

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA EM ÁREAS DE OCUPAÇÕES IRREGULARES

*Caio Francisco Anastácio Freitas¹; Heitor de Sousa Pantarotto²; Milena Ferreira Santos³
Juliana Cabral Pereira⁴; Pedro Ferdinando Crnkovic Neto⁵; Jéssica Macedo da Silva⁶ & Luciano
Farias de Novaes⁷*

RESUMO – A estimativa de consumo de água em áreas de ocupação irregular é um desafio devido à escassez de dados, inconsistência de cadastros e baixa micromedição, limitando a aplicação direta de métodos convencionais. Este trabalho propõe uma metodologia estruturada para estimar a demanda hídrica nestes locais, aliando o rigor técnico à flexibilidade necessária. A abordagem baseia-se em etapas sequenciais: análise temporal do crescimento por meio de imagens aéreas, contagem de residências ocupadas e estimativa populacional. A população é estimada utilizando o indicador de habitantes por domicílio de setores censitários de bairros regulares com perfil socioeconômico semelhante. Adicionalmente, determina-se o consumo *per capita* distribuído, incorporando matematicamente os índices reais de perdas do sistema de abastecimento. Embora a metodologia apresente limitações e possa gerar resultados conservadores por utilizar parâmetros de áreas regularizadas, ela se mostra uma alternativa técnica viável. Conclui-se que a sistematização proposta reduz a subjetividade, fornecendo subsídios técnicos consistentes para o dimensionamento hidráulico e o planejamento das concessionárias em contextos de crescimento urbano desordenado.

Palavras-Chave – Abastecimento de água; Ocupações irregulares; Demanda hídrica.

ABSTRACT– Estimating water consumption in irregular settlements is challenging due to data scarcity, inconsistent records, and low micro-measurement, which limit the application of conventional methods. This paper proposes a structured methodology to estimate water demand in these areas, combining technical rigor with the necessary flexibility. The approach is based on sequential steps: temporal analysis of urban growth using aerial images, counting occupied residences, and population estimation. The population is estimated using the inhabitants per household indicator from census tracts of regular neighborhoods with similar socioeconomic profiles. Additionally, the distributed *per capita* consumption is determined by mathematically incorporating the real loss indices of the water supply system. Although the methodology has limitations and may yield conservative results by relying on parameters from regularized areas, it proves to be a viable technical alternative. In conclusion, the proposed systematization reduces subjectivity, providing consistent technical support for hydraulic sizing and utility planning in contexts of disordered urban growth.

Key-words – Water supply; Irregular settlements; Water demand.

¹) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP, caio.ffreitas@sou.unaerp.edu.br

²) Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP, eng.heitorpantarotto@gmail.com

³) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP, milena.canf@outlook.com.br

⁴) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP, juliana.pereira@sou.unaerp.edu.br

⁵) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP, lnovaes@unaerp.br

INTRODUÇÃO

A estimativa de consumo de água em sistemas de abastecimento é, tradicionalmente, fundamentada em bases de dados consolidadas, como cadastros comerciais, medições de consumo por hidrômetros e informações demográficas confiáveis. Nessas condições, o cálculo da demanda hídrica segue metodologias bem estabelecidas, apoiadas em indicadores como consumo *per capita*, coeficientes de variação e histórico de consumo, permitindo elevado grau de precisão e confiabilidade nos resultados (TSUTIYA, 2006). Esse arcabouço técnico sustenta o dimensionamento de redes, reservatórios e sistemas de bombeamento, além de subsidiar o planejamento operacional e estratégico das concessionárias.

Entretanto, ao se tratar de áreas de ocupação irregular, esse cenário se altera significativamente. A ausência ou inconsistência de cadastros, a baixa ou inexistente micromedição, a dinâmica de crescimento desordenado e a variabilidade socioeconômica tornam limitada a aplicação direta das metodologias convencionais (ALÉM SOBRINHO; VON SPERLING, 2014). Nesses contextos, a indisponibilidade de dados confiáveis impõe desafios relevantes à estimativa de consumo, exigindo a adoção de abordagens alternativas, baseadas em hipóteses, parâmetros indiretos e cenários de análise.

Dessa forma, torna-se necessário estruturar uma metodologia que seja capaz de conciliar o rigor técnico dos métodos tradicionais com a flexibilidade exigida pela escassez de dados. Essa abordagem deve considerar, por exemplo, estimativas populacionais, faixas de consumo *per capita* compatíveis com a realidade local e análises comparativas, permitindo não apenas a obtenção de valores representativos de demanda, mas também a avaliação da sensibilidade dos resultados frente às incertezas inerentes ao contexto (HELLER; PÁDUA, 2017). Nesse sentido, a construção de cenários múltiplos e a explicitação das premissas adotadas assumem papel central, conferindo transparência e robustez às estimativas realizadas.

Assim, este trabalho propõe a sistematização de uma metodologia aplicada à estimativa de consumo de água em áreas de ocupação irregular, buscando reduzir as incertezas associadas à ausência de dados medidos e fornecer subsídios técnicos consistentes para o planejamento e a gestão dos sistemas de abastecimento.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada com o objetivo de contornar a limitação de dados observada em áreas de ocupação irregular, conforme discutido anteriormente, mantendo, sempre que possível, o rigor técnico das abordagens tradicionais. Para isso, o método foi desenvolvido a partir de uma aplicação prática em um município, sendo organizado em etapas sequenciais e complementares.

Análise Temporal e Identificação das Ocupações

A primeira etapa consiste na análise temporal das áreas de ocupação irregular, por meio da comparação de imagens aéreas ou de satélite em diferentes períodos. Essa análise permite evidenciar o crescimento acelerado dessas regiões, reforçando a limitação do uso exclusivo de dados censitários, como os disponibilizados pelo IBGE, que apresentam, em geral, defasagem temporal.

Dessa forma, a avaliação visual da evolução das ocupações torna-se um instrumento importante para contextualizar a dinâmica de crescimento e justificar a necessidade de utilização de dados mais atualizados no processo de estimativa.

A Figura 1 e a Figura 2 apresentam uma análise temporal realizada em uma área de ocupação irregular em 2021 e em 2025. A área está destacada em vermelho.

Figura 1. Imagem aérea de uma ocupação irregular no ano de 2021



Fonte: Adaptado Google Earth Pro (2026)

Figura 2. Imagem aérea de uma ocupação irregular no ano de 2025



Fonte: Adaptado Google Earth Pro (2026)

Contagem de Residências

Com base nas imagens mais recentes disponíveis, realiza-se a contagem das residências ou lotes ocupados nas áreas irregulares. Essa etapa é fundamental, pois constitui a base para a estimativa populacional.

A contagem direta, ainda que simplificada, apresenta maior aderência à realidade quando comparada aos dados secundários defasados, sendo especialmente recomendada em áreas com crescimento acelerado e ocupação desordenada

A Figura 3 apresenta a contagem de lotes realizada na região em estudo.

Figura 3. Contagem de residências na área de ocupação irregular



Fonte: Autor (2026).

Estimativa da População

A partir do número de residências identificadas, procede-se à estimativa da população residente. Para isso, é necessário definir um indicador representativo de habitantes por domicílio, através das análises dos dados dos setores censitários.

Diferentemente das áreas regulares, não se recomenda a utilização da média municipal, uma vez que áreas irregulares tendem a apresentar maior adensamento populacional. Assim, a definição desse indicador deve ser realizada com base em áreas que apresentem características socioeconômicas semelhantes.

Seleção das Áreas de Referência

Inicialmente, são selecionados bairros regulares com características socioeconômicas similares às áreas irregulares, especialmente no que se refere à renda *per capita*. Essa escolha visa garantir que o indicador adotado represente adequadamente a realidade das áreas em estudo.

Análise por Setor Censitário

Os bairros selecionados são associados aos respectivos setores censitários do IBGE, de onde são extraídas informações como população total e número de domicílios.

A partir desses dados, calcula-se o indicador médio de habitantes por domicílio, podendo também ser analisada a relação entre habitantes e economias, quando disponíveis dados comerciais. A utilização de múltiplos bairros permite maior robustez estatística ao indicador adotado.

A seguir, serão descritas todas as etapas necessárias para elaboração da análise por setor censitário.

- **Etapas 01:**

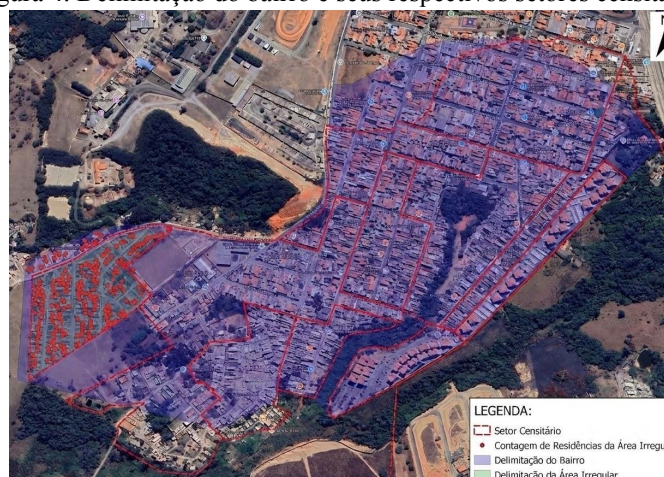
A primeira etapa consiste na importação dos arquivos em formato “shapefile” ou “.gpkg” para um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), como o QGIS.

No portal do IBGE (2026), estão disponíveis para download os arquivos vetoriais de setores censitários e de bairros, os quais são fundamentais para a realização das análises espaciais propostas.

- **Etapas 02:**

Após a importação dos arquivos para o QGIS, deve-se realizar o filtro do bairro em estudo, bem como dos setores censitários que o abrangem, conforme ilustrado na Figura 04.

Figura 4. Delimitação do bairro e seus respectivos setores censitários



Fonte: Autor (2026)

É importante destacar que o bairro selecionado para a análise deve apresentar características socioeconômicas semelhantes às da área de ocupação irregular. Dessa forma, quanto maior a proximidade geográfica entre as áreas, maior a tendência de similaridade dessas características.

● **Etapa 03:**

Após a seleção do bairro e de seus respectivos setores censitários, devem ser analisadas as seguintes variáveis: V0001 – Total de Pessoas; V0007 – Total de domicílios Particulares Ocupados; V0005 – Média de Moradores.

Ressalta-se que esses códigos (V0001, V0002 e V0005) correspondem às nomenclaturas padronizadas pelo IBGE. Cada setor censitário apresenta valores específicos de população e número de domicílios, sendo essas informações fundamentais para a caracterização e análise da área em estudo.

A partir das informações disponíveis em cada setor censitário do bairro em estudo, é realizado um compilado das informações, que são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Compilação de dados dos setores censitários

Cod Setor	Total de Pessoas (V0001)	Total de Domicílios Particulares Ocupados (V0007)	Quantidade de Hab./Dom. (V0005)
A	294	83	3,5
B	394	128	3,1
C	756	291	2,6
D	957	308	3,1
E	868	291	3
F	591	167	3,5
G	1271	459	2,8
H	800	315	2,5
I	650	207	3,1
J	568	190	3
K	626	211	3
TOTAL	7.775	2.650	3,02

Fonte: Adaptado Setor Censitário IBGE (2026)

A partir da compilação dos dados dos setores censitários do bairro em estudo, é possível determinar o total de habitantes, total de domicílios e a média de habitantes por domicílio da região.

No caso em questão, determinou-se que a quantidade de habitantes por domicílio a ser considerada na área de ocupação irregular será de 3,02 hab/dom.

Cálculo da População nas Áreas Irregulares

Com o indicador definido, estima-se a população das áreas irregulares por meio da multiplicação do número de residências ocupadas pelo valor médio de habitantes por domicílio obtido na etapa anterior.

Esse procedimento permite obter uma estimativa populacional coerente com o perfil socioeconômico das áreas analisadas, superando as limitações da utilização de médias municipais.

Estimativa do Consumo *Per Capita*

Na ausência de dados específicos do sistema de abastecimento de água, é prática comum a adoção de valores de referência para o consumo *per capita*, sendo frequentemente utilizado o valor de 200 L/hab.dia para fins de dimensionamento. Contudo, essa abordagem simplificada pode não representar adequadamente a realidade local, uma vez que o consumo de água é influenciado por diversos fatores, como condições climáticas, características socioeconômicas da população e estrutura tarifária vigente no município.

Dessa forma, recomenda-se, sempre que possível, a utilização de dados reais do próprio sistema de abastecimento em estudo, de modo a refletir com maior fidelidade o comportamento de consumo da população atendida. Nesse contexto, o primeiro passo consiste na determinação do consumo *per capita* micromedido (q_{mic}), obtido pela razão entre o volume micromedido total (residencial e comercial) e a população efetivamente atendida pelo sistema.

Cabe destacar a importância da correta definição da população atendida. É comum a utilização equivocada da população total do município, conforme dados do IBGE. No entanto, em muitos casos, a população rural não é atendida pelo sistema público de abastecimento de água, sendo mais adequado considerar apenas a população urbana como representativa da população atendida.

Entretanto, para fins de dimensionamento hidráulico, não se deve considerar apenas o consumo efetivamente medido, mas sim o volume distribuído, que incorpora as perdas de água no sistema. A desconsideração dessas perdas pode levar ao subdimensionamento das estruturas projetadas, comprometendo o desempenho operacional do sistema.

Assim, torna-se necessário converter o consumo *per capita* micromedido em consumo *per capita* distribuído (q_{dist}), que inclui tanto o consumo quanto as perdas. Essa relação pode ser expressa por meio da seguinte equação:

$$q_{dist} = \frac{Vol_{dist}}{Pop} \rightarrow Vol_{dist} = q_{dist} \times Pop \quad (1)$$

$$q_{mic} = \frac{Vol_{mic}}{Pop} \rightarrow Vol_{mic} = q_{mic} \times Pop \quad (2)$$

Para cálculo das perdas de água em sistemas de distribuição utiliza-se a fórmula clássica:

$$Perdas = \left(\frac{Vol_{dist} - Vol_{mic}}{Vol_{dist}} \right) 100 \quad (3)$$

Portanto, aplicando algumas operações matemáticas, tem-se:

$$Vol_{dist} \times \frac{Perdas}{100} = Vol_{dist} - Vol_{mic} \quad (4)$$

$$Vol_{mic} = Vol_{dist} - Vol_{dist} \times \frac{Perdas}{100} \quad (5)$$

$$Vol_{mic} = Vol_{dist} \times \left(1 - \frac{Perdas}{100}\right) \quad (6)$$

$$Vol_{dist} = \frac{Vol_{mic}}{\left(1 - \frac{Perdas}{100}\right)} \quad (7)$$

$$q_{dist} \times Pop = \frac{q_{mic} \times Pop}{\left(1 - \frac{Perdas}{100}\right)} \quad (8)$$

$$q_{dist} = \frac{q_{mic}}{\left(1 - \frac{Perdas}{100}\right)} \quad (9)$$

em que:

q_{dist} = *per capita* de água distribuído no município, incluso as perdas e o consumo de água;

Vol_{dis} = volume distribuído de água no município;

Pop = população atendida pelo sistema de abastecimento de água.

q_{mic} = *per capita* de água micromedido no município;

Vol_{mic} = volume micromedido de água no município;

$Perdas$ = Índice de perda de água na distribuição em percentagem.

Com relação ao índice de perdas, para fins de cálculo, recomenda-se a utilização do percentual global do município. Alternativamente, quando houver disponibilidade de dados de monitoramento, pode-se adotar o índice de perdas de um setor de abastecimento que apresente características operacionais e socioeconômicas semelhantes à área em estudo, de modo a conferir maior representatividade aos resultados.

Comumente, utiliza-se a simples multiplicação do consumo *per capita* micromedido por um fator de perdas para calcular a vazão distribuída. No entanto, essa simplificação subestima o valor real. Portanto, para garantir maior precisão aos resultados e evitar o subdimensionamento do sistema, recomenda-se o uso da Equação 9.

LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A principal limitação da metodologia reside na utilização do consumo *per capita* médio municipal como base de cálculo. Este indicador reflete o comportamento de áreas regulares, onde a infraestrutura é planejada e monitorada, ignorando as particularidades das ocupações irregulares,

cujas redes precárias e falta de critérios técnicos tendem a gerar níveis de perdas significativamente superiores à média do sistema, não compensando a “demanda reprimida” com um multiplicador de consumo, por exemplo.

Além disso, a ausência de micromedição nessas regiões favorece um uso menos racional da água, o que pode resultar em um consumo real superior ao verificado em áreas formalizadas. Como a metodologia adota parâmetros de áreas regularizadas, os resultados obtidos tendem a ser conservadores, representando uma demanda possivelmente inferior à carga efetiva imposta ao sistema de abastecimento.

Portanto, a abordagem deve ser vista como uma alternativa técnica para cenários de escassez de dados, como por exemplo a ausência de coletas em campo, sendo recomendável a instalação de macromedidores sempre que possível. A integração de dados de medição real permitiria calibrar as premissas adotadas, validando a metodologia e elevando a confiabilidade das análises hidráulicas frente à realidade operacional de cada localidade.

CONCLUSÃO

A estimativa de consumo em áreas de ocupação irregular supera as limitações das metodologias tradicionais ao integrar fontes alternativas de dados diante da escassez de medição formal. O uso de imagens aéreas para contagem de residências, aliado a indicadores do IBGE e dados reais do sistema para definição do consumo *per capita* e perdas, confere robustez às vazões calculadas. Essa abordagem reduz a subjetividade do projetista e permite a construção de cenários de sensibilidade, garantindo maior confiabilidade ao dimensionamento hidráulico em contextos de incerteza.

Dessa forma, o estudo consolida uma metodologia replicável que subsidia a tomada de decisão de concessionárias e o planejamento da expansão urbana. Ao estabelecer um caminho estruturado para a estimativa de demandas, o trabalho contribui para a melhoria da gestão operacional e para a integração técnica e sustentável dessas regiões aos sistemas formais de abastecimento. A continuidade dessa prática, somada ao avanço do monitoramento e pesquisas em campo, tende a aprimorar progressivamente a precisão das análises e a eficiência dos projetos.

REFERÊNCIAS

ALÉM SOBRINHO, P; VON SPERLING, M. (2014) Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2022) Malha de Setores Censitários (Edição 2022). Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (2017) Abastecimento de água para consumo humano. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG.

TSUTIYA, M. T. (2006). Abastecimento de Água. 3. ed. São Paulo: USP/Escola Politécnica.