

SIMULAÇÃO DE PERFIS DE CONSUMO UTILIZANDO PYTHON PARA AVALIAÇÃO DA SUBMEDIÇÃO EM HIDRÔMETROS

Rafaela Padilha Gomes⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil e Bolsista de iniciação científica (CNPq), UNICAMP

Victoria Guermani Orives⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Civil e Bolsista de iniciação científica (CNPq), UNICAMP

André Luís Sotero Salustiano Martim⁽³⁾

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2001) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2005). Concluiu o doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2011). Atualmente é Professor Doutor na área de Recursos Hídricos na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Atuou na Sabesp por 15 anos na execução e gestão dos sistemas de abastecimento público, coleta e tratamento de efluentes, obtendo experiência como Engenheiro Civil, de projetos, obras e operação de sistemas da área de Recursos Hídricos, Hidráulica e Saneamento. Também possui experiência na área acadêmica no ensino de graduação nas disciplinas de Hidráulica, Hidrologia e Saneamento desde 2010

José Gilberto Dalfré Filho⁽⁴⁾

É professor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Mantém parcerias com o CTH/DAEE/USP (Brasil), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Politecnico di Milano (Itália), Institute for Water Education -IHE-UNESCO (The Netherlands). É membro da IAHR (International Association for Hydro-Environment Engineering and Research) e da ABRHidro (Associação Brasileira de Recursos Hídricos). É membro da Comissão Latinoamericana da IAHR. Possui graduação em Engenharia Civil pela UNICAMP (1998), mestrado (2002) e doutorado (2005) ambos em Engenharia Civil pela Unicamp. Realizou pós-doutorado na University of Toronto, School of Applied Sciences and Engineering, 2007 e no Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, 2017. Foi Chefe do Departamento de Recursos Hídricos (2009-2012). Seus temas de interesse em ensino e pesquisa são Mecânica dos Fluidos e Hidráulica, principalmente em estruturas e equipamentos hidráulicos, sistemas de abastecimento de água, perdas em redes de água, cavitação e transitórios hidráulicos.

Daniela Bonazzi Sodek⁽⁵⁾

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de São Carlos (2001). Quinze anos de experiência, sendo nove anos no Reino Unido, na área de infraestrutura urbana. Experiência inclui projetos para prevenção de enchentes pluviais, implantação de redes de esgoto e adutoras (incluindo túnel sob rio), captação, reservatórios etc. Responsável por projetos de viabilidade técnica, ambiental, econômica e social, bem como documentação para licitação e construção. Gerenciamento de recursos financeiros e humanos interdisciplinar, bem como relatórios relacionados ao meio ambiente e segurança no trabalho. Mestre (2019) pelo departamento de Recursos Hídricos e Energéticos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, atualmente, doutoranda pelo mesmo departamento.

Laura Maria Canno Ferreira Fais⁽⁶⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de Lins (1998). Mestre em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Doutora em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos, pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Pós-Doutorado (2014) na Universidade Estadual de Campinas, com trabalho em Segurança de Barragens. Experiência na área de Engenharia Civil, nas áreas de Obras Hidráulicas e Hidrologia. Professor Doutor na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Ministra as disciplinas de Hidráulica, Obras Hidráulicas e Fenômenos de Transportes. Área de pesquisa: Obras Hidráulicas e Segurança de Barragens.

Endereço⁽¹⁾: R. Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-889 - Brasil - Tel: +55 (11) 96090-9219 - e-mail: rafaelapadilhagomes@gmail.com

RESUMO

O consumo de água nos grandes centros aumenta devido a diversos fatores sócio econômicos, dentre eles, podemos citar como uma variável de grande impacto para o fechamento do balanço hídrico o consumo per capita e o índice de perdas de um sistema. Os volumes perdidos, por sua vez, dependem diretamente da medição de vazão e dos índices de submedição. Neste sentido, este projeto visou estudar os impactos da variação de perfis de consumo na medição de água residencial, com um consumo mensal fixo de 20m³. Somado a isso, foram

também utilizados diferentes tipos de hidrômetros para fins comparativos a respeito dos índices de submedição. Utilizou-se de simulações de perfis de consumo gerados por programa em linguagem Python, além do perfil previsto na norma ABNT NBR 15538:2014. Estes foram relacionados com os erros de medição para cada faixa de vazão de cada um dos hidrômetros adotados, sendo então possível concluir que o perfil de consumo tem um grande impacto nos índices de submedição, aumentando significativamente as perdas do sistema quando há uma maior porcentagem de consumo em vazões mais baixas, característica que foi observada nos perfis de consumo residenciais brasileiros após a crise hídrica de 2014-2015.

PALAVRAS-CHAVE: Submedição, Perfil de consumo, Hidrômetro.

INTRODUÇÃO

O consumo de água nos grandes centros aumenta em função do crescimento populacional, do aumento de concentração de população urbana e em função do crescimento econômico. O crescimento depende diretamente da disponibilidade de mão de obra, infraestrutura, equipamentos de saúde, serviços e de água, sendo este último um dos mais difíceis de se obter, caso não exista disponibilidade superficial ou subterrânea imediata. Desta forma, além do consumo, uma variável importante na avaliação da disponibilidade hídrica e no fechamento do balanço hídrico é o consumo per capita e o índice de perdas.

As perdas no sistema de abastecimento de água podem ser divididas em perdas reais, quando produzida e não consumida ou aparentes, quando consumida, mas não contabilizada. Tendo como foco as perdas aparentes no sistema de abastecimento de água do Brasil, a submedição dos hidrômetros é avaliada como a principal responsável (GULARTE, 2005). De acordo com Charalambous et al. (2007), os percentuais de submedição variam também dependendo do perfil de consumo. Silva (2008) analisa o estudo de Charalambous e observa que os maiores valores de submedição ocorrem quando há vazões mais baixas, como podemos observar na **Figura 1** que retrata uma curva de erros de um hidrômetro genérico baseada na norma NBR 16043.

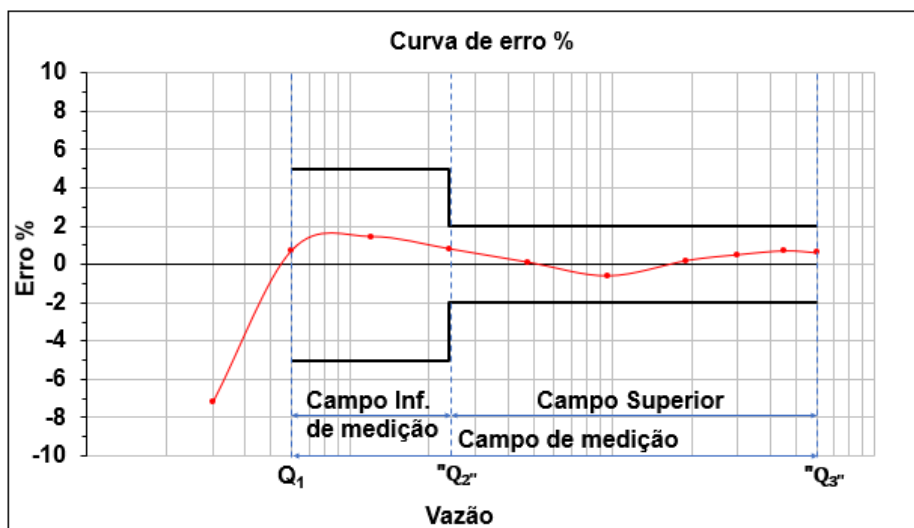


Figura 1: Curva de erros típica de um hidrômetro (baseada na NBR 16043)

Somado a isso, a tendência dos perfis de consumo residenciais é de também terem as porcentagens concentradas nas faixas de menores vazões. Além do próprio perfil de consumo residencial ser caracterizado por trabalhar com vazões menores, existe o fator das residências brasileiras manterem reservatórios, que atenuam as vazões. Segundo Silva (2008), um modo comum de como é feito o controle de nível dos reservatórios, por válvulas do tipo boia, agrava ainda mais esse efeito de amortecimento. Rizzo e Cilia (2005) também apresentam em seu trabalho o impacto da utilização de reservatórios com válvulas do tipo boia, em estudo feito em Malta os autores observaram uma submedição de 9%.

Em conformidade com Silva, o trabalho de Sodek, Dalfré Filho e Martim (2019), reforça a questão da atenuação da vazão por meio do uso de reservatórios e do controle de nível por válvula do tipo boia. Ao analisar os dados fornecidos pela companhia de água local, referentes às residências com e sem reservatório, o estudo mostrou que o consumo de água das residências sem reservatório, ou seja, com ligação direta à rede, era em média 13% maior do que o consumo daquelas com abastecimento indireto. Assim, o estudo conclui que esta porcentagem pode ser considerada como a estimativa de submedição ao se avaliar o balanço hídrico do sistema. Logo, vê-se que a presença de reservatórios em residências causa considerável impacto na submedição. Por fim, os autores finalizam com a ideia de que, ao realizar substituições dos hidrômetros, as companhias de água devem dar prioridade às residências que possuam reservatório, pois haverá um maior retorno de investimento.

OBJETIVO

Este trabalho visa estudar os impactos da variação de perfis de consumo na medição de água residencial, fixando um valor de 20m³/mês. Será realizada a simulação de perfis de consumo diferentes dos previstos na norma ABNT NBR 15538:2014, para três tipos de hidrômetros diferentes:

- Hidrômetro Volumétrico ($Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Hidrômetro Taquimétrico ($Q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$)
- Hidrômetro Ultrassônico Hydrus

A partir da variação dos perfis de consumo serão avaliados os índices de submedição para cada um dos aparelhos hidráulicos, para efeito de comparação da eficiência de cada um deles.

METODOLOGIA UTILIZADA

Foram gerados através de simulação numérica computacional 5 perfis de consumo para residências, hipoteticamente criados com faixas de consumo variadas padronizadas e, porcentagens de consumo variadas de modo aleatório. O intuito foi de trabalhar com perfis que concentram as maiores porcentagens de consumo nas faixas de menores vazões, ou seja, que represente perfis de consumo em que a maior parte do volume consumido pela residência ocorre nos *ranges* de vazão menores, pois é justamente a faixa em que os erros de submedição são maiores.

O primeiro histograma utilizado é o sugerido pela norma **ABNT NBR 15538:2014**, reproduzido na **Figura 3**. Os outros histogramas foram gerados com o auxílio de uma rotina computacional em linguagem Python, como mostrado na **Figura 2**, para gerar valores percentuais aleatórios, dentro de um intervalo de porcentagens semelhante aos apresentados pela norma. A partir dos resultados, selecionamos aqueles valores de perfil gerados que melhor se ajustavam aos perfis de consumo com os *ranges* da premissa do nosso objetivo.

Há uma limitação da rotina em Python com relação à aproximação feita nos valores de porcentagem gerados, de forma que a soma não dê exatamente 97%. A fim de se evitar que esta limitação interfira nos resultados finais, foi estabelecido uma margem de erro permitida de +/- 0,999 m³ nos valores resultantes dos volumes de referência, que foram feitos a partir das porcentagens dos perfis de consumo. Tal projeção de margem de erro foi dada partindo do princípio de que a tarifa de água é cobrada por m³.

```
import random

n = 10
matriz = []
soma = 0

for _ in range(n):
    num = random.uniform(0, 24)
    matriz.append(num)
    soma = soma + num
w = 97 - soma
print (matriz)

#processo iterativo, distribuição randomica qualquer 9 valores
#o decimo valor é a 97 soma dos 9 primeiros
#w o decimo valor
```

Figura 2: Captura de tela do programa com o código em Python utilizado para gerar os perfis

As Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 apresentam o resultado dos histogramas dos perfis gerados por simulação numérica computacional da rotina em Python:

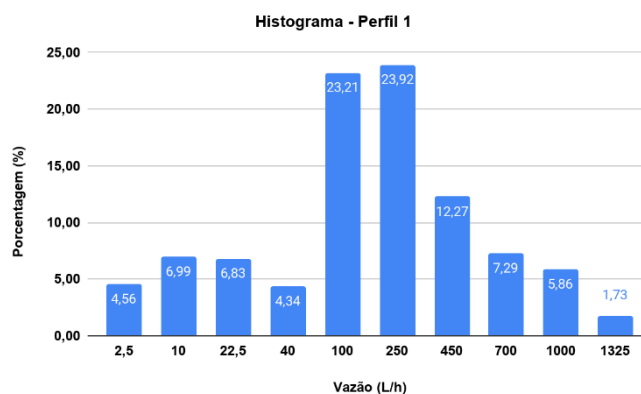


Figura 3: Histograma – Perfil de consumo 1

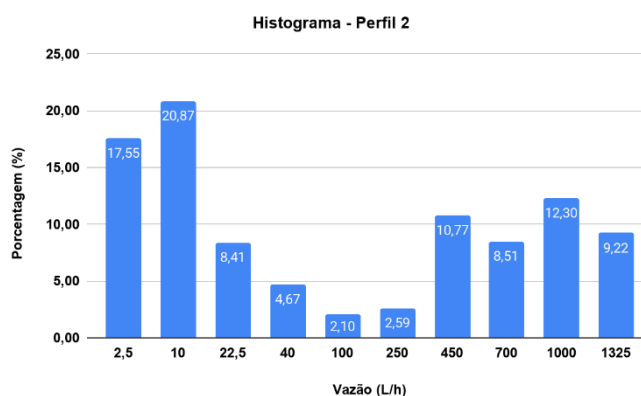


Figura 4: Histograma – Perfil de consumo 2

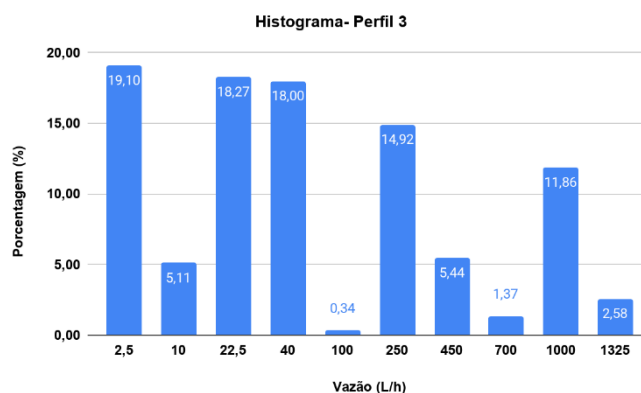


Figura 5: Histograma – Perfil de consumo 3

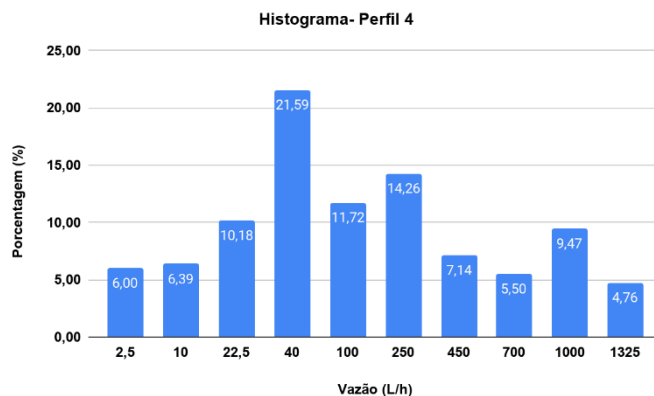


Figura 6: Histograma – Perfil de consumo 4

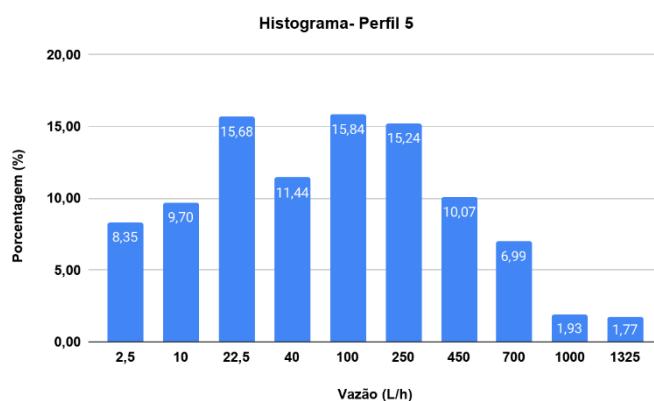


Figura 7: Histograma – Perfil de consumo 5

O consumo mínimo residencial adotado pelas concessionárias de abastecimento de água é de 10 m³ ao mês, segundo estabelecido pela ARES-PCJ. Sendo assim, como se trata de um estudo de submedição residencial regional, foi fixado um valor de consumo de 20 m³ mensais como volume de referência, considerando que valores de consumo inferiores a 10m³ não teriam influência significativa na questão.

Foram avaliadas as performances de três modelos de hidrômetros: Taquimétrico unijato classe B da marca LAO INDÚSTRIA, Q_n=1,5 m³/h (**Figura 8-A**), Volumétrico Aquadis Cyble classe C da marca Itrón, Q_n=1,5 m³/h (**Figura 8-B**) e Ultrassônico Hydrus classe C da marca DIEHL Metering, Q_n= 1,5 m³/h (**Figura 8-C**).

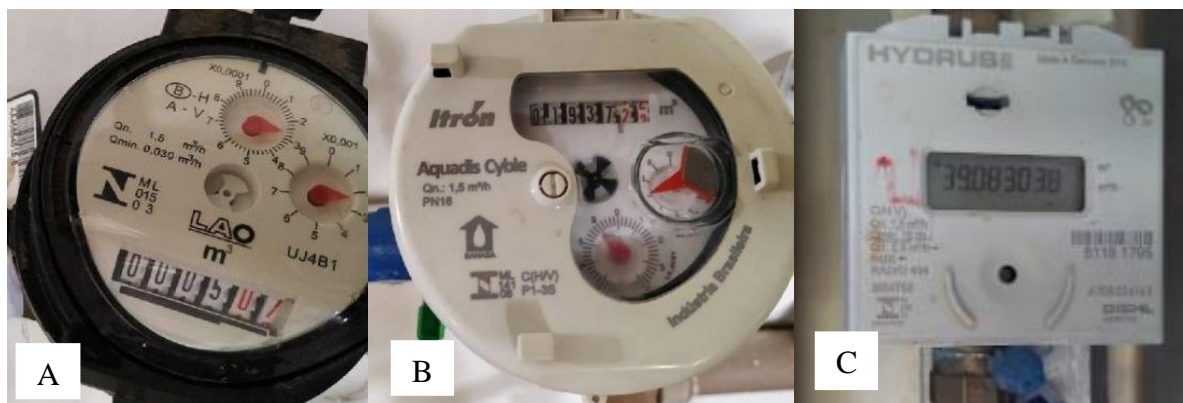


Figura 8: Hidrômetros- Taquimétrico (A), Volumétrico (B) e Ultrassônico (C)

Para avaliar a submedição, foram utilizadas 3 curvas de erro (**Figuras 9, 10 e 11**), retiradas dos catálogos das respectivas empresas fabricantes (LAO indústria, Itrón e DIEHL Metering). A partir das curvas de erro e dos dados de vazão mínima (Q1), vazão de transição (Q2) e vazão permanente (Q3) conforme a **Tabela 1**, igualmente retirados dos catálogos, foi possível analisar as curvas de erro para os valores de vazão pré-determinados para cada tipo de hidrômetro.

Tabela 1: Valores de Q1, Q2 e Q3 em m³/h

	Q1 (m ³ /h)	Q2 (m ³ /h)	Q3 (m ³ /h)
Taquimétrico	0,030	0,120	1,5
Volumétrico	0,015	0,023	1,5
Ultrassônico	0,010	0,016	2,5

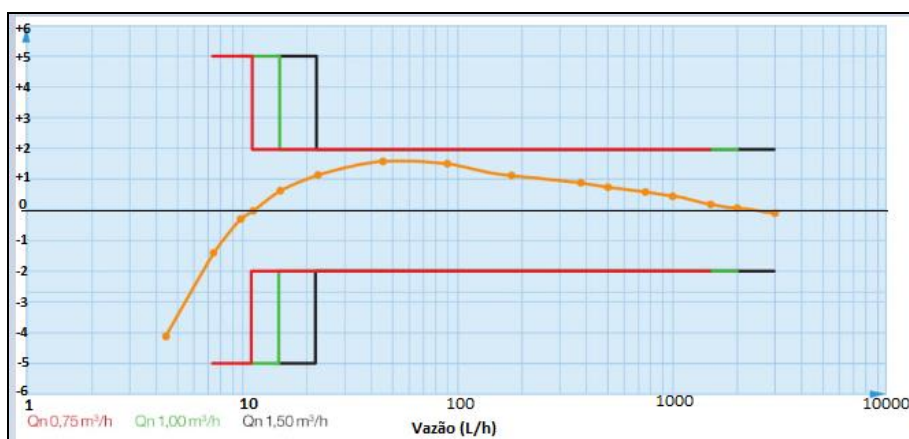


Figura 9: Curva de erro hidr. volumétrico em m³/h (Itrón, modificado)

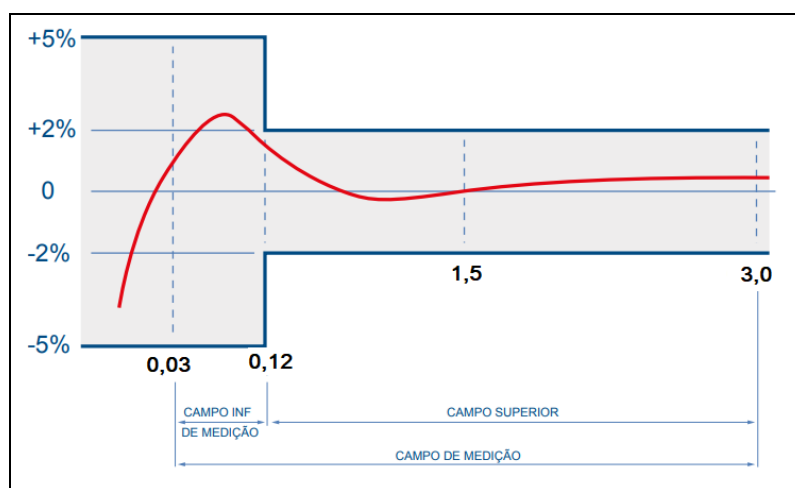


Figura 10: Curva de erro hidr. taquimétrico em m³/h (LAO INDÚSTRIA, 2015, modificado)

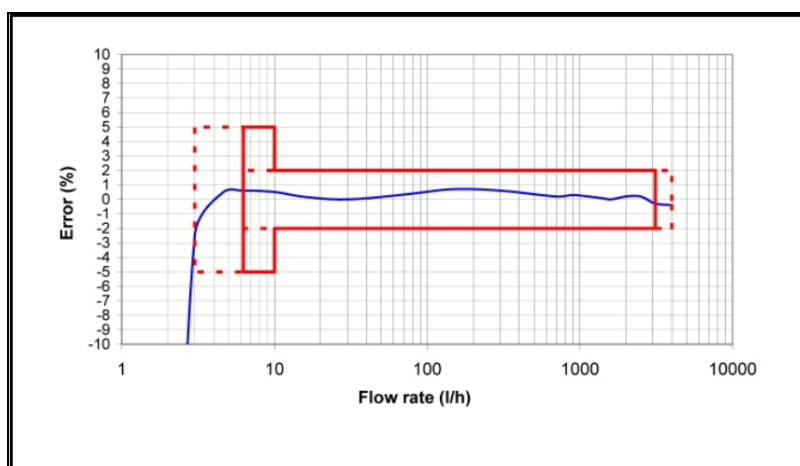


Figura 11: Curva de erro para hidrômetro ultrassônico do tipo modelo HYDRUS DN 15 - 20 (DIEHL Metering)

Ao se obter os valores em porcentagem dos erros de cada hidrômetro foi possível avaliar os volumes de água perdidos. Para isso, foi feito o cálculo do volume em referência para cada vazão sobre os histogramas dos 5 perfis de consumo, mantendo o valor total anteriormente estabelecido de 20 m³ de consumo mensal, conforme equação (1), tendo 'P_{ij}' como a porcentagem de consumo 'P', do perfil de consumo 'i', da vazão 'j':

$$V_{ref.,ij} = P_{ij} * 20.000/97 \quad \text{equação (1)}$$

A partir dos volumes de referência, calculou-se os valores em volume (m³) das porcentagens de erro obtidas das curvas de erro, como mostra a equação (2), tendo 'p_{ij}' como a porcentagem de erro 'p', do perfil de consumo 'i', da vazão 'j':

$$V_{erro,ij} = ((p_{ij} * V_{ref.,ij})/100)+V_{ref.,ij} \quad \text{equação (2)}$$

Assim, subtrai-se estes valores dos volumes de referência, obtém-se os volumes de água submedidos para cada perfil de consumo 'i' e vazão 'j', conforme a equação (3):

$$V_{submedido,ij} = V_{ref.,ij} - V_{erro,ij} \quad \text{equação (3)}$$

Por fim foi calculada a porcentagem de submedição para cada perfil, segundo equação (4):

$$P_{submedição, ij} = ((V_{ref.,ij} - V_{erro,ij})/V_{ref.,ij})*100 \quad \text{equação (4)}$$

Estes cálculos são feitos para cada um dos 3 hidrômetros estudados.

RESULTADOS OBTIDOS

Analisando as curvas de erro de cada hidrômetro, retiradas dos catálogos dos respectivos fabricantes, foi possível a obtenção dos seguintes erros para cada faixa de vazão:

Tabela 2: Relação entre vazões e erros para cada um dos hidrômetros. As células amarelas representam os valores abaixo da vazão mínima.

Vazão (L/h)	Erro (%)		
	Erro Taquimétrico (%)	Erro Volumétrico (%)	Erro Ultrassônico (%)
2,50	-100,0	-100,0	-10,0
10,00	-100,0	-100,0	0,5
22,50	-100,0	1,2	0,0
40,00	2,4	1,8	0,0
100,00	1,8	1,5	0,6
250,00	1,4	1,0	0,7
450,00	0,8	0,8	0,3
700,00	0,3	0,6	0,1
1.000,00	-0,4	0,5	0,2
1.325,00	-0,2	0,4	0,1

Com os erros plotados, foi possível estimar o volume (m³) de água submedido ou sobremedido pelos três tipos de hidrômetro, para cada um dos perfis gerados. Nas **Figuras 12, 13, 14, 15 e 16** é possível observar que o hidrômetro taquimétrico apresenta submedição para as vazões de 2,5l/h, 10l/h e 22,5l/h para todos os perfis analisados, enquanto o volumétrico apresenta submedição apenas para as vazões de 2,5l/h e 10l/h e por fim o medidor ultrassônico apresenta submedição apenas para vazões de 2,5l/h. É possível observar também alguma sobremedição, no entanto em proporções significativamente menores.

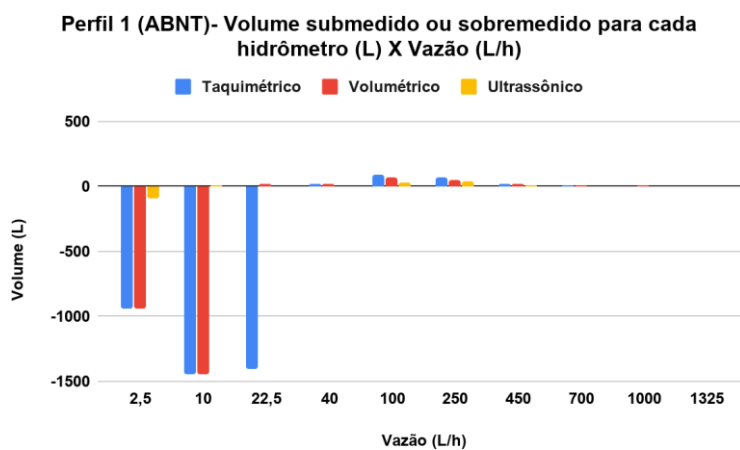


Figura 12: Volume submedido para cada hidrômetro utilizando o Perfil 1 (ABNT NBR 15538:2014)

Perfil 2- Volume submedido ou sobremedido para cada hidrômetro (L) X Vazão (L/h)

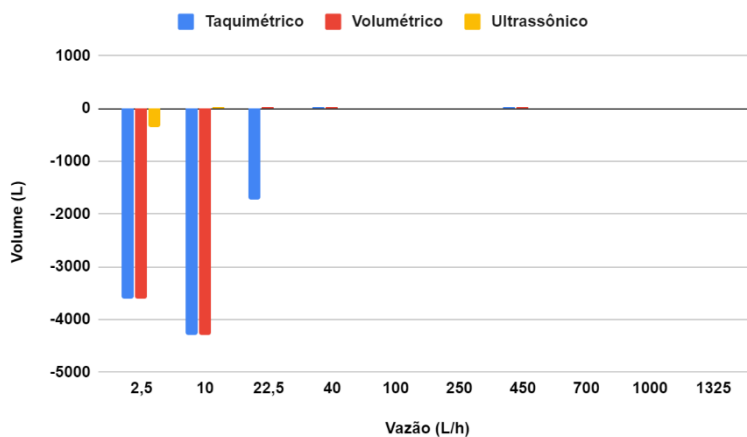


Figura 13: Volume submedido/ sobremedido para cada hidrômetro utilizando o Perfil 2

Perfil 3- Volume submedido ou sobremedido para cada hidrômetro (L) X Vazão (L/h)

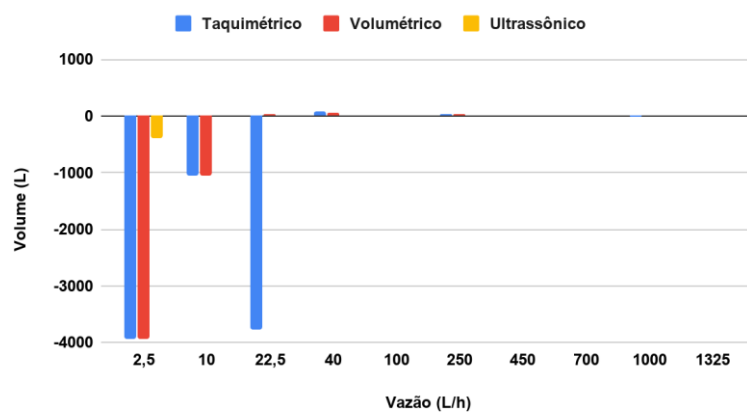


Figura 14: Volume submedido/ sobremedido para cada hidrômetro utilizando o Perfil 3

Perfil 4- Volume submedido ou sobremedido para cada hidrômetro (L) X Vazão (L/h)

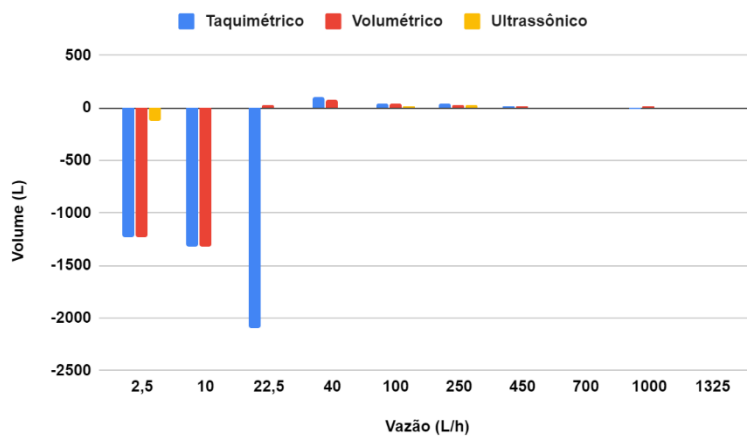


Figura 15: Volume submedido/ sobremedido para cada hidrômetro utilizando o Perfil 4

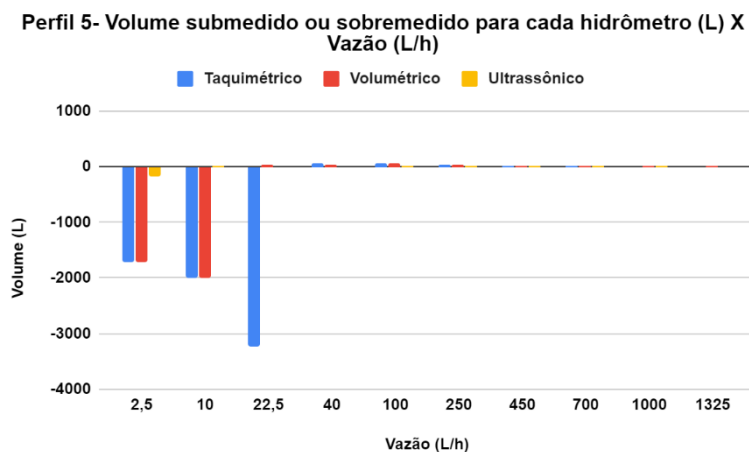


Figura 16: Volume submedido/ sobremedido para cada hidrômetro utilizando o Perfil 5

Além dos volumes, foram analisados os percentuais de submedição para cada tipo de hidrômetro, variando seu perfil de consumo. Nas **Figuras 17, 18 e 19** é possível avaliar estes percentuais, o hidrômetro taqueométrico apresentou percentagens de submedição maiores para todos os perfis. Também foi possível observar grande variação de submedição entre os perfis quando considerando o mesmo tipo de hidrômetro.

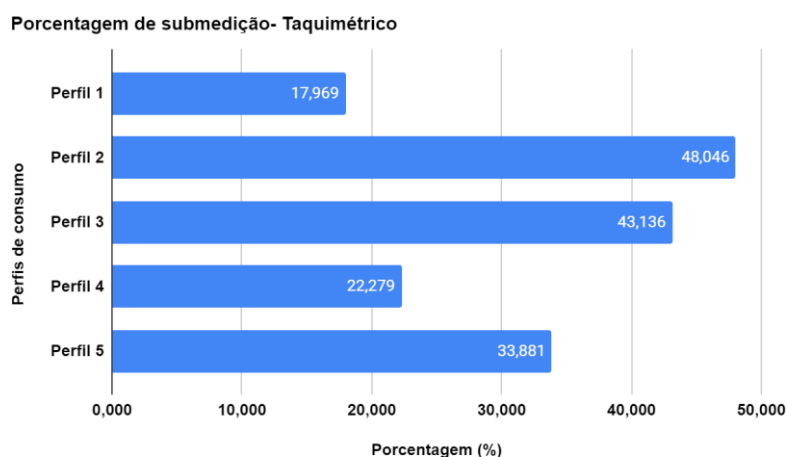


Figura 17: Potencial de submedição (%) por perfil para hidrômetro taquimétrico

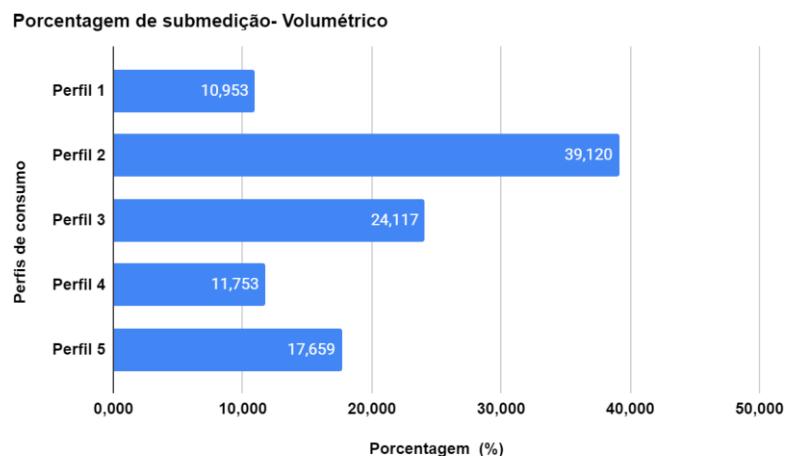


Figura 18: Potencial de submedição (%) por perfil para hidrômetro volumétrico

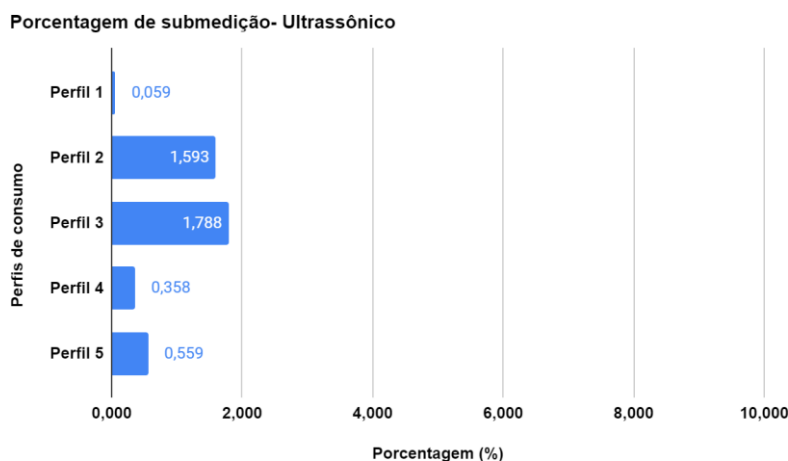


Figura 19: Potencial de submedição (%) por perfil para hidrômetro ultrassônico

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Percebe-se que em todos os 5 perfis analisados, conforme **Figuras 12, 13, 14, 15 e 16**, a diferença de volume calculada concentra-se nos volumes submedidos das três menores vazões. Isto ocorre mesmo tendo perfis em que as porcentagens de vazões mais altas são muito maiores do que as porcentagens das vazões menores, como por exemplo no Perfil 1 (**Figura 3**). Ou seja, estes gráficos apenas ilustram com maior clareza o peso dos erros de medição sobre os volumes de água consumidos, complementando-se com os dados da **Tabela 2**.

Vale observar também que houve grande discrepância nas medições entre o hidrômetro ultrassônico e os hidrômetros taquimétrico e volumétrico em todas as vazões, que se dá devido ao maior grau de precisão do ultrassônico.

Examinando a **Figura 17**, resultado das simulações dos perfis para o hidrômetro taquimétrico, podemos perceber que a maior taxa de submedição ocorreu no Perfil 2 (**Figura 4**), com 48,046 % de perda. O Perfil 2 concentrava as maiores porcentagens na faixa de vazão de 2,5 a 10 litros por hora. Comparando com o perfil de consumo previsto pela norma ABNT NBR 15538:2014 (**Figura 3**), podemos perceber que houve variações de até 30 % a mais de submedição. O perfil que mais se aproximou com a perda prevista pelo Perfil 1 foi o Perfil 4 (**Figura 6**), que concentrava as maiores porcentagens em um *range* entre 22,5 a 250 (L/h).

Comparando com os outros medidores de vazão, o hidrômetro taquimétrico foi o que se mostrou mais impreciso, apresentando altos valores de submedição, sendo que este tipo de hidrômetro ainda é comumente empregado para a medição residencial no Brasil.

Analisando a **Figura 18**, resultado das simulações dos perfis para o hidrômetro volumétrico, podemos perceber que o hidrômetro volumétrico apresentou seu melhor desempenho no Perfil 1, com uma submedição de 10,95 %. Seu pior desempenho ocorreu no Perfil 2, assim como o taquimétrico. Podemos perceber que, com relação ao Perfil 3 (**Figura 5**), comparando o desempenho do medidor taquimétrico e volumétrico, o primeiro apresentou um potencial de submedição cerca de 1,8 vezes maior que o segundo.

Observando a **Figura 19**, resultado das simulações dos perfis para o hidrômetro ultrassônico, nota-se que este o medidor de vazão é o mais preciso de todos os analisados, porém, mostrou-se extremamente sensível à variação de perfil de consumo. Comparando o Perfil de consumo 1 e o 3, percebe-se que a porcentagem de submedição do perfil 3 é 30 vezes maior que a encontrada em 1.

Apesar de ser extremamente preciso para um grande *range* de vazões, o hidrômetro ultrassônico também apresenta maiores erros na vazão de 2,5 L/h, que concentrava 19,10 % de consumo nesta vazão no Perfil 3 e 17,55 % no Perfil 2, justificando os maiores potenciais de submedição encontrados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir da análise dos resultados é possível perceber claramente como a variação do perfil de consumo pode afetar os potenciais de submedição, em especial os perfis de consumo tipicamente residenciais, trazendo prejuízos para as companhias de água.

O estudo a partir dos hidrômetros taquimétrico, volumétrico e ultrassônico, com precisão de medição diferentes entre si, que resultaram em curvas de erro variadas, reafirmam que o consumo em *ranges* de vazões mais baixas geram maiores volumes de submedição, com valores significativos em todos os três hidrômetros. Assim, seria relevante para as companhias de água realizar um estudo para relacionar a precisão necessária para cada tipo de perfil de consumo com o custo da implantação do hidrômetro mais indicado.

Além disso, o estudo destes aparelhos hidráulicos de medição e de seu funcionamento, em condições não previstas pelas normas, é de essencial importância para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que busquem a redução dos índices de perdas, tendo em vista que índices altos de submedição causam altos prejuízos e consumo descontrolado de água. Considerando que os recursos hídricos vêm se tornando cada dia mais escassos, o controle não se trata apenas de uma questão financeira, mas de grande importância ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 4185: Medição de vazão de líquidos em dutos fechados - método gravimétrico. Rio de Janeiro. 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15538: Medidores de água potável - ensaios para avaliação de eficiência. Rio de Janeiro. 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14005: Medidor velocimétrico para água fria, de 15 m³/h até 1 500 m³/h de vazão nominal. Rio de Janeiro. 1997.

AQUADIS S: Medidor Residencial Volumétrico pronto para Telemetri. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: https://www.acquatecnologia.com.br/manuais/catalogos/Aquadis_Cyble_pb_PT_LAM_07-13.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.

GULARTE, C. B. Um Estudo sobre a Submedição em Hidrômetros para Aplicação no Controle de Perdas Aparentes no Sistema de Abastecimento de Água de Blumenau. 2005. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2005.

HYDRUS medidor ultrassônico. [S. l.: s. n.], -. Disponível em: <http://hydrotechne.com.br/imagens/produtos/Hydrus.pdf>. Acesso em: 11 maio 2020.

Inmetro, Instituto Nacional de Metrologia N e QI., Regulamento Técnico Metrológico a que se Refere a Portaria Inmetro Nr 246 de 17 de Outubro de 2000.

LAO INDÚSTRIA: hidrômetro unijato magnético classe B. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: http://laoundustria.com.br/wp-content/uploads/2020/01/Hidr%C3%B4metro-Unijato-Magn%C3%A9tico-Classe-B_Baixa.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.

Rizzo A., Cilia J., Quantifying meter under-registration caused by the ball valves of roof tanks (for indirect plumbing systems). *Leakage 2005 - Conf Proc*, pp.1–12, 2005

SILVA, N. R. (2008). Estudo de Metodologias Para Avaliação de Submedição de Hidrômetros Domiciliares Em Sistemas de Água. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-Novembro/2008, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143p

SODEK, DANIELA; FILHO, JOSÉ GILBERTO; MARTIM, ANDRÉ LUÍS. THE INFLUENCE OF RESIDENTIAL WATER TANKS ON WATER CONSUMPTION: A CASE STUDY FROM PALMAS, TOCANTINS, BRAZIL. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol 229, [s. l.], 2019. DOI 10.2495/WRM190021. Disponível em: www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line). Acesso em: 13 maio 2020.