabesp.com.br.

RESUMO

Os indicadores são essenciais para se verificar a situação dos fenômenos físicos e sociais, especialmente em uma área essencial que é o saneamento básico por envolver questões de sáude pública, de forma que os índices podem servir como subsídio para identificar locais que necessitam de investimento de infraestrutura. Assim, o objetivo deste trabalho foi espacializar indicadores de cobertura dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, analisando sua distribuição por setor censitário nos municípios operados pela Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A metodologia consistiu na uso do software QGIS 3.22 para espacializar e analisar três indicadores de saneamento básico: cobertura de abastecimento de água, coleta de esgoto e tratamento de esgoto. Dados do Censo Demográfico de 2022, obtidos do Instituto Brasileiro e Geografia e Estatística (IBGE) e camadas vetoriais foram cruzados para identificar domicílios atendidos. Indicadores foram calculados por município e setor censitário, segmentados em áreas urbanas, favelas e rurais. O resultado da análise dos indicadores de cobertura de água (ICA), coleta de esgoto (ICE) e tratamento de esgoto (IEC) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) revelou desigualdades significativas entre áreas urbanas, favelas e zonas rurais. Em áreas urbanas, os indicadores de cobertura de água e coleta de esgoto são elevados, enquanto o tratamento de esgoto apresenta valores mais baixos. Em favelas, há heterogeneidade nos indicadores, com alguns municípios apresentando altos valores de cobertura de água e coleta de esgoto, mas baixos níveis de tratamento. Áreas rurais têm os menores desempenhos nos três indicadores, destacando a necessidade de investimentos específicos. A análise evidenciou um padrão claro de desigualdade: os indicadores são mais altos em setores urbanos, enquanto as áreas rurais e favelas enfrentam os maiores desafios, com lacunas ainda mais pronunciadas no tratamento de esgoto. Recomenda-se a integração de dados do IBGE com os da Sabesp para análises mais detalhadas e planejamento de intervenções.O estudo alcançou seu objetivo, evidenciando padrões de distribuição espacial e desigualdades no acesso aos serviços de saneamento. Recomenda-se a integração de dados do IBGE com os da Sabesp para análises mais detalhadas e planejamento de intervenções.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Censo Demográfico, Saneamento Básico.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos pilares fundamentais para a promoção da saúde pública, a dignidade humana e a qualidade de vida. Serviços como abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto, e manejo de resíduos sólidos são essenciais para prevenir doenças e melhorar o bem-estar das comunidades. Além disso, o saneamento básico contribui diretamente para o desenvolvimento socioeconômico, ao criar condições que favorecem o crescimento sustentável e a redução de desigualdades sociais (FORMIGA et al., 2022).

No Brasil, apesar de avanços pontuais, a cobertura de saneamento básico ainda enfrenta sérios desafios. Dados do Censo 2022 revelam que milhões de brasileiros permanecem sem acesso a serviços essenciais, destacando a carência de abastecimento de água e tratamento de esgoto em diversas regiões do país. Essa desigualdade é mais acentuada em áreas de maior vulnerabilidade social, como zonas rurais e comunidades informais, onde a infraestrutura é insuficiente para atender às necessidades básicas da população (ALVES, 2022).

A privatização da Sabesp, concluída em 2024, representou um marco na gestão dos serviços de saneamento no estado de São Paulo. A venda, pelo estado de São Paulo, de 32% das ações da companhia, trouxe novos recursos financeiros e impulsionou uma gestão mais eficiente e competitiva. Este processo busca ampliar a capacidade de investimento da empresa e modernizar a prestação de serviços, alinhando-se às exigências do Novo Marco Legal do Saneamento (SANTOS et al., 2024). Nesse contexto, o novo contrato de concessão da Sabesp estipula metas ambiciosas de universalização dos serviços, antecipando para 2029 a universalização do abastecimento de água e da coleta e tratamento de esgoto, com investimentos projetados de R$ 66 bilhões para isso, incluindo medidas voltadas à redução tarifária e à ampliação do acesso para famílias de baixa renda, promovendo maior equidade social (SEMIL, 2024).

Os indicadores de saneamento básico são ferramentas indispensáveis para o planejamento e a gestão eficiente dos serviços, ao fornecerem dados detalhados sobre a cobertura das redes de abastecimento e esgoto. Esses dados permitem a identificação de áreas prioritárias, a alocação estratégica de recursos e a formulação de políticas públicas mais assertivas. Além disso, eles garantem maior transparência e accountability na gestão dos recursos destinados ao setor (PINTANEL et al., 2021).

A espacialização desses indicadores, por meio de técnicas de geoprocessamento, acrescenta uma dimensão geográfica à análise, viabilizando a criação de mapas temáticos que destacam a distribuição espacial dos serviços. Essa abordagem é particularmente útil para identificar padrões e desigualdades, contribuindo para um planejamento mais eficiente e direcionado. Na Região Metropolitana de São Paulo, a análise por setor censitário se mostra uma ferramenta valiosa, pois oferece uma visão detalhada das demandas locais, permitindo intervenções mais precisas e eficazes (TONIOLO et al., 2020).

OBJETIVOS

Espacializar os indicadores de cobertura dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, analisando sua distribuição por setor censitário nos municípios operados pela Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

METODOLOGIA UTILIZADA

A área de estudo compreende todos os municípios na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com exceção de Mogi das Cruzes e São Caetano do Sul, não operados pela Sabesp. A RMSP abriga mais de 21 milhões de habitantes distribuídos em uma área de 8.052 km², caracterizada por uma ampla diversidade de uso do solo e atividades econômicas. Essa região engloba desde comunidades tradicionais indígenas (em Parelheiros, São Paulo), zonas rurais presentes em todos os municípios, inclusive na capital, até áreas de urbanização avançada, com alta disponibilidade de infraestrutura (FRACALANZA & ALVES, 2022).

A metodologia adotada utilizou o software QGIS 3.22 para espacializar e analisar três indicadores de saneamento básico: (a) cobertura de abastecimento de água, (b) cobertura de coleta de esgoto e (c) cobertura de tratamento de esgoto. Para isso, foram utilizadas camadas vetoriais no formato shapefile, incluindo limites dos municípios da RMSP, limite da RMSP, domicílios do Censo Demográfico de 2022 (tipo ponto), redes de água, redes de esgoto, áreas de cobertura de tratamento e setores censitários.

Inicialmente, os dados de domicílios foram filtrados para incluir apenas os municípios operados pela Sabesp e as unidades classificadas como domicílios particulares. Na sequência, foram criados três atributos na camada de domicílios: "Água," "Esgoto_Coleta" e "Esgoto_Tratamento," preenchidos com os valores "Sim" ou "Não." A data base dos arquivos redes e mancha de tratamento são de julho de 2024.

Para identificar os domicílios atendidos, a camada de domicílios foi cruzada com as camadas de redes de água e redes de esgoto, considerando-se atendido o domicílio que possui rede em um raio de até 15m de distância. Esse valor reflete a distância média entre o imóvel e as redes geralmente instaladas nos logradouros. Domicílios dentro do dessa área foram classificados como atendidos ("Sim"), enquanto aqueles fora do limite foram classificados como não atendidos ("Não").

A análise da cobertura de tratamento seguiu o mesmo procedimento, mas utilizando a camada de cobertura de tratamento, composta por polígonos identificando as áreas cujo esgoto gerado é encaminhado para tratamento. Essa camada é elaborada pelas áreas operacionais da Sabesp com base em vistorias de campo que verificam a interligação das redes coletoras ao sistema de coleta e afastamento, garantindo o encaminhamento dos efluentes às estações de tratamento de esgoto (ETEs).

Após a classificação, sete novos atributos foram adicionados à cada polígono da camada de setores censitários, incluindo: "Quantidade de domicílios particulares," "Quantidade de domicílios cobertos por água", "Quantidade de domicílios não cobertos por água", "Quantidade de domicílios cobertos por coleta de esgoto", "Quantidade de domicílios não cobertos por coleta de esgoto", "Quantidade de domicílios cobertos por tratamento" e "Quantidade de domicílios não cobertos por tratamento." Esses atributos foram preenchidos automaticamente, pelo método de contagem, que somou os domicílios classificados dentro de cada setor censitário.

Com essas informações, os indicadores de cobertura foram calculados considerando duas escalas: global, por município, e segmentada, pelos recortes de setor censitário, definidos como Área Formal (Urbano), Área Informal (Favela) e Área Rural. Os indicadores de cobertura de água (ICA), coleta de esgoto (ICE) e tratamento de esgoto (IEC) foram calculados como a relação entre o número de domicílios cobertos e o total de domicílios no setor censitário ou no município correspondente. Por fim, os resultados foram espacializados em mapas temáticos, permitindo uma visualização clara da distribuição dos serviços de saneamento na RMSP.

Figura 1: Etapas da metodologia.
Fonte: autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta valores médios dos indicadores.

Tabela 1: Valores médios dos indicadores ICA, ICE e IEC por município e recorte.

Município	Favela			Rural			Urbana		
	ICA	ICE	IEC	ICA	ICE	IEC	ICA	ICE	IEC
Arujá	42,51	7,60	7,30	21,20	1,22	0,60	81,56	75,43	66,36
Barueri	66,85	68,93	55,37	37,64	21,00	20,00	72,46	81,48	55,11
Biritiba Mirim	50,58	84,51	84,51	10,91	11,21	10,35	57,49	55,13	55,06
Caieiras	60,51	52,03	36,90	16,07	11,03	6,17	78,95	72,24	26,23
Cajamar	42,09	20,74	3,77	13,78	5,04	-	65,97	55,32	6,10
Campo Limpo Paulista	32,08	6,25	-	-	-	-	16,67	-	-
Carapicuíba	64,90	58,60	34,92	-	-	-	80,96	86,07	52,18
Cotia	46,79	32,20	16,07	31,49	4,39	1,12	68,89	53,26	32,0
Diadema	89,96	94,86	77,38	-	-	-	83,27	93,61	79,37
Embu das Artes	83,27	62,52	54,06	51,47	12,05	8,53	83,69	77,20	71,78
Embu-Guaçu	44,34	12,00	2,24	26,80	6,54	4,55	72,20	47,71	43,23
Ferraz de Vasconcelos	73,39	58,77	37,29	26,39	24,44	16,12	82,87	86,78	61,47
Francisco	79,07	52,30	0,94	18,96	3,74	-	86,60	67,86	1,89

Morato									
Franco da Rocha	77,55	52,60	18,18	14,73	6,16	-	77,83	68,61	33,50
Guarulhos	79,69	70,63	19,76	15,42	10,27	2,22	72,42	73,35	19,73
Itapecerica da Serra	76,05	49,92	41,81	25,65	11,07	6,59	84,21	70,39	57,85
Itapevi	76,12	51,50	28,64	40,49	10,16	8,31	81,90	77,77	49,63
Itaquaquecetuba	81,94	54,73	15,83	98,00	-	-	83,81	75,52	24,38
Jandira	69,27	71,08	52,80	-	-	-	83,36	82,20	45,81
Mairiporã	28,36	8,86	8,00	10,74	1,08	0,85	40,78	22,19	14,93
Mauá	72,66	0,90	0,28	50,80	6,12	-	84,90	1,20	0,95
Osasco	77,02	47,93	24,67	5,56	-	-	78,34	82,49	52,21
Pirapora do Bom Jesus	68,27	74,25	21,04	17,31	7,12	0,85	77,33	72,74	31,79
Poá	12,54	57,92	56,51	19,40	15,67	14,93	87,95	98,93	98,78
Ribeirão Pires	71,53	35,10	34,43	46,68	23,73	11,98	89,58	83,72	65,92
Rio Grande da Serra	84,78	62,84	26,81	66,19	33,99	28,09	89,17	86,01	71,92
Salesópolis	-	-	-	13,67	17,63	16,46	60,57	62,24	62,01
Santana de Parnaíba	57,65	56,94	47,95	33,24	21,54	13,31	73,54	67,71	45,10
Santo André	75,04	85,12	68,71	14,08	14,83	9,90	85,32	93,98	77,53
São Bernardo do Campo	87,10	74,34	24,44	17,53	12,18	2,42	76,44	86,40	59,64
São Paulo	82,64	81,32	65,90	23,74	14,47	10,96	78,63	92,91	82,71
Suzano	68,15	60,32	25,62	9,99	7,35	6,35	74,92	81,93	61,33
Taboão da Serra	83,83	93,99	91,68	-	-	-	76,08	95,90	94,93
Vargem Grande Paulista	-	-	-	47,36	-	-	79,63	38,99	16,73

Fonte: autoria própria.

A análise da Tabela 1 evidencia diferenças significativas entre os contextos urbanos, áreas de favelas e zonas rurais nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

No contexto urbano, os valores dos indicadores são geralmente mais elevados, com o Indicador de Cobertura de Água (ICA) frequentemente acima de 80% e ICE alcançando números próximos. Municípios como São Paulo, Santo André e Taboão da Serra mostram consistência em todos os indicadores no recorte urbano, destacando-se na universalização dos serviços. O IEC, embora mais baixo que os demais indicadores, apresenta valores significativos em áreas urbanas desenvolvidas, com destaque para municípios como São Paulo (82,71%) e Diadema (79,37%). Contudo, em alguns municípios, como Osasco e Suzano, há um descompasso entre o Indicador de Cobertura de Coleta de Esgoto (ICE) e o Indicador de Cobertura de Tratamento de Esgoto (IEC), indicando que nem todo esgoto coletado é tratado.

Nas favelas, os indicadores, de forma geral, são mais heterogêneos. Embora municípios como Santo André e São Paulo apresentem valores elevados para ICA e ICE (acima de 80%), os níveis de IEC são mais baixos, indicando gargalos no tratamento de esgoto mesmo onde a coleta está consolidada. Por outro lado, municípios como Mauá e Mairiporã enfrentam desafios graves, com indicadores baixos em todos os serviços, evidenciando desigualdades significativas no acesso ao saneamento em áreas de urbanização informal.

As áreas rurais apresentam os menores desempenhos nos três indicadores. Municípios como Mairiporã, Embu-Guaçu e Salesópolis têm valores muito baixos para ICA e ICE (geralmente abaixo de 20%) e quase inexistentes para IEC. Ressalta-se que antes da desestatização da Sabesp, as áreas rurais não eram responsabilidade de operação dela, pois não estavam dentro da área atendível do contrato do município, portanto faltam informações a respeito desse recorte.

A Tabela 1 evidencia um padrão claro de desigualdade: os indicadores são mais altos em setores urbanos, enquanto as áreas rurais e favelas enfrentam os maiores desafios, com lacunas ainda mais pronunciadas no tratamento de esgoto. Essa análise reforça a necessidade de estratégias específicas para cada recorte, priorizando a ampliação da infraestrutura de coleta e tratamento em favelas e áreas rurais, ao mesmo tempo em que se buscam soluções

sustentáveis e economicamente viáveis para superar as barreiras logísticas e econômicas presentes nesses contextos. A integração entre coleta e tratamento de esgoto é particularmente urgente para garantir maior equidade no acesso ao saneamento básico na RMSP.

A Tabela 2 apresenta a contagem de domicílios particulares, cobertos por município.

Tabela 2: Quantidade de domicílios particulares total e cobertos por município.

Município	Domicílio Particular	Água	Coleta	Tratamento
Arujá	34.266	5.567	7.240	24.363
Barueri	124.080	31.487	15.968	72.883
Biritiba Mirim	14.188	6.617	6.522	7.646
Caieiras	36.845	6.754	9.280	9.951
Cajamar	38.845	13.562	17.737	2.220
Carapicuíba	150.556	31.483	24.387	75.352
Cotia	119.288	36.369	54.374	37.328
Diadema	161.753	21.957	6.987	130.566
Embu das Artes	101.230	14.585	23.068	72.043
Embu-Guaçu	29.864	10.388	17.473	10.981
Ferraz de Vasconcelos	69.646	12.834	12.004	39.364
Francisco Morato	63.667	9.001	21.606	1.129
Franco da Rocha	56.475	10.284	16.864	18.148
Guararema	15.270	15.270	15.211	-
Guarulhos	514.716	114.358	114.689	107.633
Itapecerica da Serra	65.339	13.221	22.031	35.778
Itapevi	91.084	16.898	24.782	40.630
Itaquaquecetuba	138.883	21.026	40.396	32.286
Jandira	47.219	7.763	8.266	20.940
Mairiporã	45.328	25.344	33.731	7.561
Mauá	170.954	28.843	169.468	999
Osasco	289.688	66.194	57.422	148.226
Pirapora do Bom Jesus	7.622	2.069	2.431	1.655
Poá	39.973	5.358	740	39.151
Ribeirão Pires	44.648	4.399	7.173	29.447
Rio Grande da Serra	17.927	2.126	3.430	12.056
Salesópolis	8.264	4.684	4.506	3.724
Santana de Parnaíba	59.532	14.451	20.683	25.130
Santo André	322.564	50.185	19.867	248.474
São Bernardo do Campo	333.733	66.977	46.007	177.632
São Lourenço da Serra	8.612	8.612	8.606	-
São Paulo	4.991.654	952.954	327.716	4.087.169
Suzano	122.648	30.109	21.587	73.422
Taboão da Serra	111.686	26.253	1.634	108.951
Vargem Grande Paulista	21.053	4.036	11.674	4.213
Total	**8.469.100**	**1.692.018**	**1.195.560**	**5.707.051**

Fonte: autoria própria.

A análise da Tabela 2 evidencia importantes disparidades na cobertura dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto nos municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O abastecimento de água apresenta a maior cobertura absoluta, com 1.692.018 domicílios atendidos, seguido pela coleta de esgoto com 1.195.560 domicílios e, por fim, o tratamento de esgoto com 5.707.051 domicílios.

Apesar de o abastecimento de água estar mais consolidado, ainda existem lacunas significativas em municípios menores ou periféricos, como Pirapora do Bom Jesus e Rio Grande da Serra, onde a cobertura é limitada. O tratamento de esgoto apresenta os maiores déficits, mesmo em locais com alta coleta, como Mauá, onde a coleta

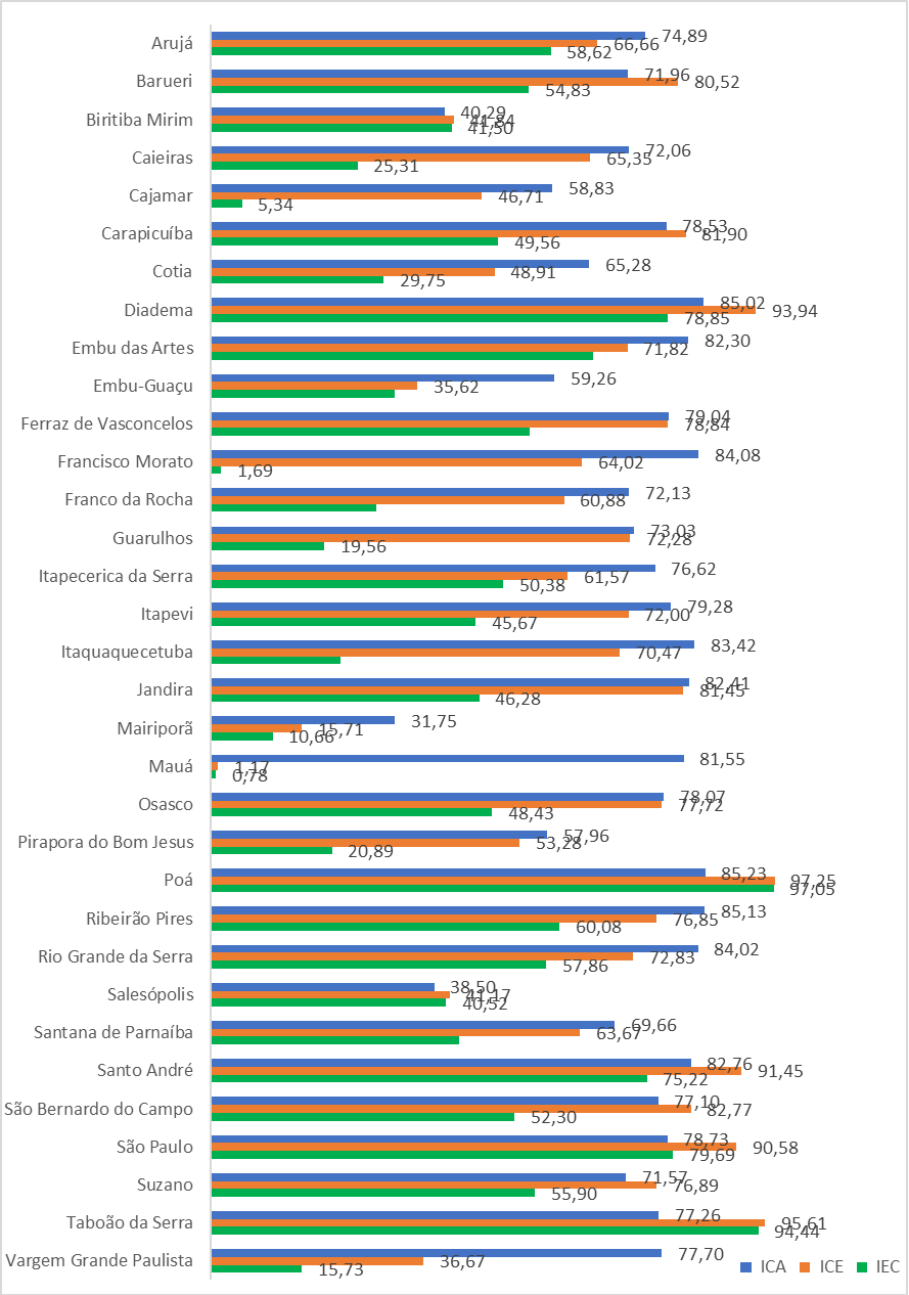
cobre quase todos os domicílios, mas apenas 999 têm o esgoto efetivamente tratado.

Grandes centros urbanos como São Paulo, Santo André e Osasco apresentam números robustos e maior integração entre coleta e tratamento, refletindo uma infraestrutura mais consolidada. No entanto, municípios periféricos e rurais, como Mairiporã, Embu-Guaçu e Salesópolis, enfrentam desafios logísticos e econômicos que limitam significativamente a cobertura dos serviços de saneamento básico.

A diferença expressiva entre a coleta e o tratamento de esgoto em diversos municípios destaca a necessidade de investimentos direcionados à ampliação e integração das infraestruturas existentes, de modo a reduzir o impacto ambiental e social decorrente do lançamento de esgoto sem tratamento. De modo geral, a análise reforça a importância de políticas públicas regionais que abordem as desigualdades existentes e priorizem a universalização do saneamento básico, especialmente nas localidades mais vulneráveis.

A Figura 1 apresenta os índices de cobertura de água (ICA), de coleta (ICE) e de tratamento (IEC).

Figura 1: Gráfico dos indicadores ICA, ICE e IEC dos municípios.



Fonte: autoria própria.

A Figura 1 evidencia padrões claros de disparidade na cobertura de saneamento básico. De modo geral, o Indicador de Cobertura de Água (ICA) apresenta os maiores valores, frequentemente ultrapassando 90% em municípios como Osasco (97,25%), Mauá (93,94%) e São Paulo (90,58%). Esse resultado reflete o estágio mais avançado da infraestrutura de abastecimento de água, com cobertura bastante homogênea, especialmente nos municípios mais urbanizados.

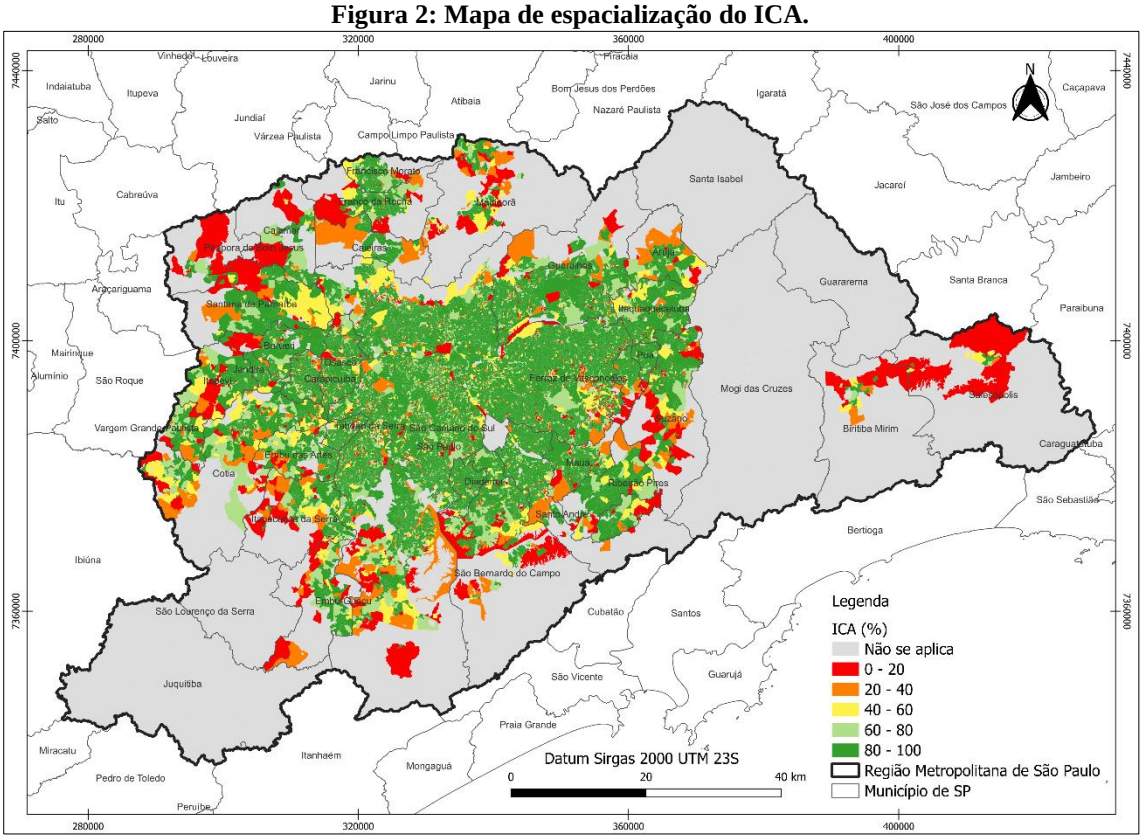
Por outro lado, o Indicador de Cobertura de Coleta de Esgoto (ICE) é consistentemente menor que o ICA na maioria dos municípios, destacando o descompasso entre a infraestrutura de água e esgoto. Em municípios como Mairiporã (31,75%) e Vargem Grande Paulista (36,67%), o ICE é particularmente baixo, evidenciando um déficit significativo na coleta de esgoto. Essa lacuna é ainda mais evidente no Indicador de Cobertura de Tratamento de Esgoto (IEC), que apresenta os valores mais baixos entre os três indicadores. Municípios como Francisco Morato (1,69%), Mairiporã (10,66%) e Guarulhos (19,56%) demonstram uma infraestrutura de tratamento extremamente limitada, com grande parte do esgoto coletado sendo lançado sem tratamento adequado.

Os municípios com maior equilíbrio entre os indicadores são aqueles mais centralizados e urbanizados, como Santo André, São Bernardo do Campo e Osasco, onde o IEC, embora menor que os demais, ainda se mantém em níveis relativamente altos. Em contraste, municípios mais periféricos, como Juquitiba, Embu-Guaçu e Biritiba Mirim, apresentam um descompasso acentuado entre os indicadores, com o IEC frequentemente sendo menos da metade do ICA.

Esses resultados destacam a necessidade de priorizar investimentos em infraestrutura de coleta e, especialmente, em tratamento de esgoto, para reduzir o impacto ambiental e social associado ao lançamento de efluentes in natura. A análise também reforça a importância de políticas públicas que levem em conta as desigualdades regionais, garantindo avanços na universalização do saneamento básico em toda a RMSP.

O mapa do Indicador de Cobertura de Água (ICA) (Figura 2) apresenta a distribuição percentual do abastecimento de água nos setores censitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Figura 2: Mapa de espacialização do ICA.



Fonte: autoria própria.

Observa-se na Figura 2 que a maior parte dos setores censitários exibe alta cobertura (80% - 100%), destacando áreas urbanizadas e centrais como São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Osasco e Guarulhos. Essas regiões, em verde no mapa, refletem uma infraestrutura consolidada e alta densidade populacional, o que favorece a manutenção e expansão do abastecimento de água. Por outro lado, setores com cobertura moderada (60% - 80%), representados em tons amarelos e laranjas, estão predominantemente em zonas periféricas ou áreas urbanas intermediárias, geralmente em transição entre os centros urbanos e regiões rurais. Esses setores sugerem uma infraestrutura em desenvolvimento, com cobertura limitada em relação às áreas mais centrais.

Os setores em vermelho, indicando baixa cobertura (0% - 20%), estão localizados principalmente em áreas críticas, como zonas de urbanização informal, periferias e regiões rurais. Essas áreas, localizadas na borda sul da RMSP, em municípios como Juquitiba e Embu-Guaçu, e no norte, em Santa Isabel e Nazaré Paulista, refletem os maiores desafios para a universalização do abastecimento. A infraestrutura nessas regiões enfrenta dificuldades logísticas e econômicas, agravadas pela baixa densidade populacional ou irregularidades fundiárias.

Setores em cinza representam áreas onde o indicador não foi calculado, como reservas ambientais, corpos d'água ou áreas não habitadas, exemplificadas pela Serra do Mar e zonas protegidas no extremo sul da RMSP. Essa ausência de dados destaca as limitações do indicador em regiões ambientalmente protegidas.

O padrão geral evidencia uma desigualdade marcante no acesso ao abastecimento de água entre áreas centrais e periféricas. As regiões mais distantes dos grandes centros urbanos, especialmente em zonas rurais ou de ocupação informal, apresentam cobertura insuficiente, reforçando a necessidade de políticas públicas e investimentos voltados para atender a essas localidades. O mapa demonstra que o abastecimento está concentrado em áreas economicamente mais desenvolvidas, o que reflete a priorização de investimentos em zonas urbanas formais.

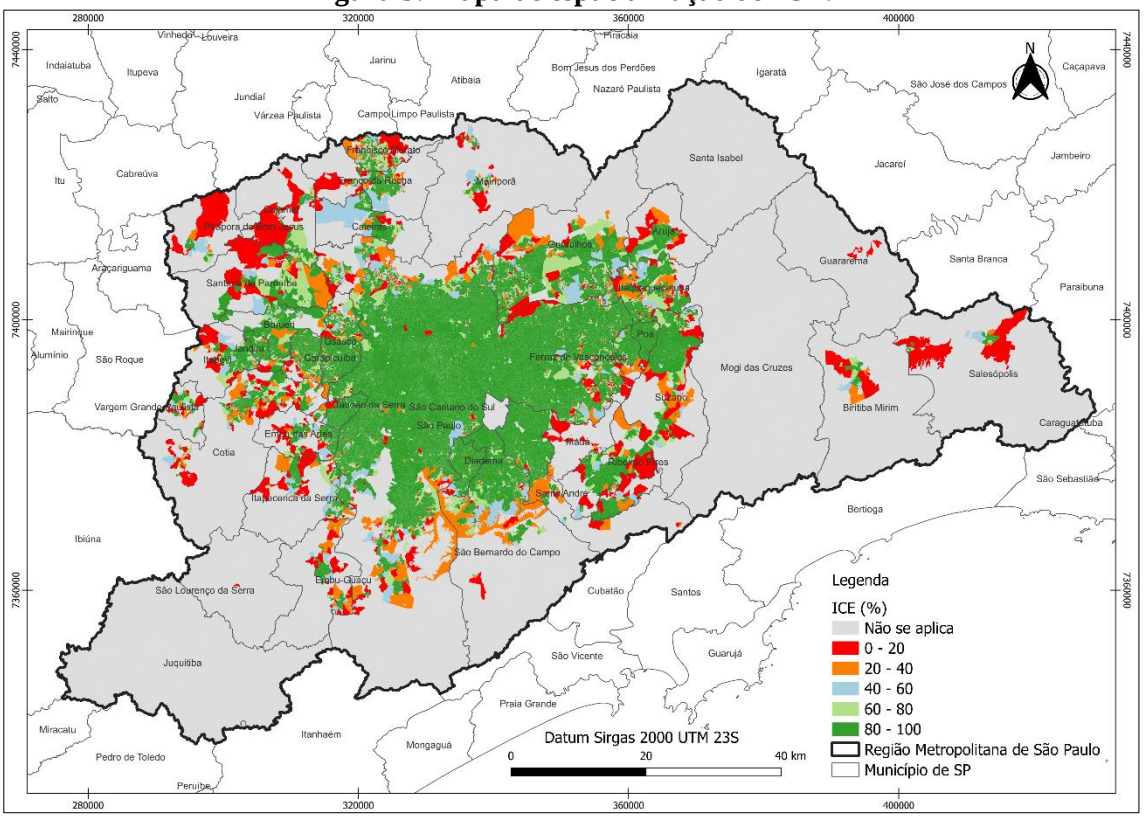
Portanto, o ICA exposto na Figura 2 aponta a necessidade de estratégias específicas para alcançar a universalização do abastecimento, com atenção especial às áreas em vermelho. Regiões periféricas e rurais demandam maior esforço logístico e financeiro para levar infraestrutura adequada e atender às populações mais vulneráveis. A análise reafirma a importância de ações planejadas que busquem mitigar desigualdades regionais e superar barreiras para a expansão do serviço.

O mapa do Indicador de Cobertura de Coleta de Esgoto (ICE) (Figura 3) apresenta a distribuição percentual da coleta de esgoto nos setores censitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O mapa do Indicador de Cobertura de Coleta de Esgoto (ICE), isto é, Figura 3, reflete a distribuição da infraestrutura de coleta de esgoto nos setores censitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As áreas com alta cobertura (80% - 100%), indicadas em verde, estão concentradas principalmente em regiões urbanizadas e consolidadas, como São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Osasco e Guarulhos. Esses locais apresentam uma infraestrutura de coleta de esgoto bem desenvolvida, correlacionada com a maior densidade populacional e investimentos históricos em saneamento.

Verifica-se que pela Figura 3 que as áreas com cobertura moderada (60% - 80%), representadas em amarelo e laranja, localizam-se nas bordas dos grandes centros urbanos, em zonas de transição para áreas periféricas ou rurais. Esses setores indicam uma infraestrutura de coleta de esgoto em expansão, mas ainda insuficiente para atender plenamente à demanda populacional.

Figura 3: Mapa de espacialização do ICE.



Fonte: autoria própria.

A Figura 3 aponta que os setores com cobertura baixa (0% - 20%), em vermelho, mostram regiões críticas com pouca ou nenhuma coleta de esgoto. Essas áreas estão concentradas em municípios mais periféricos, como Juquitiba, Embu-Guaçu e zonas ao norte, como Santa Isabel e Nazaré Paulista, bem como em setores de urbanização informal em cidades mais centrais. Nessas regiões, desafios como ocupações irregulares, baixa densidade populacional e complexidades logísticas dificultam a expansão da infraestrutura de coleta.

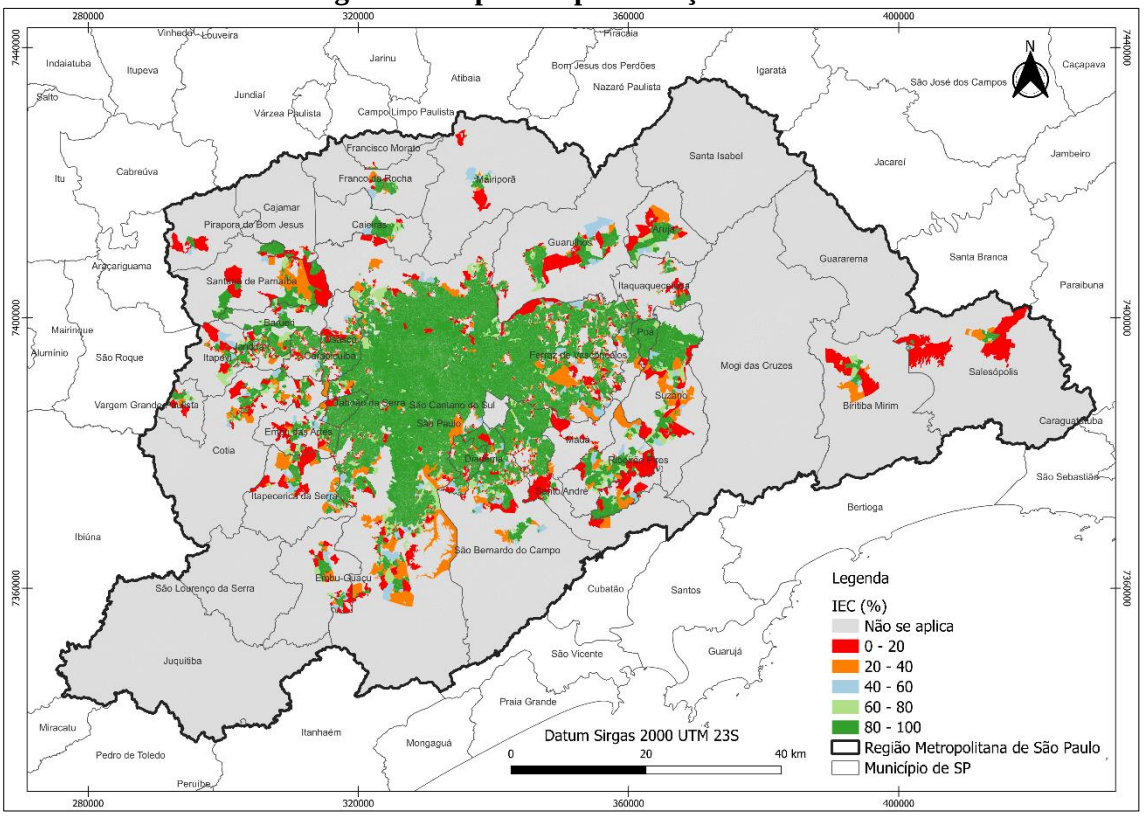
Novamente, as áreas em cinza representam regiões onde o indicador não foi aplicado, como reservas ambientais, corpos d'água ou setores não habitados, exemplificados pela Serra do Mar e outros espaços protegidos. Esse padrão evidencia que a coleta de esgoto é ainda mais desigual do que o abastecimento de água, com lacunas significativas em setores periféricos e rurais.

Em termos gerais, o ICE revela uma forte correlação entre infraestrutura de coleta e urbanização, com setores formais e economicamente mais desenvolvidos apresentando alta cobertura, enquanto áreas rurais e informais enfrentam os maiores déficits. O mapa destaca a urgência de investimentos direcionados à ampliação da coleta de esgoto em regiões mais vulneráveis, como os setores em vermelho, para avançar na universalização do saneamento básico. Estratégias específicas devem considerar as condições socioeconômicas e logísticas dessas localidades, buscando mitigar desigualdades regionais e garantir o acesso ao serviço para toda a população da RMSP.

O mapa do Indicador de Cobertura de Tratamento de Esgoto (IEC) (Figura 4) apresenta a distribuição percentual da tratamento de esgoto nos setores censitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O mapa do Indicador de Cobertura de Tratamento de Esgoto (IEC), que é a Figura 4, reflete a proporção do esgoto coletado que é efetivamente tratado nos setores censitários da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As áreas com alta cobertura de tratamento (80% - 100%), destacadas em verde, estão concentradas nas regiões centrais e mais urbanizadas da metrópole, como São Paulo e municípios adjacentes, como Santo André, São Bernardo do Campo e Osasco. Essas áreas representam locais onde a infraestrutura de coleta está diretamente conectada a estações de tratamento de esgoto (ETEs), evidenciando uma gestão eficiente no processamento dos efluentes.

Figura 4: Mapa de espacialização do IEC.



Fonte: autoria própria.

A Figura 4 mostra que as as áreas com cobertura moderada (60% - 80%), em tons amarelos e laranjas, encontram-se em setores de transição entre zonas urbanas centrais e periferias ou regiões em desenvolvimento. Esses setores indicam uma infraestrutura parcialmente implantada, onde parte do esgoto coletado ainda é lançado diretamente em corpos hídricos, mesmo com a presença de redes de coleta.

Os setores com baixa cobertura de tratamento (0% - 20%), marcados em vermelho, representam áreas críticas onde há coleta de esgoto, mas o efluente não é tratado de maneira adequada ou é lançado in natura. Essas regiões estão espalhadas principalmente nas bordas da RMSP, como os municípios de Juquitiba, Embu-Guaçu e Santa Isabel, além de aparecerem em áreas informais mais próximas aos centros urbanos. O desafio nessas áreas é integrar a infraestrutura de coleta à rede de interceptores ou ETEs, o que muitas vezes é limitado por questões logísticas, econômicas ou legais.

As áreas em cinza indicam setores onde o indicador não se aplica, provavelmente devido à ausência de esgoto coletado, seja por conta de áreas não habitadas, zonas rurais sem coleta estruturada ou reservas ambientais, como ocorre na Serra do Mar e outras regiões protegidas da RMSP.

O padrão geral evidencia um déficit significativo na capacidade de tratamento em comparação com a coleta de esgoto, indicando que a infraestrutura de tratamento está menos desenvolvida do que a de coleta. Isso reflete uma necessidade urgente de investimentos em estações de tratamento e na ampliação de redes de interceptores. Além disso, as regiões em vermelho são as que mais demandam atenção, pois representam pontos de maior impacto ambiental e de risco à saúde pública.

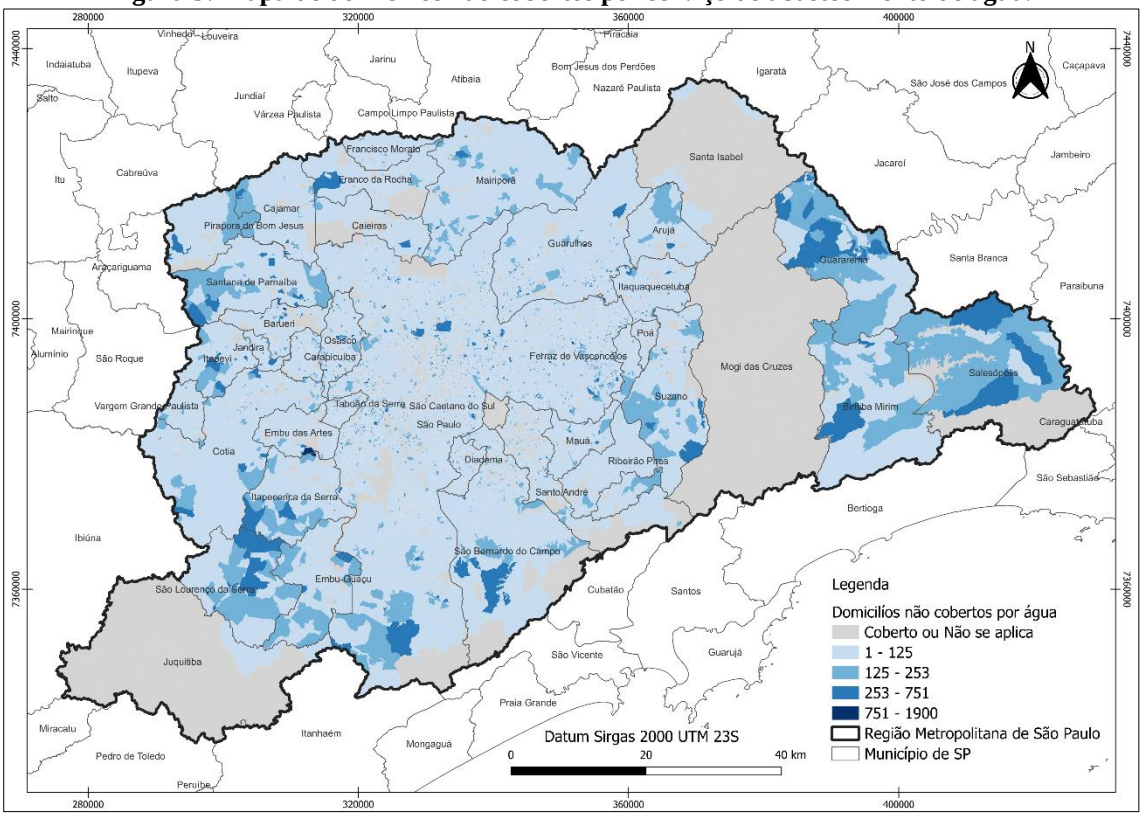
A análise do IEC reforça a importância de políticas públicas voltadas para a universalização do tratamento de esgoto, especialmente nas regiões mais vulneráveis. A conexão entre coleta e tratamento deve ser priorizada para assegurar que o esgoto coletado não seja simplesmente descartado de forma inadequada, mas sim tratado de maneira eficiente, contribuindo para a saúde da população e a preservação ambiental na RMSP.

A comparação dos três indicadores espacializados (ICA, ICE e IEC) evidencia disparidades significativas na abrangência e desenvolvimento da infraestrutura de saneamento básico na Região Metropolitana de São Paulo

(RMSP). O Indicador de Cobertura de Água (ICA) apresenta a maior extensão territorial com alta cobertura (80% - 100%), refletindo o estágio mais avançado na universalização do abastecimento de água em relação aos outros serviços. Já o Indicador de Cobertura de Coleta de Esgoto (ICE) mostra uma redução notável na abrangência, com setores em verde mais concentrados nas áreas urbanizadas centrais e uma ampliação das áreas em vermelho (0% - 20%), principalmente nas periferias e regiões rurais, destacando um déficit maior na coleta de esgoto. O Indicador de Cobertura de Tratamento de Esgoto (IEC) é o mais restrito dos três, com áreas de alta cobertura ainda mais limitadas e com significativa presença de setores críticos onde o esgoto coletado não é tratado. Essa redução progressiva de cobertura, do ICA para o IEC, reflete o descompasso entre as etapas do saneamento, sendo o tratamento de esgoto o maior gargalo. Essa diferença espacial entre os indicadores ressalta a urgência de intervenções voltadas para expandir a coleta e, sobretudo, integrar a infraestrutura existente à capacidade de tratamento, garantindo uma gestão sustentável e eficiente do saneamento na RMSP.

A Figura 5 apresenta o mapa da distribuição da quantidade de domicílios não cobertos pelo serviço de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As áreas mais escuras, que representam o maior número de domicílios não atendidos (751 a 1.900), concentram-se principalmente nas regiões periféricas e rurais da RMSP, como Biritiba Mirim, Salesópolis e partes de Mairiporã, Embu-Guaçu e Juquitiba. Essas áreas refletem desafios logísticos e econômicos para a expansão da infraestrutura, devido à baixa densidade populacional ou à dificuldade de acesso.

Figura 5: Mapa de domicílios não cobertos por serviço de abastecimento de água.



Fonte: autoria própria.

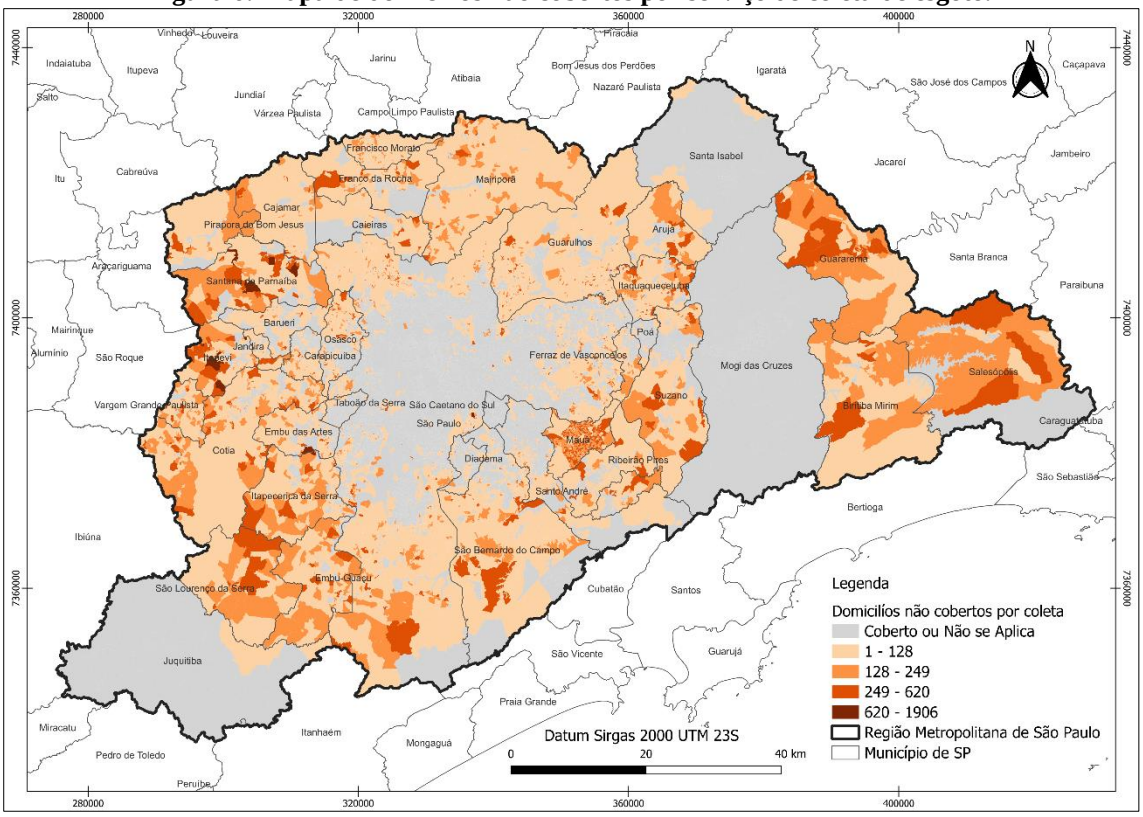
Por outro lado, áreas mais claras, indicando menor quantidade de domicílios não cobertos (1 a 125), são predominantes em regiões urbanas consolidadas, como a capital São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo e Osasco. Isso reflete uma maior consolidação da infraestrutura de abastecimento de água nesses locais, onde a densidade populacional e os investimentos históricos favoreceram a universalização do serviço.

Regiões cinza representam áreas onde o indicador não se aplica, seja por ausência de domicílios, como em áreas de preservação ambiental (ex.: Serra do Mar), ou por já estarem cobertas pelo serviço. Essas áreas estão concentradas principalmente nas regiões centrais da RMSP e em municípios com alta urbanização.
O padrão espacial observado reflete a desigualdade no acesso ao abastecimento de água, com uma clara divisão entre regiões urbanizadas e periféricas. O mapa destaca a necessidade de políticas públicas direcionadas à expansão da infraestrutura em municípios rurais e periféricos, onde a universalização do abastecimento de água enfrenta

barreiras significativas. A priorização dessas áreas é essencial para garantir o acesso equitativo ao serviço e para reduzir as disparidades regionais na RMSP.

O mapa dos domicílios não atendidos pelo serviço de coleta de esgoto na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Figura 6) destaca a distribuição do déficit de infraestrutura de saneamento relacionado à coleta, evidenciando desigualdades espaciais entre os municípios. Os setores com maior quantidade de domicílios não atendidos (620 a 1.906, indicados pelos tons mais intensos) estão localizados, sobretudo, em regiões periféricas e de ocupação recente, como em Guarulhos, Itaquaquecetuba, Embu-Guaçu, Mairiporã e Salesópolis. Esses locais representam áreas de difícil expansão da rede de coleta, seja por limitações econômicas, baixa densidade populacional ou ausência de regularização fundiária.

Figura 6: Mapa de domicílios não cobertos por serviço de coleta de esgoto.



Fonte: autoria própria.

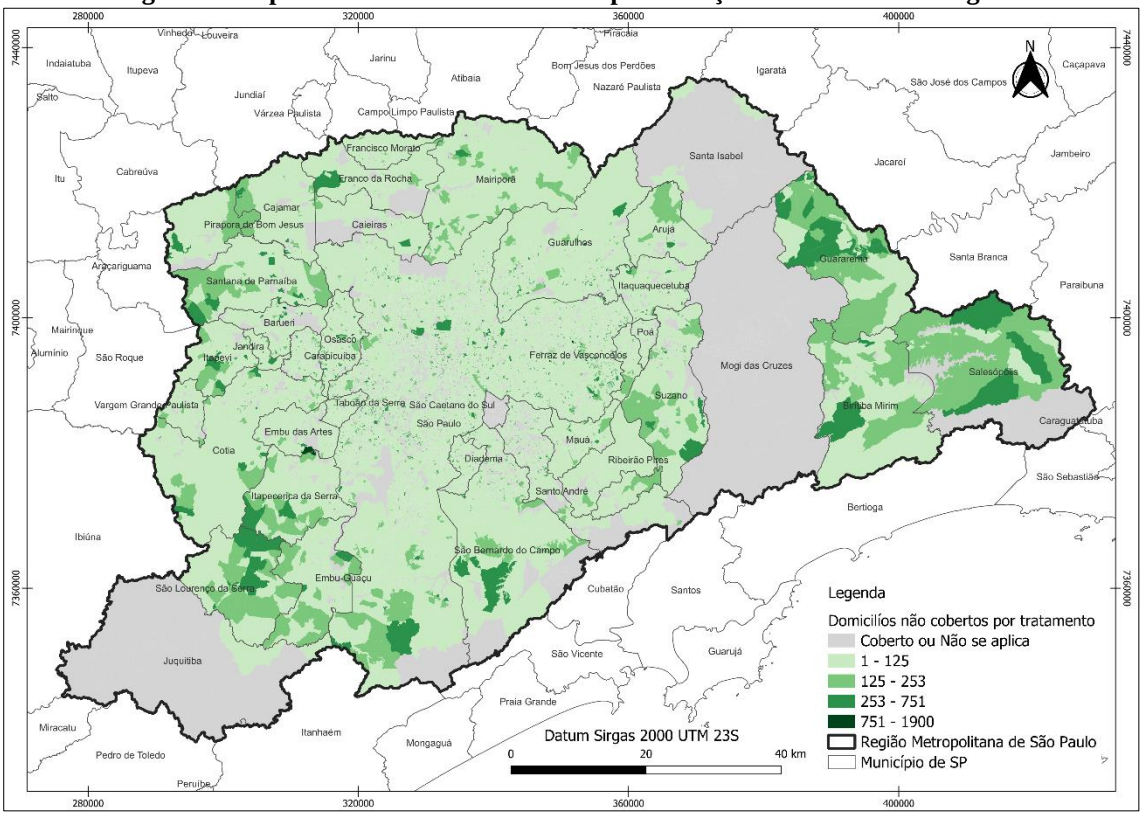
Analisando a Figura 6, observa-se que nos municípios mais urbanizados, como São Paulo, Santo André e Osasco, a predominância de áreas em tons mais claros (1 a 128 domicílios não atendidos) reflete uma infraestrutura de coleta mais abrangente e consolidada. Ainda assim, mesmo nesses locais, pequenos bolsões de déficit podem ser observados, particularmente em zonas de transição entre áreas centrais e periferias, ou em regiões de urbanização informal.

A distribuição desigual apresentada no mapa sugere que a ausência de cobertura está diretamente relacionada à configuração urbana e ao estágio de desenvolvimento dos municípios. Em áreas rurais ou de expansão urbana desordenada, a ausência de redes coletoras é mais evidente, o que compromete o avanço na universalização do saneamento básico. Nos municípios com maior densidade populacional, o desafio pode estar associado a lacunas históricas ou à dificuldade de conectar novas áreas à rede existente.

O mapa também revela a necessidade de ações direcionadas para regiões onde o déficit de coleta ainda é expressivo. Estratégias como a instalação de redes coletoras modulares ou a implementação de tecnologias alternativas podem ser cruciais para superar as limitações estruturais, especialmente em municípios periféricos. Além disso, a integração de políticas habitacionais e de saneamento pode desempenhar um papel importante na regularização de áreas informais, permitindo a expansão ordenada da infraestrutura e a redução das desigualdades observadas na RMSP.

A Figura 7 apresenta o mapa dos domicílios sem acesso ao tratamento de esgoto na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) revela um cenário preocupante, especialmente em municípios periféricos e rurais, onde a infraestrutura de saneamento ainda é insuficiente. As áreas com maior concentração de domicílios não atendidos, representadas pelos tons mais escuros (751 a 1.900 domicílios), estão predominantemente localizadas em municípios como Salesópolis, Biritiba Mirim, Guarulhos, Embu-Guaçu e Mairiporã. Esses municípios enfrentam limitações significativas, não apenas na disponibilidade de estações de tratamento de esgoto (ETEs), mas também na integração dos sistemas de coleta e afastamento com sistemas de tratamento.

Figura 7: Mapa de domicílios não cobertos por serviço de tratamento de esgoto.



Fonte: autoria própria.

Verifica-se pela Figura 7 que nos centros urbanos e em municípios mais desenvolvidos, como São Paulo, Santo André e São Bernardo do Campo, predominam os tons mais claros (1 a 125 domicílios não atendidos), indicando uma maior cobertura do tratamento. Essas áreas demonstram que, embora a infraestrutura esteja mais consolidada, ainda existem lacunas pontuais, especialmente em bairros periféricos ou áreas de expansão urbana recente.

As áreas cinzas, onde o indicador não é aplicável, indicam regiões não habitadas ou com cobertura universal de tratamento, como as áreas de preservação ambiental ou reservas da Serra do Mar. Essa distribuição evidencia as desigualdades na cobertura de tratamento entre os diferentes municípios da RMSP, com as regiões rurais e municípios de menor porte sendo os mais afetados pela falta de serviços adequados.

O mapa reforça que o maior desafio da RMSP não é apenas a coleta de esgoto, mas a conexão efetiva dessa coleta com sistemas de tratamento, especialmente em municípios periféricos. A ausência de tratamento adequado resulta em impactos ambientais significativos, com esgoto sendo descartado diretamente em corpos hídricos. Para superar esse cenário, é essencial investir na expansão de ETEs e na criação de soluções inovadoras, como sistemas modulares de tratamento, que podem ser adaptados para atender áreas de baixa densidade ou de difícil acesso. A priorização dessas iniciativas contribuirá para a melhoria da saúde pública e para a preservação dos recursos naturais da região.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A conclusão deste estudo destaca que o objetivo principal foi alcançado com eficácia, permitindo a espacialização

dos indicadores de cobertura dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto por setor censitário nos municípios operados pela Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A análise realizada possibilitou identificar padrões de distribuição espacial, além de desigualdades significativas no acesso a esses serviços básicos entre áreas urbanas, favelas e rurais.

Os resultados evidenciaram que, enquanto o abastecimento de água apresenta uma cobertura mais ampla, os serviços de coleta e, principalmente, de tratamento de esgoto enfrentam maiores desafios de universalização, especialmente em setores rurais e informais. Essas disparidades reforçam a necessidade de políticas públicas que integrem estratégias para atender as regiões mais vulneráveis, reduzindo os impactos sociais e ambientais decorrentes da falta de infraestrutura adequada.

Como recomendação, sugere-se a compatibilização e comparação do banco de dados do IBGE, que fornece informações detalhadas sobre a distribuição dos domicílios, com o banco de dados de ligações e economias da Sabesp. Essa integração permitiria análises mais detalhadas, alinhando os dados censitários às informações operacionais da companhia, o que ampliaria a precisão na identificação de lacunas e o planejamento de intervenções para alcançar a universalização do saneamento na RMSP. Além disso, tal compatibilização facilitaria o monitoramento e a avaliação das metas estabelecidas no novo contrato de concessão da Sabesp.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. M. **Ações da Comissão de Segurança Hídrica do Município de São Paulo durante a pandemia de COVID-19**, em 2020. In: Jacobi, P.R. et ali. (org). Diálogos urgentes em tempos de incerteza e múltiplas crises. [recurso eletrônico]. São Paulo: IEE-USP, 2022.

FORMIGA-JOHNSSON, R.M.; BRITTO, A.L. Segurança hídrica, abastecimento metropolitano e mudanças climáticas: considerações sobre o caso do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, V. 23, 21 p., 2020.

PINTANEL, S. R.; CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N. A. Análise da correlação entre os indicadores de saneamento básico e as doenças de veiculação hídrica em municípios do sul do Rio Grande do Sul. **Revista Ambientale**, v. 13, n. 2, 2021.

RACALANZA, A. P.; ALVES, E. M. **O conceito de Segurança Hídrica no sistema de Governança da Região Metropolitana de São Paulo**. Diálogos Socioambientais, [S. l.], v. 5, n. 15, p. 19–22, 2022.

SEMIL. Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. **Desestatização Sabesp – Documentação Pós Consulta**. 2024. Disponível em <https://semil.sp.gov.br/desestatizacaosabesp/documentacao/>. Acesso em 02 dez. 2024.

SANTOS, A.; MARTINS, E.; PINTO, A. E. Os efeitos da inflação na avaliação das operações de privatização: o caso da Sabesp**. Revista de Direito Contábil Fiscal**, v. 6, n. 12, 2024.

TONIOLO, B. P.; SIMAS, I. T. H.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. **Uso do Geoprocessamento na Análise de Indicadores de Saneamento Básico e Densidade Populacional na Sabesp Oeste**. Anais do 31º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2020.