



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO AUMENTO POPULACIONAL DOS
BAIRROS DA PENHA E PONTA DO SEIXAS, JOÃO PESSOA - PB**

PEDRO RENATO LUCENA MARTINS

MATRÍCULA: 20180080533

João Pessoa – PB

Dezembro/2022

PEDRO RENATO LUCENA MARTINS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS NA REDE DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO AUMENTO POPULACIONAL DOS
BAIRROS DA PENHA E PONTA DO SEIXAS, JOÃO PESSOA - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus João Pessoa, em cumprimento às exigências do curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Ana Claudia F. M. Braga.

João Pessoa – PB

Dezembro/2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M386a Martins, Pedro Renato Lucena.

Avaliação dos impactos causados na rede de distribuição de água pelo aumento populacional dos bairros da Penha e Ponta do Seixas, João Pessoa-PB / Pedro Renato Lucena Martins. - João Pessoa, 2022.
71 f. : il.

Orientação: Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Rede de abastecimento de água. 2. EPANET/LENHSNET. 3. Impactos da verticalização e população flutuante. I. Braga, Ana Claudia Fernandes Medeiros. II. Título.

UFPB/CT

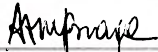
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

PEDRO RENATO LUCENA MARTINS

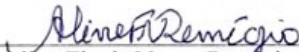
AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PELO AUMENTO POPULACIONAL DOS BAIRROS DA PENHA E PONTA DO SEIXAS, JOÃO PESSOA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 06/12/2022 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Profª. Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



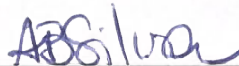
Profª. Aline Flavia Nunes Remigio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Prof. Gilson Barbosa Athayde Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter guiado meus passos até aqui.

A minha família, pelo apoio que sempre me deram durante a longa jornada do curso.

Em especial a minha mãe Silvania e ao meu pai Renato, que sem seus esforços e trabalho para sustentar a mim e aos meus irmãos, eu não teria chegado até aqui.

A meus irmãos Renato e Paulo que sempre foram meus parceiros e que me ajudaram bastante no decorrer do curso.

Aos profissionais da CAGEPA por terem me auxiliado no decorrer deste trabalho.

Aos amigos do curso por terem trilhado junto comigo esse caminho.

Aos meus amigos da vida, que sempre me ajudaram durante a minha graduação.

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFPB, pelos ensinamentos que foram passados durante o curso.

A minha orientadora, Ana Cláudia, pelas orientações dadas, sem as quais esse trabalho não teria êxito.

RESUMO

Neste trabalho fez-se uma análise dos impactos da verticalização e da população flutuante na rede de abastecimento de água do bairro da Penha e do bairro Ponta do Seixas, localizados no município de João Pessoa, capital da Paraíba. Percebe-se que com o aumento populacional, provocado por ambos fenômenos, ocorre aumento na demanda de água, o que impacta diretamente no dimensionamento do sistema. Para a simulação de tais impactos, fez-se necessário o uso do software EPANET/LEHNSNET. Inicialmente, foram coletados dados da rede que abastece ambos os bairros e suas características, como cota, diâmetro e comprimento dos trechos. A simulação do abastecimento de água no EPANET / LENHSNET foi elaborada em 4 cenários. O cenário 1 foi o dimensionamento da rede dos bairros considerando como população atendida a população residente de cada bairro e um acréscimo referente a população flutuante, em 2010. O cenário 2 se diferencia do 1 na medida que o 2 é para o fim de plano, considerando os mesmos grupos atendidos. O cenário 3 também é para o ano de 2042, porém, ao invés de se considerar 4 pessoas por domicílio irá se considerar 6 pessoas por domicílio. Para o cenário 4, foi considerada, além da população do cenário 3, a vazão de 2 possíveis edifícios que poderão surgir na região. Verificou-se que os principais impactos causados pela verticalização e pela população flutuante sobre a rede de abastecimento de água foram: o aumento na demanda de água solicitada pelos bairros; aumento dos diâmetros das tubulações e aumento no custo da implantação de novas tubulações.

Palavras chave: Rede de abastecimento de água; EPANET / LENHSNET; Impactos da verticalização e da população flutuante.

ABSTRACT

In this work, an analysis was made of the impacts of verticalization and the floating population in the water supply network of the neighborhoods of Penha and Ponta do Seixas, located in the municipality of João Pessoa, capital of Paraíba. It is noticed that with the increase in population, caused by both phenomena, there is an increase in the demand for water, which directly impacts the sizing of the system. For the simulation of such impacts, it was necessary to use the EPANET/LEHNSNET software. Initially, the network that supplies both neighborhoods and its characteristics, such as height, diameter and length of the stretches, were collected. The water supply simulation in EPANET / LENHSNET was elaborated in 4 scenarios. Scenario 1 was the dimensioning of the neighborhood network considering the resident population of each neighborhood as the population served and an increase referring to the floating population, in 2010. Scenario 2 differs from 1 in that 2 is for the end of the plan, considering the same target groups. Scenario 3 is also for the year 2042, however, instead of considering 4 people per household, 6 people per household will be considered. For scenario 4, in addition to the population of scenario 3, the flow of 2 possible buildings that could arise in the region was considered. It was verified that the main impacts caused by the verticalization and the floating population on the water supply network were: the increase in the demand for water requested by the neighborhoods; increase in pipe diameters and increase in the cost of installing new pipes.

Keywords: Water supply network; EPANET / LESHNET; Impacts of verticalization and floating population.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de rede de distribuição ramificada	15
Figura 2 - Esquema de rede de distribuição malhada.....	15
Figura 3 - Mapa do bairro da Penha e Ponta do Seixas.....	21
Figura 4 - Pressões e diâmetros encontrados no cenário 1.....	30
Figura 5 - Pressões e diâmetros encontrados para o cenário 2	33
Figura 6 - Pressões e diâmetros encontrados no cenário 3.....	36
Figura 7 - Pressões e diâmetros do cenário 4	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados populacionais do município de João Pessoa	22
Tabela 2 - Dados das tubulações	27
Tabela 3 - Dados do cenário 1.....	29
Tabela 4 - Resultados do cenário 1	31
Tabela 5 - Dados do cenário 5.....	32
Tabela 6 - Resultados do cenário 2	34
Tabela 7 - Dados do cenário 3.....	35
Tabela 8 - Resultados do cenário 8	37
Tabela 9 - Dados do cenário 4.....	38
Tabela 10 - Resultados do cenário 4	40
Tabela 11 - Dados dos nós do cenário 1.....	43
Tabela 12 - Dados dos trechos do cenário 1.....	47
Tabela 13 - Dados dos nós do cenário 2.....	51
Tabela 14 - Dados dos trechos do cenário 2.....	54
Tabela 15 - Dados dos nós do cenário 3.....	58
Tabela 16 - Dados dos trechos do cenário 3.....	61
Tabela 17 - Dados dos nós do cenário 4.....	66
Tabela 18 - Dados dos trechos do cenário 4.....	70

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo geral	13
1.2. Objetivos Específicos	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1. Abastecimento de água	14
2.1.1. Classificação das redes quanto ao diâmetro	14
2.1.2. Classificação das redes quanto ao traçado	15
2.1.3. Pressões máximas e mínimas	16
2.1.4. Velocidade máximas e mínimas	16
2.1.5. Diâmetros	17
2.2. Métodos de dimensionamento	17
2.2.1. Método do seccionamento fictício	17
2.2.2. Dimensionamento econômico – método LENHSNET	18
2.3. Urbanização e impactos nos sistemas de abastecimento de água	18
2.3.1. Verticalização	19
2.3.2. População flutuante	19
3. METODOLOGIA	20
3.1. Área de estudo	20
3.2. Descrição do sistema de abastecimento de água	21
3.3. Estudo populacional e população futura	22
3.3.1. População flutuante e verticalização	22
3.4. Cenários hidráulicos do sistema de distribuição de água	23
3.4.1. Considerações hidráulicas	23
3.4.1.1. Consumo	23
3.4.1.2. Variações diárias e horárias	23
3.4.1.3. Vazão	24
3.5. EPANET	24
3.5.1. Modelagem hidráulica da rede de abastecimento de água	25
3.6. Dados de entrada no EPANET	26
3.6.1. Consumo-base	26
3.6.2. Nível de água dos reservatórios	26
3.6.3. Dados das tubulações	26
4. RESULTADOS	27

4.1. Projeção populacional e população flutuante	28
4.2. Cenário 1	29
4.3. Cenário 2	31
4.3. Cenário 3	34
4.4. Cenário 4	37
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXO	43

1. INTRODUÇÃO

A maioria das cidades brasileiras estão em processo de crescimento, que se dá com o aumento da população, de forma permanente ou transitória, e gera impactos significativos, tanto em sua paisagem como em suas infraestruturas. Sendo assim, para suprir essa necessidade cada vez maior de moradias e a falta de espaço para um crescimento horizontal, verifica-se o surgimento de novos prédios e edifícios, processo esse que podemos chamar de verticalização.

Para Mendes (1992), “a verticalização é um processo intensivo de reprodução do solo urbano, oriundo de sua produção e apropriação de diferentes formas de capital, principalmente consubstanciado na forma de habitação, como é o caso do Brasil. Além da associação junta as inovações tecnológicas, que interferem no processo, alterando a paisagem urbana”.

Além disso, podemos citar Ramires (1998), que diz que “verticalizar significa criar solos, sobrepostos, lugares de vida dispostos em andares múltiplos, possibilitando, pois, o abrigo em um local determinado, de maiores contingentes populacionais do que seria possível admitir em habitações horizontais e, por conseguinte valorizar e revalorizar estas áreas urbanas pelo aumento potencial de aproveitamento”.

Por certo, o processo de verticalização causa impactos não somente na paisagem urbana, mas também em sua infraestrutura, a exemplo das redes de distribuição de água. Essas redes são projetadas para atender uma população determinada em projeto e com o aumento e a concentração populacional, provocado pela verticalização, acaba sendo necessária uma atualização da concepção.

O impacto causado pela verticalização pode ser acentuado ainda mais na existência de uma população flutuante. Segundo Godinho (2008), a população flutuante refere-se à população que se fixou em uma região por um determinado período de tempo. Esta população não é contabilizada no censo e muitas vezes vive em domicílios classificados como temporários e coletivos, por isso é difícil saber seus números. É o caso de pessoas que possuem casa de veraneio e a utilizam poucos dias no ano e que também devem ser contabilizadas para o dimensionamento da rede de abastecimento.

A população flutuante também pode consistir em uma ocupação maior dos domicílios na época das férias, ou seja, a densidade demográfica nesse período do ano é maior que nos demais meses. Isso acontece, por exemplo, em períodos de carnaval, onde grupos de pessoas alugam casas e o total de pessoas ocupando uma residência é bem maior que um período normal.

Logo, estimar os impactos da verticalização e da população flutuante é importante para um planejamento adequado da rede de distribuição, para que se evite falta de água no período de alta demanda. Desta forma, este trabalho pretende verificar esses impactos através de cenários que intercalam as demandas de água calculadas com base na população futura e na estimativa da população flutuante utilizando um software específico para dimensionamento hidráulico, o LEHNSNET 2.0.

1.1. Objetivo geral

Esse trabalho tem como objetivo geral a análise dos impactos causados pelo processo de verticalização e por populações flutuantes na rede de distribuição de água do bairro da Penha e do Bairro Ponta do Seixas, em João Pessoa, na Paraíba.

1.2. Objetivos Específicos

O presente trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o aumento da demanda de água relacionada ao processo de verticalização;
- Avaliar o aumento da demanda de água relacionada ao processo causado por populações flutuantes;
- Avaliar o impacto na rede atual para os cenários gerados utilizando o software EPANET/LENHSNET.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Abastecimento de água

A implantação de um sistema de abastecimento de água traz inúmeros benefícios para a população, como benefícios à saúde e ao desenvolvimento social e econômico. Logo, um sistema de abastecimento de água tem sua importância tanto na ótica sanitária quanto na ótica econômica.

No que tange a legislação e aos planos que tratam sobre provimento de água, vale destacar o PLANSAB, que, segundo o Ministério de Desenvolvimento Regional (2020), trata do planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e possui o horizonte de 20 anos. Além disso, recentemente, houve uma atualização no marco legal do saneamento básico, que busca, dentre muitas propostas, universalizar o acesso à água no Brasil, principalmente facilitando a entrada da iniciativa privada no setor.

No mais, a água é distribuída, em grande parte, por sistemas de abastecimento, que são compostos por redes, reservatórios e outros elementos que variam de acordo com a rede. Para tal, é necessário que haja um dimensionamento, que levará em conta diversas variáveis, dentre elas: a hora de maior consumo, o dia de maior consumo, a população, a topografia da região, entre outras. Sendo assim, quando se há uma alteração em alguma dessas variáveis, provavelmente, ocorrerá problemas nos elementos desse sistema.

Ademais, segundo a NBR 12.218 da ABNT (1994), rede de distribuição é a parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e órgãos acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressões recomendadas.

2.1.1. Classificação das redes quanto ao diâmetro

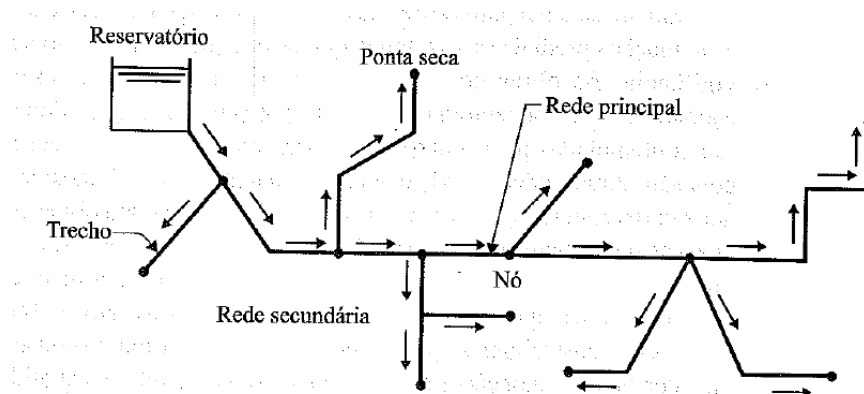
As redes de distribuição de água são, normalmente, constituídas de dois tipos de tubulações, as principais, que são tubulações que possuem um diâmetro maior e podem ser chamadas de tronco, e as secundárias, que tratam das tubulações de menor diâmetro e atendem diretamente os pontos de consumo.

2.1.2. Classificação das redes quanto ao traçado

As tubulações, além de serem classificadas quanto ao diâmetro, podem ser classificadas de acordo com o traçado, quando elas variam de acordo com o arranjo e o escoamento nas tubulações. Para tal, se aplicam duas classificações: malhada e ramificada.

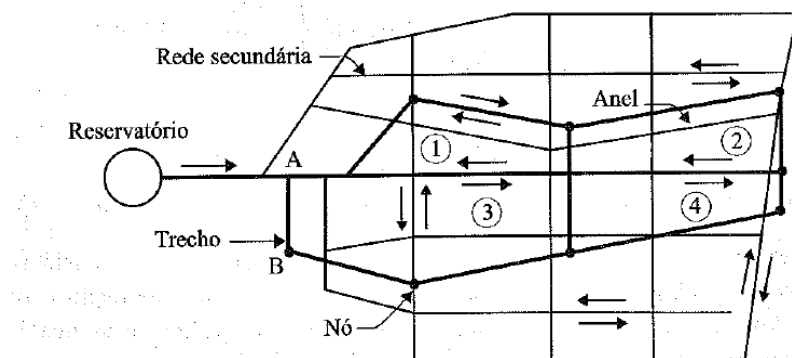
Sendo assim, as redes ditas ramificadas são aquelas onde a água escoa da tubulação tronco para as tubulações secundárias, sempre em sentido único e conhecido (Figura 1). Ademais, as redes de distribuição malhadas são aquelas onde a rede pode abastecer qualquer ponto, logo, elas não possuem um escoamento em um único sentido, ou seja, o escoamento é variável (Figura 2). Além disso, os trechos deste tipo estão dispostos em anéis ou malhas, que dão origem ao seu nome.

Figura 1 - Esquema de rede de distribuição ramificada



Fonte: Tsutiya, 2006.

Figura 2 - Esquema de rede de distribuição malhada



Fonte: Tsutiya, 2006.

De acordo a NBR 12.218 da ABNT (1994), em seu item 5.6, as orientações para o traçado dos condutos principais e secundários são:

- Os condutos principais devem ser localizados em vias públicas, formando, preferencialmente, circuitos fechados.
- Os condutos secundários devem formar rede malhada, podendo ou não ser interligados nos pontos de cruzamento.
- Ao longo de condutos principais, com diâmetro superior a 300 mm, devem ser previstos condutos secundários de distribuição.
- A rede deve ser dupla nos seguintes casos:

a) em ruas principais de tráfego intenso;

b) quando estudo demonstrar que a rede dupla seja mais econômica.

2.1.3. Pressões máximas e mínimas

Dentro das redes de abastecimento de água, um dos principais critérios hidráulicos são as pressões, visto que, se não forem bem controladas podem ocasionar em prejuízos na distribuição. Logo, as pressões devem ser de valores definidos por norma a fim de se evitar vazamentos e assegurar água nos horários mais críticos. Entretanto, valores fora do que preconiza a norma podem ser aceitos desde que se apresente uma justificativa plausível para adoção de tal pressão.

Sendo assim, a NBR 12.218 da ABNT (1994), diz que a pressão estática máxima em tubulações que se destinam a distribuição deve ser de 500 kPa (ou 50 mca) e a pressão estática mínima de 100 kPa (ou 10 mca).

2.1.4. Velocidade máximas e mínimas

Ainda segundo a NBR 12.218 da ABNT (1994), as velocidades máximas e mínimas devem ser de 3,5 m/s e 0,6 m/s, respectivamente. No mais, vale salientar que esses limites estão relacionados às demandas máximas no início e ao término da etapa de execução da rede.

O limite da velocidade mínima busca não prejudicar a qualidade com que a água chega a cada consumidor, sendo assim, ela se faz necessária para que a água permaneça em circulação na rede. Além disso, o limite de velocidade máxima é recomendado para que a perda de carga

no transporte seja a menor, haja um menor risco de que as tubulações sejam danificadas, diminuição dos problemas com: transientes hidráulicos, desgaste dos tubos, vibrações na rede, apoios dos tubos, entre outros (GOMES, 2009).

2.1.5. Diâmetros

Por fim, um critério hidráulico de suma importância é o diâmetro das tubulações. Dessa forma, vale destacar o que diz Gomes (2009), “recomenda-se usar um diâmetro mínimo para as tubulações a fim de evitar perdas de cargas e vazões disponíveis aos usuários”. Visto que, quanto maior for o diâmetro da tubulação em relação ao mínimo exigido, menos perda de carga teremos, fato que pode ocasionar em problemas na distribuição de água.

Dessa maneira, a NBR 12.218 da ABNT (1994), recomenda para as tubulações secundárias um diâmetro mínimo de 50 mm e para as tubulações principais que possuam um diâmetro superior a 300 mm, será necessário que haja condutos secundários de distribuição.

2.2. Métodos de dimensionamento

Os métodos de dimensionamento tradicionais se baseiam no balanço hídrico da rede, obedecendo as condições determinadas pelas equações da conservação de massa nos nós e conservação de energia nos anéis. Seus critérios são fundamentais para o desenvolvimento de melhores métodos de dimensionamento dos sistemas de distribuição de água, porém não buscam a mitigação dos custos globais (FURUSAWA, 2011).

Além dos métodos ditos tradicionais podemos citar alguns outros métodos, sendo eles: o método Hardy-Cross e o dimensionamento utilizando o software UFC. Porém, este trabalho irá se basear em dois métodos principais: o seccionamento fictício e o método utilizando o software EPANET/LEHNSNET.

2.2.1. Método do seccionamento fictício

O método do seccionamento fictício nada mais é do que supor situações em uma determinada rede de distribuição de água. Nesse método, os trechos da rede serão seccionados com o objetivo que se tenha uma situação fictícia para sua aplicação. Sendo assim, através desse método é possível dimensionar redes malhadas, transformando-as para redes ramificadas fictícias, verificando-se as hipóteses dos seccionamentos adotados, confrontando os valores

calculados com condições relacionadas às pressões resultantes nos pontos de seccionamento pelos trajetos possíveis da água da rede ramificada fictícia que devem ter valores aproximados.

Filho (2008) afirma que este método é mais indicado quando se está trabalhando com cidades de um porte não tão elevado. Ademais, o método em questão busca transformar redes que estão em malha para redes ramificadas, para isso, faz-se seccionamento, apenas para cálculo, em pontos que são ditos estratégicos.

2.2.2. Dimensionamento econômico – método LENHSNET

O método Lenhsnet se trata de um método iterativo de dimensionamento que irá nos fornecer os diâmetros, de todos os trechos da rede, as vazões nos trechos e as pressões nos nós.

O processo se inicia de uma solução pré-determinada, geralmente com perdas de cargas excessivas nos trechos e pressões insuficientes nos nós, que contém os diâmetros mínimos admitidos para a tal rede de abastecimento. Em seguida, com base nessa solução, são testados novos diâmetros que serão maiores do que os anteriores e irão gerar o menor acréscimo possível. Por fim, quando o sistema atende todos os critérios hidráulicos, o dimensionamento chega ao fim.

No mais, para a realização desse dimensionamento será necessário a utilização de um software simulador hidráulico, que será o LENHSNET (software desenvolvido pela Universidade Federal da Paraíba com a interface do EPANET 2.0). Sendo assim, a cada iteração, o Lenhsnet irá nos fornecer o equilíbrio hidráulico do sistema e todas as suas variáveis.

2.3. Urbanização e impactos nos sistemas de abastecimento de água

O processo de saída do homem do campo e a crescente ocupação do mesmo nas cidades brasileiras provocou o processo que hoje conhecemos como urbanização. Por certo, esse processo provocou um aumento populacional nos centros urbanos, o que acabou gerando as grandes cidades e com elas os problemas associados a esse crescimento rápido, que geralmente ocorre de maneira desordenada e com ocupação de espaços que não eram destinados à habitação.

Ademais, no Brasil, a urbanização teve início por volta da década de 50, onde até essa data boa parte da população residia no campo. A partir da década de 1960, o cenário brasileiro

começou a mudar e cerca de 55% passou a residir nas cidades, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE).

Outrossim, o crescimento se dá de duas maneiras, de forma horizontal ou vertical, que chamamos de verticalização. Dentro desse quadro, a verticalização é um fenômeno que pode ser visto em diferentes partes do globo e que está intimamente relacionado à urbanização, ou seja, o aumento populacional das grandes cidades, em detrimento da vida no interior. De acordo com o último Censo do IBGE, realizado em 2010, o número de apartamentos no Brasil cresceu 43% entre 2000 e 2010, passando de 4,3 milhões para 6,1 milhões. Além disso, outro fenômeno que agrava o da urbanização é o da população flutuante que provoca um aumento repentino na população de certa localidade. Porém, o mesmo se caracteriza por ser transitório.

Por fim, é importante destacar que o acentuado processo de verticalização causa impactos significativos nas redes de abastecimento de água na medida que aumenta a demanda pela mesma. Percebe-se que com o aumento populacional, tubulações de maiores diâmetros são necessárias para que o sistema suporte adequadamente esse acréscimo.

2.3.1. Verticalização

Com o advento do século XXI e a crescente dinâmica demográfica em determinadas cidades brasileiras, faz-se necessário o surgimento de novos espaços urbanizados e infraestruturas físicas. Dessa maneira, essa dinâmica espacial pode ser visualizada pela expansão das cidades ou pelo adensamento de áreas já concentradas. Por isso, cada vez mais cidades brasileiras tem experimentado o fenômeno da verticalização que é impulsionado pelos avanços tecnológicos do setor da construção civil.

No mais, o processo da verticalização surge com o objetivo de suprir a demanda habitacional, que é potencializado por diversos fatores externos, como: econômicos, sociais e políticos. Além disso, é importante ressaltar que ele traz um símbolo de modernidade ou progresso as cidades e muda o modo de vida da população (ZACCHI, 2009).

2.3.2. População flutuante

Pode-se classificar a população em vários tipos: população de direito, população de fato, população flutuante, população transitória, entre outras. Como exemplo, basta que se observe

uma rua comercial de uma grande cidade, todas as pessoas que transitam ao longo do dia por estas ruas são exemplos demonstrados dos tipos de população que povoam um lugar qualquer.

Segundo Godinho (2008), o estudo sobre população em condições estatísticas se faz por meio de fontes em quase sua maioria, de forma indireta, ou seja, recontos de densidade demográfica, censos, projeções de dados que são confiáveis, como na maioria dos casos de contagem de população. Se usam alguns padrões pré-definidos para que se possa alcançar um número fiável e que possa ser aceito como correto.

Logo, a população flutuante é aquela que varia em épocas específicas, por exemplo, durante o período de férias. Dentro desse contexto, a mesma deve ser prevista quando se vai projetar uma rede de abastecimento de água. Para tal, diferentes métodos foram desenvolvidos com o objetivo de determinar o volume de população flutuante, como por exemplo o que utiliza o consumo de energia elétrica. Dessa maneira, a utilização de projeções da quantidade de domicílios segundo tipo de ocupação, a utilização de movimento de veículos nas estradas, o consumo mensal de água e energia elétrica, a ocupação hoteleira (taxa de ocupação e unidades habitacionais), são alguns dados utilizados pelas metodologias para estimar a população flutuante.

2.4. Análise de cenários

A análise de cenários é um conceito que tem origem na teoria militar, porém, passou a ser altamente utilizado na ótica da gestão empresarial, visto que, consegue-se avaliar como tal quadro irá variar de acordo com diferentes fatores. Sendo assim, traçando um paralelo com as redes de abastecimento de água, a análise de cenários faz com que se possa avaliar o comportamento das redes com o passar dos anos e com alterações nas demandas.

Sendo assim, a análise de cenários se faz de suma importância pois permite que se tome decisões no presente simulando diversas alterações no tempo, o que ajuda que os possíveis problemas futuros sejam mitigados e as decisões melhores tomadas.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A área de estudo será o bairro da Penha e o bairro Ponta do Seixas, localizados na zona sul e no litoral da cidade de João Pessoa. Segundo dados do censo do IBGE, realizado no ano

de 2010, o bairro da Penha possuía uma população de 772 habitantes, distribuídos em uma área de 38,84 hectares, e o bairro Ponta do Seixas possuía uma população de 474 habitantes, em uma área de 58,70 hectares.

O bairro da Penha e o bairro Ponta do Seixas possuem um caráter residencial, em grande parte composto por casas horizontais (Figura 3). Além disso, é importante destacar que a maioria dessas casas se localizam próximas a igreja da Penha, importante atrativo da região, e próximas ao mar, pois a população é composta em grande número por pescadores, que deram origem aos bairros.

Figura 3 - Mapa do bairro da Penha e Ponta do Seixas



Fonte: Google Earth, acessado em 02/09/2022 e editado pelo autor.

3.2. Descrição do sistema de abastecimento de água

As informações descritas neste tópico foram retiradas de arquivos internos da Companhia de Águas e Esgoto da Paraíba e em conversas informais com funcionários da mesma empresa.

O sistema de abastecimento de água da cidade de João Pessoa e seus municípios limítrofes (Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita) é operado pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, ligada ao Governo do Estado. Os sistemas adutores de água tratada, que abastecem João Pessoa são os Sistemas de Tratamento, Reservação e Distribuição de Gramame, de Marés e os dos poços, distribuídos ao longo do perímetro urbano das cidades de João Pessoa e Cabedelo.

A água que abastece a rede do bairro da Penha e do bairro Ponta do Seixas vem do R-28, que está a uma cota de terreno de 19,1 metros, localizado no próprio bairro da Penha. Além disso, vale salientar que a rede atual é composta por uma saída do reservatório no diâmetro nominal de 150 mm e ainda possui trechos com diâmetros de 75 e 50 milímetros.

3.3. Estudo populacional e população futura

Como este projeto se refere apenas ao bairro da Penha e ao bairro Ponta do Seixas, e não foram encontradas informações referentes apenas aos mesmos, optou-se por estimar o crescimento destes bairros com base no crescimento esperado para o município de João Pessoa.

A priori, foram levantados os últimos 5 censos, realizados pelo IBGE, do município de João Pessoa. As informações sobre os censos estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados populacionais do município de João Pessoa

Ano	População
1970	221546
1980	329945
1991	497600
2000	597934
2010	723515

Fonte: Autoria própria com dados do IBGE, 2022.

Em seguida, para se determinar a população futura da área de estudo foi usado o método dos mínimos quadrados que nos permite simular o crescimento populacional utilizando diferentes funções matemáticas. Porém, escolhe-se aquela que apresenta o R^2 mais perto de 1, visto que, quando isso ocorre significa dizer que a curva se ajusta melhor aos dados inseridos.

3.3.1. População flutuante e verticalização

Para este trabalho, foi estipulado, de duas maneiras, quanto seria a população flutuante e o acréscimo populacional que seria causado por novos prédios na região.

Para a estimativa da população flutuante foi usado os dados do município de João Pessoa, pois, não se encontrou dados apenas dos bairros estudados. Logo, com base nos dados do censo demográfico do IBGE, realizado em 2010, que traz o número de imóveis de uso ocasional no estado da Paraíba, estipulou-se de quanto seria esse dado apenas para as áreas de estudo. Dessa

forma, descobriu-se quanto seria o número de domicílios de uso ocasional dos bairros. E, aplicando uma variação no número de pessoas que utilizam esses imóveis, conseguiu-se traçar dois cenários.

Para a verticalização, foi usado o anúncio realizado por uma empresa que promete construir um empreendimento de grande porte na região. Porém, como esse imóvel pode não ser único, verificou-se onde mais, na área de estudo, caberia outro grande empreendimento de mesmo padrão. Então, colocou-se a demanda desses novos empreendimentos em determinados pontos mais convenientes.

3.4. Cenários hidráulicos do sistema de distribuição de água

Neste trabalho se optou pela realização de 4 cenários com diferenças entre eles e que serão mostradas mais à frente.

3.4.1. Considerações hidráulicas

Dentre as inúmeras considerações hidráulicas que precisaram ser feitas, algumas são comuns a todos os cenários. Sendo elas: cálculo da vazão e do consumo, coeficiente do dia de maior consumo, coeficiente da hora de maior consumo e a projeção populacional.

3.4.1.1. Consumo

O consumo de água tende a variar em função do tempo, do clima, dos hábitos da comunidade que se está estudando, do nível de vida da população, do tamanho da cidade e das próprias características do sistema de abastecimento de água. Ou seja, as variações podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas do consumo de água. Porém, dentre esse grupo de variações, as mais importantes são as diárias e horárias (TSUTIYA, 2006).

Sendo assim, tomando como base um valor padrão e usual em projetos de abastecimento de água, e levando em consideração as condições dos bairros, foi considerado um consumo per capita de 250 litros por habitante por dia, em todos os cenários deste projeto.

3.4.1.2. Variações diárias e horárias

As variações diárias dizem sobre a relação do dia de maior consumo em um ano e o consumo médio diário que ocorreu neste mesmo período. Ademais, as variações horárias são a relação entre a hora de maior consumo em um dia e o consumo médio horário neste mesmo

período. Sendo assim, neste projeto foram utilizados valores usuais para esta finalidade. Logo, K1 foi 1,2 e o K2 foi 1,5.

3.4.1.3. Vazão

Segundo a NBR 12.218 da ABNT (1994), para o melhor estabelecimento das vazões de distribuição algumas vazões precisam ser consideradas. São elas:

- Vazões para atender a áreas específicas;
- Vazões para áreas de expansão;
- Vazões para os consumidores singulares, que são acrescidas individualmente nos nós.

Neste projeto, a vazão de distribuição foi calculada pela Equação 1.

$$Q = \frac{K_1 * K_2 * P * q}{86400} \quad (Eq. 1)$$

Onde:

Q = Vazão (L/s);

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo;

K2 = Coeficiente da hora de maior consumo;

P = População final para área a ser abastecida (Hab.);

q = Consumo per capita final de água (L/hab.dia).

3.5. EPANET

O EPANET é um software que foi concebido pela U. S. Environmental Protection Agency (USEPA) no ano de 1993 e possui um código fonte aberto, o que possibilita alterações de acordo com a necessidade de quem está utilizando. O programa é usado para a execução de simulações hidráulicas de uma rede de água sobre pressão.

Ademais, as simulações podem ser estáticas ou dinâmicas. Nas simulações estáticas, através de uma determinada condição de operação, se pode determinar as vazões nos trechos, as pressões nos nós, os níveis de água e a energia requerida do bombeamento. Nas simulações dinâmicas as grandezas hidráulicas variam em função do tempo, como por exemplo: situações onde ocorre alteração no consumo de água.

O EPANET fornece a vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o andamento da simulação. Os resultados podem ser obtidos em diferentes formatos, como por exemplo: mapas do sistema (com variações nas cores), tabelas de dados e gráficos (séries de tempo e isolinhas).

O software possui como principais aplicações ser uma ferramenta que é utilizada na análise de sistemas de distribuição de água, sistemas de irrigação e de combate a incêndios. Além disso, é útil quando se pretende conhecer melhor as variáveis hidráulicas (vazão e pressão) em sistemas de abastecimento. No mais, é utilizada para trazer um diagnóstico do transporte dos elementos constituintes da água de consumo humano, estabelecer cenários, calibrar modelos hidráulicos, avaliar o consumo, dentre outros usos. (GOMES, 2009).

Por fim, vale destacar que a versão em português do programa foi traduzida e adaptada pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB e pode ser usada nos sistemas operacionais Microsoft® Windows 98 e em suas versões mais recentes.

3.5.1. Modelagem hidráulica da rede de abastecimento de água

O traçado da rede e suas informações mais pertinentes, como o comprimento dos trechos e as cotas dos nós, foram retirados do arquivo da CAGEPA, que está localizado na Gerência Executiva de Planejamento e Projetos – GEPP.

Para a modelagem da rede do bairro da Penha e do bairro Ponta do Seixas no EPANET, o arquivo DWG foi transformado em um arquivo DXF. Após essa etapa o mesmo é convertido em um arquivo que pode ser lido pelo software através de uma ferramenta desenvolvida pelo LEHNSNET, a DXF2EPA.

3.6. Dados de entrada no EPANET

Para iniciarmos a montagem dos cenários, alguns dados precisaram ser colocados no EPANET. Como já foi exposto anteriormente, os comprimentos dos trechos e as cotas em cada nó já vem com a conversão do arquivo DWG em NET. Porém, são necessárias outras informações. São elas: consumo-base, nível da água no reservatório de nível fixo e dados das tubulações.

3.6.1. Consumo-base

Para a determinação do consumo-base nos nós da rede foram considerados 63 nós com consumo. Dessa forma, a vazão de consumo da rede foi dividida de forma igualitária entre estes nós. Ademais, foi preciso considerar algumas vazões singulares. São elas: a vazão de uma vila de pescadores que fica próxima ao bairro da penha e a vazão de um condomínio de casas horizontais, ambas também são abastecidas pelo R-28. Além disso, será explicado nos cenários as demais vazões singulares que precisaram ser consideradas.

3.6.2. Nível de água dos reservatórios

O nível de água no RNF (Reservatório de Nível Fixo) irá se alterar de acordo com o cenário, pois, com o aumento populacional que será considerado em cada cenário o nível de água de 45 metros que foi utilizado no cenário 1, irá causar pressões abaixo da pressão mínima nos demais cenários. Logo, o nível do reservatório de cada cenário será exposto mais à frente.

3.6.3. Dados das tubulações

Os dados das tubulações foram todos retirados do SINAPI e são padrão de projeto desse tipo. São eles os que estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados das tubulações

Diâmetro	Rugosidade	Tipo	Custo (\$/m)
54.6	145	PVC/PBA	20.34
77.2	145	PVC/PBA	42.24
100	145	PVC/PBA	68.66
108.4	130	DEFOFO	57.29
156.4	130	DEFOFO	154.16
204.2	130	DEFOFO	261.27
252	130	DEFOFO	397.74
299.8	130	DEFOFO	564.79

Fonte: Autoria própria com dados do SINAPI, 2022.

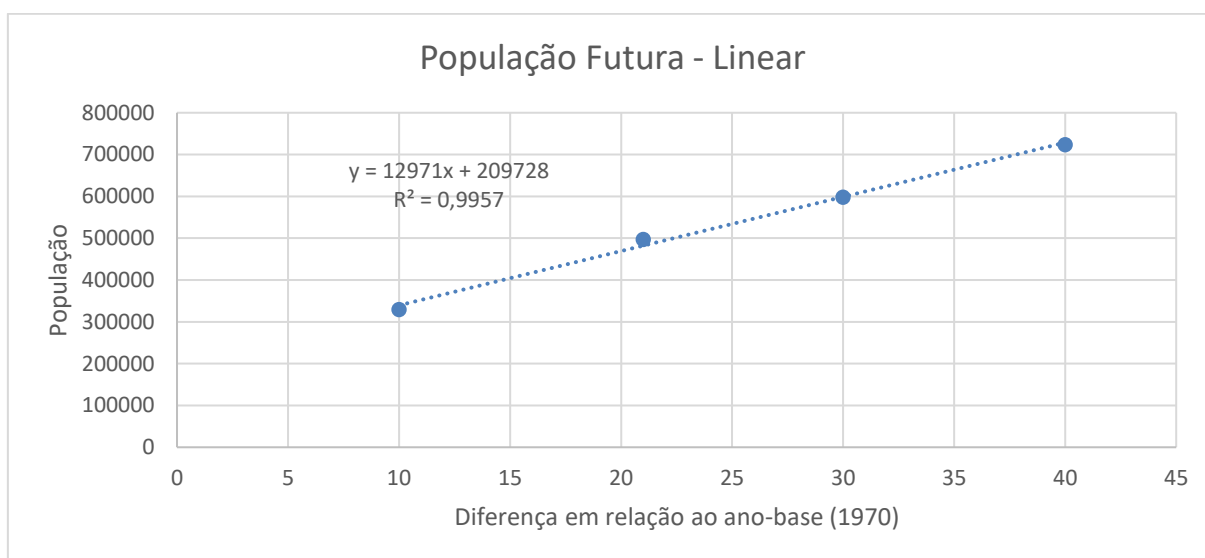
4. RESULTADOS

Com os dados de entrada do EPANET mencionados nos itens anteriores como: comprimento, custo, material e diâmetro interno da tubulação, consumo-base, cota de cada nó e o nível de água, fez-se o dimensionamento das tubulações e a simulação hidráulica de cada cenário. Dessa maneira, os resultados encontrados para a projeção populacional e para cada cenário estarão descritos neste item.

4.1. Projeção populacional e população flutuante

Como já foi explanado neste trabalho, o método utilizado na determinação da população futura foi o método dos mínimos quadrados. Sendo assim, verificou-se que a função linear era a que mais se adequava aos dados utilizados. Dessa forma, foi possível gerar o Gráfico 1, onde se pode visualizar que o mesmo apresenta um R^2 , valor que mede quanto uma equação se aproxima da realidade, próximo a 1, logo, a função linear se adequa bem aos dados utilizados e pode ser utilizada para estimar a população futura.

Gráfico 1 - População futura do município de João Pessoa



Fonte: Autoria própria, 2022.

A seguir, foi possível determinar a população do município de João Pessoa no ano de 2042, visto que foi considerado um horizonte de projeto de 20 anos com início no corrente ano de 2022. Com os dados em mãos, verificou-se que a cidade de João Pessoa apresentou um crescimento populacional de aproximadamente 58% em relação a 2010.

Ademais, para a determinação da população flutuante, verificou-se que o estado da Paraíba apresenta 1.304.397 domicílios, sendo 71.409 de uso ocasional, informações que são do censo demográfico do IBGE, realizado em 2010. Sendo assim, 5,5% dos imóveis da Paraíba são para tal finalidade. Aplicando essa taxa a população conjunta dos bairros que compõem a área de estudo deste projeto, verifica-se que uma estimativa para população flutuante seria de 68 pessoas.

4.2. Cenário 1

O cenário 1 considera o novo dimensionamento da rede do bairro da Penha e do bairro Ponta do Seixas levando em conta a população, de ambos os bairros, para o ano de 2010 e um pequeno acréscimo populacional de 68 habitantes, que podem ser caracterizados dentro da população flutuante. Sendo assim, a Tabela 3 traz os dados utilizados no cenário 1.

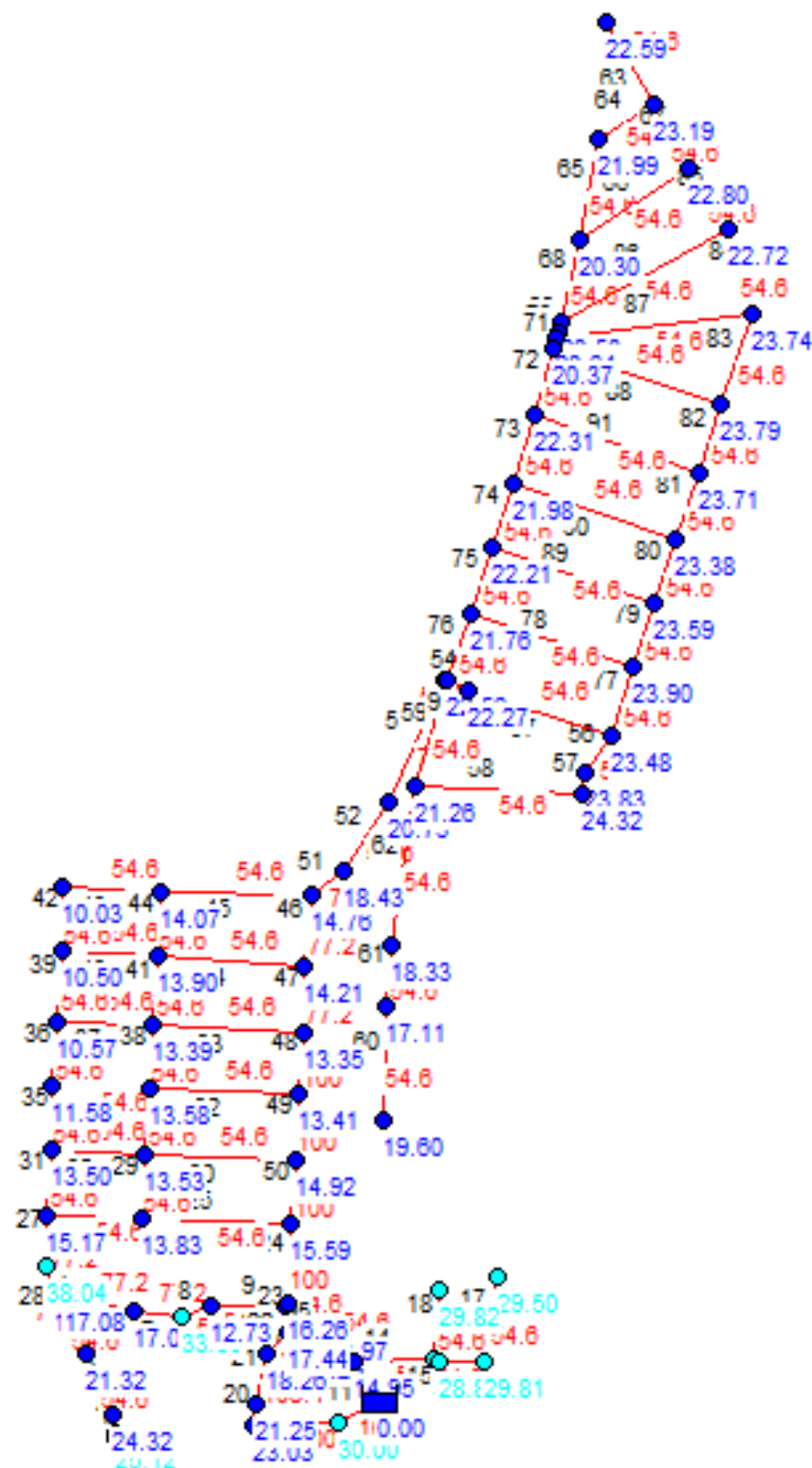
O traçado da rede com as pressões e os diâmetros é apresentado na figura 4. O nível de água para este cenário foi de 45 metros. As pressões variam de 10,03 a 38,04 mca e as velocidades calculadas estão entre 0,01 e 1,85 metros por segundo. O resultado de cada nó e trecho podem ser visualizados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente. Ademais, a Tabela 4 traz os dados da modelagem hidráulica do cenário 1. Por fim, de acordo com os resultados encontrados, pode-se perceber que a rede do cenário 1 não apresenta nenhum problema hidráulico, visto que a menor pressão foi de 10,03, logo, implica dizer que a água alcançará todos os nós com pressão adequada.

Tabela 3 - Dados do cenário 1

População atendida	1314 habitantes
Vazão (l/s)	6,84
Número de nós	63
Consumo-base (l/s)	0,11 por nó

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4 - Pressões e diâmetros encontrados no cenário 1



Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 4 - Resultados do cenário 1

Pressão máxima (mca)	38,04
Pressão mínima (mca)	10,03
Velocidade máxima (m/s)	1,85
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	208.541,97

Fonte: Autoria própria com dados do EPANET, 2022.

4.3. Cenário 2

A rede do cenário 2 traz o novo dimensionamento da rede do bairro da Penha e do bairro Ponta do Seixas. Porém, diferentemente do cenário 1, a população do cenário 2 será a população do cenário 1 multiplicada por 1,58, que nada mais é do que o aumento populacional esperado para o município de João Pessoa no período deste projeto. Sendo assim, os dados do cenário 2 estão na Tabela 5.

O cenário 2, como definiu-se na metodologia, é o esperado para o ano de 2042. O nível mínimo de água do reservatório foi definido como 50 metros. As pressões e os diâmetros encontrados para o cenário 2 estão na Figura 5. As pressões variam de 10,02 a 37,88 mca e as velocidades calculadas variam de 0,01 a 2,57 metros por segundo. Ademais, na Tabela 6 se pode visualizar os resultados encontrados para a modelagem hidráulica do cenário 2. Nas Tabelas 13 e 14 é possível ver os resultados de cada nó e de cada trecho, respectivamente. Por fim, vale destacar que o cenário 2 também não apresenta problemas hidráulicos, na medida que os valores máximos e mínimos foram atingidos.

Ademais, comparando o dimensionamento realizado para o cenário 1 e o atingido para o cenário 2, percebe-se que há alteração no dimensionamento econômico de alguns diâmetros.

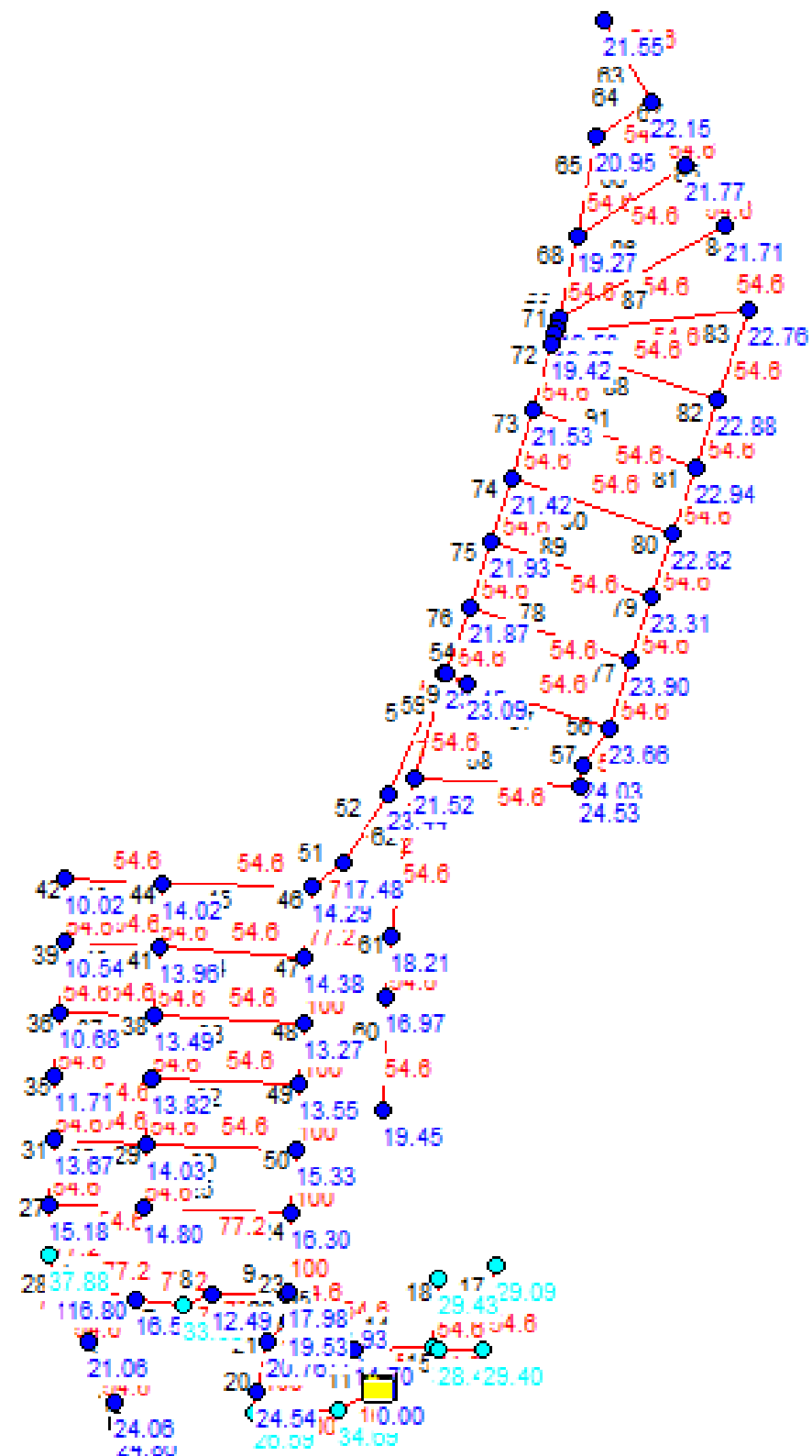
Sendo eles: os trechos 8, 9, 25 e 52 passam de diâmetro 54.6 (Cenário 1) para 77.2 (Cenário 2). Além disso, o trecho 21, que no cenário 1 era de 108.4, passa para 100.

Tabela 5 - Dados do cenário 5

População atendida	2076 habitantes
Vazão (l/s)	10,81
Número de nós	63
Consumo-base (l/s)	0,17 por nó

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 5 - Pressões e diâmetros encontrados para o cenário 2



Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 6 - Resultados do cenário 2

Pressão máxima (mca)	37,88
Pressão mínima (mca)	10,02
Velocidade máxima (m/s)	2,57
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	218.679,28

Fonte: Autoria própria com dados do EPANET, 2022.

4.3. Cenário 3

O cenário 3 considera o dimensionamento realizado para o ano de 2042. Ademais, a população atendida neste cenário foi definida como sendo a população dos bairros no ano de 2010 do cenário 1 dividida por 4 pessoas, quantidade de pessoas em cada casa no bairro, multiplicado 6, nova quantidade de pessoas em cada casa no bairro, vezes 1,58, que é o aumento populacional previsto, como já foi descrito. Sendo assim, os dados de entrada do cenário 3 estão descritos na Tabela 7.

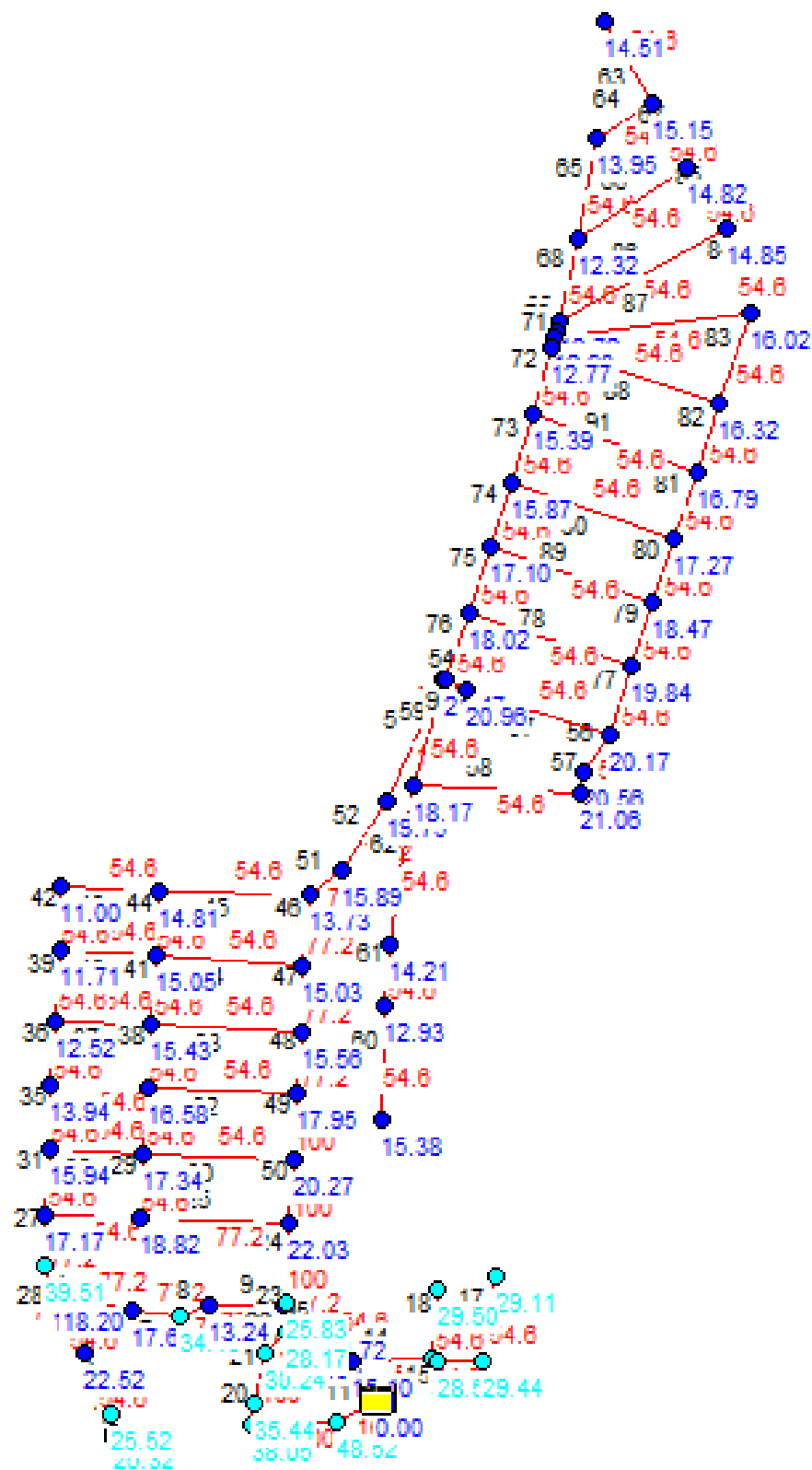
O traçado da rede com as pressões e os diâmetros é apresentado na Figura 6. O nível de água para este cenário foi de 65 metros. As pressões variam de 11 a 39,51 mca e as velocidades calculadas estão entre 0,01 e 2,38 metros por segundo. O resultado de cada nó e trecho podem ser visualizados nas Tabelas 15 e 16, respectivamente. Ademais, a tabela 8 traz os dados da modelagem hidráulica do cenário 3. Por fim, de acordo com os resultados encontrados, pode-se perceber que a rede do cenário 3 não apresenta nenhum problema hidráulico, visto que a menor pressão foi de 11 mca, logo, implica dizer que a água alcançará todos os nós com pressão adequada.

Tabela 7 - Dados do cenário 3

População atendida	3114 habitantes
Vazão (l/s)	16,22
Número de nós	63
Consumo-base (l/s)	0,26 por nó

Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 6 - Pressões e diâmetros encontrados no cenário 3



Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 8 - Resultados do cenário 3

Pressão máxima (mca)	39,51
Pressão mínima (mca)	11,00
Velocidade máxima (m/s)	2,38
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	220.501,14

Fonte: Autoria própria com dados do EPANET, 2022.

4.4. Cenário 4

O cenário 4 é semelhante ao cenário 3, porém, há o acréscimo de duas vazões pontuais nos nós 74 e 61. Esse aumento de consumo nestes pontos específicos se dá por dois empreendimentos possíveis na região, sendo um deles já divulgado pela construtora responsável. Ademais, o outro possível edifício foi simulado olhando o mapeamento do bairro e considerado que teria o mesmo padrão do primeiro.

A construtora divulga que o seu nome empreendimento terá 128 apartamentos. Objetivando-se estimar a população desse prédio, supõe-se que o mesmo terá uma taxa de ocupação de 5 pessoas por apartamento. Além disso, por se tratar de um empreendimento de padrão médio para alto, foi considerado que o consumo seria de 250 litros por habitante por dia. Dessa forma, utilizando-se a equação 1, já descrita na metodologia, estima-se que a vazão demandada por cada empreendimento desse será de 3,33 litros por segundo. Desse modo, os dados utilizados no cenário 4 estão na Tabela 9.

O traçado da rede com as pressões e os diâmetros é apresentado na Figura 7. O nível de água para este cenário foi de 80 metros. As pressões variam de 10,27 a 39,47 mca e as velocidades calculadas estão entre 0,01 e 3,23 metros por segundo. O resultado de cada nó e

trecho podem ser visualizados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente. Ademais, a Tabela 10 traz os dados da modelagem hidráulica do cenário 4. Por fim, de acordo com os resultados encontrados, pode-se perceber que a rede do cenário 4 não apresenta nenhum problema hidráulico, visto que a menor pressão foi de 10,27 mca, logo, implica dizer que a água alcançará todos os nós com pressão adequada.

Ademais, fazendo um comparativo entre os cenários 3 e 4 se consegue perceber que o acréscimo das demandas destes novos empreendimentos trouxe alteração nos diâmetros de alguns trechos. São eles: os trechos 47, 48, 51, 52 e 54 passaram de 77.2 para 100, os trechos 59, 62, 74, 75 76 passaram dos diâmetros 54.6 para 77.2 e o trecho 20 passou de 100 para 108.4.

Tabela 9 - Dados do cenário 4

População atendida	3114 habitantes
Vazão (l/s)	16,22
Número de nós	63
Consumo-base (l/s)	0,26 por nó

Fonte: Autoria própria, 2022.

Tabela 10 - Resultados do cenário 4

Pressão máxima (mca)	39,47
Pressão mínima (mca)	10,27
Velocidade máxima (m/s)	3,23
Velocidade mínima (m/s)	0,01
Custo das tubulações (R\$)	241.215,42

Fonte: Autoria própria com dados do EPANET, 2022.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com este trabalho foi observado que o aumento do número de moradores em determinado bairro causa impactos significativos nas redes de abastecimento de água na medida que aumenta a demanda de água. Além disso, é possível perceber que com o passar dos cenários, aumentando o consumo de água, houve aumento no custo de implantação das tubulações.

A demanda de água dos possíveis prédios, que foram inseridos no cenário 4, foi 6,67 litros por segundo, o que representa 41,12% da demanda do bairro em 2042, considerando além da população residente a população flutuante também. Sendo assim, esse aumento por demanda causou impactos significativos na rede, visto que foi necessário que o nível de água fosse aumentado de 65 metros, no cenário 3, para 80 metros, no cenário 4. Porém, para a redução deste nível de água, poderia haver a construção de mais um reservatório por parte da concessionária.

Portanto, fica claro que a implementação de novos empreendimentos em qualquer região só pode ocorrer mediante estudos prévios de diversos fatores, entre eles, os estudos sobre a rede de abastecimento de água. Outrossim, o EPANET foi de fundamental importância para a execução deste trabalho, pois, com base nele foi possível gerar os diferentes cenários e assim entender como a rede se comportará no futuro.

Como recomendação para futuros trabalhos se pode deixar a obtenção de dados mais precisos sobre a população da área estudada, como por exemplo, ter com exatidão o número de imóveis de uso ocasional. Além disso, pode-se buscar trabalhar de maneira mais próxima da concessionária, a CAGEPA, a fim de se obter possíveis soluções para problemas que venham a surgir no decorrer da realização do projeto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FILHO, C. F. M. Abastecimento de água. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Agua.html>. Acesso em: 13 out. 2022. (Notas de aula).

FURUSAWA, R. T. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GODINHO, R. E.: Nova Metodologia de projeção da População Flutuante. São Paulo. ABEP. 208.

GOMES, H.P. **Sistemas de Abastecimento de Água – Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias**. 3ª Edição. João Pessoa: UFPB, 2009. 277 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Metodologia do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2013 (Série Relatórios Metodológicos, v. 41).

MENDES, C. M. O edifício no jardim, um plano destruído. A verticalização de Maringá. 1992. TESE (Doutorado em Geografia) – São Paulo: FFLCH – USP, 1992. 364f.

NBR 12218. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 1994.

RAMIRES, J. C. de L. O processo de verticalização das cidades brasileiras. Boletim de Geografia, v. 16, n. 1, p. 97-105, 1998.

TSUTIYA, M. T. 2006. **Abastecimento de Água**. 3ª Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p.

ZACCHI, Raquel Callegario. Processo de verticalização da área central da cidade de Viçosa (MG) (1970-2007). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Viçosa/UFV, Viçosa, 2009. 116 p.

7. ANEXO

Tabela 11 - Dados dos nós do cenário 1

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 1	12.7	0	25.22
Nó 2	12.8	0	25.12
Nó 3	13.6	0	24.32
Nó 4	16.6	0	21.32
Nó 5	20.9	0.11	17.02
Nó 6	20.8	0.11	17.08
Nó 7	20.6	0.11	17.04
Nó 8	3.6	0.11	33.89
Nó 9	24.3	0.11	12.73
Nó 10	25.4	0.11	10.63

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 11	24.2	0.11	11.29
Nó 13	21.2	0.11	13.97
Nó 14	19.8	0.92	14.95
Nó 15	6.2	0.11	28.43
Nó 16	5.8	0.11	28.82
Nó 17	4.8	0.11	29.81
Nó 18	5.1	0.11	29.50
Nó 19	4.8	0.11	29.82
Nó 20	14.5	0	30.00
Nó 21	20.3	0	23.03

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 22	21.8	0	21.25
Nó 23	24.2	0	18.26
Nó 24	24.6	0	17.44
Nó 25	25.4	0.11	16.26
Nó 26	25	0.11	15.59
Nó 27	25.2	0.11	13.83
Nó 28	23.1	0.11	15.17
Nó 29	0	0.11	38.04
Nó 30	25.5	0.11	13.53
Nó 31	25.1	0.11	14.92

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 32	25.2	0.11	13.50
Nó 33	25.4	0.11	13.58
Nó 34	27.2	0.11	11.58
Nó 35	28.2	0.11	10.57
Nó 36	25.5	0.11	13.39
Nó 37	28.2	0.11	10.50
Nó 38	24.8	0.11	13.90
Nó 39	28.6	0.11	10.03
Nó 40	24.5	0.11	14.07
Nó 41	23.3	0.11	14.76

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 42	24.5	0.11	14.21
Nó 43	26	0.11	13.35
Nó 44	26.2	0.11	13.41
Nó 45	19.1	0	18.43
Nó 46	11.1	0	20.73
Nó 47	7.6	0	22.51
Nó 48	7.3	0.11	22.56
Nó 49	5.5	0.11	23.48
Nó 50	5.1	0.11	23.83
Nó 51	4.6	0.11	24.32

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 52	7.6	0.11	21.26
Nó 53	7.5	0.11	19.60
Nó 54	10	0.11	17.11
Nó 55	8.8	1.36	18.33
Nó 56	5.5	0	22.59
Nó 57	4.9	0.11	23.19
Nó 58	6.1	0.11	21.99
Nó 59	7.8	0.11	20.30
Nó 60	5.3	0.11	22.80
Nó 61	7.6	0.11	20.53

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 62	7.5	0.11	20.64
Nó 63	7.5	0.11	20.64
Nó 64	7.8	0.11	20.37
Nó 65	6	0.11	22.31
Nó 66	6.5	0.11	21.98
Nó 67	6.5	0.11	22.21
Nó 68	7.3	0.11	21.76
Nó 69	5	0.11	23.90
Nó 70	5.1	0.11	23.59
Nó 71	5.1	0.11	23.38

Nó 73	4.4	0.11	23.79
Nó 74	4.4	0.11	23.74
Nó 75	5.4	0.11	22.72
Nó 12	7.5	0.11	22.27
RNF 76	45	#N/A	0.00

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 12 - Dados dos trechos do cenário 1

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 1	54.6	0.00	0.00
Tubulação 2	54.6	0.00	0.00
Tubulação 3	54.6	0.00	0.00
Tubulação 4	54.6	0.00	0.00
Tubulação 5	77.2	2.24	0.48
Tubulação 6	77.2	2.13	0.46
Tubulação 7	77.2	2.02	0.43
Tubulação 8	54.6	1.91	0.82
Tubulação 9	54.6	1.80	0.77
Tubulação 10	54.6	1.69	0.72
Tubulação 13	54.6	1.47	0.63
Tubulação 14	54.6	0.55	0.23
Tubulação 15	54.6	0.33	0.14
Tubulação 16	54.6	0.22	0.09

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 17	54.6	0.11	0.05
Tubulação 18	54.6	-0.11	0.05
Tubulação 19	100	8.88	1.13
Tubulação 20	100	8.88	1.13
Tubulação 21	108.4	8.88	0.96
Tubulação 22	100	8.88	1.13
Tubulação 23	100	8.88	1.13
Tubulação 24	100	8.77	1.12
Tubulação 25	54.6	1.57	0.67
Tubulação 26	54.6	1.35	0.58
Tubulação 27	77.2	2.46	0.53
Tubulação 28	77.2	2.35	0.50
Tubulação 29	54.6	0.10	0.04
Tubulação 30	54.6	-1.22	0.52

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 31	54.6	-1.22	0.52
Tubulação 32	54.6	-0.86	0.37
Tubulação 33	54.6	0.36	0.15
Tubulação 34	54.6	0.67	0.28
Tubulação 35	54.6	0.47	0.20
Tubulação 36	54.6	0.09	0.04
Tubulação 37	54.6	-0.48	0.21
Tubulação 38	54.6	-0.54	0.23
Tubulação 39	54.6	0.46	0.20
Tubulação 40	54.6	-0.09	0.04
Tubulação 41	54.6	-0.76	0.33
Tubulação 42	54.6	0.44	0.19
Tubulação 43	54.6	0.33	0.14
Tubulação 44	54.6	-0.64	0.27

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 45	54.6	0.86	0.37
Tubulação 46	77.2	-3.58	0.77
Tubulação 47	77.2	-3.77	0.81
Tubulação 48	100	-4.69	0.60
Tubulação 49	100	-5.76	0.73
Tubulação 50	100	-7.09	0.90
Tubulação 51	77.2	4.33	0.93
Tubulação 52	54.6	4.33	1.85
Tubulação 53	77.2	4.33	0.93
Tubulação 54	54.6	4.33	1.85
Tubulação 56	54.6	0.46	0.20
Tubulação 57	54.6	0.35	0.15
Tubulação 58	54.6	0.24	0.10
Tubulação 59	54.6	-1.45	0.62

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 60	54.6	-0.11	0.05
Tubulação 61	54.6	-0.22	0.09
Tubulação 62	54.6	-1.58	0.67
Tubulação 63	54.6	0.00	0.00
Tubulação 64	54.6	0.01	0.00
Tubulação 65	54.6	-0.10	0.04
Tubulação 66	54.6	0.02	0.01
Tubulação 67	54.6	0.12	0.05
Tubulação 68	54.6	-0.23	0.10
Tubulação 69	54.6	-0.43	0.18
Tubulação 70	54.6	-0.54	0.23
Tubulação 71	54.6	-0.68	0.29
Tubulação 72	54.6	-0.64	0.27
Tubulação 73	54.6	-0.71	0.30

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 74	54.6	-0.84	0.36
Tubulação 75	54.6	-1.07	0.46
Tubulação 76	54.6	-1.61	0.69
Tubulação 77	54.6	0.48	0.20
Tubulação 78	54.6	-0.43	0.18
Tubulação 79	54.6	0.80	0.34
Tubulação 80	54.6	0.81	0.34
Tubulação 81	54.6	0.72	0.31
Tubulação 82	54.6	0.57	0.24
Tubulação 83	54.6	0.31	0.13
Tubulação 84	54.6	0.23	0.10
Tubulação 85	54.6	0.21	0.09
Tubulação 86	54.6	0.09	0.04
Tubulação 87	54.6	0.03	0.01
Tubulação 88	54.6	-0.15	0.07
Tubulação 89	54.6	-0.12	0.05
Tubulação 90	54.6	0.02	0.01
Tubulação 91	54.6	0.03	0.01
Tubulação 92	54.6	-0.96	0.41
Tubulação 93	54.6	-0.81	0.35
Tubulação 94	54.6	-0.08	0.03
Tubulação 95	54.6	1.58	0.67

Tubulação 96	54.6	1.16	0.50
Tubulação 97	54.6	1.05	0.45
Tubulação 11	100	8.88	1.13

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 13 - Dados dos nós do cenário 2

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 1	12.7	0	24.96
Nó 2	12.8	0	24.86
Nó 3	13.6	0	24.06
Nó 4	16.6	0	21.06
Nó 5	20.9	0.17	16.76
Nó 6	20.8	0.17	16.80
Nó 7	20.6	0.17	16.58
Nó 8	3.6	0.17	33.33
Nó 9	24.3	0.17	12.49
Nó 10	25.4	0.17	11.08
Nó 11	24.2	0.17	11.43
Nó 13	21.2	0.17	13.93
Nó 14	19.8	0.98	14.70
Nó 15	6.2	0.17	28.04
Nó 16	5.8	0.17	28.43
Nó 17	4.8	0.17	29.40
Nó 18	5.1	0.17	29.09
Nó 19	4.8	0.17	29.43
Nó 20	14.5	0	34.69
Nó 21	20.3	0	26.59
Nó 22	21.8	0	24.54
Nó 23	24.2	0	20.76

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 24	24.6	0	19.53
Nó 25	25.4	0.17	17.98
Nó 26	25	0.17	16.30
Nó 27	25.2	0.17	14.80
Nó 28	23.1	0.17	15.18
Nó 29	0	0.17	37.88
Nó 30	25.5	0.17	14.03
Nó 31	25.1	0.17	15.33
Nó 32	25.2	0.17	13.67
Nó 33	25.4	0.17	13.82
Nó 34	27.2	0.17	11.71
Nó 35	28.2	0.17	10.68
Nó 36	25.5	0.17	13.49
Nó 37	28.2	0.17	10.54
Nó 38	24.8	0.17	13.96
Nó 39	28.6	0.17	10.02
Nó 40	24.5	0.17	14.02
Nó 41	23.3	0.17	14.29
Nó 42	24.5	0.17	14.38
Nó 43	26	0.17	13.27
Nó 44	26.2	0.17	13.55
Nó 45	19.1	0	17.48

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 46	11.1	0	23.44
Nó 47	7.6	0.17	23.61
Nó 48	7.3	0.17	23.45
Nó 49	5.5	0.17	23.66
Nó 50	5.1	0.17	24.03
Nó 51	4.6	0.17	24.53
Nó 52	7.6	0.17	21.52
Nó 53	7.5	0.17	19.45
Nó 54	10	0.17	16.97
Nó 55	8.8	1.42	18.21
Nó 56	5.5	0	21.55
Nó 57	4.9	0.17	22.15
Nó 58	6.1	0.17	20.95
Nó 59	7.8	0.17	19.27
Nó 60	5.3	0.17	21.77
Nó 61	7.6	0.17	19.53
Nó 62	7.5	0.17	19.65
Nó 63	7.5	0.17	19.67
Nó 64	7.8	0.17	19.42
Nó 65	6	0.17	21.53
Nó 66	6.5	0.17	21.42
Nó 67	6.5	0.17	21.93

Nó 68	7.3	0.17	21.87
Nó 69	5	0.17	23.90
Nó 70	5.1	0.17	23.31
Nó 71	5.1	0.17	22.82
Nó 72	4.6	0.17	22.94
Nó 73	4.4	0.17	22.88
Nó 74	4.4	0.17	22.76
Nó 75	5.4	0.17	21.71
Nó 12	7.5	0.17	23.09
RNF 76	50	#N/A	0.00

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 14 - Dados dos trechos do cenário 2

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 1	54.6	0.00	0.00
Tubulação 2	54.6	0.00	0.00
Tubulação 3	54.6	0.00	0.00
Tubulação 4	54.6	0.00	0.00
Tubulação 5	77.2	3.02	0.65
Tubulação 6	77.2	2.85	0.61
Tubulação 7	77.2	2.68	0.57
Tubulação 8	77.2	2.51	0.54
Tubulação 9	77.2	2.34	0.50
Tubulação 10	54.6	2.17	0.93
Tubulação 13	54.6	1.83	0.78
Tubulação 14	54.6	0.85	0.36
Tubulação 15	54.6	0.51	0.22
Tubulação 16	54.6	0.34	0.15
Tubulação 17	54.6	0.17	0.07
Tubulação 18	54.6	-0.17	0.07
Tubulação 19	100	12.77	1.63
Tubulação 20	100	12.77	1.63
Tubulação 21	100	12.77	1.63
Tubulação 22	100	12.77	1.63
Tubulação 23	100	12.77	1.63
Tubulação 24	100	12.60	1.60

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 25	77.2	3.54	0.76
Tubulação 26	54.6	2.09	0.89
Tubulação 27	77.2	3.36	0.72
Tubulação 28	77.2	3.19	0.68
Tubulação 29	54.6	1.27	0.54
Tubulação 30	54.6	-1.16	0.50
Tubulação 31	54.6	-1.44	0.61
Tubulação 32	54.6	-1.26	0.54
Tubulação 33	54.6	1.01	0.43
Tubulação 34	54.6	0.83	0.36
Tubulação 35	54.6	0.35	0.15
Tubulação 36	54.6	0.31	0.13
Tubulação 37	54.6	-0.48	0.20
Tubulação 38	54.6	-0.88	0.38
Tubulação 39	54.6	0.62	0.26
Tubulação 40	54.6	-0.17	0.07
Tubulação 41	54.6	-0.85	0.36
Tubulação 42	54.6	0.62	0.26
Tubulação 43	54.6	0.45	0.19
Tubulação 44	54.6	-0.90	0.38
Tubulação 45	54.6	1.18	0.50
Tubulação 46	77.2	-5.17	1.11

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 47	100	-5.73	0.73
Tubulação 48	100	-6.52	0.83
Tubulação 49	100	-7.56	0.96
Tubulação 50	100	-8.89	1.13
Tubulação 51	77.2	6.18	1.32
Tubulação 52	77.2	6.18	1.32
Tubulação 53	77.2	6.18	1.32
Tubulação 54	54.6	6.01	2.57
Tubulação 56	54.6	0.38	0.16
Tubulação 57	54.6	0.21	0.09
Tubulação 58	54.6	0.04	0.02
Tubulação 59	54.6	-1.89	0.81
Tubulação 60	54.6	-0.17	0.07
Tubulação 61	54.6	-0.34	0.15
Tubulação 62	54.6	-1.76	0.75
Tubulação 63	54.6	0.00	0.00
Tubulação 64	54.6	0.01	0.01
Tubulação 65	54.6	-0.16	0.07
Tubulação 66	54.6	0.03	0.01
Tubulação 67	54.6	0.18	0.08
Tubulação 68	54.6	-0.36	0.15
Tubulação 69	54.6	-0.67	0.28

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 70	54.6	-0.84	0.36
Tubulação 71	54.6	-1.05	0.45
Tubulação 72	54.6	-0.98	0.42
Tubulação 73	54.6	-1.10	0.47
Tubulação 74	54.6	-1.30	0.55
Tubulação 75	54.6	-1.60	0.68
Tubulação 76	54.6	-2.34	1.00
Tubulação 77	54.6	0.89	0.38
Tubulação 78	54.6	-0.56	0.24
Tubulação 79	54.6	1.29	0.55
Tubulação 80	54.6	1.25	0.54
Tubulação 81	54.6	1.11	0.47
Tubulação 82	54.6	0.89	0.38
Tubulação 83	54.6	0.48	0.20
Tubulação 84	54.6	0.35	0.15
Tubulação 85	54.6	0.32	0.14
Tubulação 86	54.6	0.13	0.06
Tubulação 87	54.6	0.05	0.02
Tubulação 88	54.6	-0.24	0.10
Tubulação 89	54.6	-0.14	0.06
Tubulação 90	54.6	0.02	0.01
Tubulação 91	54.6	0.05	0.02

Tubulação 92	54.6	-0.87	0.37
Tubulação 93	54.6	-0.62	0.27
Tubulação 94	54.6	-0.38	0.16
Tubulação 95	54.6	2.00	0.85
Tubulação 96	54.6	1.61	0.69
Tubulação 97	54.6	1.44	0.62
Tubulação 11	108.4	12.77	1.38

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 15 - Dados dos nós do cenário 3

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 1	12.7	0	26.42
Nó 2	12.8	0	26.32
Nó 3	13.6	0	25.52
Nó 4	16.6	0	22.52
Nó 5	20.9	0.26	18.22
Nó 6	20.8	0.26	18.20
Nó 7	20.6	0.26	17.64
Nó 8	3.6	0.26	34.19
Nó 9	24.3	0.26	13.24
Nó 10	25.4	0.26	11.61
Nó 11	24.2	0.26	12.55
Nó 13	21.2	0.26	14.72
Nó 14	19.8	1.07	15.10
Nó 15	6.2	0.26	28.12
Nó 16	5.8	0.26	28.50
Nó 17	4.8	0.26	29.44
Nó 18	5.1	0.26	29.11
Nó 19	4.8	0.26	29.50
Nó 20	14.5	0	48.52
Nó 21	20.3	0	38.05
Nó 22	21.8	0	35.44
Nó 23	24.2	0	30.24

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 24	24.6	0	28.17
Nó 25	25.4	0.26	25.83
Nó 26	25	0.26	22.03
Nó 27	25.2	0.26	18.82
Nó 28	23.1	0.26	17.17
Nó 29	0	0.26	39.51
Nó 30	25.5	0.26	17.34
Nó 31	25.1	0.26	20.27
Nó 32	25.2	0.26	15.94
Nó 33	25.4	0.26	16.58
Nó 34	27.2	0.26	13.94
Nó 35	28.2	0.26	12.52
Nó 36	25.5	0.26	15.43
Nó 37	28.2	0.26	11.71
Nó 38	24.8	0.26	15.05
Nó 39	28.6	0.26	11.00
Nó 40	24.5	0.26	14.81
Nó 41	23.3	0.26	13.73
Nó 42	24.5	0.26	15.03
Nó 43	26	0.26	15.56
Nó 44	26.2	0.26	17.95
Nó 45	19.1	0	15.89

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 46	11.1	0	19.75
Nó 47	7.6	0.26	21.34
Nó 48	7.3	0.26	21.47
Nó 49	5.5	0.26	20.17
Nó 50	5.1	0.26	20.56
Nó 51	4.6	0.26	21.06
Nó 52	7.6	0.26	18.17
Nó 53	7.5	0.26	15.38
Nó 54	10	0.26	12.93
Nó 55	8.8	1.51	14.21
Nó 56	5.5	0.26	14.51
Nó 57	4.9	0.26	15.15
Nó 58	6.1	0.26	13.95
Nó 59	7.8	0.26	12.32
Nó 60	5.3	0.26	14.82
Nó 61	7.6	0.26	12.72
Nó 62	7.5	0.26	12.88
Nó 63	7.5	0.26	12.93
Nó 64	7.8	0.26	12.77
Nó 65	6	0.26	15.39
Nó 66	6.5	0.26	15.87
Nó 67	6.5	0.26	17.10

Nó 68	7.3	0.26	18.02
Nó 69	5	0.26	19.84
Nó 70	5.1	0.26	18.47
Nó 71	5.1	0.26	17.27
Nó 72	4.6	0.26	16.79
Nó 73	4.4	0.26	16.32
Nó 74	4.4	0.26	16.02
Nó 75	5.4	0.26	14.85
Nó 12	7.5	0.26	20.96
RNF 76	65	#N/A	0.00

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 16 - Dados dos trechos do cenário 3

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 1	54.6	0.00	0.00
Tubulação 2	54.6	0.00	0.00
Tubulação 3	54.6	0.00	0.00
Tubulação 4	54.6	0.00	0.00
Tubulação 5	77.2	4.19	0.90
Tubulação 6	77.2	3.93	0.84
Tubulação 7	77.2	3.67	0.78
Tubulação 8	77.2	3.41	0.73
Tubulação 9	77.2	3.15	0.67
Tubulação 10	77.2	2.89	0.62
Tubulação 13	54.6	2.37	1.01
Tubulação 14	54.6	1.30	0.56

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 15	54.6	0.78	0.33
Tubulação 16	54.6	0.52	0.22
Tubulação 17	54.6	0.26	0.11
Tubulação 18	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 19	100	18.70	2.38
Tubulação 20	100	18.70	2.38
Tubulação 21	100	18.70	2.38
Tubulação 22	100	18.70	2.38
Tubulação 23	100	18.70	2.38
Tubulação 24	100	18.44	2.35
Tubulação 25	77.2	5.55	1.19
Tubulação 26	54.6	3.20	1.37
Tubulação 27	77.2	4.71	1.01
Tubulação 28	77.2	4.45	0.95
Tubulação 29	54.6	2.10	0.90
Tubulação 30	54.6	-2.02	0.86
Tubulação 31	54.6	-1.77	0.76
Tubulação 32	54.6	-2.09	0.89
Tubulação 33	54.6	1.77	0.76
Tubulação 34	54.6	1.42	0.61
Tubulação 35	54.6	-0.06	0.03
Tubulação 36	54.6	1.22	0.52

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 37	54.6	-0.68	0.29
Tubulação 38	54.6	-1.97	0.84
Tubulação 39	54.6	1.64	0.70
Tubulação 40	54.6	0.34	0.15
Tubulação 41	54.6	-1.97	0.84
Tubulação 42	54.6	1.04	0.44
Tubulação 43	54.6	0.78	0.33
Tubulação 44	54.6	-1.39	0.59
Tubulação 45	54.6	1.91	0.81
Tubulação 46	77.2	-7.40	1.58
Tubulação 47	77.2	-6.99	1.49
Tubulação 48	77.2	-8.21	1.75
Tubulação 49	100	-10.34	1.32
Tubulação 50	100	-12.63	1.61
Tubulação 51	77.2	9.05	1.93
Tubulação 52	77.2	9.05	1.93
Tubulação 53	100	9.05	1.15
Tubulação 54	77.2	8.79	1.88
Tubulação 56	54.6	0.17	0.07
Tubulação 57	54.6	-0.09	0.04
Tubulação 58	54.6	-0.35	0.15
Tubulação 59	54.6	-2.64	1.13

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 60	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 61	54.6	-0.52	0.22
Tubulação 62	54.6	-2.03	0.87
Tubulação 63	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 64	54.6	-0.09	0.04
Tubulação 65	54.6	-0.35	0.15
Tubulação 66	54.6	0.07	0.03
Tubulação 67	54.6	0.43	0.18
Tubulação 68	54.6	-0.68	0.29
Tubulação 69	54.6	-1.19	0.51
Tubulação 70	54.6	-1.45	0.62
Tubulação 71	54.6	-1.79	0.76
Tubulação 72	54.6	-1.64	0.70
Tubulação 73	54.6	-1.81	0.77
Tubulação 74	54.6	-2.10	0.90
Tubulação 75	54.6	-2.53	1.08
Tubulação 76	54.6	-3.56	1.52
Tubulação 77	54.6	1.64	0.70
Tubulação 78	54.6	-0.77	0.33
Tubulação 79	54.6	2.15	0.92
Tubulação 80	54.6	2.06	0.88
Tubulação 81	54.6	1.83	0.78

Tubulação 82	54.6	1.48	0.63
Tubulação 83	54.6	0.81	0.35
Tubulação 84	54.6	0.63	0.27
Tubulação 85	54.6	0.62	0.26
Tubulação 86	54.6	0.24	0.10
Tubulação 87	54.6	0.08	0.03
Tubulação 88	54.6	-0.40	0.17
Tubulação 89	54.6	-0.16	0.07
Tubulação 90	54.6	0.03	0.01
Tubulação 91	54.6	0.09	0.04
Tubulação 92	54.6	-1.87	0.80
Tubulação 93	54.6	-0.95	0.41
Tubulação 94	54.6	0.67	0.29
Tubulação 95	54.6	2.63	1.12
Tubulação 96	54.6	2.34	1.00
Tubulação 97	54.6	2.08	0.89
Tubulação 11	100	18.70	2.38

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 17 - Dados dos nós do cenário 4

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 1	12.7	0	26.38
Nó 2	12.8	0	26.28
Nó 3	13.6	0	25.48
Nó 4	16.6	0	22.48
Nó 5	20.9	0.26	18.18
Nó 6	20.8	0.26	18.16
Nó 7	20.6	0.26	17.60
Nó 8	3.6	0.26	34.15
Nó 9	24.3	0.26	13.20
Nó 10	25.4	0.26	11.57
Nó 11	24.2	0.26	12.51
Nó 13	21.2	0.26	14.68
Nó 14	19.8	1.07	15.06
Nó 15	6.2	0.26	28.08
Nó 16	5.8	0.26	28.46
Nó 17	4.8	0.26	29.40
Nó 18	5.1	0.26	29.07
Nó 19	4.8	0.26	29.46
Nó 20	14.5	0	62.01
Nó 21	20.3	0	48.02
Nó 22	21.8	0	44.90
Nó 23	24.2	0	37.58

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 24	24.6	0	34.23
Nó 25	25.4	0.26	30.73
Nó 26	25	0.26	23.69
Nó 27	25.2	0.26	19.48
Nó 28	23.1	0.26	17.13
Nó 29	0	0.26	39.47
Nó 30	25.5	0.26	17.28
Nó 31	25.1	0.26	20.27
Nó 32	25.2	0.26	15.64
Nó 33	25.4	0.26	16.02
Nó 34	27.2	0.26	13.55
Nó 35	28.2	0.26	11.91
Nó 36	25.5	0.26	14.73
Nó 37	28.2	0.26	11.00
Nó 38	24.8	0.26	14.30
Nó 39	28.6	0.26	10.27
Nó 40	24.5	0.26	14.07
Nó 41	23.3	0.26	12.99
Nó 42	24.5	0.26	14.11
Nó 43	26	0.26	14.55
Nó 44	26.2	0.26	16.44
Nó 45	19.1	0	15.58

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 46	11.1	0	20.32
Nó 47	7.6	0.26	18.51
Nó 48	7.3	0.26	18.67
Nó 49	5.5	0.26	17.99
Nó 50	5.1	0.26	18.37
Nó 51	4.6	0.26	18.87
Nó 52	7.6	0.26	15.93
Nó 53	7.5	0.26	12.82
Nó 54	10	0.26	10.36
Nó 55	8.8	4.84	11.65
Nó 56	5.5	0.26	12.82
Nó 57	4.9	0.26	13.46
Nó 58	6.1	0.26	12.26
Nó 59	7.8	0.26	10.63
Nó 60	5.3	0.26	13.13
Nó 61	7.6	0.26	11.03
Nó 62	7.5	0.26	11.19
Nó 63	7.5	0.26	11.24
Nó 64	7.8	0.26	11.08
Nó 65	6	0.26	13.70
Nó 66	6.5	3.59	14.18
Nó 67	6.5	0.26	15.50

Identificador do Nó	Cota m	Consumo-Base LPS	Pressão m
Nó 57	4.9	0.26	13.46
Nó 58	6.1	0.26	12.26
Nó 59	7.8	0.26	10.63
Nó 60	5.3	0.26	13.13
Nó 61	7.6	0.26	11.03
Nó 62	7.5	0.26	11.19
Nó 63	7.5	0.26	11.24
Nó 64	7.8	0.26	11.08
Nó 65	6	0.26	13.70
Nó 66	6.5	3.59	14.18
Nó 67	6.5	0.26	15.50
Nó 68	7.3	0.26	16.31
Nó 69	5	0.26	17.95
Nó 70	5.1	0.26	16.78
Nó 71	5.1	0.26	15.58
Nó 72	4.6	0.26	15.10
Nó 73	4.4	0.26	14.63
Nó 74	4.4	0.26	14.33
Nó 75	5.4	0.26	13.16
Nó 12	7.5	0.26	18.22
RNF 76	80	#N/A	0.00

Fonte: EPANET, 2022.

Tabela 18 - Dados dos trechos do cenário 4

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 1	54.6	0.00	0.00
Tubulação 2	54.6	0.00	0.00
Tubulação 3	54.6	0.00	0.00
Tubulação 4	54.6	0.00	0.00
Tubulação 5	77.2	4.19	0.90
Tubulação 6	77.2	3.93	0.84
Tubulação 7	77.2	3.67	0.78
Tubulação 8	77.2	3.41	0.73
Tubulação 9	77.2	3.15	0.67
Tubulação 10	77.2	2.89	0.62
Tubulação 13	54.6	2.37	1.01
Tubulação 14	54.6	1.30	0.56
Tubulação 15	54.6	0.78	0.33
Tubulação 16	54.6	0.52	0.22
Tubulação 17	54.6	0.26	0.11
Tubulação 18	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 19	100	25.36	3.23
Tubulação 20	108.4	25.36	2.75
Tubulação 21	100	25.36	3.23
Tubulação 22	100	25.36	3.23
Tubulação 23	100	25.36	3.23
Tubulação 24	100	25.10	3.20

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 25	77.2	6.49	1.39
Tubulação 26	54.6	3.51	1.50
Tubulação 27	77.2	4.71	1.01
Tubulação 28	77.2	4.45	0.95
Tubulação 29	54.6	2.72	1.16
Tubulação 30	54.6	-2.05	0.88
Tubulação 31	54.6	-1.46	0.62
Tubulação 32	54.6	-2.25	0.96
Tubulação 33	54.6	2.26	0.97
Tubulação 34	54.6	1.26	0.54
Tubulação 35	54.6	-0.53	0.22
Tubulação 36	54.6	1.52	0.65
Tubulação 37	54.6	-0.50	0.21
Tubulação 38	54.6	-2.11	0.90
Tubulação 39	54.6	1.76	0.75
Tubulação 40	54.6	0.44	0.19
Tubulação 41	54.6	-2.02	0.86
Tubulação 42	54.6	1.06	0.45
Tubulação 43	54.6	0.80	0.34
Tubulação 44	54.6	-1.37	0.59
Tubulação 45	54.6	1.91	0.81
Tubulação 46	100	-14.06	1.79

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 47	100	-13.49	1.72
Tubulação 48	100	-14.41	1.84
Tubulação 49	100	-16.04	2.04
Tubulação 50	100	-18.35	2.34
Tubulação 51	100	15.71	2.00
Tubulação 52	100	15.71	2.00
Tubulação 53	100	15.71	2.00
Tubulação 54	100	15.45	1.97
Tubulação 56	54.6	0.27	0.12
Tubulação 57	54.6	0.01	0.00
Tubulação 58	54.6	-0.25	0.11
Tubulação 59	77.2	-5.87	1.25
Tubulação 60	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 61	54.6	-0.52	0.22
Tubulação 62	77.2	-5.36	1.15
Tubulação 63	54.6	-0.26	0.11
Tubulação 64	54.6	-0.09	0.04
Tubulação 65	54.6	-0.35	0.15
Tubulação 66	54.6	0.07	0.03
Tubulação 67	54.6	0.43	0.18
Tubulação 68	54.6	-0.68	0.29
Tubulação 69	54.6	-1.19	0.51

Identificador do Trecho	Diâmetro mm	Vazão LPS	Velocidade m/s
Tubulação 70	54.6	-1.45	0.62
Tubulação 71	54.6	-1.79	0.76
Tubulação 72	54.6	-1.64	0.70
Tubulação 73	54.6	-1.81	0.77
Tubulação 74	77.2	-5.43	1.16
Tubulação 75	77.2	-6.05	1.29
Tubulação 76	77.2	-7.22	1.54
Tubulação 77	54.6	1.31	0.56
Tubulação 78	54.6	-0.91	0.39
Tubulação 79	54.6	1.96	0.84
Tubulação 80	54.6	2.06	0.88
Tubulação 81	54.6	1.83	0.78
Tubulação 82	54.6	1.48	0.63
Tubulação 83	54.6	0.81	0.35
Tubulação 84	54.6	0.63	0.27
Tubulação 85	54.6	0.62	0.26
Tubulação 86	54.6	0.24	0.10
Tubulação 87	54.6	0.08	0.03
Tubulação 88	54.6	-0.40	0.17
Tubulação 89	54.6	-0.36	0.15
Tubulação 90	54.6	0.03	0.01
Tubulação 91	54.6	0.09	0.04

Tubulação 92	54.6	-1.37	0.59
Tubulação 93	54.6	-0.67	0.29
Tubulação 94	54.6	0.84	0.36
Tubulação 95	54.6	2.63	1.12
Tubulação 96	54.6	2.10	0.90
Tubulação 97	54.6	1.84	0.79
Tubulação 11	100	25.36	3.23

Fonte: EPANET, 2022.