

AVALIAÇÃO DOS COEFICIENTES DE CONSUMO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM CIDADES DO LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Palavras-Chave: Sistemas de Abastecimento, Coeficientes de consumo, Coeficiente de pico

Autores/as:

THAÍS MARQUES SCHAVARSKI [UNICAMP]

Prof. Dr. ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM (orientador) [UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

A sobrevivência da espécie humana, a preservação do meio ambiente, da biodiversidade e das relações entre os seres vivos e ambientes naturais são fatores fundamentalmente dependentes da disponibilidade da água (BACCI; PATACA, 2008). Em se tratando do consumo humano, este recurso hídrico é substancial para a sobrevivência, estando relacionado ao preparo de alimentos, higiene, saneamento, geração de energia, atividades industriais e a diversos outros elementos (SANTOS, 2018).

Nesse contexto, é importante que a água chegue aos usuários de maneira eficaz, garantindo a quantidade e a qualidade adequadas para a realização das atividades necessárias. Para isso, são desenvolvidos os sistemas de abastecimento de água, que são caracterizados por conter infraestruturas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição da água da natureza (HELLER; PADUA, 2006). O enfoque deste projeto de pesquisa é dado à infraestrutura de distribuição, que, segundo Righetto (2002), deve garantir o suprimento de água em condições normais e anormais, fornecendo em cada ponto da rede as demandas de consumo com pressões desejadas.

A concepção de um sistema de distribuição de água pressupõe o conhecimento a respeito da vazão de demanda Q_d . Para isso, é necessário conhecer as definições relativas as vazões de consumo Q_{wc} e de vazamento Q_{wl} . Trifunovic (2006) define Q_{wc} como a quantidade de água diretamente utilizada pelos consumidores e Q_{wl} como a quantidade perdida fisicamente no sistema.

De acordo com Guimarães, Carvalho e Silva (2007), a obtenção de k_1 é feita da seguinte maneira: Observa-se, durante o período de um ano, o mês que apresentou o maior consumo de água. Posteriormente, verifica-se em qual dia desse mês houve o maior consumo, e este consumo é dividido pela média diária anual, obtendo-se o coeficiente. Seguindo conceitos semelhantes, k_2 é obtido a partir da divisão entre o máximo consumo horário no dia de maior consumo e a média horária de consumo neste dia.

A NBR 9649/1986 recomenda a utilização dos seguintes valores para estes coeficientes: $k_1 = 1,2$ e $k_2 = 1,5$. No entanto, estes coeficientes são influenciados pelas características da região, podendo variar de acordo com a área de interesse (PORTO, 2001).

O litoral norte do estado de São Paulo engloba os municípios de Caraguatatuba, São Sebastião, Ubatuba e Ilhabela. Juntos, esses municípios contam com uma população estimada em 336.281 habitantes (IBGE, 2019). O abastecimento desses locais está sob responsabilidade da Sabesp de acordo com as legislações complementares vigentes.

METODOLOGIA:

Neste trabalho serão calculados os coeficientes de pico de consumo hídrico C_p utilizando de diferentes equações empíricas, seguindo o proposto por Balacco et al. (2017).

Harmon (1918) propôs uma relação entre o C_p e a população P de uma região, conforme a Equação 1.

$$C_p = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Equação 1})$$

Babbitt (1928) também apresentou uma relação entre a população P e o coeficiente de pico C_p , mostrada na Equação 2.

$$C_p = 20 \cdot p^{-0,2} \quad (\text{Equação 2})$$

Metcalf e Eddy (1935) propuseram que, para populações superiores a cinco mil habitantes, o C_p diminui logaritmicamente e, para populações com menos de cinco mil habitantes, o valor de C_p é constante, conforme mostrado na Equação 3.

$$C_p = \begin{cases} 4 & P \leq 5 \\ \frac{4,8}{P^{0,113}} & P > 5 \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

Johnson (1942) propôs a relação entre C_p e a população P indicada na Equação 4.

$$C_p = \frac{5,2}{P^{0,15}} \quad (\text{Equação 4})$$

Giff (1945), a partir dos estudos de Metcalf e Eddy (1935) e Johnson (1942), chegou a uma nova expressão para o coeficiente de pico C_p demonstrada na Equação 5.

$$C_p = \frac{5}{P^{0,167}} \quad (\text{Equação 5})$$

A partir dos estudos de Babbitt (1928), De Marinis e Gargano (2004) utilizando a distribuição de Gumbel para descrever a relação entre o C_p e a população P , conforme a equação 6.

$$C_p = 11 \cdot P^{-0,2} \quad (\text{Equação 6})$$

Balacco et al. (2017) propuseram a Equação 7 baseada nos resultados obtidos por Zhang e Burchberger (2005), que consideravam uma metodologia para estimar picos instantâneos de consumo residencial de água.

$$C_p = 1,8 + \frac{1,8}{\sqrt{P}} \quad (\text{Equação 7})$$

Para a aplicação dessas equações, foram utilizadas as populações de cada uma das cidades do litoral norte do estado de São Paulo, obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte (RSRH-LN, 2019). Essas populações estão resumidas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – População permanente dos municípios do litoral norte de São Paulo (IBGE, 2010) e população permanente somada à população de pico (RSRH-LN, 2019)

| Município | População Permanente | População Permanente + População de Pico |
|------------------|-----------------------------|---|
| Caraguatatuba | 100.840 | 457.656 |
| Ilhabela | 28.196 | 101.796 |
| Ubatuba | 78.801 | 363.872 |
| São Sebastião | 73.942 | 443.067 |

Os valores obtidos serão comparados com os valores de referência da norma ABNT NBR 9649/1986, que sugere os valores de $k_1 = 1,2$ e $k_2 = 1,5$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os resultados obtidos através do estudo indicam que os valores do coeficiente de consumo C_p recomendados pela ABNT NBR 9649/1986 poderiam levar a um subdimensionamento da rede, pois, em média, os valores de C_p , para cada um dos métodos empregados, são superiores ao recomendado pela norma, tanto considerando apenas a população permanente quanto esta população somada a de pico.

A Tabela 2, a seguir, mostra os resultados do coeficiente de consumo para cada uma das equações abordadas na metodologia para a população permanente das cidades do Litoral Norte, já a Tabela 3, mostra os resultados para a população permanente somada à população de pico.

Tabela 2 – Coeficiente de consumo para as cidades do Litoral Norte de SP – População Permanente

| Município | NBR 9649/1986 | Equação 1 | Equação 2 | Equação 3 | Equação 4 | Equação 5 | Equação 6 | Equação 7 |
|---------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Caraguatatuba | 1,8 | 2,00 | 7,95 | 2,85 | 2,60 | 2,31 | 4,37 | 1,98 |
| Ilhabela | 1,8 | 2,50 | 10,26 | 3,29 | 3,15 | 2,86 | 5,64 | 2,14 |
| Ubatuba | 1,8 | 2,09 | 8,35 | 2,93 | 2,70 | 2,41 | 4,59 | 2,00 |
| São Sebastião | 1,8 | 2,11 | 8,46 | 2,95 | 2,73 | 2,44 | 4,65 | 2,01 |

Tabela 3 – Coeficiente de consumo para as cidades do Litoral Norte de SP – População Permanente e População de Pico

| Município | NBR 9649/1986 | Equação 1 | Equação 2 | Equação 3 | Equação 4 | Equação 5 | Equação 6 | Equação 7 |
|---------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Caraguatatuba | 1,8 | 1,55 | 5,87 | 2,40 | 2,07 | 1,80 | 3,23 | 1,88 |
| Ilhabela | 1,8 | 1,99 | 7,93 | 2,85 | 2,60 | 2,31 | 4,36 | 1,98 |
| Ubatuba | 1,8 | 1,61 | 6,15 | 2,47 | 2,15 | 1,87 | 3,38 | 1,89 |
| São Sebastião | 1,8 | 1,56 | 5,91 | 2,41 | 2,08 | 1,81 | 3,25 | 1,89 |

CONCLUSÕES:

Este estudo apresentou análises comparativas dos valores do coeficiente de consumo C_p através de diferentes equações empíricas. Na média, os resultados obtidos são superiores aos estipulados pela ABNT NBR 9649/1986 considerando a população permanente de diferentes cidades do Litoral Norte do estado de São Paulo e também esta população somada ao incremento populacional sazonal recorrente nas altas temporadas.

Em futuras pesquisas, faz-se necessário abordar variáveis socioeconômicas e geográficas, de modo a se buscar correlações entre estas e Cp.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9649: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto. Rio de Janeiro, 1986.

BACCI, D.; PATACA, E. Educação para a água. Revista Estudos Avançados. Vol.22, No. 63. p. 211-226, 2008. Disponível em <<http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10302>>. Acesso em 10/09/2020, 12:32.

BIGNELLI, L. Determinação de fórmulas empíricas para cálculo de coeficientes de pico de consumo hídrico baseadas em medições reais. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

CHANG, P.S. Revisão dos coeficientes de consumo e após a crise hídrica em dois setores da cidade de Campinas: Parque Jambreiro e Parque Oziel. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

DIAS, D.M.; MARTINEZ, C.B.; LIBÂNIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. Eng. Sanit. Ambient. vol. 15 no.2, Rio de Janeiro, 2010.

GATO-TRINIDAD, S; GAN, K. Understanding peak demand factors for water and wastewater supply systems design. Proceedings... In: Hydrology and Water Resources Symposium, 2014, Australia. HWRS, 2014.

GUIMARÃES, A.J.A.; CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. Saneamento e meio ambiente. Agosto de 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%203.pdf>>. Acesso em 23/10/2020, 15:43.

HELLER, L.; PADUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano. 1 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. Características demográficas de campinas. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>>. Acesso em 24/10/2020, 10:30.

PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica básica. 2. ed. São Carlos: EESC-USP, 2001.