

Abastecimento de água: Simulações hidráulicas para um melhor dimensionamento

Water supply: Hydraulic simulations for better network sizing

Luana Nascimento¹

orcid.org/0009-0000-3589-580X

Margarida Regueira²

orcid.org/0009-0009-6727-0797

¹Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: lvfn@poli.br

²Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil. E-mail: mrc1@poli.br

DOI: 10.25286/rep.v11i3.3902

Esta obra apresenta Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

RESUMO

O trabalho apresenta o dimensionamento de rede de abastecimento de água de uma área localizada em Ouro Preto, na cidade de Olinda-PE, utilizando ferramentas de geoprocessamento e simulações hidráulicas. O objetivo principal foi desenvolver o projeto completo de rede para a implantação do sistema de abastecimento de água adequado à área de estudo, onde envolveu o estudo da área do projeto para obter dados da infraestrutura hídrica existente e da elevação da área, o cálculo da população beneficiada e as demandas de água, o esboço do traçado da rede e as características das tubulações, além da definição dos parâmetros para a análise do dimensionamento de acordo com a norma técnica. Por meio de análises hidráulicas dos diferentes cenários das simulações, foi possível identificar a necessidade de uma bomba do tipo booster para garantir o abastecimento de água ao local. Como resultado, foi desenvolvido um projeto que contempla o traçado das tubulações e seus respectivos diâmetros, a localização do booster e a curva da bomba baseada no modelo adequado para o sistema, destacando a importância do uso de ferramentas computacionais para auxiliar o dimensionamento de sistemas de abastecimento de água.

PALAVRAS-CHAVE: *Dimensionamento de Rede de Água; Simulação Hidráulica; Abastecimento de Água; EPANET.*

ABSTRACT

The study presents the sizing of a water supply network for an area located in Ouro Preto, in the city of Olinda-PE, using geoprocessing tools and hydraulic simulations. The main objective was to develop the complete network design for the implementation of a water supply system suitable for the study area. This involved analyzing the project area to obtain data on the existing water infrastructure and terrain elevation, calculating the beneficiary population and water demands, outlining the network layout and pipeline characteristics, and defining the parameters for the sizing analysis in accordance with technical standards. Through hydraulic analyses of different simulation scenarios, it was possible to identify the need for a booster pump to ensure adequate water supply to the area. As a result, a project was developed that includes the pipeline layout and their respective diameters, the location of the booster, and the pump curve based on the model appropriate for the system, highlighting the importance of using computational tools to support the sizing of water supply systems.

KEYWORDS: *Water Network Sizing; Hydraulic Simulation; Water Supply; EPANET.*

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para a população. A Lei Federal 14.026/2020 [1], conhecida como o novo Marco Legal do Saneamento Básico, trouxe mudanças no setor de saneamento no Brasil, com o objetivo de estabelecer novas diretrizes para a universalização do saneamento até 31 de dezembro de 2033, incentivando a expansão da cobertura dos serviços e melhoria da infraestrutura dos serviços de saneamento no país, incluindo o acesso à água.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) apontou que até 2022, cerca de 2,2 bilhões de pessoas no mundo não tinham acesso a água potável tratada adequadamente, e, a maior parte, estava localizada em áreas rurais. No mesmo ano, os dados atualizados dos serviços de saneamento básico no Brasil informados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), apontou que aproximadamente 171 milhões de pessoas no país, dos 203,1 milhões de habitantes, possuíam acesso ao atendimento total de água [2].

A poluição e a contaminação da água estão entre as principais causas da incidência de enfermidades em locais que não tem rede de água, coleta e disposição de esgotos. Dessa forma, as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, conhecido com DRSAI, causam grande número de internações hospitalares e são responsáveis pelos altos índices de mortalidade infantil [3].

O fornecimento de água é garantido por meio de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), concebidos através de planejamento e projetos adequados, de acordo com exigências técnicas de normas regulamentadoras, como a ABNT NBR 12218:2017 [4].

A fase inicial do projeto é definida pela concepção, que envolve um conjunto de estudos e decisões responsáveis por estabelecer as características essenciais de um projeto de sistema de abastecimento [4]. Alguns dados necessários para a elaboração de um projeto de abastecimento são: levantamento da disponibilidade hídrica, cálculo da demanda, condições ambientais da área de estudo e viabilidade econômica [5].

Para auxiliar na agilidade e nas tomadas de decisões sobre a concepção do projeto de rede de abastecimento podem ser utilizadas ferramentas computacionais, como os softwares QGIS e EPANET.

O presente estudo visa dimensionar uma rede de distribuição para o abastecimento eficiente de uma área delimitada, sem infraestrutura hídrica,

localizada no bairro de Ouro Preto, na cidade de Olinda em Pernambuco.

1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento populacional no país impõe desafios à segurança hídrica, demandando um planejamento estratégico para garantir o fornecimento adequado de água em termos de qualidade e quantidade. Essa demanda mostra a importância de investimentos em infraestrutura hídrica que acompanhe as necessidades crescentes.

Além disso, a legislação brasileira reforça a importância do saneamento básico e da distribuição de água como serviços essenciais à população. O planejamento e a execução de projetos de rede de abastecimento de água são indispensáveis para cumprir os objetivos do Marco Legal, sobretudo em regiões onde a falta de infraestrutura afeta diretamente a qualidade de vida da população.

O presente trabalho foi motivado pela necessidade de desenvolvimento de um sistema de abastecimento de água para uma área delimitada sem infraestrutura hídrica localizada no bairro de Ouro Preto, na cidade de Olinda em Pernambuco.

1.2 OBJETIVOS

Para a realização da pesquisa, foram definidos objetivos claros para orientar o desenvolvimento do projeto e alcançar os resultados desejados.

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto de rede de abastecimento de água para uma área delimitada de Olinda, que não conta com infraestrutura hídrica, com a finalidade de implementar as redes projetadas.

1.2.1 Objetivos Específicos

a) Desenvolver o traçado das redes adequado ao local, selecionando e dimensionando os componentes que farão parte do sistema de abastecimento de água;

b) Definir qual, entre as simulações hidráulicas realizadas, apresenta o resultado mais eficiente para a área de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, será apresentado o embasamento teórico que é essencial para o desenvolvimento do trabalho, abordando conceitos relacionados ao saneamento básico, sistema de abastecimento de

água, dimensionamento de rede de distribuição e ferramentas computacionais.

2.1 SANEAMENTO BÁSICO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O conceito de saneamento básico foi construído ao longo dos anos, com avanço da literatura e da ciência. De acordo com a Lei Nº 14.026/2020, considera-se saneamento básico um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de água potável, esgotamento sanitário, limpeza e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais [6].

A poluição e a contaminação da água estão entre as principais causas da incidência de enfermidades em locais que não tem rede de água, coleta e disposição de esgotos. Dessa forma, as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, conhecido com DRSAI, causam grande número de internações hospitalares e são responsáveis pelos altos índices de mortalidade infantil [7].

A inclusão da água como um bem essencial à vida no debate global foi um processo gradual, marcado por diversas discussões e avanços ao longo do tempo. O Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei Nº 14.026/2020 [1], impulsiona um avanço significativo dos serviços de saneamento no Brasil, incentivando a melhoria das condições estruturais do saneamento básico no país, além de promover a prestação adequada dos serviços com viabilidade técnica e econômica, e Universalização das coberturas de saneamento básico, com metade atendimento de 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033.

A Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) foi fundada em julho de 1971, onde sua criação foi considerada um marco na história do saneamento do estado de Pernambuco por permitir que o estado tivesse uma organização própria para coordenar e executar projetos de infraestrutura hídrica, através do recebimento de recursos federais para à ampliação dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos [8].

Ao longo da história, observa-se um constante progresso da engenharia a fim de garantir o abastecimento de água em quantidade e qualidade, de acordo com a necessidade de diferentes

demandas, como para o uso doméstico, comercial, industrial e público [9].

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) são estruturas de engenharia com função de distribuir água potável para as populações a serem atendidas em zonas urbanas e rurais, possuindo pontos de captação, tratamento, estações elevatórias, adutoras, reservatórios, redes de distribuição e ligações prediais [10].

2.2 DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

O dimensionamento das redes de distribuição de água é de extrema importância para garantir o abastecimento de água contínuo, de qualidade e quantidade para a população. Envolve a consideração de diversos parâmetros técnicos, normativos e ambientais para evitar desperdícios, promover a sustentabilidade do sistema de abastecimento, custos elevados de operação e manutenção, além de falhas estruturais na rede.

Com o dimensionamento é possível determinar os diâmetros das tubulações, das pressões de serviço dos nós e demandas de vazão na situação mais desfavorável para o projeto [11].

Para garantir que o projeto de rede de distribuição de água esteja de acordo com as técnicas, é necessário analisar e seguir as normas regulamentadoras da ABNT, manuais de hidráulica e diretrizes gerais das concessionárias. A seguir serão apresentadas as algumas normas:

- ABNT NBR 12211: 1992 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- ABNT NBR 12214: 2020 - Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água – Requisitos;
- ABNT NBR 12215: 2017 - Projeto de adutora de água. Parte 1: Conduto forçado;
- ABNT NBR 12217/1994: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento;
- ABNT NBR 12218: 2017 - Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.

A definição da área de estudo é o primeiro passo no planejamento de um sistema de abastecimento de água. A área de estudo influencia diretamente as decisões sobre traçado da rede, escolha de materiais da tubulação, escolha da fonte de água, seja manancial ou interligação com uma rede existente, determinação da demanda hídrica, facilidade e o custo da implementação da

infraestrutura. De acordo com a norma da ABNT NBR 12218 (2017) [12], deve-se estudar a área de influência do projeto de modo que seja realizado um levantamento do uso e ocupação do solo, tipos dos empreendimentos no local, considerando a situação atual e de expansão.

O segundo passo é o estudo da população, para garantir que a rede de abastecimento seja projetada com capacidade suficiente para atender à demanda atual e futura. A estimativa da população pode ser obtida por diferentes modos, em destaque estão os métodos da: População pelo número de habitantes por domicílio, Método geométrico e Método de Tendência do Crescimento Populacional (AiBi).

Baseando-se no número de domicílios pelo número médio de habitantes por domicílio, que varia conforme o local e pode ser obtido através dos Censos Demográficos do IBGE e valores adotados pelas companhias de saneamento, a população é calculada pela Equação (1):

$$P = n^{\circ} \text{ de domicílios} \cdot n^{\circ} \text{ de habit. por domicílio} \quad (1)$$

Através de uma variação da população em cada instante, em períodos iguais, calculada pelo coeficiente exposto na Equação (2), é possível obter o crescimento populacional pelo método dado pela Equação (3) [13].

$$Kg = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0} \quad (2)$$

$$P = P_0 \cdot e^{Kg \cdot (t - t_0)} \quad (3)$$

Onde:

Kg - razão de crescimento;

P - população na data t;

P0 - população na data inicial t0;

P2 - P0 - população no intervalo dos anos t2- t0;

t - data futura;

t0 - data de referência;

t2 - t0 - intervalo dos anos.

A estimativa da população pode ser obtida através do Método de Tendência do Crescimento Populacional (AiBi). O método de tendência de crescimento da população analisa os dados dos últimos dois censos demográficos, e analisa o crescimento de áreas menores (Município) tendo como referência as informações das áreas maiores (Unidades da Federação), no qual tem a estimativa conhecida [14], utilizando a Equação (4) e (5) para

encontrar os coeficientes e a Equação (6) para calcular a população.

$$ai = \frac{Pi_{(t1)} - Pi_{(t0)}}{P_{(t1)} - P_{(t0)}} \quad (4)$$

$$bi = Pi_{(t0)} - ai \cdot P_{(t0)} \quad (5)$$

$$Pi_{(t)} = ai \cdot P_{(t)} + bi \quad (6)$$

Onde:

ai - coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor i em relação ao incremento da população da área maior;

bi - coeficiente linear de correção;

Pi - população do Município;

P - população da Unidade da Federação;

t0 - ano de referência 1;

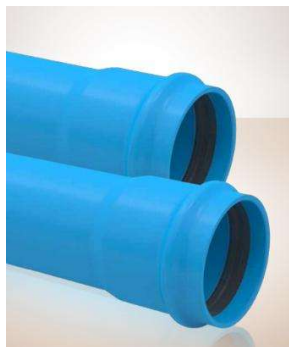
A definição do traçado de uma rede de abastecimento de água e a escolha do material da tubulação são etapas essenciais no projeto, pois impactam diretamente na eficiência, durabilidade e custo da infraestrutura. Está diretamente interligado à topografia, distribuição da população e possíveis interferências na área de estudo.

É importante analisar os sistemas de abastecimentos existentes, obtendo as características físicas do sistema e seus componentes. Para isto, é indicado o contato com as prestadoras de serviços dos locais de estudo para o conhecimento real e detalhado do sistema em operação.

A escolha do material das tubulações é influenciada pela resistência, pressão necessária, instalação, condições do solo e da água transportada, devendo decidir o material de forma consciente. Os materiais em destaque no presente trabalho são as tubulações de Policloreto de Vinila (PVC), mais especificamente o PVC DEFOFO, e Polietileno de Alta Densidade (PEAD).

As tubulações de DEFOFO são resistentes a altos impactos, de fácil instalação e possuem um bom desempenho hidráulico, fabricados com o comprimento de 6 metros e com diâmetros que variam de 100 a 500 milímetros, representados pela Figura 1 [15].

Figura 1 – Tubo PVC DEFOFO



Fonte: [16].

As tubulações PEAD possuem resistência a impactos e à corrosão, tem um bom desempenho hidráulico, além de serem leves e flexíveis, são vendidas em forma de bobinas de comprimento de 50 e 100 metros ou barras de 6 metros como indica a Figura 2 [16].

Figura 2 – Tubo PEAD



Fonte: [16].

Os conceitos de variação de demanda e de consumo estão entrelaçados. A quantidade de água consumida varia de forma contínua ao longo do dia ou do ano. Os fatores que influenciam o consumo podem ser disponibilidade hídrica, clima, hábitos, perdas, tipo do empreendimento, etc [17].

A demanda média anual calculada em função da população a ser abastecida é conhecida como consumo per capita, expresso em litros por habitante (l/hab), porém normalmente é analisada por dia (l/hab x dia). O seu valor varia de acordo com a literatura e informações da prestadora de serviço, além da localidade, tipo de uso, padrão de vida da população do local no país e com o crescimento populacional [18].

De acordo com a ABNT NBR 12214:2020 [19], os valores de coeficiente de variabilidade máxima diária do fluxo (k1), o coeficiente de variabilidade máxima horária do fluxo (k2) e o coeficiente de variabilidade mínima do fluxo (k3) devem ser calculados através de dados do local da área de estudo. Porém, caso não tenha informações sobre o histórico de consumo para obter os coeficientes, os valores devem ser adotados de acordo com a literatura ou como indicado pela prestadora de serviço.

Através das Equações (7), (8), (9) e (10), é possível calcular a vazão média diária, máxima diária, máxima horária e a vazão mínima respectivamente.

$$Q_{méd} = \frac{P \cdot q}{3.600 \cdot h} \quad (7)$$

$$Q_{máxd} = \frac{P \cdot q \cdot k1}{3.600 \cdot h} \quad (8)$$

$$Q_{máxh} = \frac{P \cdot q \cdot k1 \cdot k2}{3.600 \cdot h} \quad (9)$$

$$Q_{mín} = \frac{P \cdot q \cdot k3}{3.600 \cdot h} \quad (10)$$

Onde:

Q_{méd} - vazão média diária em L/s;

Q_{máxd} - vazão máxima diária em L/s;

Q_{máxh} - vazão máxima horária em L/s;

Q_{mín} - vazão mínima em L/s;

P - população;

q - consumo per capita;

h - número de horas de funcionamento das unidades do sistema;

k1 - coeficiente de variabilidade máxima diária do fluxo;

k2 - coeficiente de variabilidade máxima horária do fluxo;

k3 - coeficiente de variabilidade mínima do fluxo.

2.3 ANÁLISE HIDRÁULICA

A análise hidráulica é uma etapa fundamental no processo de dimensionamento dos sistemas de abastecimento, de forma que o projeto se adeque aos parâmetros normativos mínimos de segurança.

O principal objetivo é fazer com que o projeto seja dimensionado de forma que o abastecimento

seja de qualidade e quantidade necessária ao local de estudo, baseado no alcance do projeto. Alguns parâmetros devem ser analisados durante a concepção do projeto, de acordo com as normas, literaturas e diretrizes, sendo eles:

- a) Pressões dos nós;
- b) Perdas de cargas da rede;
- c) Velocidade da rede;
- d) Vazões da rede;
- e) Altura manométrica;
- f) Coeficientes de rugosidade (C).

2.4 SOFTWARES DE APOIO PARA PROJETO

O dimensionamento do sistema de abastecimento deve ser feito com precisão nos cálculos e das análises dos cenários. Com o avanço da tecnologia, as ferramentas computacionais se tornaram cada vez mais indispensável, pois facilitam as tomadas de decisões e auxiliam nas análises dos dados necessários para o projeto da rede. Dessa forma, para o presente estudo, serão apresentadas duas ferramentas essenciais para o dimensionamento da rede: o QGIS e o EPANET.

2.4.1 QGIS

O QGIS é um software gratuito com diversas funcionalidades e aplicações, que está em constante evolução. O programa permite visualizar e exportar diversos tipos de arquivos, como shapefile, dxf e csv, sendo um programa versátil. O QGIS trabalha com camadas vetoriais (como pontos, linhas e polígonos), raster (como modelos digitais de elevação e terreno) e bancos de dados espaciais. No programa estão disponíveis diversas ferramentas como complementos, perfil de elevação, vetorização avançada, calculadora de campo e mapas, incluindo o 3D. O software pode ser aplicado para elaboração de mapas, levantamentos altimétricos, análise de lotes, bacias e relevo.

2.4.2 EPANET

O EPANET é um programa capaz de fazer simulações hidráulicas, amplamente utilizado no mundo para a concepção e calibração de sistemas urbanos de abastecimento de água. O EPANET é capaz de simular diversas situações considerando nós, trechos (tubos), reservatórios, bombas e válvulas. Para o projeto de rede, utilizar o EPANET é essencial, pois as simulações são feitas em diversos cenários, podendo garantir eficiência da

rede, assim como ter um resultado mais econômico, para a situação mais adequada a área de estudo.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho, através da coleta e interpretação de dados, visa avaliar a realidade do atendimento de água em uma determinada área no município de Olinda, para possibilitar a justificativa técnica para a implantação da rede projetada no local de estudo. O estudo foi realizado baseando-se em informações fornecidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento, contando também com dados divulgados pelo IBGE, além das aplicações das normas vigentes para elaboração adequada do projeto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Olinda, no estado de Pernambuco. A escolha da localidade para o estudo se deu pela disponibilidade de dados, tanto da prestadora de serviços, quanto do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A Figura 3, apresenta as adutoras e as redes disponíveis no local, fornecidas pela Compesa. É possível notar que na área de estudo não apresenta uma infraestrutura hídrica, porém na Avenida Senador Nilo de Souza Coelho existe uma adutora de DEFOFO de 400 mm. Optou-se por iniciar o projeto de rede de abastecimento de água considerando uma interligação nessa adutora existente, que pela proximidade do local de estudo poderia ser uma solução mais viável para o abastecimento da área de estudo.

Figura 3 – Redes de abastecimento ao redor da área de estudo.



Fonte: Os autores.

O traçado da rede foi de acordo com a identificação das possíveis ruas que os tubos poderiam ser implantados, por meio das informações fornecida pela Compesa através de visitas ao local. O próximo passo foi a inserção das conexões, avaliando alguns cenários como pontos de consumo, mudanças de diâmetro e pontos estratégicos para avaliação.

A Figura 4, elaborada utilizando o QGIS, indica o traçado da rede em azul e a distribuição das conexões dadas pelos nós, onde os pontos em rosa representam as interseções e os fins de rede. E, por meio de avaliações dos perfis do terreno ao longo do traçado da tubulação, foram inseridos os nós em amarelo para analisar os pontos de aclave e declive no traçado presentes nos dois trechos. É possível visualizar que a área apresenta uma grande variação de cota, sendo de aproximadamente 17 a 57 metros.

Figura 4 – Distribuição dos nós no traçado da rede

Fonte: Os autores.

A estimativa da população atual atendida pelo projeto de rede foi calculada por meio da média de habitantes por domicílio e pela quantidade de empreendimentos da área de estudo. Para os cálculos, foram utilizadas as informações do IBGE, com dados das coordenadas dos endereços do Censo Demográfico de 2022 [20], e por meio do QGIS foi possível transformar os dados disponibilizados em forma de tabela para um arquivo shapefile.

Através da delimitação da área de estudo por meio de um polígono foi obtido o quantitativo de empreendimentos no local, totalizando 272 endereços, sendo 83,5% dos endereços classificados como domicílio particular. Também foi obtido o valor da média de moradores por domicílio do Setor Censitário do Censo do IBGE de 2022 em análise, sendo de 2,90 pessoas. Vale ressaltar que as informações disponíveis do Setor Censitário são as fontes mais corretas para o cálculo da população, pois são dados oficiais, de maior detalhamento e se adequam à realidade do local de estudo, podendo evitar erros de super ou subdimensionamento. Sendo assim, a população adotada para o projeto até então é de 789 pessoas.

De acordo com a Norma Interna da Compesa GPE-NI-014-02 [21], o dimensionamento deverá ser realizado para um alcance mínimo de projeto de 25 anos, sendo então para o ano de 2050 [21]. As

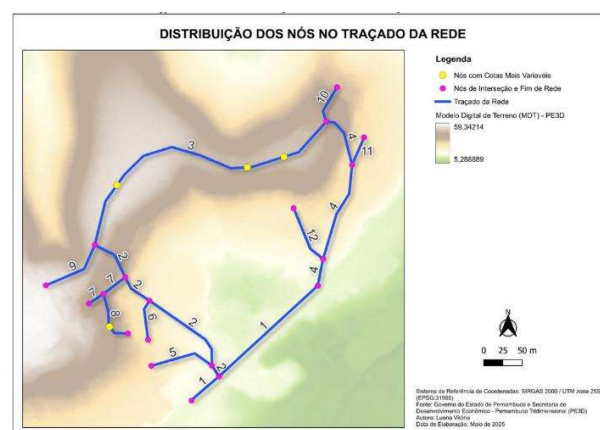
estimativas da população foram obtidas através do método geométrico e do método AiBi, que são os métodos indicados pelo IBGE. Como referência, foram obtidos os valores da população de Olinda e de Pernambuco pela análise do Censo de 2010 e de 2022 [22], como mostram as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – População do Município para o método geométrico.

Referências		Olinda
Censo 2010	P_1	377.779
Censo 2022	P_2	349.976

Fonte: Os autores.

Tabela 2 – População da Unidade da Federação e do Município para o método AiBi.



Referências		Pernambuc		Olinda
	o			
Censo 2010	$P_{(t0)}$	8.796.448	$P_{i(t0)}$	377.779
Censo 2022	$P_{(t1)}$	9.058.931	$P_{i(t1)}$	349.976

Fonte: Os autores.

Calculando a população pelo método geométrico, utilizando as Equações 2 e 3 e a Tabela 1 e pelo método AiBi com as Equações 4, 5 e 6 e a Tabela 2, foi obtido a Tabela 3.

Tabela 3 – Fator de crescimento da população.

Referências	População de 2050	População de 2022
Método geométrico	292.801	349.976

Método AiBi 296.347 349.976

Fonte: Os autores.

Com isso é possível identificar que a população do Município de Olinda tende a diminuir com os anos de acordo com os dois métodos calculados. Considerando que a área de estudo não apresenta dados históricos para poder utilizar os métodos para a área em si, foi considerado um fator de crescimento da população projetada para 2050 em relação a população do último Censo (2022), obtendo um fator de crescimento menor que 1 para ambos os métodos.

Com o fator de crescimento obtido e a população projetada para o cenário atual de 789 habitantes calculada anteriormente, a população futura da área é igual a 671 pessoas. Apesar da norma instruir que o alcance do projeto seja de 25 anos, dimensionar o projeto para a população de 2050 seria inviável, já que a implantação da rede no cenário atual não seria suficiente para atender à população. Sendo assim, visando atender a demanda imediata do local, a rede de distribuição será dimensionada de acordo com a população atual de 789 pessoas na área de estudo.

3.2 CÁLCULO DA DEMANDA

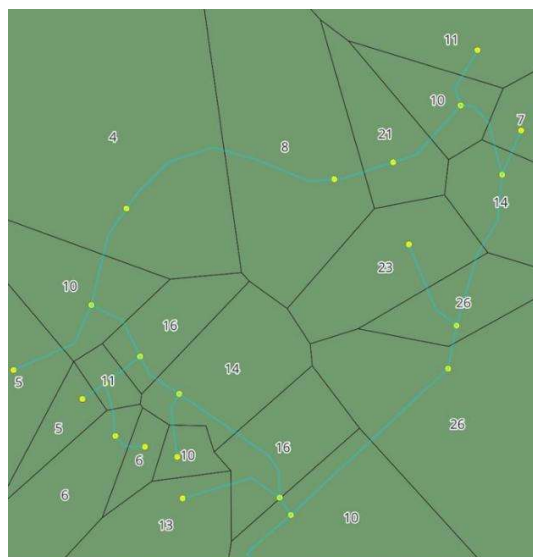
Para o cálculo da demanda do projeto, é necessário calcular os coeficientes de consumo k_1 , k_2 e k_3 . Neste caso, a Compesa disponibilizou dados reais de vazão medidos por uma válvula redutora de pressão (VRP) com medição de abril de 2020 à abril de 2021 para que seja possível calcular os coeficientes de acordo com o dia de maior consumo, considerando o pior cenário devido à alta demanda. Com as medidas de vazão a cada hora, foram obtidos a média diária do dia de maior consumo, a média anual, os consumos máximos e mínimos do dia de maior consumo para então obter os coeficientes. A Figura 5 indica os valores dos coeficientes de consumo e a curva do padrão de consumo horário da área.

Figura 5 – Coeficientes e curva de consumo



A determinação dos consumos-base nos nós de uma rede varia de acordo com a área de influência nos nós de distribuição da rede. A Figura 6 representa o polígono de Voronoi que indica a área de influência de cada nó e a quantidade de endereços presentes em cada área. Através da quantidade de imóveis, a média de pessoas por domicílio adotada (2,90), foram calculadas as vazões para cada nó.

Figura 6 – Área de influência dos nós e a respectiva população



Dessa forma, a Figura 7 indica os valores adotados para o projeto.

Figura 7 – Valores resumo para o projeto

P	q
797	170

k1	k2	k3
1,51	1,29	0,47

Qméd	Qmáxd	Qmáxh	Qmín
1,57	2,37	3,05	0,74

Fonte: Os autores.

De acordo com a NBR 12218:2017, os valores de referência para a análise hidráulica são:

- Pressão dinâmica mínima: 10 mca;
- Pressão estática máxima: 50 mca;
- Velocidade mínima da tubulação: 0,40 m/s;
- Perda de carga máxima: 10 m/km.

Foi utilizado o Catálogo Técnico da TIGRE de 2024 [16], para obter os valores dos diâmetros internos dos tubos e norma interna da Compesa [23], para os dados indicados dos coeficientes de rugosidade C para as simulações.

Optou-se por considerar exclusivamente os tubos de PEAD de 32 a 63 mm e de DEFOFO de 100 a 250 mm como possíveis materiais para as tubulações do projeto. Essa escolha é justificada pela adequação técnica e operacional desses materiais às condições específicas da área de estudo. A Figura 8 indica os parâmetros de análise hidráulica para o projeto.

Figura 8 – Parâmetros para o projeto

 Pressão Mínima 10 mca	 Pressão Máxima 50 mca	 Velocidade Mínima 0,40 m/s	 Perda de Carga Máxima 10 m/km
 Material das Tubulações PEAD 32mm PEAD 63mm DEFOFO 100mm		 Coefficiente de Rugosidade PEAD: 150 PVC: 135	

Fonte: Os autores.

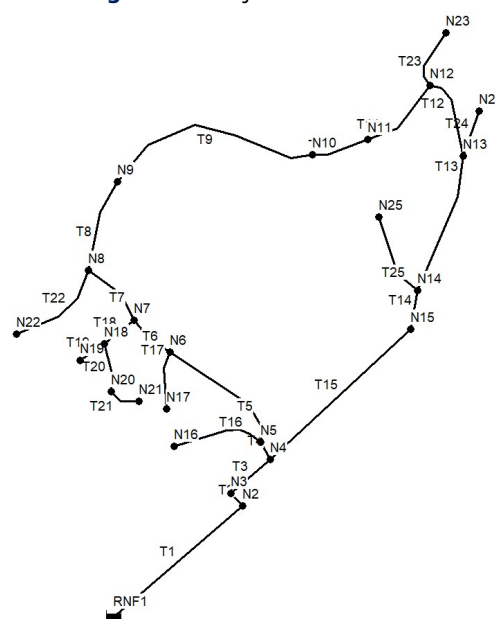
De acordo com a Compesa, um ponto da Avenida Senador Nilo de Souza Coelho, próximo ao ponto de interligação na adutora de 400 mm, considerada, apresenta uma pressão variável de 7 a 27 mca.

4 RESULTADOS

Foi empregada como ferramenta fundamental para o dimensionamento da rede de abastecimento de água do projeto, pois permite a avaliação das condições de operação da rede em diferentes cenários e a verificação se a rede atende aos requisitos dos parâmetros mencionados anteriormente.

Para as configurações iniciais da simulação, foram inseridos os nós e os trechos definidos anteriormente utilizando o QGIS, além da fonte de abastecimento de água sendo o reservatório de nível fixo, que representa o reservatório apoiado Jardim Brasil localizado a aproximadamente 1,1 km, que é o nó inicial da simulação no qual a adutora existente de 400mm representa a saída do RAP, com a cota de 45,50 m.

Figura 9 – Projeto no EPANET.



Fonte: Os autores.

As cotas altimétricas dos demais nós foram obtidas com o auxílio do QGIS, através das análises das camadas raster com os Modelos Digitais de Elevação (MDE) (elevações da terra com interferência) e Modelos Digitais do Terreno (MDT) (superfície da terra), disponibilizados pelo Estado de Pernambuco através do Programa Pernambuco Tridimensional (PE3D) [24].

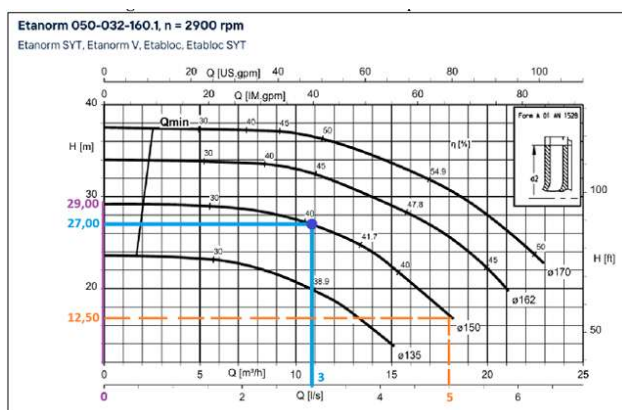
Ao longo das simulações hidráulicas, foram realizadas algumas modificações para obter uma melhor situação de implantação da rede no local da área de projeto, como alteração dos diâmetros das

tubulações, dos materiais das tubulações, das rugosidades das tubulações e a instalação de bombas (boosters), a fim de garantir os parâmetros mínimos do projeto.

A solução encontrada para o projeto foi da instalação de um booster, bomba horizontal afogada, já que a área do projeto tem uma grande variação das cotas, o que influencia diretamente a pressão disponível na rede, podendo resultar em pressões insuficientes para atender às demandas dos locais mais elevados.

Com o cálculo da vazão de projeto (3,05 l/s) e a manométrica obtida pelas simulações do EPANET de 27,50 m, foi analisado o catálogo de bombas disponíveis, onde o modelo escolhido foi a bomba Etanorm 050-032-160.1, com a rotação da bomba de 2900 rpm, fabricado pela KSB, representado pela curva da bomba na Figura 10.

Figura 10 – Projeto no EPANET.



Fonte: Os autores.

- O estudo serve como guia e incentivo para a elaboração de projetos de rede de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial**: República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, 16 jul. 2020.
- [2] UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2024**: Water for Prosperity and Peace. Paris, 2024. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf00000388948>. Acesso em: 25 jan. 2025.
- [3] BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/web/guest/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- [5] GOMES, H. P. **Abastecimento de Água**. 2. ed. João Pessoa: Ed. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - UFPB, 2021.

5 CONCLUSÕES

Diante dos objetivos propostos e dos resultados obtidos, têm-se as seguintes considerações finais:

- O estudo atingiu o objetivo de elaborar o projeto de rede de distribuição de água;
- O dimensionamento realizado conforme as normas da ABNT, da Compesa e da literatura atendeu aos parâmetros técnicos e de segurança exigidos;
- A rede de distribuição projetada possui 26 nós e 26 tubulações (com uma extensão aproximada de 2.630 metros).
- A pesquisa destaca a relevância do EPANET para a elaboração de projetos de sistemas de abastecimento, pois permite a avaliação das condições de operação da rede em diferentes cenários;