DIAGNÓSTICO TERRITORIAL DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO NO PROGRAMA UNIVERSALIZASP

Gustavo Massuia da Silveira[1]
Engenheiro civil pela FMU, especialista em Geoprocessamento pela PUC. Atua na Sabesp como engenheiro civil no Departamento de Planejamento de Expansão.

Bruno Pereira Toniolo[2]
Engenheiro civil, especialista em Geoprocessamento, mestre e doutor em Ciências Ambientais. Atua na Sabesp como engenheiro civil no Departamento de Planejamento de Expansão, e é docente na Escola Técnica de Getúlio Vargas e na Fatec São Paulo.

Rogério Inoue Ueda[3]
Tecnólogo em Construção Civil – Edificações pela Fatec São Paulo.

Endereço[1]**:** Av. do Estado, 681 - Pte. Pequena, São Paulo - SP, 01107-000 – Tel: +55 (11) 975130517 – e-mail: gmassuia@sabesp.com.br.

RESUMO

A universalização dos serviços de saneamento básico no Estado de São Paulo demanda diagnósticos territoriais capazes de captar a heterogeneidade municipal e intraurbana, especialmente no contexto do Programa UniversalizaSP. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo aplicar técnicas de geoprocessamento para apoiar o diagnóstico territorial dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, superando limitações de análises baseadas apenas em médias municipais. A metodologia baseou-se na integração de dados do Censo Demográfico 2022, indicadores operacionais de saneamento e bases cartográficas oficiais em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os índices de cobertura de água (ICA) e esgoto (ICE) foram analisados em nível de setor censitário, complementados por mapas temáticos, análises de proximidade de infraestrutura e estudo comparativo entre municípios com diferentes modelos de prestação. Para o município de Atibaia, realizou-se ainda uma estimativa diagnóstica da probabilidade de cobertura por logradouro. Os resultados evidenciaram elevada heterogeneidade territorial, com maior consolidação do abastecimento de água em relação ao esgotamento sanitário, identificado como principal gargalo da universalização. Conclui-se que o uso de SIG constitui ferramenta estratégica para qualificar o planejamento do UniversalizaSP, apoiando a identificação de áreas prioritárias e a tomada de decisão orientada por evidências espaciais.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Universalização do Saneamento, Indicadores.

INTRODUÇÃO

A universalização dos serviços de saneamento básico é reconhecida como condição essencial para a promoção da saúde pública, da qualidade ambiental e do desenvolvimento urbano sustentável. No Brasil, entretanto, a provisão desses serviços historicamente se desenvolveu de forma desigual, refletindo disparidades regionais, limitações institucionais e dificuldades financeiras dos municípios, especialmente no que se refere ao esgotamento sanitário (HELLER; CASTRO, 2013).

A promulgação da Lei nº 14.026/2020, que institui o novo Marco Legal do Saneamento, estabeleceu metas nacionais ambiciosas de atendimento, prevendo que até 2033 pelo menos 99% da população tenha acesso à água potável e 90% disponham de coleta e tratamento de esgoto. O marco legal reforça a necessidade de planejamento estruturado, eficiência operacional e uso intensivo de informações técnicas para orientar investimentos e decisões de gestão (BRASIL, 2020).

No Estado de São Paulo, a implementação dessas diretrizes ocorre em um contexto marcado por elevada heterogeneidade municipal, com grandes diferenças de porte populacional, densidade urbana, cobertura dos serviços e modelos de prestação. Para enfrentar esse cenário, o Governo do Estado instituiu o Programa UniversalizaSP, com

o objetivo de apoiar tecnicamente os municípios paulistas no diagnóstico da situação atual dos serviços de saneamento e no planejamento de estratégias voltadas à universalização (SÃO PAULO, 2021).

O Programa UniversalizaSP atua como um instrumento de apoio à formulação de políticas públicas de saneamento, promovendo a consolidação e a análise de indicadores operacionais, financeiros e de cobertura dos serviços de água e esgoto. Entre os principais indicadores considerados destacam-se os índices de atendimento urbano, perdas de água, volumes produzidos e tratados, extensão das redes e níveis de coleta e tratamento de esgoto, alinhados às bases oficiais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA) (SÃO PAULO, 2021).

Uma das premissas centrais do UniversalizaSP é a compreensão de que diagnósticos baseados exclusivamente em médias municipais podem ocultar desigualdades intraurbanas significativas, comprometendo a priorização adequada de investimentos. Dessa forma, o programa incentiva a adoção de análises territorializadas, capazes de identificar áreas críticas, déficits localizados de cobertura e oportunidades de integração de sistemas existentes (SÃO PAULO, 2022).

Nesse contexto, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) assume papel estratégico no âmbito do UniversalizaSP, ao permitir a integração de indicadores do SINISA com informações espaciais, como setores censitários, malha urbana, infraestrutura de saneamento e características físicas do território. O geoprocessamento viabiliza a elaboração de mapas temáticos e análises espaciais que qualificam o diagnóstico dos serviços, ampliando a capacidade analítica dos gestores públicos (LONGLEY et al., 2015).

A aplicação de SIG no saneamento básico tem sido amplamente reconhecida como uma abordagem eficaz para identificar padrões espaciais de cobertura, avaliar a relação entre infraestrutura instalada e atendimento à população e subsidiar decisões relacionadas à expansão e à modernização dos sistemas. Essas análises contribuem para uma compreensão mais aprofundada das condicionantes territoriais que influenciam o desempenho dos serviços de água e esgoto (CÂMARA et al., 2004).

Dessa forma, ao incorporar ferramentas de geoprocessamento ao processo de diagnóstico, o Programa UniversalizaSP fortalece a base técnica para o planejamento da universalização do saneamento no Estado de São Paulo, promovendo análises mais precisas, comparáveis e alinhadas às exigências do Marco Legal do Saneamento (BRASIL, 2020).

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo geral aplicar técnicas de geoprocessamento para apoiar o diagnóstico territorial dos serviços de saneamento básico no contexto do Programa UniversalizaSP, contribuindo para a análise espacial da cobertura, da infraestrutura existente e do desempenho operacional dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em consonância com as diretrizes do Marco Legal do Saneamento (BRASIL, 2020).

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho baseia-se na aplicação de técnicas clássicas de geoprocessamento, com enfoque no diagnóstico territorial dos serviços de saneamento básico no âmbito do Programa UniversalizaSP. O método tem caráter descritivo e espacial, não contemplando o uso de técnicas de Inteligência Artificial ou modelagens preditivas, sendo estruturado a partir da integração de dados oficiais, bases cartográficas e análises espaciais em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

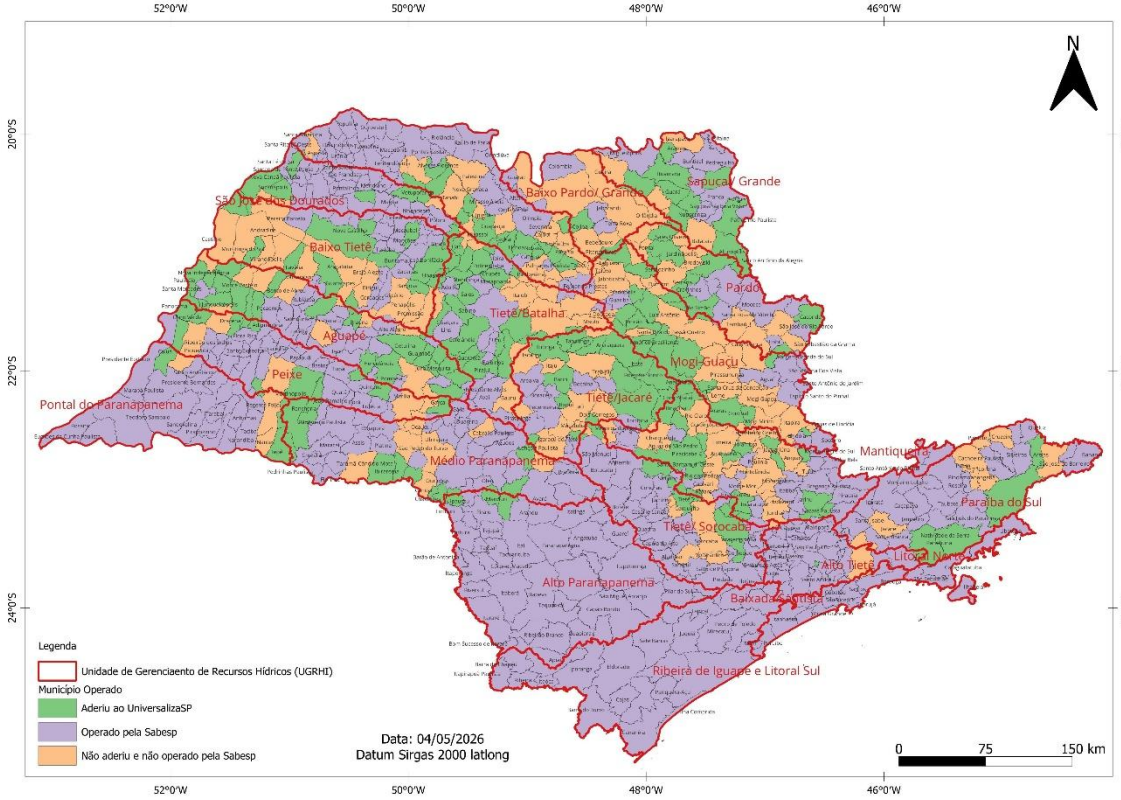
Área de estudo

A área de estudo abrange os municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, iniciativa do Governo do Estado de São Paulo voltada ao apoio técnico ao planejamento da universalização dos serviços de saneamento básico, em alinhamento às diretrizes do Marco Legal do Saneamento (SÃO PAULO, 2021; BRASIL, 2020).

Conforme base institucional oficial do programa, o UniversalizaSP contempla 146 municípios, distribuídos em diferentes regiões administrativas do Estado de São Paulo, conforme listado na tabela de municípios aderentes utilizada neste estudo (SÃO PAULO, 2025). Esses municípios apresentam elevada heterogeneidade territorial e institucional, com variações significativas de área, densidade populacional, níveis de urbanização e modelos de prestação dos serviços, o que reforça a necessidade de análises territorializadas para diagnóstico comparável e apoio à tomada de decisão (SÃO PAULO, 2022).

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP no Estado de São Paulo, evidenciando a abrangência estadual do programa e justificando o uso de ferramentas de geoprocessamento para análise integrada dos serviços de saneamento básico (SÃO PAULO, 2021).

Figura 1 – Mapa de localização dos municípios aderentes ao UniversalizaSP.



Fonte: Autoria própria (2026).

Fontes de dados

Foram utilizados dados secundários provenientes de fontes oficiais e institucionais, incluindo:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): setores censitários, domicílios particulares permanentes, população residente e demais variáveis territoriais, com base no Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2024).

- Base institucional do Programa UniversalizaSP: relação oficial dos municípios aderentes ao programa (SÃO PAULO, 2025).

- Bases cartográficas oficiais: eixo de logradouros (OSM, 2026), limite municipal (IBGE, 2024), limite de Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (CETESB, 2017), hidrografia (CETESB, 2017) e declividade de derivada de modelo digital de elevação (MDE) (SÃO PAULO, 2013).

- Bases de infraestrutura: localização dos sistemas de abastecimento de água (SAA) e de esgotamento sanitário (SES) dos municípios operados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2026).

As camadas vetoriais foram organizadas em banco de dados geospacial (*geodatabase*).

Procedimentos SIG

As análises espaciais e a produção cartográfica foram realizadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software QGIS 3.44, com todas as camadas georreferenciadas no sistema de referência SIRGAS 2000 e projeção cartográfica UTM 23S. Esses ambientes permitiram a integração de dados vetoriais e raster, bem como a execução das operações espaciais necessárias ao diagnóstico territorial (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2026).

Inicialmente, foram elaborados mapas temáticos de caracterização territorial dos municípios aderentes ao UniversalizaSP, incluindo recorte territorial urbano, população residente, densidade demográfica e número de domicílios particulares.

Os indicadores de cobertura de água (ICA) e de esgotamento sanitário (ICE) foram analisados em nível de setor censitário, sendo definidos como a relação entre o número de domicílios particulares permanentes ligados à rede pública de abastecimento de água ou de esgotamento sanitário e o total de domicílios existentes em cada setor censitário. Essa abordagem permite representar a cobertura dos serviços de forma territorialmente detalhada, reduzindo as limitações associadas a análises baseadas exclusivamente em médias municipais (TONIOLO et al., 2025). Na sequência, os indicadores ICA e ICE foram associados aos setores censitários, permitindo a espacialização da cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário e a identificação de áreas com maior déficit de atendimento.

Foram também incorporadas informações de hidrografia e declividade do terreno, com base em modelo digital de elevação, visando subsidiar a interpretação das condicionantes físicas para implantação e expansão dos sistemas de saneamento.

Adicionalmente, realizaram-se análises de proximidade espacial entre os municípios aderentes ao UniversalizaSP e os sistemas de abastecimento de água (SAA) e de esgotamento sanitário (SES) existentes nos municípios operados pela Sabesp. Essas análises foram realizadas por meio de operações de buffer e análise de vizinhança, com o objetivo de identificar potenciais oportunidades de integração regional e aproveitamento de infraestrutura existente.

Análise comparativa e detalhamento local
Foi realizada uma análise comparativa espacial entre dois municípios com modelos distintos de prestação dos serviços de saneamento: um operado pela Sabesp (Bragança Paulista) e outro por autarquia municipal (Atibaia). Essa análise envolveu a comparação do recorte territorial e dos indicadores ICA e ICE.

Por fim, para o município operado por autarquia municipal, foi realizada uma estimativa espacial da probabilidade de cobertura de água e esgoto por logradouro, a partir da associação dos eixos viários aos valores de cobertura setorial (ICA e ICE). Para fins de classificação, adotaram-se os seguintes limiares: até 30%, indicando baixa probabilidade de cobertura; entre 31% e 70%, indicando probabilidade parcial de cobertura, de caráter heterogêneo; e entre 71% e 100%, indicando alta probabilidade de cobertura. Essa análise possui caráter inferencial, sendo destinada ao apoio à leitura territorial da cobertura dos serviços, sem substituição do cadastro técnico oficial de redes.

Análise integrada dos dados
Por fim, procedeu-se à análise dos mapas produzidos por meio da organização dos dados em tabelas e gráficos, complementada por estatística descritiva, com o objetivo de sintetizar os resultados, permitir comparações entre municípios e subsidiar a interpretação dos padrões identificados nas análises espaciais (TRIOLA, 2017).

A Figura 2 apresenta o fluxograma das etapas metodológicas.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia.

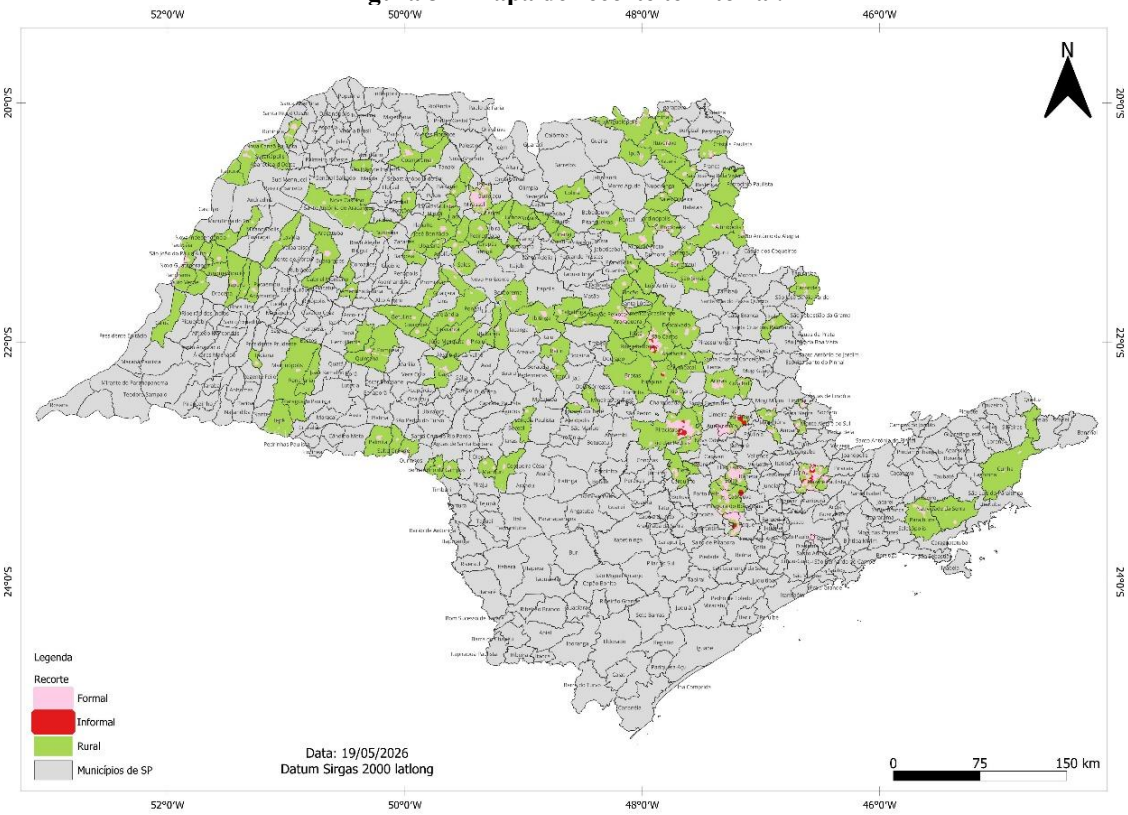


Fonte: Autoria própria (2026).

RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 3 apresenta o mapa dos recortes territoriais dos municípios participantes do UniversalizaSP, elaborados a partir dos setores censitários do Censo 2022. As áreas informais correspondem a favelas e comunidades, enquanto as áreas formais representam as regiões urbanizadas.

Figura 3 – Mapa de recorte territorial.



Fonte: Autoria própria (2026).

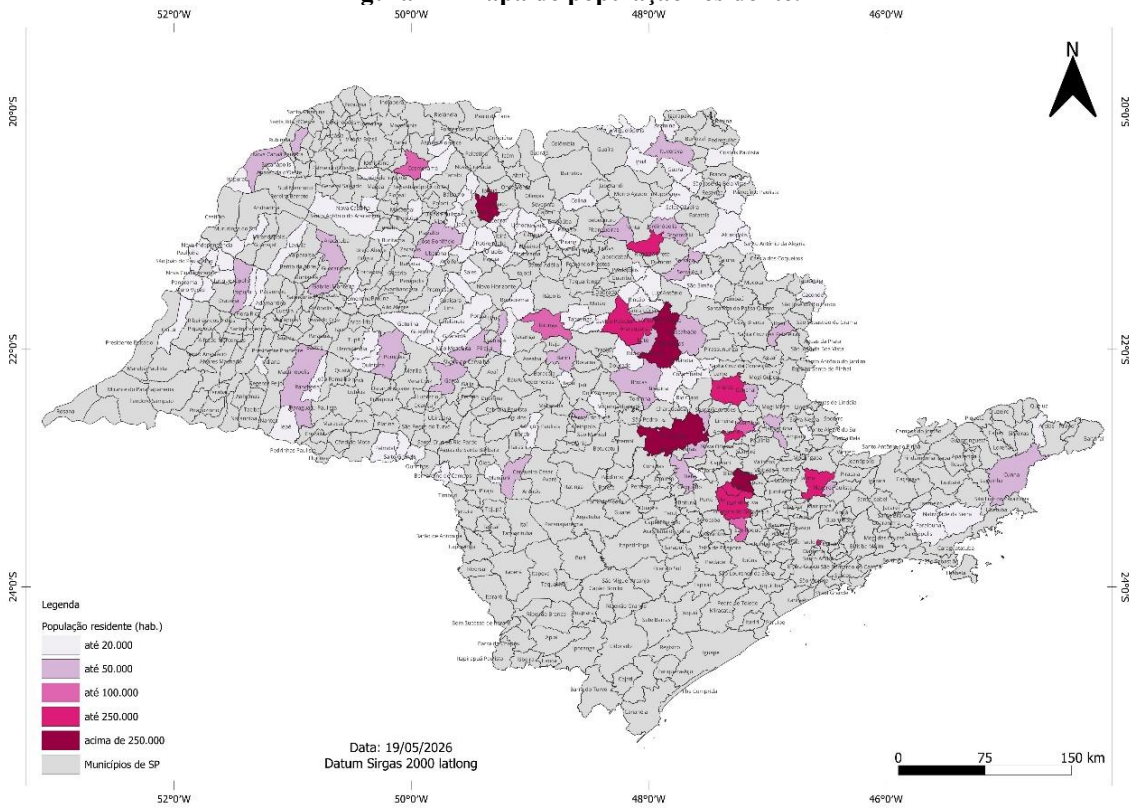
A Figura 3 apresenta o recorte territorial dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, distinguindo áreas formais, informais e rurais ao longo do território paulista. Observa-se ampla diversidade espacial, com predomínio de extensas áreas rurais na maioria dos municípios, enquanto as áreas informais se concentram pontualmente em regiões metropolitanas e eixos de maior adensamento urbano, indicando maior complexidade para a universalização dos serviços. Esse padrão territorial evidencia a necessidade de abordagens diferenciadas de planejamento, capazes de considerar simultaneamente realidades urbanas consolidadas, áreas informais com déficits históricos de infraestrutura e extensas áreas rurais de baixa densidade populacional, contextualizando os indicadores de cobertura analisados nas seções subsequentes.

A análise da Figura 3 evidencia que, para a grande maioria dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, a área rural representa a parcela predominante do território municipal, frequentemente superior a 80% da área total. Municípios como Cunha, Brotas, Rancharia, Piracicaba, Paraibuna e Miguelópolis apresentam extensas áreas rurais, indicando desafios relevantes para a universalização dos serviços de saneamento relacionados à dispersão territorial, baixa densidade populacional e maior custo por ligação.

As áreas formais urbanas (Figura 3), embora concentrem a maior parte da população atendida, ocupam proporções territoriais significativamente menores quando comparadas às áreas rurais. Mesmo em municípios de maior porte urbano, como Piracicaba, São Carlos, Araraquara e Indaiatuba, observa-se que o recorte formal corresponde a uma fração reduzida do território total, reforçando a importância de análises espacializadas para evitar interpretações baseadas apenas em área física. Já as áreas informais, de modo geral, baixa representatividade em termos de área territorial, sendo pontuais na maioria dos municípios. Contudo, sua presença em municípios com maior adensamento urbano, como Atibaia, Itu, Piracicaba e Americana, indica maior complexidade operacional para a universalização, uma vez que essas áreas tendem a concentrar déficits históricos de infraestrutura, apesar de ocuparem pequena extensão territorial.

A Figura 4 apresenta o mapa da população residente dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 4 – Mapa de população residente.



Fonte: Autoria própria (2026).

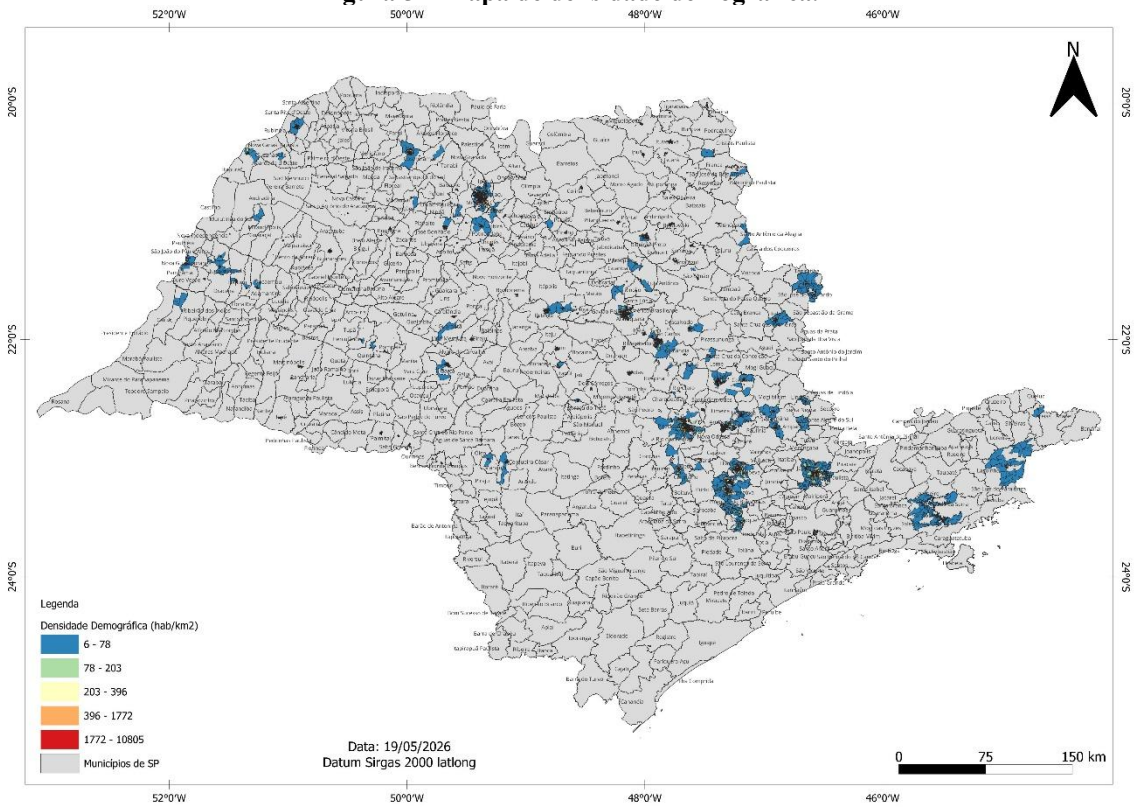
A análise da população residente (Figura 4) dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP indica que o conjunto analisado totaliza aproximadamente 4,86 milhões de habitantes, evidenciando a relevância demográfica do programa no contexto estadual. Observa-se forte predominância de municípios de pequeno e médio porte, com grande parte apresentando população inferior a 50 mil habitantes, o que reforça desafios associados à escala operacional, capacidade institucional e viabilidade econômica da universalização dos serviços de saneamento.

Por outro lado, poucos municípios concentram parcelas significativas da população total do programa (Figura 4). Destacam-se São José do Rio Preto (≈480 mil hab.), Piracicaba (≈423 mil hab.), São Carlos (≈255 mil hab.), Indaiatuba (≈256 mil hab.), Araraquara (≈242 mil hab.) e Americana (≈237 mil hab.), que atuam como polos regionais e concentram elevada demanda por infraestrutura de água e esgoto. Esses municípios tendem a apresentar maior complexidade operacional, mas também maior potencial de ganhos de escala na universalização.

A coexistência, no âmbito do UniversalizaSP, de grandes centros urbanos e numerosos municípios de pequeno porte evidencia a necessidade de estratégias diferenciadas de planejamento. Enquanto os municípios mais populosos demandam soluções voltadas à ampliação e modernização de sistemas existentes, os municípios menores exigem abordagens adaptadas à baixa densidade populacional e à limitação de recursos, reforçando a importância do diagnóstico territorial integrado apresentado nas análises espaciais subsequentes.

A Figura 5 apresenta o mapa da densidade demográfica dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 5 – Mapa de densidade demográfica.



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 5 evidencia forte heterogeneidade na densidade demográfica dos municípios aderentes ao UniversalizaSP, com predominância de baixas densidades na maior parte do território, associadas a municípios extensos e de perfil rural, e altas densidades concentradas pontualmente em polos urbanos e regiões mais adensadas. Esse contraste espacial indica que a universalização do saneamento envolve desafios distintos, nos quais áreas de alta densidade demandam ampliação e otimização de sistemas existentes, enquanto áreas de baixa densidade exigem soluções adaptadas à dispersão populacional e à menor viabilidade econômica por ligação.

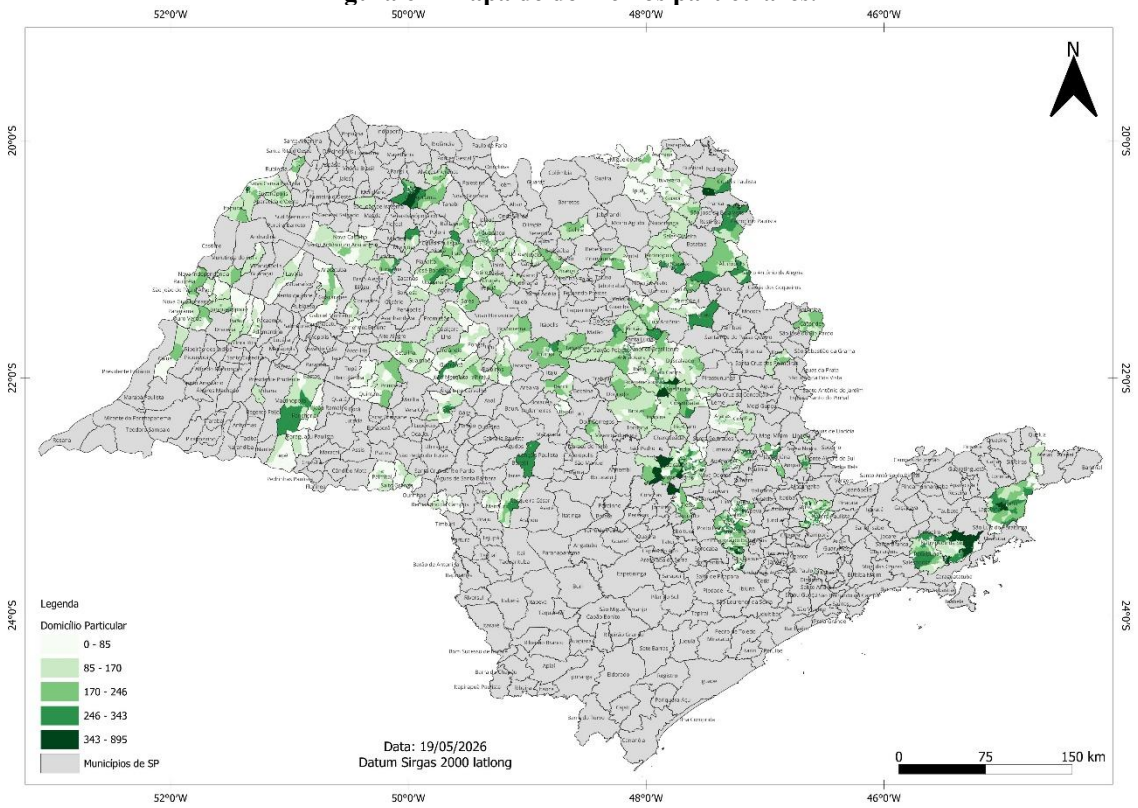
A análise da densidade demográfica dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP (Figura 5) evidencia que predominam municípios de baixa densidade, em geral inferiores a 100 hab/km², associados a extensas áreas territoriais e perfil predominantemente rural. Municípios como Analândia, Areias, Borebi, Nova Castilho, Natividade da Serra e Santo Antônio do Aracanguá apresentam densidades inferiores a 15 hab/km², indicando forte dispersão populacional e maiores desafios técnicos e econômicos para a universalização dos serviços de saneamento.

Em contraste, analisando a Figura 5, observa-se um grupo restrito de municípios com densidades elevadas, caracterizando polos urbanos consolidados. Destacam-se São Caetano do Sul (≈10.800 hab/km²), Americana (≈1.770 hab/km²), São José do Rio Preto (≈1.110 hab/km²), Salto (≈1.010 hab/km²) e Indaiatuba (≈821 hab/km²). Esses municípios concentram grande contingente populacional em áreas territoriais reduzidas, o que implica alta demanda por infraestrutura de saneamento, maior complexidade operacional e necessidade de otimização e ampliação de sistemas existentes.

Entre esses extremos, observa-se um conjunto de municípios de densidade intermediária, como Piracicaba, Sertãozinho, Serrana, Araraquara, Itu e São Carlos, que combinam áreas urbanas relativamente adensadas com porções rurais extensas. Esse padrão reforça que o UniversalizaSP abrange realidades territoriais contrastantes, nas quais estratégias de planejamento devem ser diferenciadas, considerando desde soluções para alta densidade urbana até alternativas adaptadas à dispersão populacional e à baixa viabilidade econômica por ligação.

A Figura 6 apresenta o mapa da quantidade de domicílios particulares dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 6 – Mapa de domicílios particulares.



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 6 evidencia a distribuição espacial dos domicílios particulares nos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, revelando forte concentração em municípios de médio e grande porte e em polos urbanos regionais. Observa-se que a maior parte dos municípios apresenta baixos quantitativos de domicílios, compatíveis com populações reduzidas e extensas áreas rurais, enquanto municípios mais urbanizados concentram classes mais elevadas do indicador.

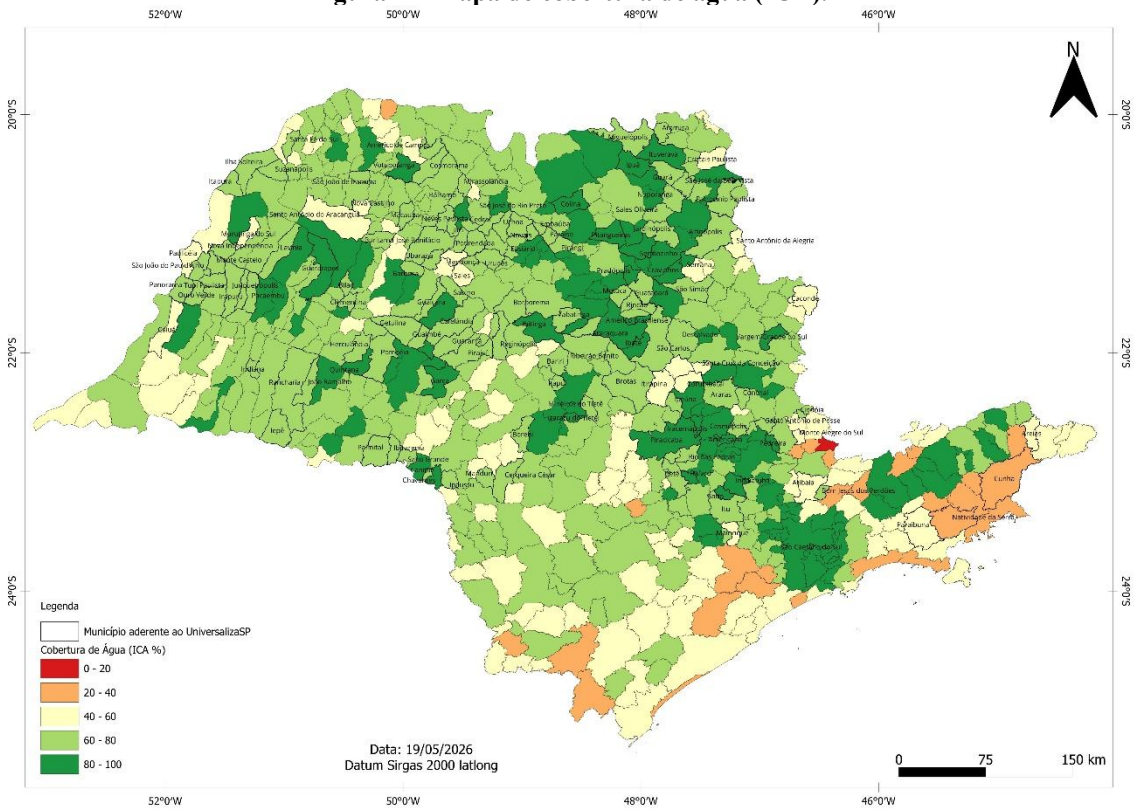
Esse padrão identificado na Figura 6 reforça que a universalização do saneamento deve considerar não apenas a extensão territorial, mas principalmente a concentração de domicílios, uma vez que áreas com maior número de unidades habitacionais demandam maior capacidade instalada e priorização de investimentos.

A análise da quantidade de domicílios particulares nos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP (Figura 6) indica um total aproximado de 2,18 milhões de domicílios, evidenciando a magnitude da demanda potencial por serviços de saneamento no conjunto analisado. Observa-se que a maior parte dos municípios possui baixo número absoluto de domicílios, frequentemente inferior a 10 mil unidades, característica típica de municípios de pequeno porte e com perfil predominantemente rural.

Em contrapartida (Figura 6), um grupo restrito de municípios concentra volumes expressivos de domicílios, destacando-se São José do Rio Preto (≈220 mil domicílios), Piracicaba (≈191 mil), São Carlos (≈122 mil), Araraquara (≈113 mil), Americana (≈104 mil), Indaiatuba (≈102 mil) e Atibaia e Itu (≈74 mil cada). Esses municípios representam polos urbanos regionais e concentram elevada demanda por infraestrutura de abastecimento de água e esgotamento sanitário, exigindo maior capacidade instalada e planejamento mais complexo dos sistemas.

A Figura 7 apresenta o mapa do Índice de Cobertura de Água (ICA %) dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 7 – Mapa de cobertura de água (ICA).



Fonte: Autoria própria (2026).

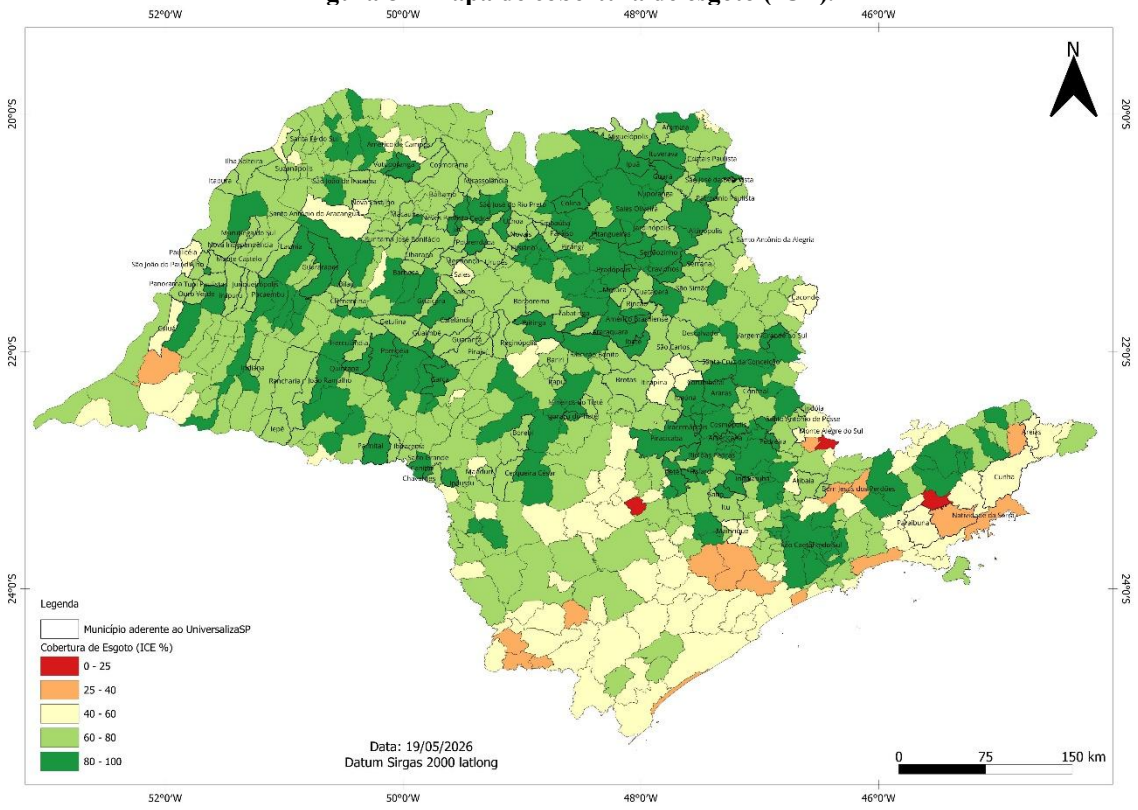
A Figura 7 evidencia que a maioria dos municípios aderentes ao UniversalizaSP apresenta altos níveis de cobertura de abastecimento de água, com predomínio das classes superiores do ICA, indicando sistemas de água relativamente consolidados em grande parte do território estadual. Observam-se na Figura 7, contudo, bolsões com coberturas intermediárias ou baixas, distribuídos de forma pontual, especialmente em municípios com maior extensão territorial, presença de áreas rurais extensas ou expansão urbana recente, o que indica desafios localizados para a universalização. Esse padrão espacial reforça que, embora o abastecimento de água esteja mais avançado em relação a outros componentes do saneamento, persistem desigualdades territoriais que demandam intervenções direcionadas e planejamento diferenciado no âmbito do programa.

A análise dos valores do Índice de Cobertura de Água (ICA) evidencia que a maior parte dos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP apresenta níveis elevados de cobertura, com predominância de valores entre 70% e 85%, indicando que o abastecimento de água encontra-se relativamente consolidado em grande parte do território. Municípios como Américo Brasiliense, Araraquara, Araras, Americana, Garça, Piracicaba e São Carlos situam-se nesse intervalo, refletindo sistemas de abastecimento mais estruturados e ampla cobertura domiciliar.

Destaca-se um conjunto de municípios com ICA superior a 85%, representando os melhores desempenhos do programa, entre os quais se incluem Iracemápolis (≈88,9%), Américo Brasiliense (≈88,3%), São Caetano do Sul (≈87,5%), Igaraçu do Tietê (≈87,2%), Pedreira (≈86,5%), Indaiatuba (≈85,7%), Ibaté (≈86,2%) e Serrana (≈86,0%). Esses municípios demonstram elevado grau de universalização do abastecimento de água, geralmente associados a áreas urbanas mais consolidadas e maior capacidade operacional. Em contrapartida, observa-se um grupo de municípios com valores intermediários ou baixos de ICA, abaixo de 60%, como Natividade da Serra (≈22,9%), Cunha (≈39,1%), Paraibuna (≈40,8%), Corumbataí (≈43,3%), Caiuá (≈44,5%), Sales (≈46,5%) e Caconde (≈48,9%). Esses casos indicam déficits relevantes de cobertura de água, frequentemente associados a extensas áreas rurais, baixa densidade populacional ou limitações estruturais dos sistemas existentes, reforçando a necessidade de intervenções direcionadas e planejamento diferenciado no âmbito do UniversalizaSP.

A Figura 8 apresenta o mapa de Índice de Cobertura de Esgoto (ICE %) dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 8 – Mapa de cobertura de esgoto (ICE).



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 8 evidencia que a cobertura de esgotamento sanitário (ICE) apresenta maior heterogeneidade espacial quando comparada ao abastecimento de água, com predominância de valores intermediários em grande parte dos municípios aderentes ao UniversalizaSP.

Observam-se na Figura 8 bolsões com baixas coberturas de esgoto, especialmente em municípios com extensas áreas rurais, menor densidade demográfica ou menor consolidação histórica dos sistemas de coleta e tratamento, enquanto os maiores níveis de ICE concentram-se em polos urbanos e regiões mais estruturadas. Esse padrão espacial reforça que o esgotamento sanitário constitui o principal desafio para a universalização, demandando investimentos mais intensivos e planejamento territorial diferenciado em relação aos sistemas de abastecimento de água.

A avaliação do Índice de Cobertura de Esgoto (ICE) demonstra que os municípios integrantes do Programa UniversalizaSP apresentam, em sua maioria, níveis moderados a elevados de atendimento, com concentração significativa de valores na faixa entre 70% e 85%. Esse resultado indica que, embora a coleta de esgoto esteja presente de forma ampla no território, ainda há margem relevante para ampliação e consolidação dos sistemas em diversos municípios.

Um subconjunto de municípios se destaca por apresentar índices elevados de cobertura de esgotamento sanitário, superiores a 85%, caracterizando situações próximas à universalização. Nesse grupo destacam-se Iracemápolis, Américo Brasiliense, Indaiatuba, São Caetano do Sul, Pedreira, Ibaté, Serrana, Igaraçu do Tietê e Colina, que evidenciam maior maturidade institucional, maior adensamento urbano e histórico de investimentos mais contínuos em infraestrutura de esgoto. Em sentido oposto, observa-se a presença de municípios com baixos níveis de ICE, inferiores a 60%, como Natividade da Serra, Cunha, Paulicéia, Paraibuna, Corumbataí, Caiuá, Monte Alegre do Sul e Nova Castilho.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos indicadores ICA e ICE.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos indicadores de cobertura de água (ICA) e esgoto (ICE).

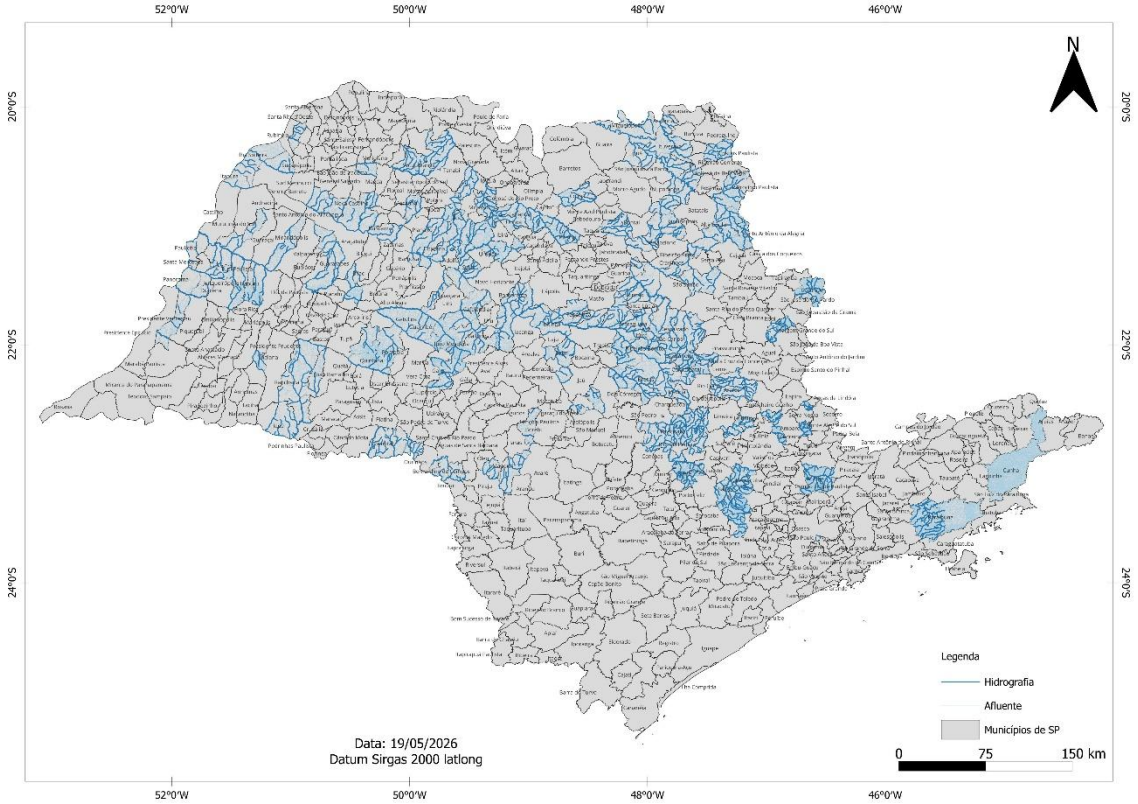
Indicador	Nº de municípios	Média (%)	Desvio padrão	Mínimo (%)	Q1 (%)	Mediana (%)	Q3 (%)	Máximo (%)
ICA	146	71,0	11,2	22,9	67,1	73,1	78,5	88,9
ICE	146	73,8	10,8	29,1	69,6	76,7	80,8	88,9

Fonte: Autoria própria (2026).

A Tabela 1 evidencia que o ICE apresenta valores médios e medianos superiores ao ICA, indicando maior avanço relativo da cobertura de esgotamento sanitário em comparação ao abastecimento de água no conjunto dos municípios analisados. Ambos os índices apresentam dispersão moderada, refletindo heterogeneidade entre os municípios, enquanto os valores mínimos revelam déficits pontuais relevantes, sobretudo em localidades de perfil rural e baixa densidade populacional, reforçando a importância de estratégias diferenciadas no planejamento da universalização.

A Figura 9 apresenta o mapa de hidrografia dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 9 – Mapa de hidrografia.



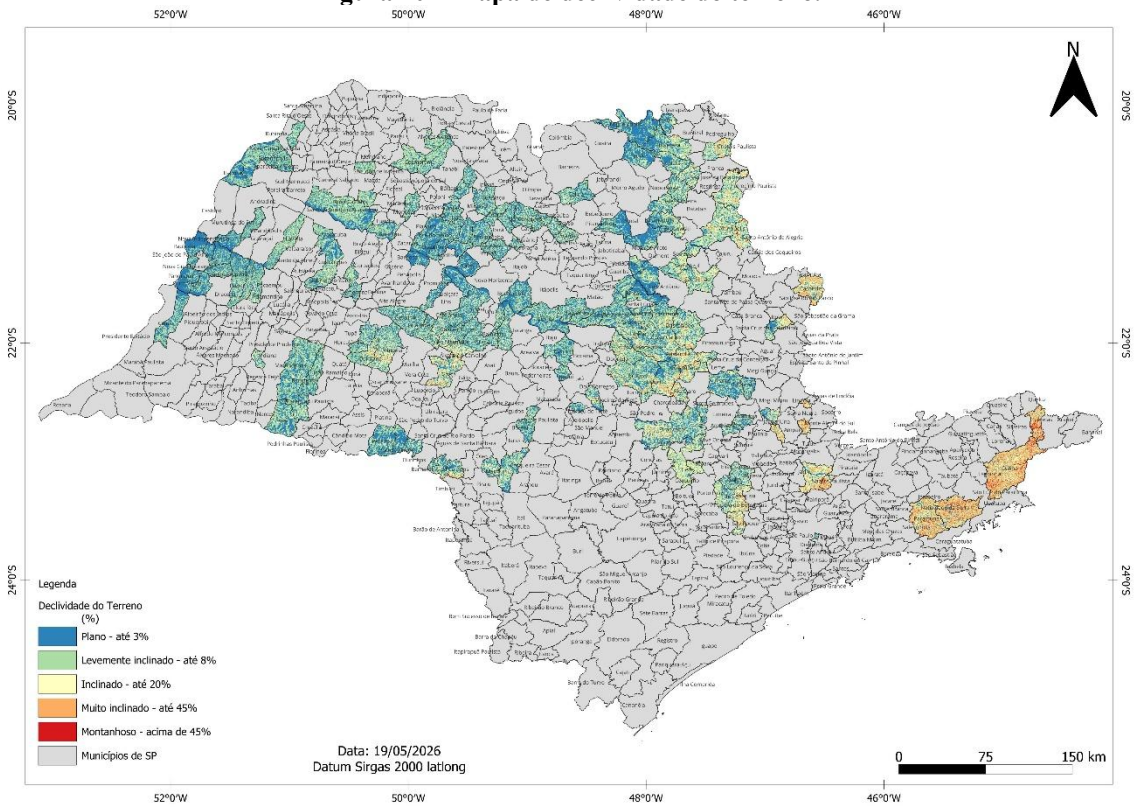
Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 9 apresenta a distribuição espacial da hidrografia nos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, evidenciando uma rede hídrica densa e amplamente distribuída pelo território paulista, com destaque para a presença de rios, afluentes e grandes corpos d'água em diversas regiões. Observa-se maior concentração de elementos hidrográficos em municípios associados a bacias de grande porte e áreas com reservatórios, o que impõe condicionantes ambientais e técnicas relevantes ao planejamento do saneamento, especialmente para a implantação de sistemas de esgotamento sanitário, travessias de redes e proteção de mananciais.

A Figura 9 enfatiza que a localização da hidrografia é determinante para a concepção do lançamento de efluentes tratados, pois condiciona a escolha do corpo receptor, o nível de tratamento exigido e o traçado dos emissários. A análise espacial desses elementos permite decisões de engenharia mais eficientes, seguras e ambientalmente adequadas no planejamento do esgotamento sanitário.

A Figura 10 apresenta o mapa de declividade de terreno dos municípios participantes do UniversalizaSP.

Figura 10 – Mapa de declividade do terreno.



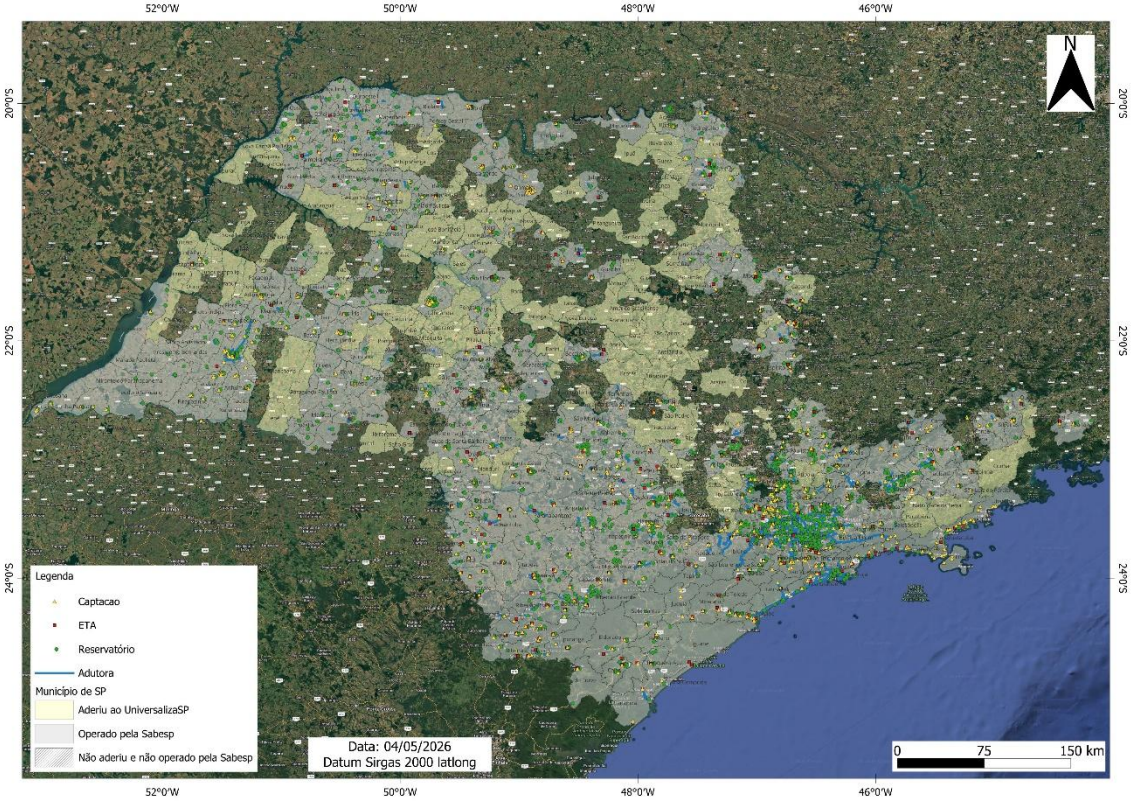
Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 10 apresenta a distribuição da declividade do terreno nos municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP, evidenciando a coexistência de áreas planas a suavemente onduladas com regiões de relevo mais acidentado, especialmente em porções associadas a serras e vales. Observa-se que grande parte do território apresenta declividades baixas a moderadas, favoráveis à implantação de redes por gravidade, enquanto áreas com declividades elevadas concentram-se pontualmente e representam restrições técnicas relevantes para o saneamento, exigindo soluções como estações elevatórias, recalques e traçados mais complexos.

Esse padrão encontrado na Figura 10 reforça a importância da análise da declividade no planejamento dos sistemas de água e esgoto, uma vez que o relevo condiciona diretamente a viabilidade técnica, os custos de implantação e a eficiência operacional dos sistemas.

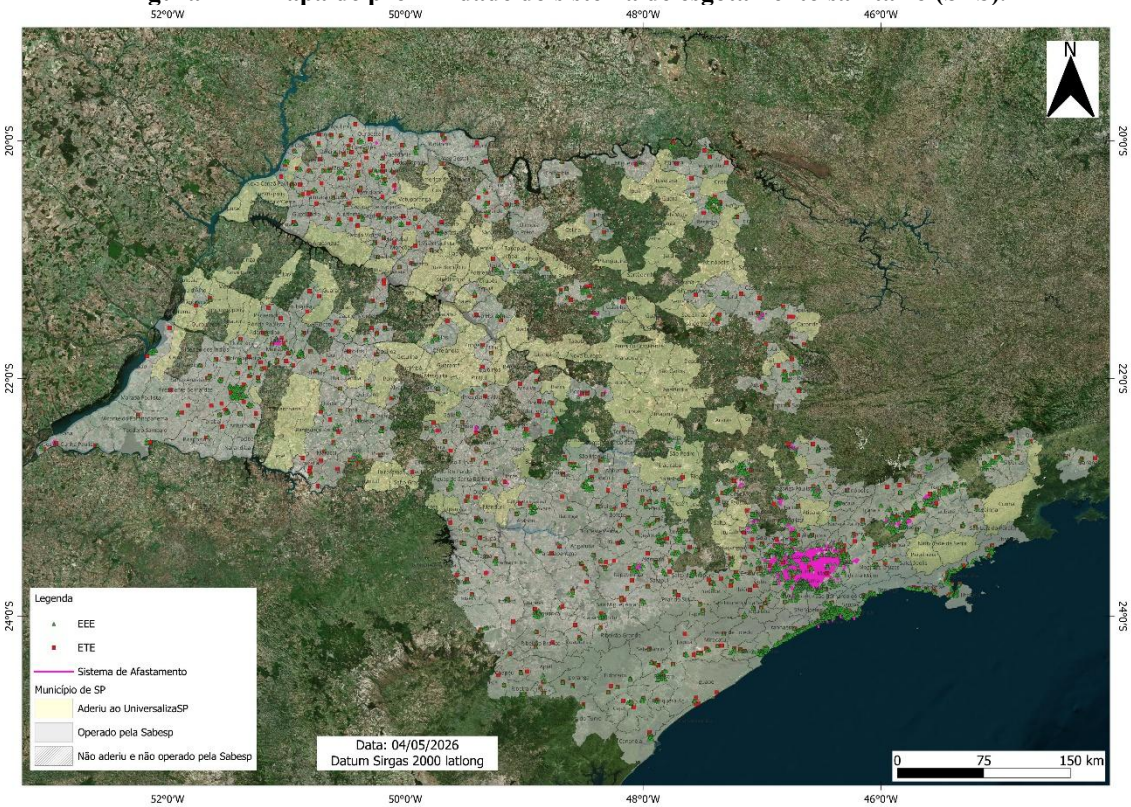
As Figuras 11 e 12 apresentam respectivamente os mapas de proximidade do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) dos municípios operados pela Sabesp em relação aos municípios aderentes ao programa UniversalizaSP.

Figura 11 – Mapa de proximidade do sistema de abastecimento de água (SAA).



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 12 – Mapa de proximidade do sistema de esgotamento sanitário (SES).



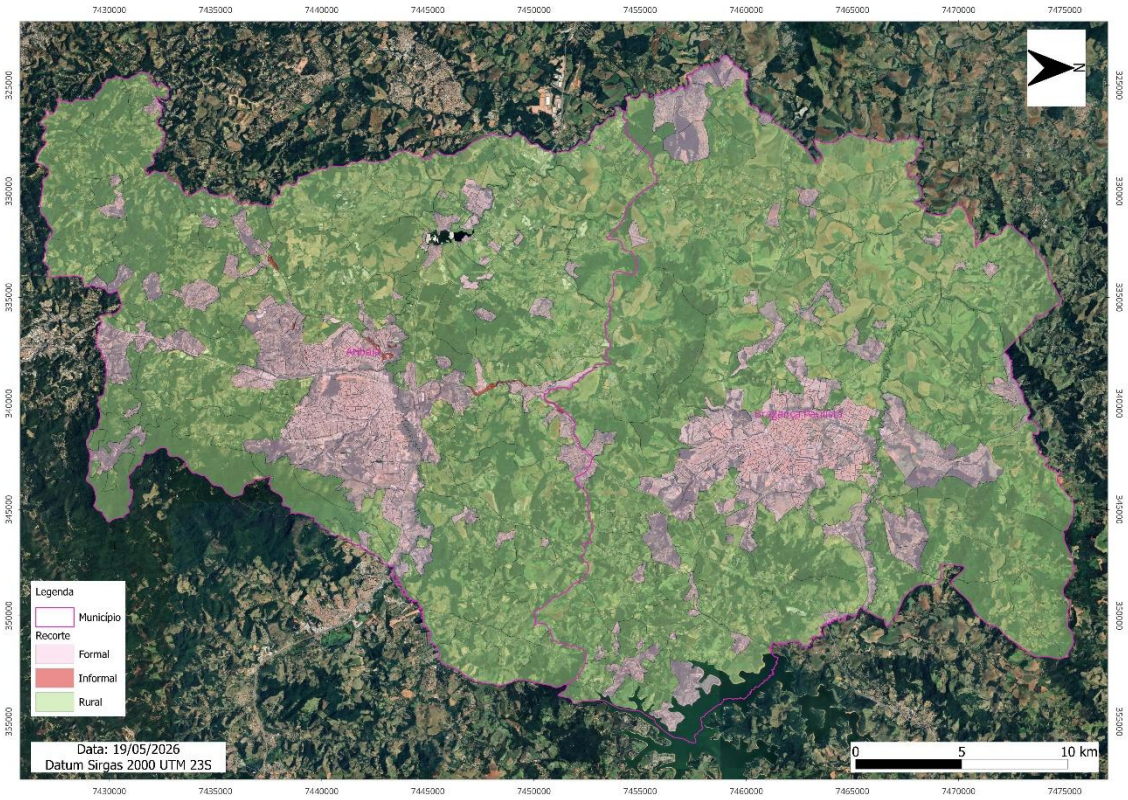
Fonte: Autoria própria (2026).

As Figuras 11 e 12, analisadas de forma integrada, evidenciam que muitos municípios aderentes ao UniversalizaSP estão geograficamente próximos tanto do SAA) quanto do SES já operados pela Sabesp, especialmente em regiões mais urbanizadas e consolidadas do estado. Essa sobreposição espacial indica alto potencial de integração regional, permitindo o aproveitamento conjunto de captações, adutoras, ETEs e sistemas de afastamento, com possibilidade de redução de CAPEX, ganhos de escala e aceleração da universalização. A análise combinada reforça que soluções regionais integradas tendem a ser mais viáveis técnica e economicamente do que implantações isoladas, sobretudo para municípios de pequeno e médio porte no âmbito do programa.

A leitura conjunta das Figuras 11 e 12 evidencia que, embora a infraestrutura de abastecimento de água (SAA) apresente distribuição mais capilarizada e contínua no território, os sistemas de esgotamento sanitário (SES) mostram-se mais concentrados espacialmente, sobretudo em áreas urbanas consolidadas. Essa diferença reflete a maior complexidade técnica e ambiental associada ao esgotamento sanitário, indicando que a universalização do SES tende a demandar maior esforço de planejamento, implantação de novos sistemas e adequação ambiental, mesmo em municípios já próximos a infraestruturas regionais existentes.

A Figura 13 apresenta o mapa comparativo de recorte territorial para os municípios de Bragança Paulista – operado pela Sabesp e para Atibaia – autarquia municipal.

Figura 13 – Mapa comparativo de recorte territorial dos municípios de Atibaia e Bragança Paulista.



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 13 evidencia contrastes claros no recorte territorial entre Atibaia e Bragança Paulista, com Atibaia apresentando maior predominância de áreas rurais e fragmentação das áreas urbanas, enquanto Bragança Paulista apresenta mancha urbana mais contínua e concentrada.

O padrão apresentado na Figura 13 indica que Atibaia enfrenta desafios adicionais associados à dispersão espacial da ocupação, o que impacta diretamente a expansão e operação dos sistemas de saneamento, ao passo que Bragança Paulista possui condições territoriais mais favoráveis à integração e otimização da infraestrutura em áreas urbanas consolidadas.

A Tabela 2 apresenta algumas variáveis de ambos municípios, separadas pelo tipo de recorte territorial.

Tabela 2 – Variáveis separadas por recorte territorial para os municípios de Atibaia e Bragança Paulista.

Varável	Recorte	Atibaia	Bragança Paulista
População Residente	Formal	136.855	164.135
	Informal	5.404	223
	Rural	16.388	12.453
	Total	**158.647**	**176.811**
Domicílio Particular	Formal	63.323	69.786
	Informal	1.973	90
	Rural	8.576	6.760
	Total	**73.872**	**76.636**
Cobertura de Água (ICA %)	Formal	65,34	78,41
	Informal	58,03	86,67
	Rural	7,95	13,85
	Média	**55,32**	**70,85**
Cobertura de Esgoto (ICE %)	Formal	67,53	81,03
	Informal	28,19	38,89
	Rural	36,90	42,39
	Média	**61,08**	**76,11**

Fonte: Autoria própria (2026).

A Tabela 2 evidencia diferenças significativas entre Atibaia e Bragança Paulista quando as variáveis são analisadas por recorte territorial (formal, informal e rural). Em termos de população residente, Bragança Paulista apresenta maior concentração nas áreas formais, com aproximadamente 164 mil habitantes, enquanto Atibaia concentra cerca de 137 mil habitantes nesse recorte. Em contrapartida, Atibaia apresenta maior população rural, o que reforça seu perfil territorial mais disperso e heterogêneo em comparação ao padrão mais urbano e concentrado de Bragança Paulista.

Essa diferença territorial, apresentada na Tabela 2, também se reflete na distribuição dos domicílios particulares. Bragança Paulista possui maior número de domicílios em áreas formais, enquanto Atibaia apresenta participação relativamente mais elevada de domicílios rurais. As áreas informais, embora representem pequena parcela absoluta em ambos os municípios, têm maior peso relativo em Atibaia, indicando maior complexidade para a universalização dos serviços nesse recorte, sobretudo do ponto de vista operacional e fundiário.

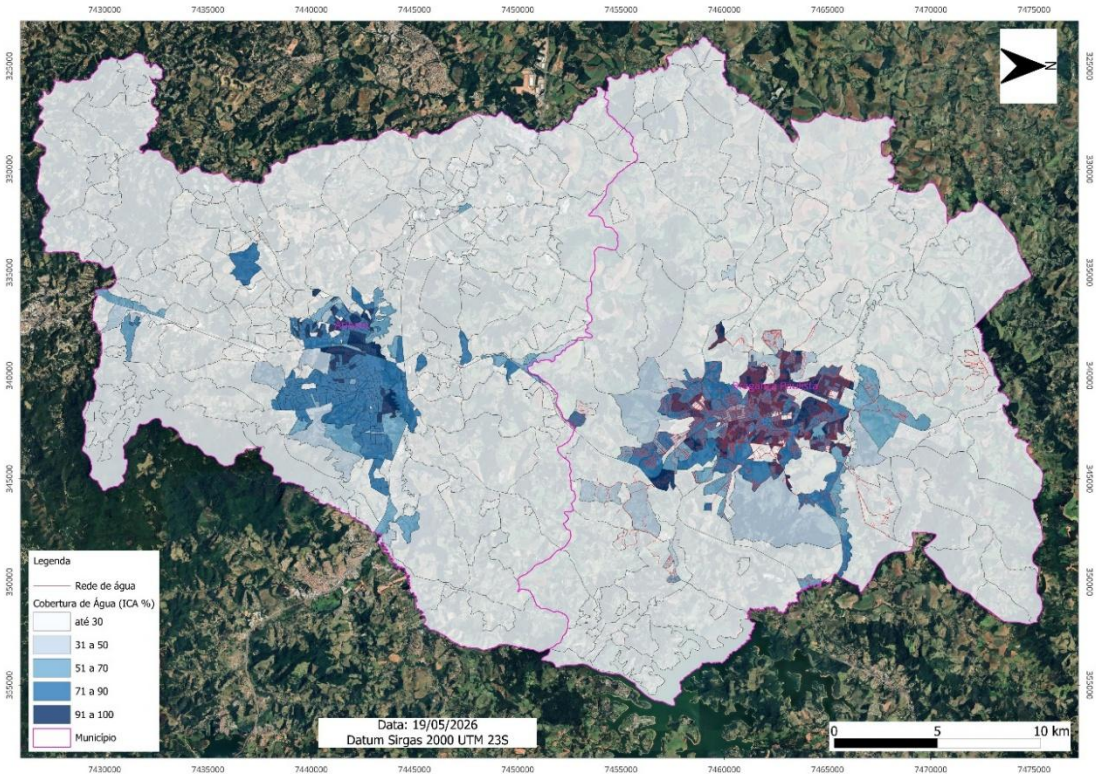
No que se refere à cobertura de abastecimento de água (ICA) na Tabela 2, observa-se que Bragança Paulista apresenta valores significativamente mais elevados nas áreas formais e informais, atingindo média geral superior a 70%, enquanto Atibaia apresenta média inferior, com destaque para baixíssima cobertura nas áreas rurais. Esse contraste indica que, em Atibaia, o abastecimento de água ainda é fortemente condicionado pela dispersão territorial, ao passo que Bragança Paulista se beneficia de uma ocupação urbana mais consolidada.

Situação semelhante é observada na cobertura de esgotamento sanitário (ICE), ainda na Tabela 2: Bragança Paulista apresenta índices elevados nas áreas formais e desempenho superior também nos recortes informal e rural, resultando em média geral significativamente maior que a de Atibaia. Em ambos os municípios, as áreas informais e rurais concentram os menores valores de ICE, evidenciando que esses recortes representam os principais gargalos para a universalização do esgotamento sanitário.

De forma sintética, a Tabela 2 evidencia que Bragança Paulista apresenta condições territoriais mais favoráveis à universalização, com maior concentração urbana e melhores índices médios de cobertura, enquanto Atibaia enfrenta desafios adicionais associados à maior extensão rural e à heterogeneidade do uso do solo, reforçando a necessidade de estratégias diferenciadas de planejamento no âmbito do UniversalizaSP.

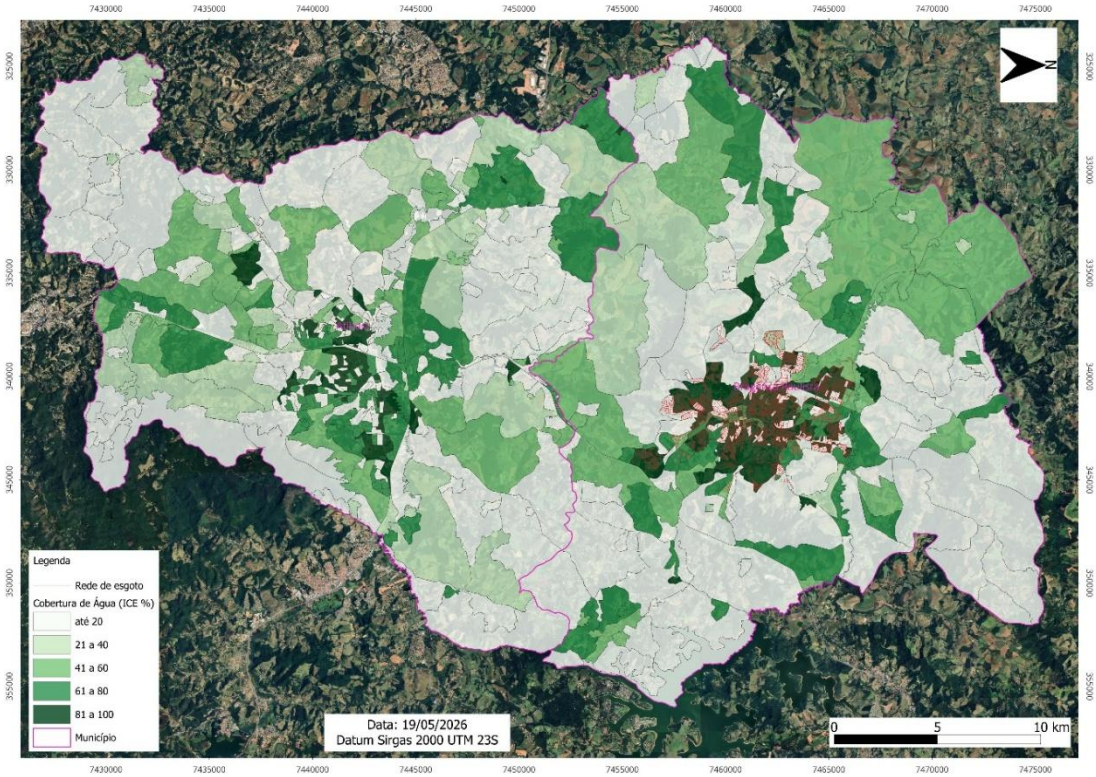
As Figura 14 e 15 apresentam respectivamente os mapas comparativos do ICA e do ICE para os municípios de Bragança Paulista e Atibaia.

Figura 14 – Mapa comparativo de cobertura de água (ICA) dos municípios de Atibaia e Bragança Paulista.



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 15 – Mapa comparativo de cobertura de esgoto (ICE) dos municípios de Atibaia e Bragança Paulista.



Fonte: Autoria própria (2026).

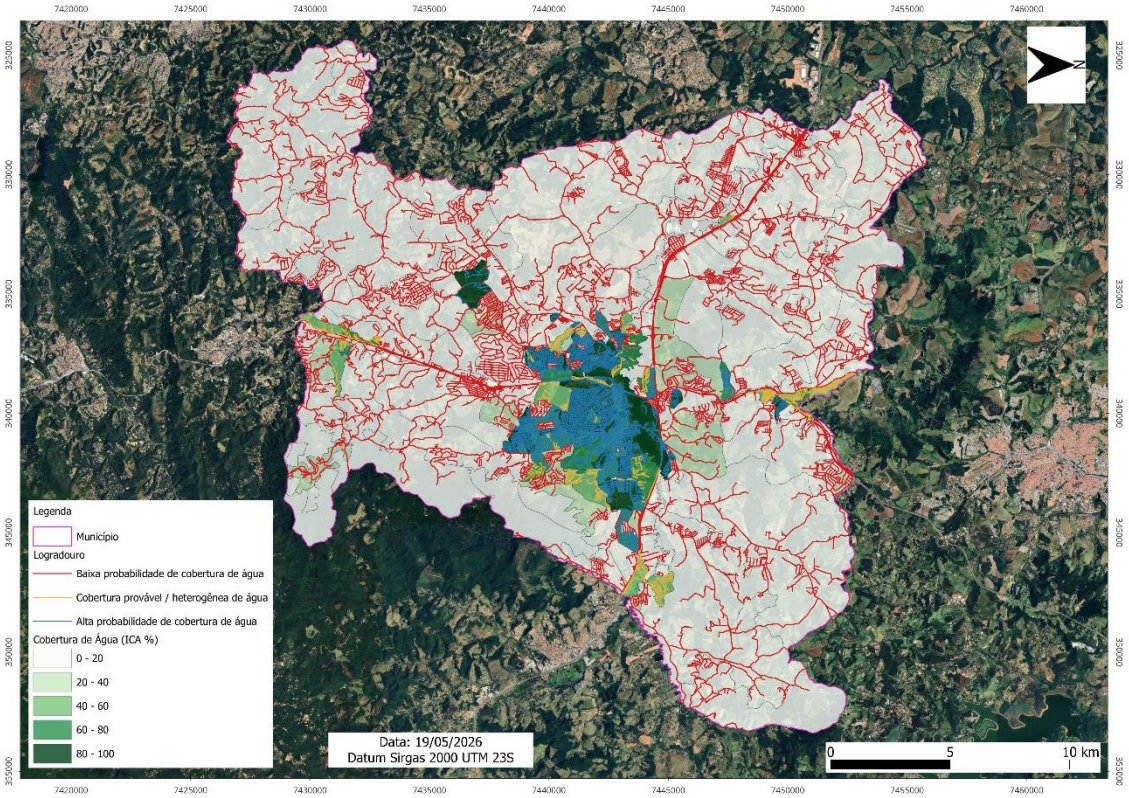
A Figura 14 evidencia diferenças claras na distribuição espacial da cobertura de abastecimento de água (ICA) entre Atibaia e Bragança Paulista. Em Bragança Paulista, observa-se predominância de setores censitários nas classes mais elevadas de ICA (acima de 70%), formando uma mancha urbana relativamente homogênea, o que indica um sistema de abastecimento mais consolidado e com maior regularidade territorial. Em Atibaia, embora existam áreas com boa cobertura, nota-se maior heterogeneidade espacial, com presença expressiva de setores nas faixas intermediárias e inferiores de ICA, sobretudo nas áreas periféricas e de transição urbano-rural.

Já a Figura 15 demonstra que a cobertura de esgotamento sanitário (ICE) apresenta maior fragmentação espacial em Atibaia quando comparada a Bragança Paulista, com predominância de setores nas faixas intermediárias e baixas de cobertura, especialmente em áreas periféricas e de transição urbano-rural. Em Bragança Paulista, observa-se mancha urbana mais contínua com ICE elevado, indicando maior consolidação do sistema de esgoto. O contraste reforça que o esgotamento sanitário é o principal gargalo em Atibaia, fortemente condicionado pela dispersão territorial, enquanto Bragança Paulista opera em um contexto mais favorável à manutenção e ampliação homogênea da cobertura.

A comparação entre as Figuras 14 (ICA) e 15 (ICE) evidencia que o abastecimento de água apresenta cobertura mais homogênea e consolidada em ambos os municípios, especialmente em Bragança Paulista, enquanto o esgotamento sanitário revela maior fragmentação espacial, sobretudo em Atibaia. Observa-se que os setores com déficits de ICE são mais extensos e recorrentes do que aqueles com baixos valores de ICA, indicando que, embora a água esteja próxima da universalização, o esgoto permanece como o principal gargalo territorial, fortemente condicionado pela dispersão urbana e pelas áreas rurais, em especial no contexto de Atibaia.

A Figura 16 apresenta o mapa de probabilidade de cobertura de água no município de Atibaia, representada pelo eixo dos logradouros.

Figura 16 – Mapa de probabilidade de cobertura de água por logradouro do município de Atibaia.



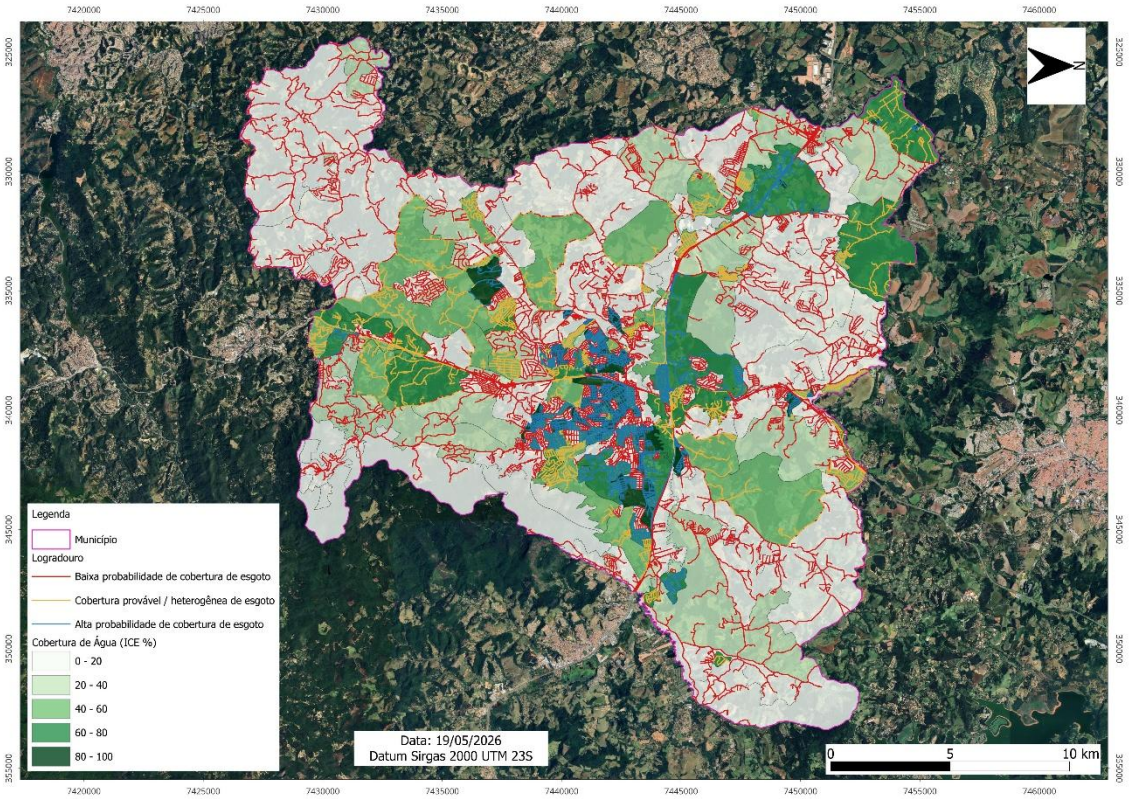
Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 16 apresenta a estimativa de probabilidade de cobertura de abastecimento de água por logradouro no município de Atibaia, evidenciando forte contraste espacial entre a área urbana central e as porções periféricas e rurais. Observa-se que os logradouros localizados na mancha urbana consolidada concentram-se majoritariamente na classe de alta probabilidade de cobertura, refletindo setores censitários com ICA elevado e infraestrutura mais consolidada.

Em contrapartida, nas áreas de transição urbano-rural e zonas rurais, predominam logradouros classificados como probabilidade parcial ou baixa, indicando maior heterogeneidade e possíveis lacunas no atendimento.

A Figura 17 apresenta o mapa de probabilidade de cobertura de esgoto no município de Atibaia, representada pelo eixo dos logradouros.

Figura 17 – Mapa de probabilidade de cobertura de esgoto por logradouro do município de Atibaia.



Fonte: Autoria própria (2026).

A Figura 17 evidencia que a probabilidade de cobertura de esgotamento sanitário por logradouro em Atibaia é significativamente mais restrita e descontínua do que a observada para o abastecimento de água, com predominância de logradouros classificados nas faixas de baixa e probabilidade parcial de cobertura em grande parte do território municipal. Mesmo em áreas com ocupação urbana consolidada, observa-se maior fragmentação espacial da cobertura de esgoto, indicando limitações estruturais na expansão do sistema de coleta. Esse padrão confirma que o esgotamento sanitário constitui o principal gargalo territorial do município, exigindo intervenções mais intensivas, maior coordenação de investimentos e planejamento orientado à priorização de áreas com maior concentração populacional e déficit histórico de atendimento.

Os mapas apresentados nas Figuras 16 e 17 reforçam o caráter diagnóstico e exploratório da análise, ao permitir identificar espacialmente áreas prioritárias para verificação em campo, detalhamento de cadastro técnico e direcionamento de ações de ampliação do sistema de abastecimento de água.

As Figura 16 e 17 são coerentes com os valores de ICA e ICE observados para o município, que indicam cobertura média de água e esgoto inferior à de Bragança Paulista. As áreas classificadas como alta probabilidade de cobertura concentram-se nos setores com indicadores elevados, localizados na mancha urbana central, enquanto os logradouros classificados como probabilidade parcial ou baixa coincidem espacialmente com setores cujo indicadores são de menor valor, geralmente associados a áreas rurais ou de transição urbano-rural.

Essa correspondência confirma que a estimativa por logradouro reflete adequadamente os padrões setoriais dos indicadores e reforça que os déficits de esgoto são mais extensos e críticos que os de água, orientando a priorização de ações no planejamento do saneamento em Atibaia.

A Tabela 3 apresenta a extensão total dos logradouros (em km) classificados segundo a probabilidade de cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município de Atibaia.

Tabela 3 – Extensão de logradouro por probabilidade de cobertura.

Probabilidade de cobertura	Extensão para água ICA (km)	Extensão para esgoto ICE (km)
Alta	452,91	405,15
Baixa	1.449,99	1.204,60
Provável / heterogênea	119,61	412,76
Total	**2.022,51**	**2.022,51**

Fonte: Autoria própria (2026).

A Tabela 3 mostra que, no município de Atibaia, a extensão total dos logradouros analisados é de aproximadamente 2.022 km, tanto para água quanto para esgoto, permitindo comparação direta entre os dois serviços.

Para o abastecimento de água (ICA), observa-se na Tabela 3 que cerca de 453 km dos logradouros apresentam alta probabilidade de cobertura, concentrados principalmente na área urbana consolidada. Entretanto, a maior parcela da extensão viária (≈1.450 km) enquadra-se na baixa probabilidade, evidenciando a forte influência das áreas rurais e de baixa densidade na estrutura territorial do município.

No caso do esgotamento sanitário (ICE), destaca-se (Tabela 3) a expressiva extensão de logradouros classificados como provável/heterogênea (≈413 km), indicando áreas com cobertura parcial ou irregular. Além disso, aproximadamente 1.205 km dos logradouros apresentam baixa probabilidade de cobertura, reforçando a maior fragmentação e menor consolidação do sistema de esgoto em comparação ao abastecimento de água.

De forma integrada, a Tabela 3 confirma que, embora o sistema de água apresente maior consolidação relativa, o esgotamento sanitário constitui o principal gargalo territorial em Atibaia, demandando ações prioritárias de planejamento, expansão de rede e detalhamento cadastral para viabilizar a universalização dos serviços.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi alcançado com eficácia, uma vez que o uso de técnicas de geoprocessamento permitiu realizar um diagnóstico territorial consistente dos serviços de saneamento básico no âmbito do Programa UniversalizaSP. A integração de dados censitários, indicadores operacionais e informações físicas do território mostrou-se adequada para evidenciar padrões espaciais e desigualdades que não são captadas por análises baseadas apenas em médias municipais.

Os resultados evidenciaram elevada heterogeneidade territorial, tanto entre municípios quanto no interior deles, bem como diferenças estruturais entre o abastecimento de água, que apresenta maior grau de consolidação, e o esgotamento sanitário, que permanece como o principal gargalo da universalização. A comparação entre Atibaia e Bragança Paulista demonstrou que o padrão de ocupação urbana, a densidade populacional e a extensão das áreas rurais condicionam diretamente os níveis de cobertura e a viabilidade técnica dos sistemas.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento das análises em escala local, com a incorporação de cadastros técnicos detalhados de redes, dados operacionais atualizados e avaliações de capacidade dos sistemas existentes. A ampliação da abordagem territorial apresentada, integrada a análises econômicas e de priorização de investimentos, pode fortalecer ainda mais o suporte à tomada de decisão no planejamento da universalização do saneamento básico no Estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico*. Diário Oficial da União, Brasília, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 25 maio 2026.

2. BRASIL. Ministério das Cidades. *Resultados SINISA 2025*. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/resultados-sinisa/resultados-sinisa-2025>. Acesso em: 27 maio 2026.

3. CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/. Acesso em: 25 maio 2026.

4. CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Hidrografia do Estado de São Paulo – UGRHI*. São Paulo, 2017. Base de dados geoespaciais (vetorial), escala 1:50.000.

5. HELLER, L.; CASTRO, J. E. *Política pública e gestão de serviços de saneamento*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

6. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022. Agregados por Setores Censitários preliminares: população e domicílios: resultados do universo: nota metodológica n. 02*. IBGE, Rio de Janeiro, 2024.

7. LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Geographic Information Science and Systems*. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

8. OSM. OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. *Pt: Map Features*. OpenStreetMap Wiki, 2026. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Pt:Map_Features>. Acesso em: 27 maio 2026.

9. QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS: *Spatial without compromise*. 2026. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 27 maio 2026.

10. SABESP. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Camadas vetoriais de sistema de abastecimento e sistema de esgotamento*. Escala variável. 2026.

11. SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA). *Modelo digital de elevação (MDE) do Estado de São Paulo obtido a partir da base do projeto GISAT (cartas topográficas na escala 1:50.000)*. São Paulo, 2013.

12. SÃO PAULO (Estado). *Programa UniversalizaSP*. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Parcerias em Investimentos, 2021. Disponível em: https://www.parcerias.sp.gov.br/Parcerias/ProgramaUniversalizaSP. Acesso em: 25 maio 2026.

13. SÃO PAULO (Estado). *Diretrizes para a universalização do saneamento básico no Estado de São Paulo*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.parcerias.sp.gov.br/Parcerias/Documentos. Acesso em: 25 maio 2026.

14. SÃO PAULO (Estado). *Relação de municípios aderentes ao Programa UniversalizaSP*. Base institucional consolidada, 2025. Disponível em: https://www.parceriaseminvestimentos.sp.gov.br/dx/api/dam/v1/collections/c608e9e1-cc41-4239-9abb-c14de1135591/items/a4163d12-74d3-4ad3-b06f-52e9bf15b971/renditions/18f4be93-8df4-46f4-b9b8-dc7f9af7eed0?binary=true. Acesso em: 25 maio 2026.

15. TONIOLO, B. P.; CHIARA, C. T.; TRINDADE, R. O.; DI FILLIPO, M.; BEVILACQUA, N. *Análise de indicadores de cobertura de água e esgoto por setor censitário: uma abordagem espacial na Grande São Paulo*. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE (ABES), [número não informado], 2025. Anais [...]. : ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2025.

16. TRIOLA, M. F. *Introdução à estatística*. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.