



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS, ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS- DRH

## Medição de Vazão Residencial: avaliação do impacto do perfil de consumo no funcionamento do hidrômetro.

Orientador: Prof. Dr. André Luís Sotero Salustiano Martim

Aluna: Rafaela Padilha Gomes

### 1. Resumo do Projeto

O consumo de água nos grandes centros aumenta em função do crescimento populacional, aumento de concentração de população urbana e também em função do crescimento econômico. O crescimento depende diretamente da disponibilidade de mão de obra, infraestrutura, equipamentos de saúde, serviços e, de água, sendo que este último é 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. 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 mudança de perfis de consumo na medição de água residencial na faixa de 11 a 20m<sup>3</sup> /mês, baseado na simulação de 10 perfis de consumo diferentes dos previstos na norma ABNT NBR 15538:2014, avaliando o comportamento dos hidrômetros taquimétrico, volumétrico, ultrassônico. Além disso, foi avaliada a utilização do tubo venturi como alternativa para a medição de vazão residencial.

**Palavras-chave:** Submedição, Perfil de consumo, Hidrômetro Volumétrico, Hidrômetro Velocimétrico, Tubo Venturi;

### 2. Materiais e Métodos

Charalambous et. al. (2007) ressalta que os perfis de consumo afetam diretamente a precisão de medição de um aparelho hidráulico. Em complemento a este estudo, Silva (2008) avalia que o consumo por maior tempo em vazões mais baixas, característico de perfis residenciais, sobreleva os volumes submedidos.

Foram analisados o hidrômetro do tipo taquimétrico modelo UJ4B1 da marca LAO de vazão nominal ( $Q_n$ ) de 1,5 m<sup>3</sup>/h e vazão mínima ( $Q_{min}$ ) de 0,030 m<sup>3</sup>/h, hidrômetro volumétrico, modelo Aquadis Cyble da marca Itron com  $Q_n = 1,5$  m<sup>3</sup>/h, ultrassônico Hydrus e tubo Venturi DN 20mm., como explicitado na Figura 1 abaixo.



**Figura 1:** Hidrômetros taquimétrico, volumétrico, ultrassônico e tubo venturi, da esquerda para a direita.



Foram gerados através de simulação numérica 10 perfis de consumo residenciais hipotéticos, criados com faixas de consumo variadas padronizadas e, porcentagens de consumo variadas de modo aleatório.

```
import random

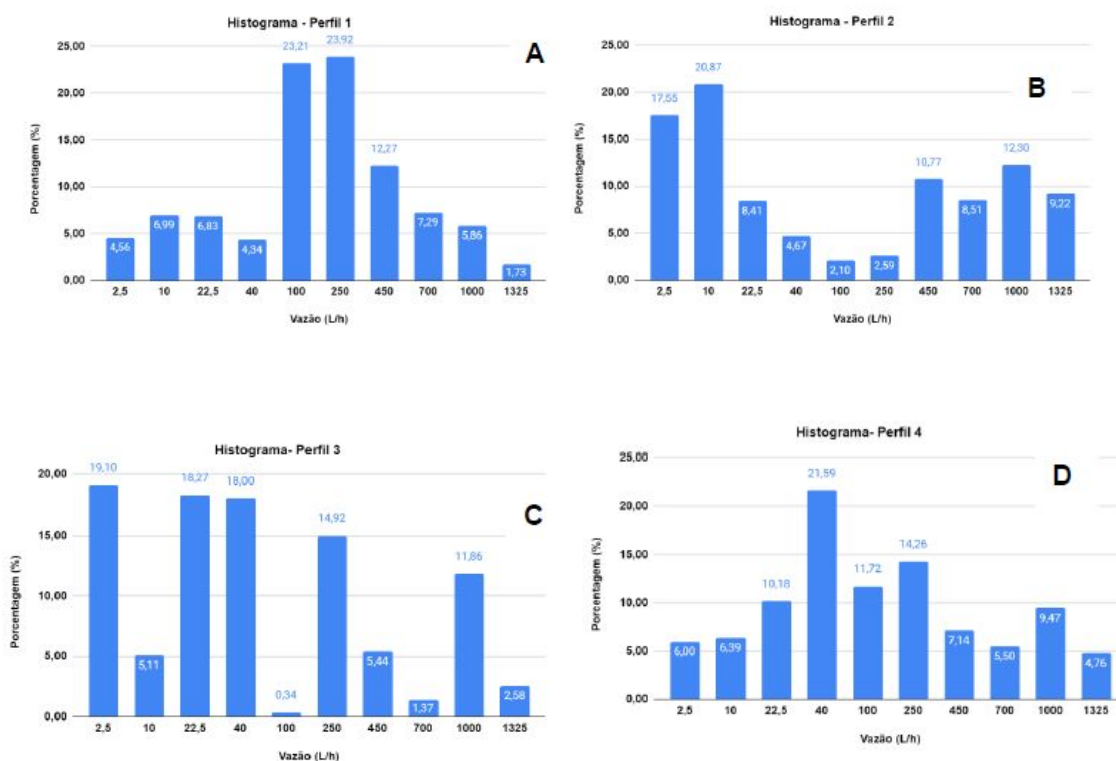
n = 9
matriz = []
soma = 0

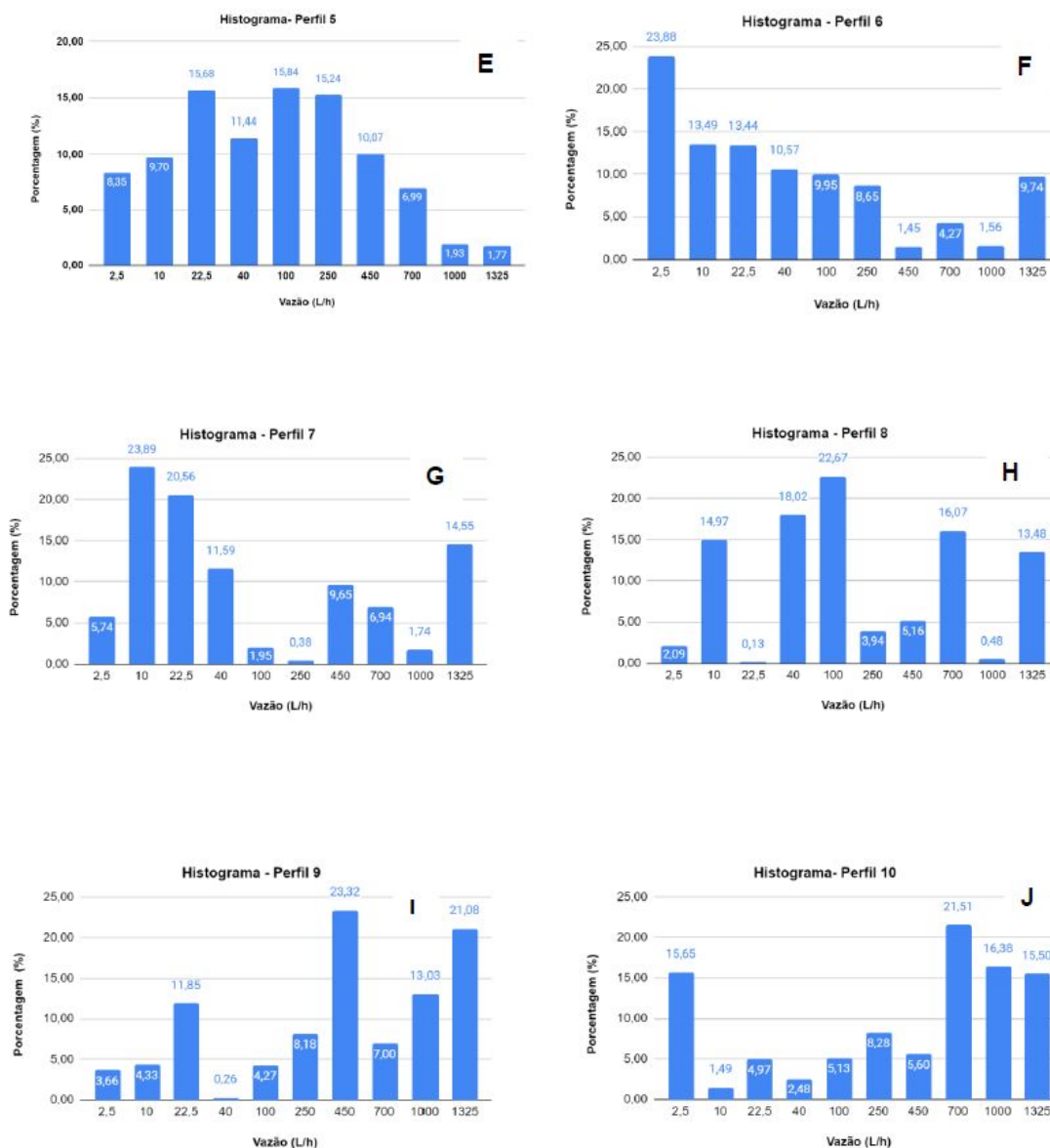
for _ in range(n):
    num = random.uniform(0, 24)
    matriz.append(num)
    soma = soma + num
w = 97 - soma
if (w>0):
    matriz.append(w)
print(matriz)
```

**Figura 2:** Captura de tela do programa com a rotina em Python utilizada para gerar os perfis

O intuito foi de trabalhar com perfis que concentram as maiores porcentagens de consumo nas faixas de vazões variadas, visando a comparação da eficiência dos aparelhos hidráulicos em função do perfil em questão. Para realizar a seleção dos histogramas gerados aleatoriamente pelo programa em Python, foram agrupados três intervalos de vazões. O primeiro de 2,5 a 22,5 L/h, o segundo de 40 a 250 L/h e o último de 450 a 700 L/h.

O primeiro histograma a ser utilizado será sugerido pela norma ABNT NBR 15538:2014, reproduzido na Figura A. Os outros histogramas foram gerados com o auxílio de um programa escrito na linguagem Python, como mostrado na Figura 2.





Figuras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J: Histogramas dos perfis de consumo 1 ao 10, respectivamente.

Para realização da análise do comportamento dos hidrômetros à variação de perfil de consumo, foram adotadas três curvas de erro, respectivas a cada um dos hidrômetros, fornecidas no catálogo de suas respectivas empresas fabricantes.

Para o Tubo Venturi, a partir dos erros calculados por meio de equações específicas, foi estimado o potencial de submedição ou sobremedição para 3 perfis em questão criados para as 7 faixas de vazão ensaiadas no Tubo Venturi, variando de 10 a 1000 L/h.

Quanto aos perfis, estes terão enfoque em ranges de vazão diferenciados de 2,5 a 22,5 L/h (Perfil A em azul), 40 a 250 L/h (Perfil B em vermelho) e de 450 a 700 L/h (Perfil C em amarelo), separados da mesma forma que os perfis utilizados para os hidrômetros, como ilustra a Figura 3.

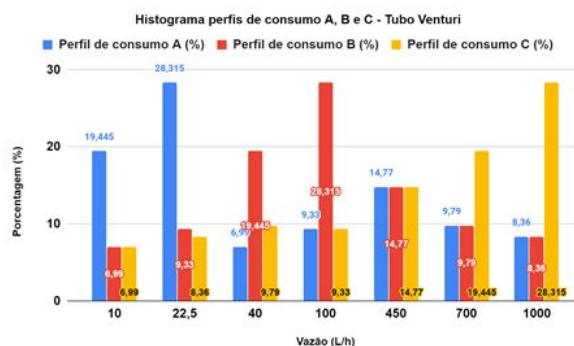
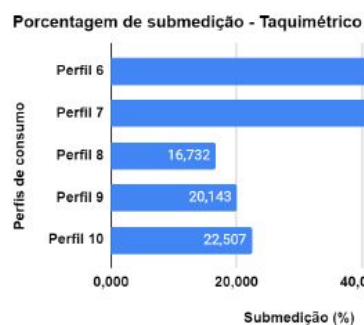
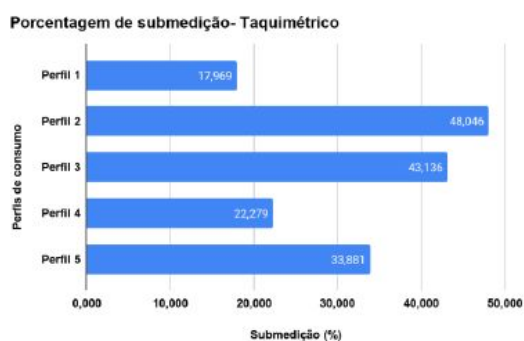


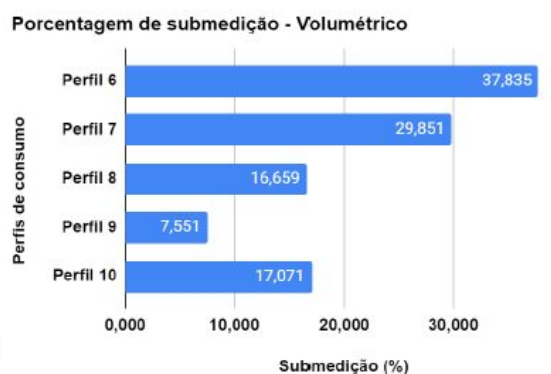
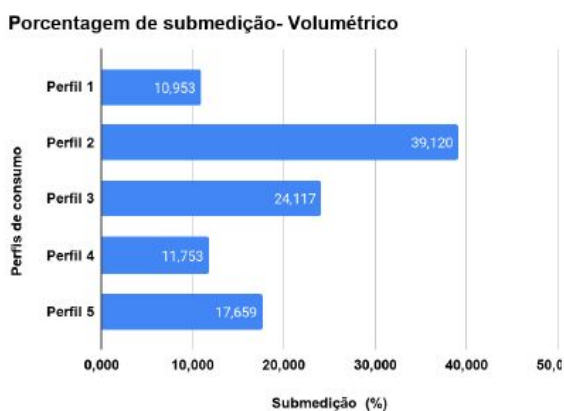
Figura 3: Histogramas dos perfis de consumo aplicados ao Tubo Venturi.

### 3. Resultados

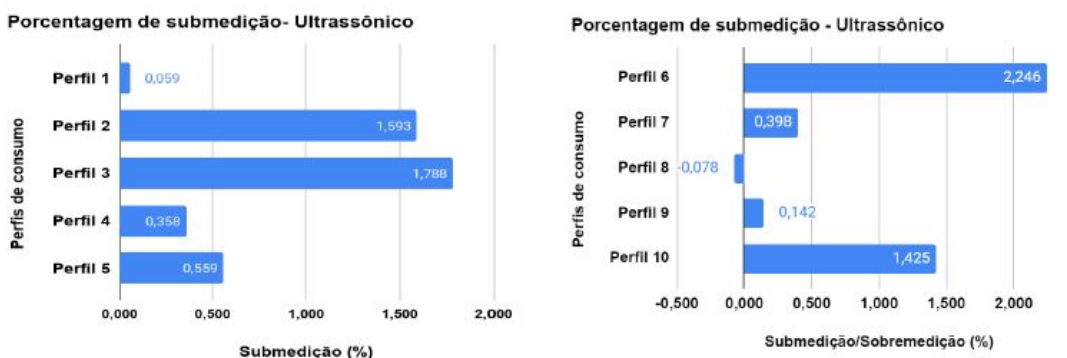
Para análise dos resultados, foram plotados gráficos para cada um dos hidrômetros analisando a taxa percentual de submedição ou sobremedição decorrente da variação de perfil de consumo.



Figuras 4 e 5: Potencial de submedição por perfil para o hidrômetro taquimétrico.



Figuras 6 e 7: Potencial de submedição por perfil para o hidrômetro volumétrico.



Figuras 8 e 9: Potencial de submedição por perfil para o hidrômetro ultrassônico

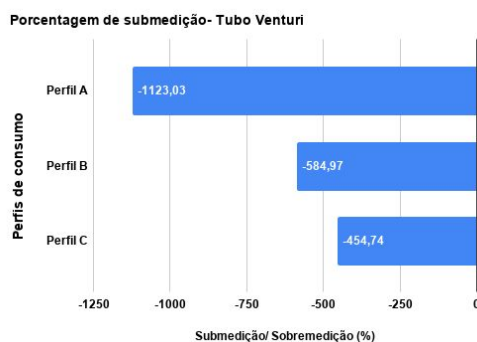


Figura 10: Potencial de submedição/sobremedição por perfil para o Tubo Venturi.

#### 4. Conclusão

A partir da análise dos resultados é claro como a variação de perfis de consumo afetam os potenciais de submedição dos aparelhos hidráulicos, principalmente aqueles focados em vazões mais baixas, tipicamente características de perfis residenciais. Este resultado evidencia afetando diretamente de 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.

De acordo com Aguilá (2003) os Venturis são utilizados em tubulações de grandes diâmetros, logo, para medição de grandes vazões. Desta forma, não se mostram uma boa alternativa para medição residencial, sendo mais utilizados no meio rural, em que o consumo e a vazão são muito maiores. Os estudos desenvolvidos por outros projetos do LHMf com o tubo Venturi indicam a necessidade de ajuste do coeficiente K do medidor, em função do número de Reynolds trabalhando com um K variável, de forma a se obter um resultado mais satisfatório, mas ainda não é possível chegar a uma conclusão assertiva sobre esse aspecto neste trabalho.

Desta forma, podemos concluir que o estudo dos aparelhos 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 ou sobremedição, funcionamentos anômalos ao previsto e descrito pelas normas. Levando em conta 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.