

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### MÉTODOS ESTIMATIVOS POPULACIONAIS PARA DIMENSIONAMENTOS DE OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO NA BACIA HIDROGRÁFICA TURVO/GRANDE

GUSTAVO G. GRACIANO<sup>1</sup>, CLAUDIA R. MEGDA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil, PIVICT, IFSP

<sup>2</sup> Docente IFSP Campus Votuporanga

<sup>3</sup>

<sup>4</sup>

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.07.03.00-0 Saneamento Básico

**RESUMO:** O trabalho visa averiguar o método populacional mais preciso para a constatação da verdadeira evolução urbana, com o intuito de direcionar o processo de tomada de decisão em investimentos na área de infraestrutura de saneamento básico de três cidades da região pertencentes a bacia hidrográfica Turvo/Grande que consomem mais água por habitantes. Com isso, utilizou-se três métodos estimativos populacionais mais comuns para dimensionamentos de obras no sistema de abastecimento de água, que são: método aritmético, geométrico e da curva logística. Obtiveram-se dados populacionais do SNIS (2021) para o período de 2016 a 2019 e constatou-se que as três cidades (Mirassolândia, Novais e Taiúva) dentro das 66 cidades da bacia são as que possuem o maior consumo *per capita* da região. Aplicando-se as fórmulas de cada método em conjuntura com os dados obtidos pelo SNIS (2021) nos anos de 2016 a 2019 para cada cidade foram calculadas as projeções populacionais para 1, 5 e 20 anos. Posteriormente realizou-se gráficos que facilitaram a interpretação dos diferentes métodos aplicados. Com os resultados obtidos e comparados, concluiu-se que o panorama da população dessas cidades não sofrerá uma alteração significativa, visto que o método utilizado que representa valores mais próximos a realidade é o logístico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água; infraestrutura; projeção populacional; dimensionamento; sistema de abastecimento de água.

### POPULATION ESTIMATE METHODS FOR SIZING OF BASIC SANITATION WORKS IN THE TURVO/GRANDE HYDROGRAPHIC BASIN

**ABSTRACT:** The work aims to investigate the most accurate population method for verifying the true urban evolution, in order to guide the decision-making process in investments in the area of basic sanitation infrastructure in three cities in the region belonging to the Turvo/Grande hydrographic basin that consume more water per population. Thus, we used the three most common population estimation methods for sizing works in the water supply system, which are: arithmetic, geometric and logistic curve methods. Population data were obtained from the SNIS (2021) for the period 2016 to 2019 and it was found that the three cities (Mirassolândia, Novais and Taiúva) within the 66 cities in the basin are those with the highest per capita consumption in the region. By applying the formulas of each method

in conjunction with the data obtained by the SNIS (2021) in the years 2016 to 2019 for each city, population projections for 10, 20 and 30 years were calculated. Subsequently, graphs were made that facilitated the interpretation of the different methods applied. With the results obtained and compared, it was concluded that the panorama of the population of these cities will not change significantly, since the method used that represents values closer to reality is the logistic method.

**KEYWORDS:** Water; infrastructure; population projection; sizing; water supply system.

## INTRODUÇÃO

Com o intuito de evitar que ocorra a saturação da população e problemas relacionados ao abastecimento e saneamento básico sejam cada vez mais frequentes, é necessária a realização de uma projeção da população. Sabendo que essa projeção populacional e a sua distribuição é de extrema importância para o planejamento de uma bacia hidrográfica, para o dimensionamento do sistema de abastecimento de água, que geralmente possuem um horizonte de 20 a 30 anos, justifica-se a pesquisa. Segundo Heller & Pádua (2010) ao se projetar um sistema de abastecimento de água, é importante saber como a população atual está distribuída e o comportamento do crescimento da mesma ao longo dos anos. São utilizados dados censitários para poder se estimar o número de pessoas vivendo em determinada região. Para sanar as necessidades básicas de uma população é preciso, entre outras ações, a fomentação de planos e programas sociais que, para serem implementados de maneira eficaz, necessitam se basear em uma previsão do tamanho desta população. Para Penner et al (2017), a projeção populacional tem sido uma técnica essencial para o planejamento e o desenvolvimento econômico, social, político e ambiental. Para o setor público, elas auxiliam no conhecimento e quantificação de demandas futuras. A adequada aplicação destes recursos depende da qualidade das projeções utilizadas, que devem estar mais próximas da realidade para que não haja desperdício de investimentos, principalmente em infraestrutura na área de saneamento básico. Uma projeção, se muito distante do real, pode causar gastos desnecessários ou deixar de atender a uma parcela necessitada da população. Assim sendo, demonstrar a importância da adequada projeção populacional, bem como discutir sobre a precisão dos métodos estimativos populacionais utilizados no dimensionamento de sistema de abastecimento de água na execução de projetos tornam-se imprescindíveis para os engenheiros e órgãos públicos e privados para não ocasionar um encarecimento da obra em saneamento básico. Portanto, o presente trabalho visa aplicar os métodos estimativos populacionais mais comuns para avaliar a representação real da evolução populacional de cidades pertencentes a Bacia Turvo-Grande, relacionando-se com o dimensionamento de obras de saneamento básico, com ênfase em sistema de abastecimento de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo é a UGRHI-15 (UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS 15), denominada de Bacia hidrográfica Turvo/Grande, que tem área de drenagem de 15.925 km<sup>2</sup>, com uma população de 1.303.098 habitantes, abrangendo 66 municípios e é formada pelos Rios Turvo, Rio Grande, Rio São Domingos, Ribeirão da Onça, Rio Preto e Rio da Cachoeirinha. (CBH-TG, 2020).

A bacia hidrográfica Turvo/Grande tem grandes consumidores de água, devido ao desenvolvimento das cidades e grande número de habitantes, cuja projeções populacionais futuras são de grande importância para gerenciamento desses recursos hídricos e também para os dimensionamentos de obras de saneamento básico destas cidades pertencentes a referida bacia. Os métodos populacionais utilizados como ferramenta para a pesquisa são:

**Método Aritmético** - De acordo com TSUTIYA (2006), o método aritmético pressupõe uma taxa de crescimento constante em função da linha do tempo. As equações 1, 2 e 3 foram utilizadas nesse método:

$$\frac{dP}{dt} = Ka \quad (\text{Eq. 1})$$

Ka é um coeficiente representado na equação 2:

$$Ka = \frac{(P_2 - P_1)}{t_2 - t_1} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$P = P_2 + Ka(t - t_2) \quad (\text{Eq. 3})$$

onde:

P = população de projeção (hab.)

t = ano de projeção

**Método Geométrico** - O método geométrico considera para períodos iguais de tempo, uma porcentagem igual de aumento populacional. Para isso, é necessário utilizar o logaritmo neperiano na equação 4; e a expressão geral do método que é representado na equação 5, conforme descrito por TSUTIYA (2006):

$$Kg = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$P = P_2 e^{Kg(t-t_2)} \quad (\text{Eq.5})$$

onde:

Kg = coeficiente

P = população de projeção (hab.)

t = ano de projeção

**Método Logístico** - Neste caso, admite-se que o crescimento da população obedece a uma relação matemática do tipo curva logística, nos quais a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação K. Assim tem-se a equação 6 da curva logística:

$$P = \frac{K}{1 + e^{(a-b)T}} \quad (\text{Eq. 6})$$

onde:

a e b = parâmetros

e = base dos logaritmos neperianos

O parâmetro a é um valor tal que, para  $T = a/b$ , há uma inflexão (mudança no sentido curvatura) na curva; o parâmetro b é a razão de crescimento da população e T representa o intervalo de tempo entre ao ano de projeção e  $t_0$  ( $t - t_0$ ). Esses parâmetros são determinados a partir de três pontos conhecidos da curva  $P_0$  ( $t_0$ ),  $P_1$  ( $t_1$ ) e  $P_2$  ( $t_2$ ) igualmente espaçados no tempo, isto é,  $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$ . Os pontos  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$  devem ser tais que  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$ , conforme descrito por TSUTIYA (2006). Portanto os parâmetros da equação da curva logística são definidos através das equações 7, 8 e 9

$$K = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(K - P_1)}{P_1(K - P_0)} \quad (\text{Eq. 8})$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{(K - P_0)}{P_0} \quad (\text{Eq. 9})$$

Sendo d, o intervalo constante entre os anos  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item foram obtidos dados populacionais do SNIS (2021) para as estimativas dentro o período de 2016 a 2019, conforme apresentados nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 1** – População das três cidades em 2016

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ATENDIDA
Mirassolândia	3624,00
Novais	4887,00
Taiúva	5604,00

Fonte: SNIS (2016)

**Tabela 2** – População das três cidades em 2017

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ATENDIDA
Mirassolândia	3624,00
Novais	5032,00
Taiúva	5603,00

Fonte: SNIS (2017)

**Tabela 3** – População das três cidades em 2018

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ATENDIDA
Mirassolândia	4822,00
Novais	5201,00
Taiúva	5568,00

Fonte: SNIS (2018)

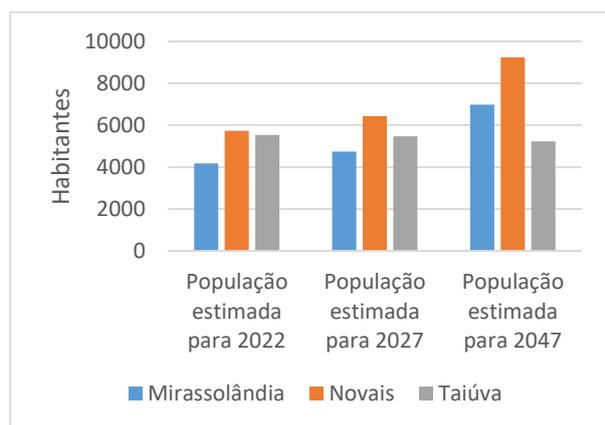
**Tabela 4** – População das três cidades em 2019

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ATENDIDA
Mirassolândia	4822,00
Novais	5308,00
Taiúva	5566,00

Fonte: SNIS (2019)

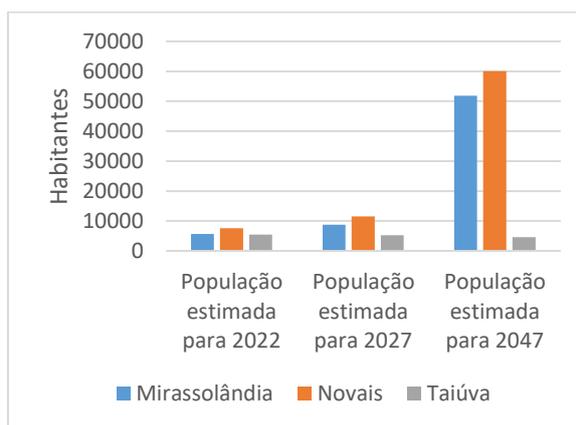
Com a aplicação das fórmulas de cada método em conjuntura com os dados obtidos pelo SNIS nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019 para cada cidade, foi possível calcular as projeções populacionais para 1, 5 e 20 anos. Posteriormente foram feitos gráficos que facilitaram a interpretação dos diferentes métodos aplicados, conforme pode ser visualizado nas Figuras 1, 2 e 3.

**Figura 1** - Método Aritmético



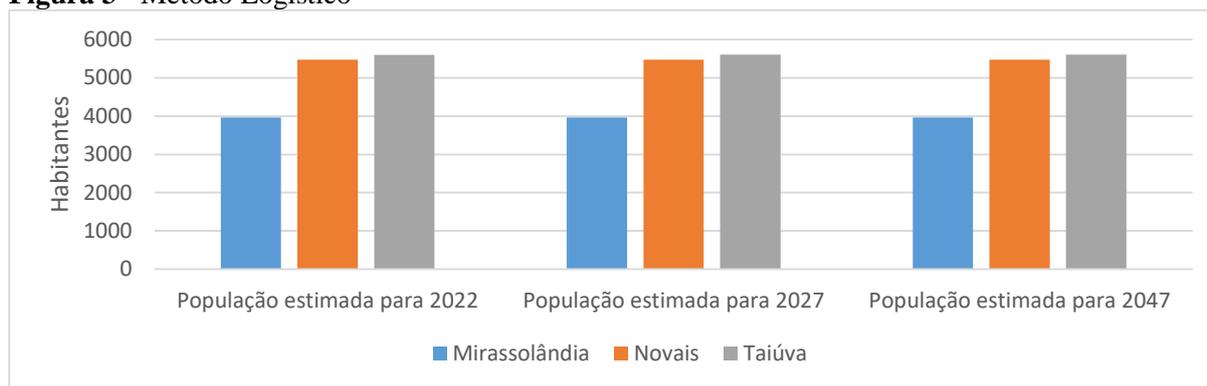
Fonte: próprio autor (2021)

**Figura 2** - Método Geométrico



Fonte: próprio autor (2021)

**Figura 3 - Método Logístico**



Fonte: próprio autor (2021)

Ao observar os dados obtidos em cada método, é notável a diferença entre eles e suas aplicações. Será discutido aqui as projeções para 20 anos (população de projeto) entre 2027 e 2047. Para a cidade de Mirassolândia, situada na microrregião de São José do Rio Preto, observa-se pelas figuras 1,2 e 3 um aumento populacional respectivamente de 47,2% (aritmético), 489,1% (geométrico) e 0% (logístico). Para a cidade de Novais, situada na microrregião de Catanduva, o aumento é de respectivamente 43,6% (aritmético), 422,1% (geométrico) e 0% (logístico). Por fim, a cidade de Taiúva, situada na microrregião de Ribeirão Preto foi observado que o aumento foi de respectivamente 4,6% (aritmético), 12,7% (geométrico) e 0% (logístico).

## CONCLUSÕES

As cidades estudadas nesse projeto não são as maiores em número de habitantes, dentro das 66 cidades da bacia Turvo/Grande, porém, são as que possuem o maior consumo *per capita* da região. Isso se deve a infinitos fatores, tendo como principais as atividades econômicas de cada município envolvido. Tais municípios citados são cidades com movimentação pendular e têm suas economias baseadas principalmente em atividades agropecuárias e comerciais. Além disso, os fatores sociais também implicam nas análises realizadas, sendo o principal fator a conscientização da população sobre o uso indevido desse recurso natural.

Com os resultados obtidos e comparados, a partir das equações usadas com os dados fornecidos pelo SNIS (2021) é possível concluir que o panorama da população dessas cidades não sofrerá uma alteração significativa e isso devido a estagnação das atividades econômicas. visto que o método utilizado que representa valores mais próximos a realidade é o logístico.

## AGRADECIMENTOS

Ao programa PIVICT 2021 do IFSP – Campus Votuporanga que possibilitou a realização dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CBH-TG - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA TURVO/GRANDE. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020 UGRHI-15 – Turvo/Grande. São José do Rio Preto: CBH-TG, 2020.

HELLER, L; PÁDUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano- 2 edição, Editora UFMG, 2010.

PENNER, G.C; DIAS, A.G; ROSA, L.S. Avaliação de Método de projeção populacional para elaboração de projetos de saneamento básico me Belém do Pará: VI

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO, 2021. Disponível em:< <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 19 jun 2021.

TSUTIYA, Milton. Abastecimento de água. 3oed. São Paulo. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo. 2006.