

PROPOSTA DE REFORMULAÇÃO DOS MÉTODOS ESTIMATIVOS DE CONSUMO DE ÁGUA E ESGOTO COM BASE NOS INSTITUTOS DE ENSINO E PESQUISA DA UNICAMP

Palavras-Chave: CONSUMO DE ÁGUA, ESCASSEZ HÍDRICA, DIMENSIONAMENTO

Autores(as):

MARIANA CRISTINA DE OLIVEIRA SALES, FECFAU – UNICAMP
Prof. Dr. ADRIANO LUIZ TONETTI (orientador), FECFAU - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Em um cenário marcado pela escassez hídrica - agravada pela má distribuição e pela falta de infraestrutura -, o saneamento básico torna-se ainda mais essencial para o desenvolvimento humano, a qualidade de vida e a preservação ambiental, demandando planejamento e sistemas eficientes que favoreçam o uso racional da água. Apesar de concentrar cerca de 12% da água doce do planeta, o Brasil ainda enfrenta graves desafios relacionados à distribuição de água tratada. A conscientização da população sobre o uso racional da água começou a ganhar força a partir da década de 1990, impulsionando legislações e tecnologias contra o desperdício e gerando mudanças no consumo (Figura 1). Entretanto, muitas dessas metodologias ainda adotadas atualmente são baseadas em padrões antigos de consumo, se concentram entre as décadas de 1970 a 2000 e utilizam como referência equipamentos já obsoletos, como válvulas hidráulicas de alta vazão. Apesar de tecnologias mais eficientes já estarem presentes nas edificações modernas, como torneiras com fechamento automático e caixas acopladas, as estimativas de consumo ainda se mostram superdimensionadas e desatualizadas frente à realidade atual. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar os métodos atuais de estimativa do consumo de água, tomando como base os dados reais de micromedição coletados nos Institutos de pesquisa da Unicamp e, posteriormente, propor uma reformulação desses métodos para criar modelos mais alinhados ao perfil de uso contemporâneo, visando promover maior eficiência hídrica.

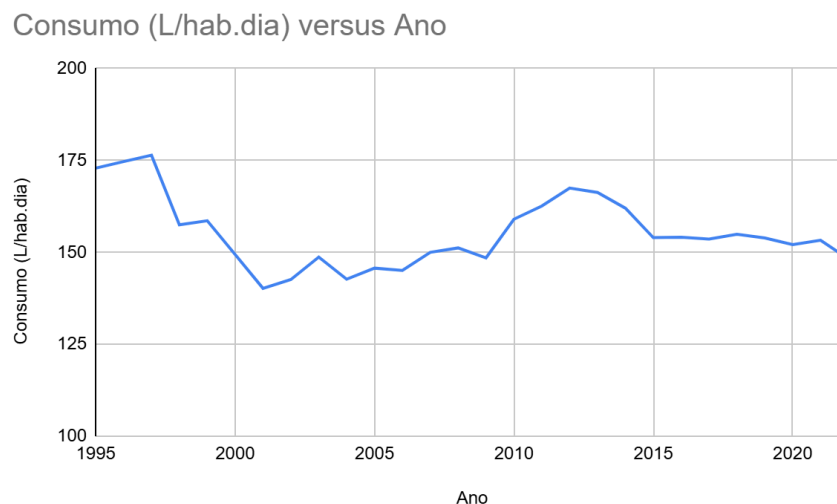


Figura 1: Variação do consumo de água no Brasil ao longo dos anos. Fonte: elaboração própria com dados do SINISA (2024).

METODOLOGIA:

O local escolhido para o estudo foi a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em Barão Geraldo, Campinas, São Paulo. A universidade é composta por 11 faculdades e 10 institutos, sendo apenas estes últimos considerados na pesquisa (Tabela 1). À princípio, os dados de consumo de água dos institutos foram obtidos via sistema de micromedição da Prefeitura Universitária (<https://www.prefeitura.unicamp.br/servicos/divisao-de-agua-e-energia/gestao-de-agua/>) e as informações sobre o número de funcionários, docentes e estudantes, nos períodos integral e noturno, foram coletadas na Diretoria Geral de Recursos Humanos da Unicamp (<https://www.siarh.unicamp.br/indicadores/>). O mapa interativo da Unicamp (<https://unicamp-arcgis.maps.arcgis.com/apps/dashboards/9f8b69475d004e838ac0794f15384b8a>) foi utilizado para consultar a área construída, localização e número de sanitários de cada prédio que seria visitado.

Sigla	Nome do Instituto	Prédios visitados
IB	Instituto de Biologia	Pavilhões da Zoologia e da Genética
IFGW	Instituto de Física Gleb Wataghin	NÃO VISITADO
IG	Instituto de Geologia	Todos os prédios
IMECC	Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica	Prédio principal
IQ	Instituto de Química	Blocos D e F
IA	Instituto de Artes	Paviartes I
IE	Instituto de Economia	Pavilhão de aulas e Administrativo
IEL	Instituto de Estudos da Linguagem	Sala de aula e Administrativo
IFCH	Instituto de Filosofia e Ciências Humanas	Graduação e Administrativo
IC	Instituto de Computação	IC2 e IC3

Tabela 1: Institutos da Universidade Estadual de Campinas.

A análise inicial ocorreu a partir do Relatório de Consumo por Hidrômetro, no qual se identificaram pontos com medições inconsistentes de consumo, considerados outliers. Para isso, aplicou-se o critério estatístico do desvio padrão, descartando os dados que estivessem duas vezes acima ou abaixo da média. Em paralelo, foram enviados e-mails aos responsáveis por cada instituto a fim de verificar a existência de máquinas ou equipamentos não convencionais que pudessem justificar eventuais vazões elevadas. Com base nessas informações, foram definidas as visitas presenciais, priorizando prédios com menor influência de fatores discrepantes - como laboratórios intensivos em uso de água - e com dados mais acessíveis. Além disso, para garantir a análise individualizada do consumo, foi considerada a associação direta entre os prédios selecionados e os hidrômetros listados no relatório. Essa seleção permitiu integrar dados do relatório com observações em campo, otimizando a análise do consumo real. Durante as visitas aos dez institutos, foi levantado o número de aparelhos hidrossanitários que, junto com as informações sobre alunos, funcionários, área construída, área de jardim e vagas de estacionamento, foram analisados para avaliar sua influência no consumo de água medido.

Foram identificadas oito referências bibliográficas relevantes para o estudo (Tabela 2), das quais seis foram selecionadas (Von Sperling, 1996; Tchobanoglous; Dacach, 1979; NBR 7229, 1982; Berenhauser e Pulici, 1983; NTS0181, 2003), uma vez que suas metodologias utilizam variáveis compatíveis ou adaptáveis para este trabalho. Apesar de também terem sido avaliados, os métodos de Montgomery e Runger (2014) e de Almeida et al. (2021) foram descartados não somente pela falta de algumas informações sobre os institutos, mas também por possuírem objetivos distintos daqueles previstos.

Metodologia	Equação
Von Sperling (1996); George Tchobanoglous (1993)	$C = 20 \cdot (NA) \text{ (L/dia)}$
Dacach (1979); NBR 7229 (1982)	$C = 50 \cdot (NA) \text{ (L/dia)}$
Berenhauser e Pulici (1983)	$C = 0,03 \cdot (AC) + 0,7 \cdot (NF) + 0,8 \cdot (NBS) + 50 \text{ (m}^3\text{)}$
NTS0181 (2003)	$C = 34,7 + 0,168 \cdot (AJ) + 0,724 \cdot (VE) + 0,0246 \cdot (NA) + 2,06 \cdot (NBS) + 0,368 \cdot (NF) \text{ (m}^3\text{)}$
Almeida et al. (2021)	$TCE = CED \cdot NE \cdot f \cdot Ftr \text{ (L/dia)}$
Montgomery e Runger (2014)	$C = B0 + B1 \cdot X1 + B2 \cdot X2 + \dots + Bn \cdot Xn + e$

Tabela 2: Equações de consumo selecionadas para estudo.

Sendo: C = Consumo total, NA = Número de Alunos, AC = Área construída, NF = Número de funcionários (docentes e discentes), NBS = Número de bacias sanitárias, AJ = Área de jardim, VE = Vagas de estacionamento, TCE = Consumo por Elemento, CED = Consumo por Descarga, NE = Número de Equipamentos, f = Frequência de uso, Ftr = Fator de correção, Xi = Variáveis que influenciam no consumo de água, tais como todas as outras já explicitadas, B0 = Intercepto (Consumo base quando todas as variáveis Xi são iguais a zero), Bi = Coeficientes de impacto para cada variável Xi e e = Erro.

Após a coleta dos dados, foi realizada a comparação entre os valores reais de consumo com as estimativas obtidas das metodologias selecionadas, para a análise da precisão das equações encontradas. A influência de cada variável sobre o consumo de água nos institutos foi analisada, com o objetivo de destacar aquelas com maior impacto e que, portanto, poderiam ser consideradas na proposta de uma nova equação. Para isso, todas essas variáveis vêm sendo representadas individualmente em gráficos, de forma a facilitar a visualização da relação entre elas e o consumo de água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O resultado da aplicação das equações estão apresentados na Figura 2 e a comparação entre o consumo real e o projetado indica que as metodologias, especialmente as mais antigas, superestimam significativamente o consumo de água. A NBR 17076 (2024), mesmo que recente, manteve os mesmos parâmetros que a NBR 7229 (1982), tornando-se obsoleta ao desconsiderar mudanças no perfil de uso ao longo de mais de quatro décadas. No Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, por exemplo, a projeção normativa foi cerca de 6500% superior em relação à vazão média, e de 2800% em relação ao pico de consumo. Assim, é possível observar que esse padrão de discrepância entre os valores reais e os estimados se repete nos demais institutos, levando ao superdimensionamento dos sistemas que utilizam essas referências defasadas. Já os modelos mais recentes, como os de NTS0181 e de Berenhauser e Pulici (1983), foram os que mais se aproximaram dos resultados reais. Ainda assim, considerando que o sistema deve ser dimensionado para suportar o consumo máximo, em algumas situações eles não se enquadram em limites satisfatórios, pois apresentam estimativas insuficientes para atender ao consumo registrado nos institutos.

De forma semelhante, o método de Von Sperling (1996) também apresenta subdimensionamento em alguns casos, como nos Institutos de Biologia, Física e Química, conforme a Figura 3. Essa estimativa considera todos os prédios da unidade, e não apenas os edifícios visitados e essa divergência pode estar relacionada à presença de laboratórios de pesquisa, que demandam maior uso de água.

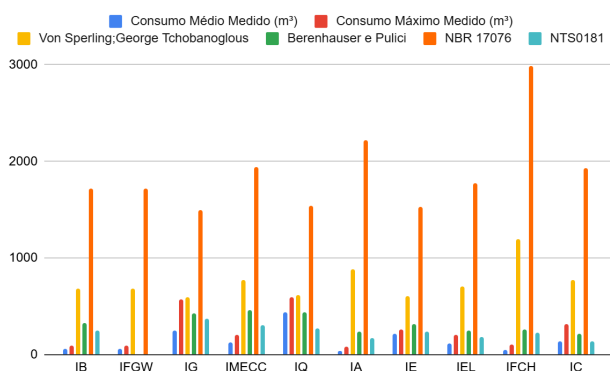


Figura 2: Comparativo entre Consumo Previsto e Real - Áreas visitadas. Fonte: elaboração própria.

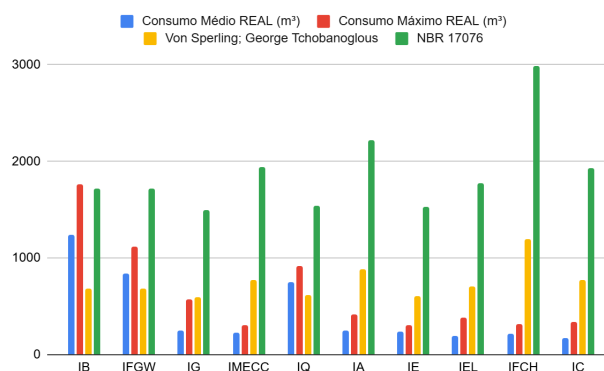


Figura 3: Comparativo entre Consumo Previsto e Real - Áreas totais. Fonte: elaboração própria.

Com a representação gráfica das variáveis, espera-se que os parâmetros como número de pessoas, funcionários e estudantes, área de banheiros, vagas de estacionamento e quantidade de bacias sanitárias apresentem menor impacto sobre o consumo de água nos prédios. Já a área construída, por sua vez, tende a exercer uma influência mais significativa.

CONCLUSÕES:

De modo geral, as metodologias mais antigas e baseadas em apenas uma variável, tais como o modelo proposto por Von Sperling (1996) e a NBR 17076 (antiga NBR 7229, de 1982), tendem a superestimar o consumo de água, apresentando valores significativamente superiores tanto ao consumo médio quanto ao consumo máximo observado. Em contrapartida, metodologias mais recentes, como as de Berenhauser e Pulici (1983) e da NTS 0181 (2003), ainda que desenvolvidas antes dos avanços tecnológicos mais atuais, demonstram mais precisão aos dados reais obtidos. Diante disso, a proposta deste projeto consiste em reunir as variáveis consideradas mais influentes no consumo de água e integrá-las numa nova equação, a fim de proporcionar uma estimativa mais precisa e adaptada à realidade dos institutos analisados.

BIBLIOGRAFIA

Von Sperling, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Vol 1*.

George Tchobanoglous. *Wastewater Engineering: collection and pumping of wastewater, Metcalf & Eddy, INC*.

Tsutiya, M. T. *Abastecimento de água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006*.

SNIS. Água e Esgoto. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnostico-s-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1>>. Acesso em: 02 de maio, 2024.

SINISA. *Relatório da Gestão Municipal do Saneamento Básico, 2024*.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, p. 4. 1993*.

MORAIS, L.S.R de, FIORAMONTE, B., LEITE, R.K., PAULA, H.M. de, REIS, R.P.A. *Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água: um estudo bibliográfico*. Paranoá. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.08

ALMEIDA, A.P., SOUSA, V., SILVA, C.M. *Methodology for estimating energy and water consumption patterns in university buildings: case study, Federal University of Roraima (UFRR)*. Heliyon, 2021.

NORMA TÉCNICA SABESP. *NTS0181: Dimensionamento do Ramal Predial de Água, Cavalete e Hidrômetro. São Paulo, 2023*.

DEMANBORO, A.C., FABIANO, B., LONGO, R.M., BETTINE, S. do C. *Avaliação do consumo de água em torneiras em ambiente universitário*. Set, 2015.

ILHA, M. Um ciclo sustentável. Disponível em: <<https://unicamp.br/unicamp/ju/623/um-ciclo-insustentavel>>. Jornal da Unicamp, 2015.