

## PROJEÇÃO MATEMÁTICA PARA INSTALAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA CIDADE DE SÃO JOÃO BATISTA DO GLÓRIA

MATHEMATICAL PROJECTION FOR THE INSTALLATION OF A WATER TREATMENT PLANT IN THE CITY OF SÃO JOÃO BATISTA DO GLÓRIA

PROYECCIÓN MATEMÁTICA PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA EN LA CIUDAD DE SÃO JOÃO BATISTA DO GLÓRIA

Guilherme Silva de Souza<sup>1</sup>  
Pedro Augusto Soares<sup>2</sup>

**RESUMO:** As estações de tratamento de água desempenham um papel crucial no fornecimento de água potável, segura e de qualidade para a população. Essas instalações são responsáveis por remover impurezas, contaminantes e agentes patogênicos da água bruta, tornando-a adequada para consumo humano e outros usos. O processo de tratamento de água em uma estação envolve várias etapas distintas, cada uma projetada para remover diferentes tipos de poluentes e garantir a segurança da água. O presente artigo teve como objetivo um modelo de projeção matemática para instalação de uma estação de tratamento de água na cidade de São João Batista do Glória, localizada no sudoeste mineiro, foram realizadas projeções baseadas em modelo estatístico de crescimento populacional para a população de 2035, foi realizado o modelo de perda de carga baseado na equação de Hazen-Williams que é um método utilizado para estimar as perdas de pressão em tubulações de água, comumente usados em sistemas de abastecimento e distribuição de água. Esse método considera a rugosidade da tubulação e o diâmetro interno para calcular a perda de carga em função do fluxo volumétrico e do coeficiente de rugosidade, foram também dimensionados outros aspectos importantes dentro de Estação de Tratamento de Água como dimensionado de calha parshall, floculadores e decantadores necessários para o processo de tratamento da água.

2799

**Palavras-chave:** Tratamento de água. Modelo matemático. Água.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Ambiental Sanitária - Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Ambiental Sanitária - Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

**ABSTRACT:** Water treatment plants play a crucial role in providing safe and quality drinking water to the population. These facilities are responsible for removing impurities, contaminants, and pathogens from raw water, making it suitable for human consumption and other uses. The plant's water treatment process involves several steps, each designed to remove different types of pollutants and ensure water safety. The present article aimed at a mathematical projection model for the installation of a water treatment plant in the city of São João Batista do Glória, located in the southwest of Minas Gerais (Brazil), projections were carried out based on a statistical model of population growth for the population of 2035, a head loss model was carried out based on the Hazen-Williams equation, which is a method used to estimate pressure losses in water pipes, commonly used in water supply and distribution systems. This method considers the roughness of the pipe and the internal diameter to calculate the pressure drop as a function of the volumetric flow and the coefficient of roughness, other important aspects were also dimensioned within the Water Treatment Station, such as dimensioning of the Parshall gutter, flocculators and decanters necessary for the water treatment process.

**Keywords:** Water treatment. Mathematical model. Water.

**RESUMEN:** Las plantas de tratamiento de agua juegan un papel crucial en el suministro de agua potable segura y de calidad a la población. Estas instalaciones son las encargadas de eliminar las impurezas, contaminantes y patógenos del agua cruda, haciéndola apta para el consumo humano y otros usos. El proceso de tratamiento de agua en una planta implica varios pasos diferentes, cada uno diseñado para eliminar diferentes tipos de contaminantes y garantizar la seguridad del agua. El objetivo de este artículo fue un modelo de proyección matemática para la instalación de una planta de tratamiento de agua en la ciudad de São João Batista do Glória, ubicada en el suroeste de Minas Gerais, las proyecciones se realizaron con base en un modelo estadístico de crecimiento de la población para For la población de 2035, se realizó un modelo de pérdida de carga basado en la ecuación de Hazen-Williams, que es un método utilizado para estimar pérdidas de presión en tuberías de agua, comúnmente utilizado en sistemas de abastecimiento y distribución de agua. Este método considera la rugosidad de la tubería y el diámetro interno para calcular la caída de presión en base al caudal volumétrico y el coeficiente de rugosidad, también se dimensionaron otros aspectos importantes dentro de la Estación de Tratamiento de Agua, como el dimensionamiento de la canaleta parshall, floculadores y decantadores necesarios para el proceso de tratamiento del agua.

**Palabras clave:** Tratamiento de aguas. Modelo matemático. Agua.

## INTRODUÇÃO

Segundo Gheyi *et al.* (2012) a crise de disponibilidade hídrica está diretamente ligada as mudanças que o mundo vem sofrendo associado a questões sociais como o crescimento populacional e questões ambientais como a poluição. Tanto a qualidade quanto a quantidade de água são influenciadas por fatores diversos tais como clima, topografia geografia entre outros. Motta *et al.* 2019

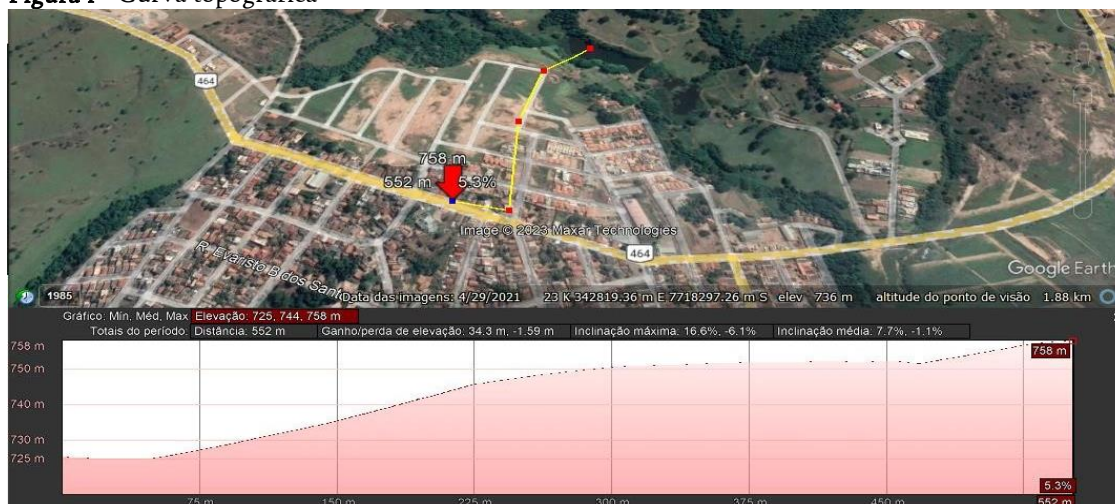
As estações de tratamento de água é onde ocorre o tratamento de água que será captada visando a potabilização para posterior distribuição à população conforme afirmado pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

Do ponto de vista de instalação e projeção para a implantação de sistemas de tratamento de água no Brasil obrigatoriamente é necessária a licença ambiental, conforme Resolução 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (BRASIL, 1997b). A construção da estação de tratamento em uma área mais elevada em relação às fontes de água permite que a água flua por gravidade, evitando a necessidade de bombas ou sistemas de bombeamento complexos. Isso reduz custos operacionais e aumenta a eficiência do processo de tratamento, resultando em economia de energia, sustentabilidade e redução de custos. As ETA's convencionais são compostas geralmente por dispositivos essenciais como por exemplo que é Calha Parshall é um dispositivo tradicionalmente usado para medição de vazão em canais abertos de líquidos fluindo por gravidade, floculadores e decantadores.

## METODOLOGIA

A base de dados utilizada na pesquisa teve como fontes o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para realizar a projeção estimada para 2035 com base em análise estatística. Para a identificação da curva topográfica, foi utilizado o Google Earth como uma ferramenta fundamental de processamento de dados geoespaciais. O Google Earth proporcionou uma visão abrangente e detalhada do local de estudo, conforme mostrado na Figura 1, permitindo a análise de informações geográficas de forma eficiente e precisa.

**Figura 1 - Curva topográfica**



Fonte: GoogleEarth. 2023.

A Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) foi utilizada para facilitar visualização de massa de águas para cogitar pontos de captação em potencial.

Figura 2. Massas de água.



Fonte: IDE-Sisema. 2023.

Após o auxílio do desnível topográfico fornecido pelo Google Earth no processo citado, foi realizado a perda de água através da equação de Hazen-Williams onde:

$$H_f = 10,643 \cdot \left( \frac{L}{D^{4,87}} \right) \cdot \left( \frac{Q}{C} \right)^{1,852}$$

- H<sub>f</sub> é a perda de carga em metros;
- L é o comprimento da tubulação em metros;
- Q é o fluxo volumétrico em metros cúbicos por segundo;
- C é o coeficiente de rugosidade (valor tabelado para diferentes tipos de tubulação);
- D é o diâmetro interno da tubulação em metros.

Para medição da calha parshall foi baseado no Manual de Operação e Instalação Calha Parshall MEDIDOR DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS para análise da polegada necessária.

## RESULTADOS

Primeiro foi realizado a projeção de quantos habitantes haverão no município de São João Batista do Glória em 2035 para que a projeção da Estação de Tratamento de Água consiga suprir as necessidades da população. Essas projeções são importantes para o planejamento urbano, o desenvolvimento socioeconômico, a alocação de

recursos e a tomada de decisões em diversos setores.

Ano	Habitantes
2000	6271
2010	6887
2022	7652
2035	X

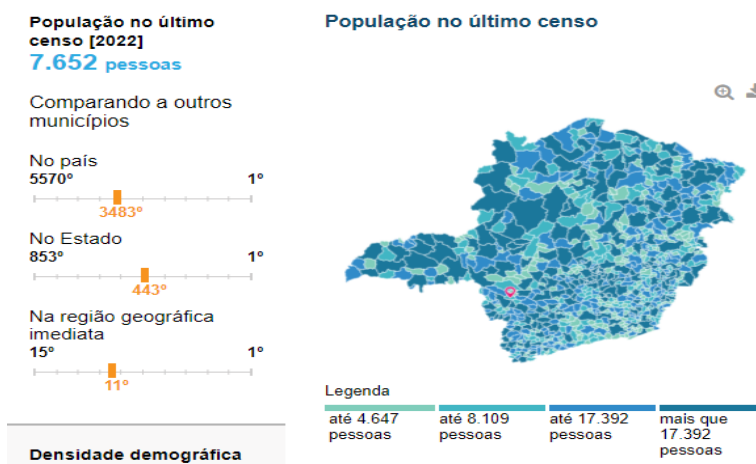


Figura X. Fonte: IBGE 2023.

### Cálculo da Projeção para o ano de 2035:

$$Kg = \frac{\ln 7652 - \ln 6887}{2022 - 2010} = \frac{0,1053}{12} = 0,00877$$

$$P_t = P_o \cdot e^{Kg \cdot (T_f - T_o)}$$

$$P_{2035} = 7652 \cdot e^{0,00877 \cdot (2035 - 2022)}$$

$$P_{2035} = 7652 \cdot 1,12$$

$$P_{2035} = \mathbf{8576 \text{ hab}}$$

### Cálculo da Vazão média e máxima para o município:

$$Q_{med} = 8576 \cdot 150 = 1286400 \text{ L/hab/d}$$

$$Q_{max} = 1286400 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2315520 \text{ L/d ou } 0,0268 \text{ m}^3/\text{s}$$

Posterior a projeção foi calculada a perda de carga pelo método Hazen-Williams para saber-se da quantidade de água perdida durante o trajeto.

$$H_f = 10,643 \cdot \left(\frac{L}{D^{4,87}}\right) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852}$$

O coeficiente de rugosidade (C) é um parâmetro que representa a rugosidade interna da tubulação. Valores típicos de C são fornecidos em tabelas para diferentes materiais de tubulação, como ferro fundido, que foi o adotado para este estudo.

Supondo uma velocidade de escoamento de 1,8 m/s; tubo novo de ferro fundido (C=130); desnível e comprimento da tubulação (segundo curva topográfica, figura 1), 33 m e 552 m respectivamente.

$$Q = v \cdot A \rightarrow 0,0268 = 1,8 \cdot A$$

$$A = 0,01489 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$0,01489 = 0,7854 \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{0,01895} = 0,137 \text{ m ou } 13,7 \text{ cm}$$

$$H_f = 10,643 \cdot \left(\frac{L}{D^{4,87}}\right) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \quad \text{ou} \quad Q^{1,852} = \frac{H_f \cdot D^{4,87} \cdot C^{1,852}}{10,643 \cdot L}$$

$$H_f = 10,643 \cdot \left(\frac{552}{0,137^{4,87}}\right) \cdot \left(\frac{Q}{130}\right)^{1,852}$$

$$33 = \frac{94009983,8}{8222,86} \cdot Q^{1,852}$$

$$Q^{1,852} = 0,002886 \rightarrow Q = \sqrt[1,852]{0,002886}$$

$$Q = 0,0425 \text{ m}^3/\text{s ou } 153 \text{ m}^3/\text{h ou } 42,5 \text{ L/s}$$

Adotando a Vazão calculada com a perda de carga e tubulação adequada, de 153 m<sup>3</sup>/h, o dimensionamento da calha Parshall seria de 6". Sendo assim, quando a altura medida fosse de 30 cm, a vazão seria calculada da seguinte maneira:

Largura da Garganta	Capacidade de Vazão		Valores de n - K [para vazão em m <sup>3</sup> /h]			
			W	n	K	
W (inch)	Min (m <sup>3</sup> /h)	Max (m <sup>3</sup> /h)	[inch]	[mm]		
1"	1.02	19.4	1"	25,4	1,550	217,29
2"	2.04	47.9	2"	50,8	1,550	434,58
3"	3.06	115	3"	76,2	1,547	633,60
6"	5.10	398	6"	152,4	1,580	1371,60
9"	9.17	907	9"	228,6	1,530	1926,00
12"	11.2	1641	12"	304,8	1,522	2484,00
18"	15.3	2508	18"	457,2	1,538	3794,40
24"	42.8	3374	24"	609,6	1,550	5133,60
36"	62.2	5138	36"	914,4	1,556	7855,20
48"	132	6922	48"	1219,2	1,578	10566,00
60"	163	8726	60"	1524,0	1,587	13420,80
72"	265	10551	72"	1828,8	1,595	16254,00
84"	306	12376	84"	2133,6	1,601	19101,60
96"	357	14221	96"	2438,4	1,606	21963,60

Fonte: ASTM 1941/75.

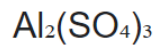
$$N = 1,580 \quad k = 1371,60 \quad H \text{ adotada} = 0,3$$

$$Q = K \cdot H^n$$

$$Q = 1371,60 \cdot 0,3^{1,580}$$

$$Q = 204,68 \text{ m}^3/\text{h}$$

O coagulante geralmente utilizados na ETA's é o sulfato de alumínio. Sua função principal é promover a aglomeração das partículas finas presentes na água, formando flocos maiores que podem ser removidos mais facilmente durante as etapas subsequentes do tratamento.



Tanto o floculador quanto o decantador são componentes essenciais para a remoção de sólidos suspensos e partículas indesejadas da água bruta em uma ETA. Eles desempenham papéis complementares no processo de tratamento, permitindo que as partículas se aglutinem em flocos maiores no floculador e sejam separadas da água clarificada no decantador

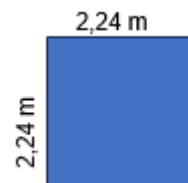
$$Q = Pop \cdot Q_{pc} \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$Q = 8576 \cdot 150 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2315520 \text{ L/d ou } 26,8 \text{ L/s}$$

$$Vol = Q \cdot Tf \rightarrow Vol = 26,8 \cdot 1500 \rightarrow Vol = 40200 \text{ L ou } 40,2 \text{ m}^3$$

$$Vol_{cada} = \frac{40,2}{2} = 20,1 \text{ m}^3 \rightarrow Vol = A \cdot H \rightarrow 20,1 = A \cdot 4 \rightarrow A = 5,025 \text{ m}^2$$

$$\text{Considerando floculadores de área quadrada, Largura e comprimento} = \sqrt{5,025} = 2,24 \text{ m}$$



A NBR 12216 estabelece que a taxa de aplicação superficial para estações com capacidade entre 1000 e 10000 m<sup>3</sup>/d é de 35m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia.

$$Q = TAS \cdot A \rightarrow \left( \frac{26,8}{1000(\text{passar para m})} \cdot 86400 (\text{passar para dia}) \right) 2315,52 = 35 \cdot A$$

$$A = 66,157 \text{ m}^2$$

$$A = L \cdot C \rightarrow 66,157 = L \cdot 4L \rightarrow L^2 = 16,539 \rightarrow L = \sqrt{16,539} = 4,066 \text{ m}$$

$$C = 4 \cdot L \rightarrow C = 4 \cdot 4,066 \rightarrow C = 16,267 \text{ m}$$



Para filtração foi estipulado com base de dados da Estação de Tratamento de Água da cidade de Passos Minas Gerais.

ESPESSURA	TAMANHO
55 CM	ANTRACITO 0,9 – 1,00 MM
25 CM	AREIA 0,45 A 0,55 MM
5 CM	1,6 MM A 3,2 MM
5 CM	3,2 MM A 6,4 MM
5 CM	6,4 MM A 12,7 MM
15 CM	12,7 MM A 19,0 MM

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A projeção matemática não é totalmente concreta quando falamos do dimensionamento necessário, trata-se de uma perspectiva, os resultados apresentaram-se satisfatórios quando comparados com outras Estações de Tratamento de Água já implementadas. O dimensionamento é fundamental para análise financeira da construção.

Em conclusão, as estações de tratamento de água são fundamentais para fornecer água potável segura e de qualidade para a população. Compreender o funcionamento dessas instalações e apoiar iniciativas de conservação e proteção dos recursos hídricos são passos importantes para garantir a sustentabilidade do abastecimento de água no futuro.

## REFERÊNCIAS

Manual de Operação e Instalação Calha Parshall MEDIDOR DE VAZÃO EM CANAIS ABERTOS Cód: 073AA-025-122M – Rev. M disponível em: <http://192.163.198.161/~incontrol/admin/public/img/parshall-rev-m-4636053894.pdf>

BRASIL. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Brasileiro de 2022*. São João Batista do Glória: IBGE, 2022.

1997b) Resolução CONAMA Nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental como instrumento de gestão ambiental Brasil: Ministério do Meio Ambiente.

GHEYI, H.R.; PAZ, V.P.; MEDEIROS, S.S.; GALVÃO, C.O. (2012) *Recursos hídricos em regiões semiáridas*, Cruz das Almas: Instituto Nacional do Semiárido, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 258 p.



MOTTA, Maurício Alves da et al. Geração, tratamento e disposição final dos resíduos das estações de tratamento de água do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 761-771, 2019.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Disponível em: <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/estacao-de-tratamento-de-agua-eta#o>