

## MACROMEDIÇÃO ADEQUADA COMO FERRAMENTA PARA GESTÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

**Ana Carolina Santana Conceição<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista da Autarquia Municipal Saneamento Básico Vinhedo (Sanebavi). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Nove de Julho, 533 - Centro - Vinhedo – São Paulo - CEP: 13280-083 - Brasil - Tel: +55 0800 774 7123 (Ramal 8024) - e-mail: [ana.santana@sanebavi.com.br](mailto:ana.santana@sanebavi.com.br) ou [anacarolina0308@hotmail.com](mailto:anacarolina0308@hotmail.com).

### RESUMO

O dimensionamento adequado dos medidores pode ser uma importante ferramenta para a redução das perdas de água, ampliação do acesso à esse recurso e equacionamento entre oferta e demanda, sobretudo em locais com escassez hídrica. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é avaliar qual a melhor forma de determinação do medidor adequado para empreendimentos residenciais multifamiliares verticais. Para isso, foram selecionados 18 empreendimentos que atenderam aos critérios estabelecidos e levantados dados de consumo medido e características dos empreendimentos. Calculados os consumos de projeto, efetivos estimados e de posse dos dados reais, foi possível verificar que os dados de consumo efetivo tiveram maior aderência à dispersão dos dados medidos. Além disso, os graus de desvio da classe do medidor foram maiores e mais variáveis quando comparados aos medidores instalados (definidos pela vazão projetada ou de forma subjetiva) com a consumo medido em relação à determinação via norma técnica NTS0181. Por fim, foi possível estimar o Índice de Perdas Aparentes na amostra analisada em  $47,6\% \pm 13,2\%$ . Assim, concluiu-se que é mais adequado dimensionar o medidor pelo consumo efetivo estimado (via NTS) e que a adoção das outras formas de determinação pode resultar em significativos índices de perdas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Macromedidor; Dimensionamento; Índice de perdas.

### INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial à vida e ao qual todos os habitantes deveriam ter acesso em quantidade e qualidade suficientes. No entanto, o relatório mais recente da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) referente ao tema indicou que, ainda hoje, cerca de 26% da população global (2 bilhões de pessoas) não tem acesso à água potável e cerca de 46% dos habitantes do planeta (mais de 4 bilhões) não possuem serviços de saneamento seguros (ONU, 2023).

A dificuldade de acesso a esse bem está relacionada a diversos fatores, como mudanças climáticas, escassez hídrica e desigualdades sociais, mas também à falta de manejo adequado e usos sustentáveis dos recursos naturais (CETESB, 2023). Na avaliação do secretário-geral da ONU, o gerenciamento de água é uma das quatro áreas que devem ser priorizadas para acelerar os resultados e mudar o cenário de escassez e má distribuição atual (ONU, 2023). Ele explica que existe uma lacuna na gestão da água, e os governos devem desenvolver e implementar planos para garantir o acesso equitativo ao recurso.

É nesse contexto que se enquadra a Gestão da Demanda Domiciliar, que abrange tanto práticas voltadas para a redução do consumo final pela população, com o objetivo de mudança para hábitos mais sustentáveis no uso da água, mas também para contabilizar e monitorar o consumo para gerir adequadamente a distribuição e evitar perdas de água (AMORIM, CAMPOS, 2021).

Tem sido sinalizado em diversos estudos no mundo que investimentos em ações e técnicas para a melhoria do monitoramento e do controle de sistemas de abastecimento de água (SAA) são essenciais para mitigar perdas de água, tanto reais quanto aparentes (KORKANA et al., 2016a, 2016b; HAJEBI et al., 2014; GOMES et al., 2015).

Para além das perdas reais, a medição adequada do consumo de água é a chave para mitigação das perdas aparentes, garantindo a cobrança correta pelo bem consumido e, por consequência, estimulando o consumo consciente e o levantamento de informações corretas para a gestão do SAA (AMORIM, CAMPOS, 2021; MACHION, 2019). Em suma, é um processo que se retroalimenta.

Por outro lado, têm-se a região das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), que apresenta elevados patamares de crescimento e desenvolvimento, porém condições críticas de disponibilidade hídrica (MACHION, 2019). De acordo com a Agência de Bacias PCJ (2020), nessa região a disponibilidade hídrica é classificada como “insatisfatória”, de 980m<sup>3</sup>/hab.ano. A referência para o Estado de São Paulo para classificar uma situação como crítica é de 1.500 m<sup>3</sup>/hab.ano.

Diante deste cenário, o dimensionamento adequado dos medidores pode ser uma importante ferramenta para a redução das perdas de água, ampliação do acesso à água e equacionamento entre oferta e demanda, sobretudo em locais com escassez hídrica, como é o caso dos municípios das Bacias do PCJ, visando garantir a sobrevivência dos sistemas de abastecimento.

## **OBJETIVOS**

O objetivo deste artigo é avaliar qual a melhor forma de determinar o medidor adequado para empreendimentos residenciais multifamiliares verticais, visando mitigar perdas de água.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Comparar os valores de vazões (ii) estimadas via NTS0181- Dimensionamento do Ramal Predial de Água, Cavalete e Hidrômetro – Primeira Ligação e (iii) estimadas via fórmula da literatura, para identificar qual mais se aproxima do consumo medido nos empreendimentos;
- Investigar desvios (super ou subdimensionamento) dos medidores (i) instalados, (ii) dimensionados via NTS0181 e (iii) dimensionados via literatura.
- Determinar o Índice de Perdas Aparentes para a amostra analisada.

## **METODOLOGIA**

Para realização do estudo, foram identificadas as ligações de água na cidade de Vinhedo-SP onde há macromedidores instalados. Esse levantamento foi feito no sistema comercial da Autarquia de Água e Esgoto da cidade (Saneamento Básico Vinhedo - Sanebavi) e, na sequência, foram aplicados os seguintes critérios para seleção dos objetos de estudo:

- Os empreendimentos deveriam se referir a edificações residenciais multifamiliares verticais e com sistema de medição individualizada cadastrado no sistema comercial da Autarquia. Isso para que fosse possível estimar o consumo per capita residencial e, na continuação deste estudo, sejam analisados também os dados de micromedição.
- As ligações desses empreendimentos deveriam constar como “ativas” e ter, pelos menos, seis dados válidos de consumo medido no mesmo sistema comercial. Considerou-se dados inválidos aqueles com comportamento anômalo ou muito variável, conforme recomendado na NBR 15.538 (ABNT, 2014),
- Deveriam estar disponíveis os projetos dos empreendimentos no banco de dados/Cadastro Técnico do departamento de Projetos da Autarquia e/ou informações suficientes para aplicação da metodologia da norma NTS0181, tais como quantidade total de unidades habitacionais (UH), área total construída (m<sup>2</sup>), quantidade total de dormitórios e banheiros e quantidade de vagas de garagem por UH.

Como isso, foram selecionados 18 empreendimentos que atenderam aos critérios, cujas características foram sintetizadas na Tabela 1 e estão detalhadas no Anexo 1.

**Tabela 1 – Caracterização sintetizada dos empreendimentos que foram objeto de estudo**

Medida	Qtde de UH	Área total construída (m <sup>2</sup> )	Qtde total de banheiros	Qtde total de dormitórios
média	81	7.028,6	141	183
desvio	45	3.401,1	84	92
mediana	80	8.886,2	136	190
min	16	1.500,0	3	48
max	160	12.179,0	352	360

Fonte: elaboração própria a partir de dados do banco de dados/Cadastro Técnico do departamento de Projetos da Autarquia (2023).

A Classe do medidor instalado em cada empreendimento foi levantada no sistema comercial da Autarquia, assim como os dados de consumo medido de dois anos (junho/2021 a maio/2023). Dados anômalos, cuja causa esteve ou não indicada no sistema comercial (ex: virada de hidrômetros, leitura incorreta, entre outras), foram desconsiderados do estudo. Também foram desconsiderados dados pré-estabilização do consumo de água do empreendimento.

De posse de todos os dados de consumo, do medidor instalado e dos dados característicos dos 18 empreendimentos, foram estimados os consumos mensais (i) efetivo estimado - via NTS0181 - Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação (SABESP, 2023) e Tsutiya (2014, pg. 48) e (ii) projetado - via fórmula de determinação de vazão de Projeto constante na literatura (TSUTIYA, 2014), conforme Equações 1 e 2. Para estimativa do consumo mensal de água por empreendimento, foram considerados cinco e quatro habitantes por UH para apartamento com 3 e 2 quartos, respectivamente. Já para apartamentos de 1 quarto, foram considerados apenas dois habitantes por UH. O consumo per capita considerado foi de 200 l/hab.dia.

$$C_{NTS} = -21,1 + (0,0177 \times A_{TC}) + (2,65 \times N_{TB}) + (3,97 \times N_{TD}) - (50,2 \times A) + (46 \times N_{G/UH}) \quad \text{equação (1)}$$

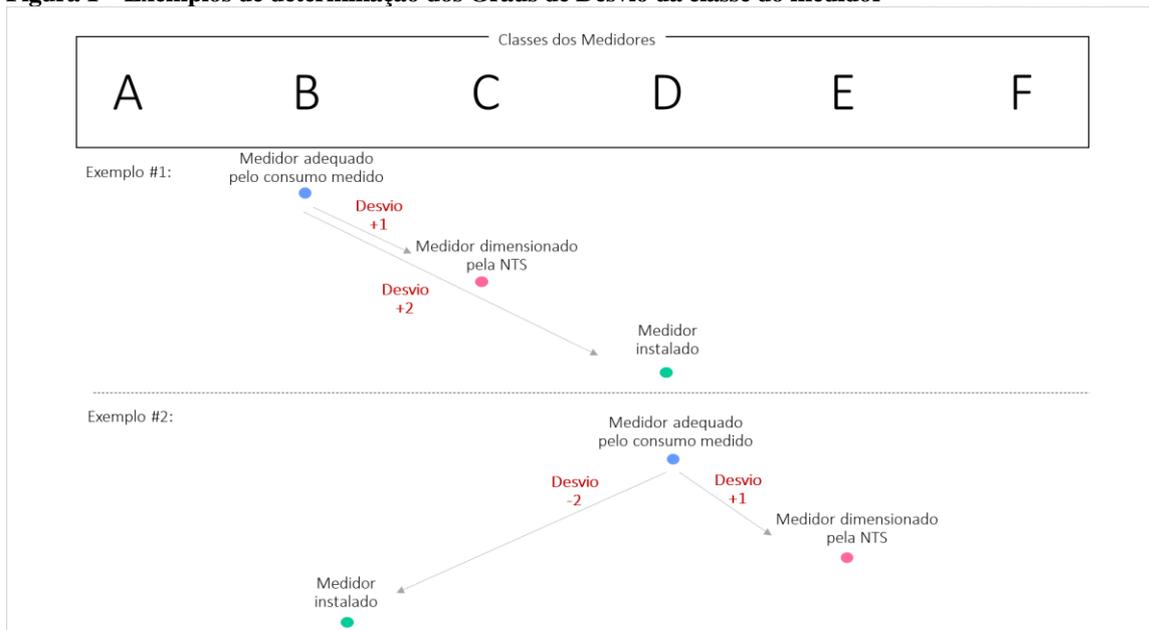
Onde:  $C_{NTS}$  = consumo mensal estimado pela NTS0181 (m<sup>3</sup>/mês);  $A_{TC}$  = área total construída (m<sup>2</sup>);  $N_{TB}$  = número total de banheiros (unidades);  $N_{TD}$  = número total de dormitórios (unidades);  $N_{G/UH}$  = número de vagas de garagem por unidades habitacionais – apartamentos. (A) Parâmetro que assume valor 1 ou 0 (há mais de 3 dormitórios por apartamento: 1; caso contrário: 0).

$$C_{LIT} = UH \times \text{hab}/UH \times q \times K_1 \times K_2 \times 30 \text{ dias} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:  $C_{LIT}$  = consumo mensal projetado pela fórmula da literatura (m<sup>3</sup>/mês); UH = unidades habitacionais – apartamentos (unidades); Hab/UH = habitantes por unidade habitacional (hab/unidade); q = consumo per capita de água (m<sup>3</sup>/hab.dia);  $K_1 = 1,20$ ;  $K_2 = 1,50$ .

Dimensionamento do hidrômetro também pelas duas vias (NTS e literatura) e análise comparativa, inclusive com o consumo medido (real). A métrica utilizada para mensurar o sub ou superdimensionamento dos hidrométricos foi o “Grau de Desvio da Classe do Medidor”. As Classes dos medidores consideradas foram Y, A, B, C, D, E e F (existentes nos empreendimentos da cidade). Desvios para classes superiores foram considerados com sinal positivo (“+”) e desvios para classes inferiores foram considerados com sinal negativo (“-”). Além disso, quanto mais distante da classe ideal, considerada para o consumo medido (real), maior o número, conforme exemplo na Figura 1.

**Figura 1 – Exemplos de determinação dos Graus de Desvio da classe do medidor**

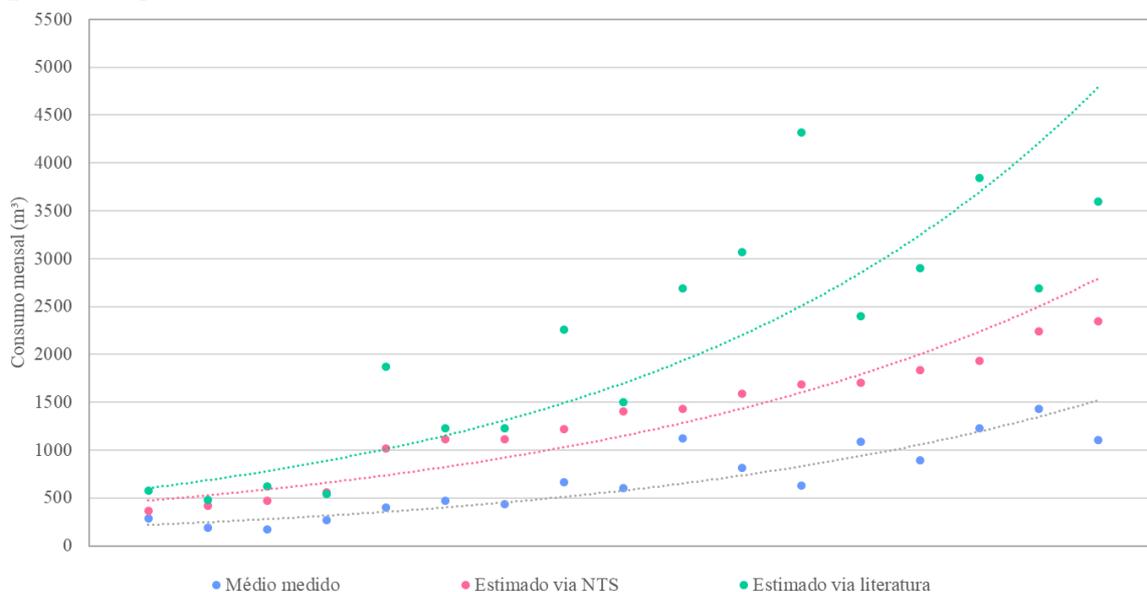


Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados de consumo mensal medido e das estimativas realizadas via cálculo da NTS0181 e via estimativa da literatura, foi possível verificar que a estimativa de consumo feita via cálculo da NTS apresentou um melhor ajuste aos dados de consumo macromedidos (reais). Isso indica que essa estimativa possui menor erro em relação à estimativa da literatura e, portanto, seria mais adequado dimensionar o macromedidor por esta estimativa para os próximos empreendimentos do tipo “edificações residenciais multifamiliares verticais” que vierem a ser instalados no município.

**Figura 2 – Dispersão dos dados de consumo mensal medido e estimados (via NTS e via literatura)**



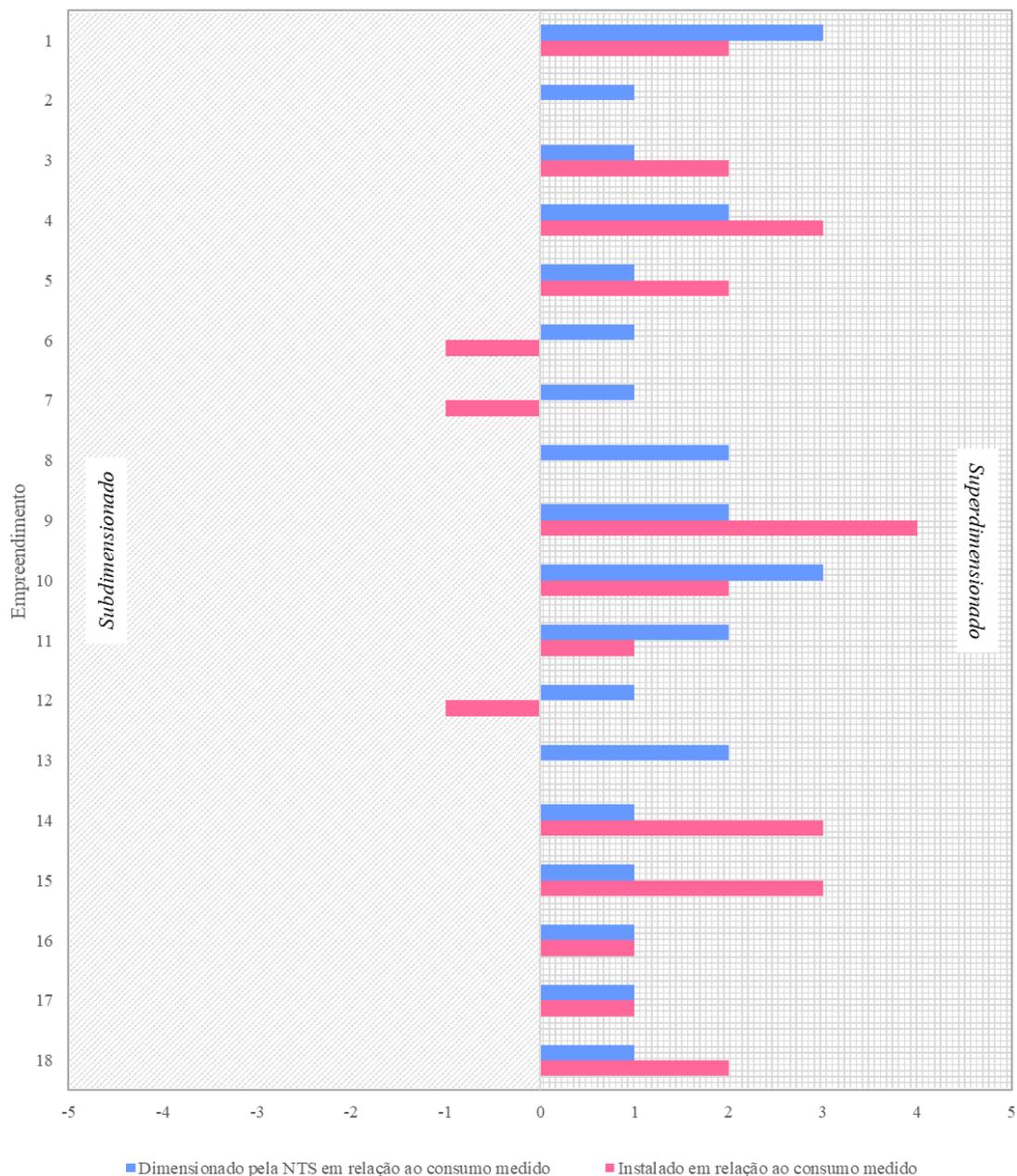
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Contudo, ainda que mais adequada, a estimativa do consumo via NTS resultou em valores de consumo cerca de  $102\% \pm 47\%$  maiores que os reais. Porém essa estimativa tão superior pode compensar as variações horárias e diárias e as perdas de água na distribuição, que, para Vinhedo, estão estimadas em 30% (SNIS, ano). Dessa forma, essa “folga” identificada pode ser entendida como um fator de segurança.

Contudo, estimativas muito superiores, da ordem de  $207\% \pm 120\%$ , como é o caso da estimativa via literatura, precisam ser avaliadas com cautela, pois além de apresentarem maior variabilidade nos resultados obtidos, podem resultar no superdimensionamento dos medidores empregados.

Essas diferenças nas curvas de tendência/dispersões entre os três conjuntos de dados podem também ser mensuradas e mais bem qualificadas em termos de Graus de Desvio da classe do medidor, conforme apresentado na Figura 3.

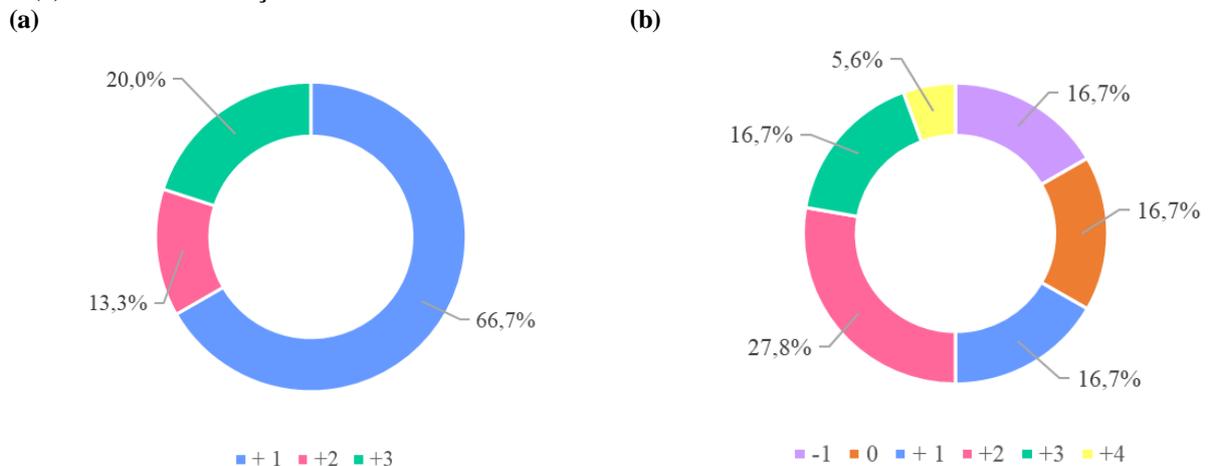
**Figura 3 – Graus de desvio da classe do medidor dimensionado via NTS e instalado, em relação ao adequado para o consumo medido**



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Como pode ser observado, em todos os casos analisados, os medidores dimensionados via NTS estiveram, pelo menos, um grau de desvio acima do medidor adequado ao consumo medido. Isso reforça que a estimativa da norma considera uma folga, possivelmente referente às variações horárias e diárias. No entanto, os graus de desvio da classe do medidor instalados foram ainda maiores e mais variados (Figuras 3 e 4), de forma que em 16,7% (3/18) dos casos analisados houve, inclusive subdimensionamento dos medidores.

**Figura 4 – Graus de desvio da classe do medidor (a) dimensionado pela NTS em relação ao consumo medido e (b) instalado em relação ao consumo medido**



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

No dimensionamento do medidor via NTS, foi observado que em 100% dos casos houve desvio, mas que, em sua maioria (89%) esse desvio foi de apenas um grau na classe do medidor, sendo mais de 60% (61,1%) desvio de apenas uma classe acima, possivelmente referente à folga/margem de segurança para variações horárias e diárias de consumo. Em apenas 11,1% dos casos o desvio foi de 3 classes acima e não houve casos de subdimensionamento pela NTS.

Já observando os medidores instalados em relação ao consumo medido, observou-se que 16,7% dos casos o instalado esteve de acordo com o medido. Contudo, nos 83,3% dos casos em que houve desvio, em 22,3% dos casos o desvio foi de três ou quase classes de medidor acima. O dobro da ocorrência dos casos mais graves de desvio pelo primeiro tipo de dimensionamento, além de que se chegou a quatro graus de desvio, que não foi atingido pelo dimensionamento da NTS. Também chama a atenção os casos de subdimensionamento do medidor (16,7%), que não foi observado no dimensionamento via norma.

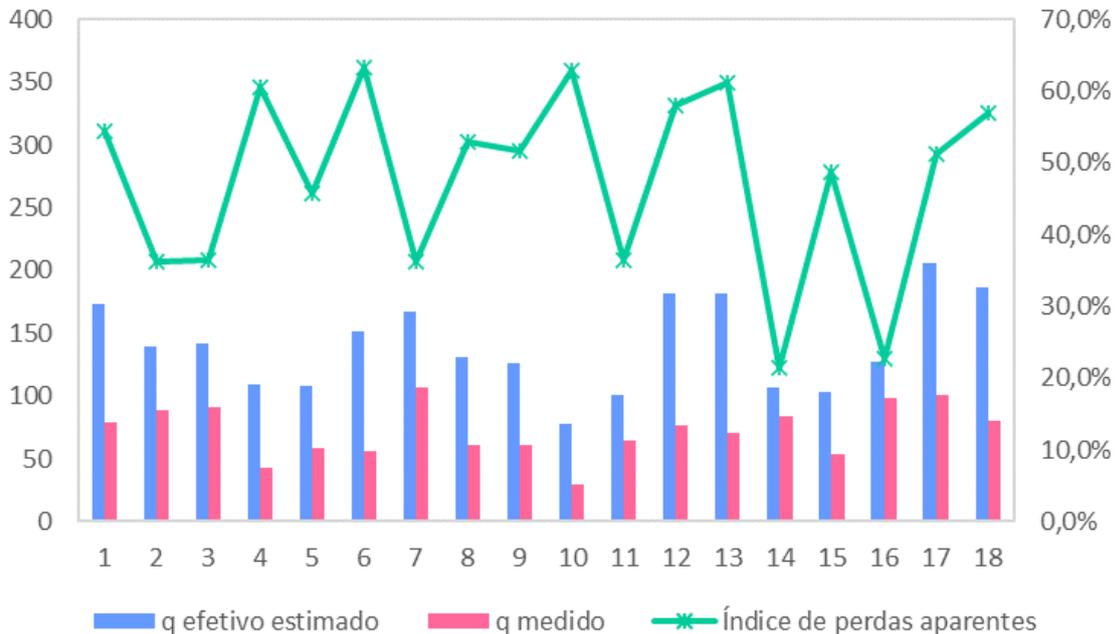
Em discussão com a equipe que determina os medidores a serem instalados em cada empreendimento, foi verificado que é utilizada a estimativa clássica (via literatura) para determinação do medidor que será instalado em cada empreendimento e que, eventualmente, segue-se até a experiência dos funcionários. Tal situação explica a maior variabilidade e maiores graus de desvio observados entre os medidores instalados em relação aos mais adequados ao consumo medido se comparado aos medidores dimensionados via NTS. A estimativa da literatura sendo menos aderente aos dados de consumo e, mais ainda, a adoção de critérios subjetivos na determinação do medidor a ser empregado no empreendimento resulta nos maiores graus de desvio identificados.

Medidores de água dimensionados incorretamente podem dificultar a detecção de vazamentos, prejudicar a pressão de abastecimento e resultar na submedição do consumo (AZEVEDO NETTO, 2013; PEREIRA, 2007; AMORIM, 2021). Isso porque, se as vazões nos ramais de alimentação estiverem fora do range ou dimensionamento ótimo do medidor, parte da água consumida pode não ser detectada e, portanto, não faturada. Esse tipo de perda de água, também denominada “perda não física” ou “perda administrativa”, além de camuflar o consumo real de água e prejudicar a Gestão da Demanda Domiciliar, ainda resulta em menor faturamento para instituição fornecedora.

No caso dos empreendimentos objetos de estudo desta pesquisa, pode-se inferir que, devido à 50,1% dos macromedidores instalados nas amostras estarem de dois a quatro graus de desvio acima da classe do medidor estimado via consumo medido, que pode estar havendo grande perda aparente de água, que são essas perdas provocadas por volumes não faturados mas efetivamente consumidos pela população.

Quanto a isso, estimou-se as perdas de água aparentes para os 18 empreendimentos analisados (Figura 5) e verificou-se que essas perdas estiveram em torno de  $47,6\% \pm 13,2\%$  (mediana 51,4%). O menor índice identificado foi de 21,5% e o maior foi de 63,2%. De acordo com Tsutiya (2014), em projetos é comum fixar um índice de perdas de 20% e não utilizar valores atuais, porque estes costumam ser bem maiores.

**Figura 5 – Consumos per capita efetivo estimado e medido e Índice de Perdas Aparentes**



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Foi possível avaliar que, entre os dois métodos verificados, o dimensionamento de macromedidores para empreendimentos residenciais multifamiliares verticais via estimativa de consumo efetivo, determinado pela fórmula da Norma Técnica Sabesp NTS0181, foi mais adequado ao consumo medido (real).

Também foi verificado que os valores de consumo estimados via literatura (estimativa de projeto) tiveram menos ajuste aos dados medidos do que a estimativa de consumo pela norma.

Os graus de desvio também foram maiores e mais variados no primeiro caso do que quando comparado aos graus de desvio do dimensionamento via NTS.

O Índice de Perdas Aparentes de Água para o conjunto analisado foi determinado e há necessidade de troca dos medidores atualmente instalados para outros com dimensionamento mais adequado.

Assim, concluiu-se que é mais adequado dimensionar o medidor pelo consumo efetivo estimado (via NTS) e que a adoção das outras formas de determinação pode resultar em significativos índices de perdas; bem como o emprego de medidores adequadamente dimensionados poderá mitigar as perdas aparentes de água no município.

Como próximos passos, pretende-se dimensionar os medidores via outros métodos (ex.: empírico-NBR 5626 (ABNT, 1998); e probabilísticos), para avaliar se algum se ajusta ainda melhor ao conjunto de dados reais de consumo dos empreendimentos levantados; bem como avaliar a aplicabilidade da NTS0281 (Critérios para Gestão dos Hidrômetros) como ferramenta adicional para definição dos critérios para substituição dos hidrômetros dimensionados incorretamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. 2014. *NBR 15.538: Medidores de água potável – Ensaio para avaliação de eficiência*.
2. AMORIM, M. M. L.; CAMPOS, M. A. S. *Determinação da vazão de projeto para a escolha dos hidrômetros de edificações residenciais com medição individualizada*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 403-420, jan./mar. 2021.
3. AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. *Manual de Hidráulica*. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.
4. CETESB. 2023. *O problema da escassez de água no mundo*. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/#:~:text=A%20escassez%20de%20%C3%A1gua%20no,da%20%C3%A1gua%20significa%20detr%20poder>> Acesso em 04/06/2023.
5. GOMES, R. et al. *Different design criteria for district metered areas in water distribution networks*. *Procedia Engineering*, v. 119, p. 1221-1230, 2015
6. HAJEBI, S. et al. *Water distribution network sectorization using structural graph partitioning and multiobjective optimization*. *Water Practice & Technology*, v. 89, n. 2014, p. 1144-1151, 2014
7. KORKANA, P. et al. *Developing an optimization algorithm to form district metered areas in a water distribution system*. *Procedia Engineering*, v. 162, p. 530-536, 2016a.
8. KORKANA, P. et al. *Forming district metered areas in a water distribution network using genetic algorithms*. *Sensors Journal*, v. 162, p. 511-520, 2016b.
9. MACHIAN, A. C. G. *Avaliação da medição de vazão em um setor de abastecimento em termos de velocidade na tubulação e range do medidor buscando-se otimizar o dimensionamento para gestão da macromedição como ferramenta para o controle de perdas*. *30º Encontro Técnico AESabesp*. 2019. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/11/abastecimento-macromedicao-controle-perdas.pdf>>.
10. ONU. 2023. *Consumo vampírico está esgotando a água no mundo, afirma secretário-geral da ONU*. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/224386-consumo-vamp%C3%ADrico-est%C3%A1-esgotando-%C3%A1gua-no-mundo-afirma-secret%C3%A1rio-geral-da-onu#:~:text=De%20acordo%20com%20novo%20relat%C3%B3rio,3%2C6%20bilh%C3%B5es%20de%20pessoas>> Acesso em 04/06/2023.
11. PCJ, AGÊNCIA DAS BACIAS. 2020. *Disponibilidade hídrica*. Disponível em: <<https://agencia.baciaspcj.org.br/bacias-pcj/disponibilidade-hidrica/>> Acesso em 04/06/2023.
12. PEREIRA, L. G. *Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em campinas*. Campinas, 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
13. SABESP. 2023. NTS0181 - Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação - ERRATA 1. Disponível em: <<https://normastecnicas.sabesp.com.br/>>. Acesso em 02/06/2023.
14. TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 4 ed. São Paulo: 2014.

ANEXO 1

**Tabela 1A – Caracterização detalhada dos empreendimentos que foram objeto de estudo**

<b>Empreendimento</b>	<b>Qtde de UH</b>	<b>Área total construída (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Qtde total de banheiros</b>	<b>Qtde total de dormitórios</b>	<b>1 se mais de 3 dormitórios/UH; 0 se não</b>	<b>Qtde de vagas de garagem por UH</b>
1	125	1.500,0	250	125	0	1
2	18	3.693,5	72	54	0	2
3	24	12.179,0	3	48	0	2
4	128	7.130,0	128	256	0	1
5	112	9.065,0	112	224	0	1
6	41	1.819,6	164	123	0	2
7	41	10.000,0	164	123	0	2
8	160	9.600,0	160	320	0	1
9	144	9.600,0	144	272	0	1
10	121	8.886,2	242	242	0	1
11	120	9.872,0	240	360	0	2
12	96	4.592,0	352	256	0	2
13	23	4.592,0	46	57	0	1,43
14	94	9.986,3	94	188	0	1
15	78	9.490,9	78	156	0	1
16	80	3.186,4	160	240	0	2
17	48	2.106,0	96	144	0	2
18	16	10.000,0	32	48	0	2

Fonte: elaboração própria a partir de dados do banco de dados/Cadastro Técnico do departamento de Projetos da Autarquia (2023).