

# 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.

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

Giffit (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)

<b>Município</b>	<b>População Permanente</b>	<b>População Permanente + População de Pico</b>
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.