



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAROLINNE MARIA TABOSA DOS SANTOS CORDEIRO

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
LINGUAGEM *PYTHON*: um estudo de caso do DMC-39**

Caruaru

2024

CAROLINNE MARIA TABOSA DOS SANTOS CORDEIRO

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
LINGUAGEM *PYTHON*: um estudo de caso do DMC-39**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra

Coorientadora: Prof.^a Ma. Sabrina da Silva Corrêa Raimundo

Caruaru

2024

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora, por me guiarem e protegerem todos os dias.

À minha mãe, Karine Tabosa, por ser meu porto seguro e minha conselheira de todas as horas. Minha gratidão por ter possibilitado e incentivado minhas formações até aqui.

A meu avô, Aggeu Tabosa, por toda sabedoria passada, e à minha avó, Jandyrá Tabosa, por me incentivar a seguir meus sonhos.

Ao professor e orientador, Saulo Bezerra, por me apresentar à área de recursos hídricos e pela orientação neste trabalho e nas monitorias.

À minha coorientadora, Sabrina Corrêa, por me guiar neste trabalho e no âmbito das programações.

À coordenadora do curso, Jocilene Costa, por acreditar na minha capacidade e lutar comigo pelas minhas conquistas.

À Maria Tereza – “Dindinha” –, e companhia, por terem me recebido e por cuidarem de mim ao longo dos anos.

A todos os colegas que se tornaram amigos, pelas memórias graciosas e experiências e conhecimentos compartilhados. Especialmente à Daysa Barbosa, João Pedro Silva, Melquisedeque Brito, Paulo Mergulhão e Vinicius Lira pelo companheirismo sincero dentro e fora da universidade.

A todos que me guiaram e acompanharam nas minhas primeiras experiências profissionais nos estágios, pela oportunidade e companheirismo, especialmente à Ana Laura Mendes, colega e amiga.

À minha amiga Eduarda Souza, que acompanhou de perto toda a minha jornada acadêmica e pessoal, por agregar leveza aos meus dias, e Anderson Dalbert, seu marido, pela amizade e paciência me auxiliando no mundo da análise de dados.

À Mariana Félix, pela amizade acolhedora, pelo carinho e apoio de sempre, e por compartilhar tantos momentos bons comigo.

A Gilvandro Barbosa, pela disponibilidade dos dados aqui utilizados, assim como pelo seu tempo e conhecimento compartilhados.

Determinação de parâmetros de consumo de água utilizando a linguagem *Python*: um estudo de caso do DMC-39

Determination of water consumption parameters using Python language: a case study of DMC-39

Carolinne Maria Tabosa dos Santos Cordeiro¹

RESUMO

Dimensionamentos precisos determinam a boa execução de um projeto e sua duração. Entretanto, a falta de dados e parâmetros atualizados faz com que muitos projetistas utilizem informações obsoletas e genéricas, elaborando trabalhos super ou subdimensionados. Esta pesquisa tem como objetivo determinar os parâmetros de dimensionamento hidráulico e sanitário k_1 , k_2 e k_3 , as curvas de consumo médio diário e horário, e as curvas de consumo médio diário por dia da semana da população do Distrito de Medição e Controle – 39, localizado na zona Sul da cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco, no Nordeste brasileiro. Para isso, serão utilizados os dados de consumo do distrito ao longo de 12 (doze) meses, disponibilizados pela Companhia Pernambucana de Saneamento, a COMPESA. Os resultados indicam que os projetos realizados para o DMC-39 ou regiões próximas com parâmetros recomendados pela COMPESA ou pela ABNT, são, em sua maioria, subdimensionados em relação aos obtidos na pesquisa. Espera-se que essas informações sirvam de ferramenta para posteriores estudos ou dimensionamentos do setor e de regiões análogas.

Palavras-chave: vazão média; dimensionamento hidráulico; dimensionamento sanitário; coeficientes de consumo.

ABSTRACT

Accurate sizing determines the successful execution of a project and its duration. However, the lack of updated data and parameters often leads many designers to rely on outdated and generic information, resulting in either over or undersized projects. This study aims to determine the hydraulic and sanitary sizing parameters k_1 , k_2 , and k_3 , as well as the average daily and hourly

¹Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: carolinne.tabosa@ufpe.br.

consumption curves, and the average daily consumption curves per day of the week for the population of the Measurement and Control District – 39, located in the southern zone of Recife, the capital of Pernambuco state in the Brazilian Northeast. To achieve this, consumption data from the district over a period of 12 months, provided by the Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), will be utilized. The results indicate that projects designed for DMC-39 or neighboring regions, using parameters recommended by COMPESA or ABNT (Brazilian National Standards Organization), are generally undersized compared to those obtained in this research. It is expected that this information will serve as a valuable tool for future studies or sizing efforts within this sector and in similar regions.

Keywords: average flow; hydraulic sizing; sanitary sizing; consumption coefficients.

DATA DE APROVAÇÃO: 22 de março de 2024.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água recebem grande atenção da sociedade devido à importância desse bem comum para a vida humana, afetando diretamente áreas como saúde, agricultura e economia. Atualmente, as melhorias no tratamento e na distribuição de água são responsáveis pelos maiores impactos positivos na redução de doenças infecciosas. Além disso, estudos mostram que investimentos nos serviços de água e esgoto geram bons retornos econômicos para o poder público, reduzindo despesas com consultas médicas, hospitais e medicamentos (LINS, 2023).

Segundo dados de 2021 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 84,2% dos brasileiros são atendidos por abastecimento de água tratada. Assim, cerca de 36 milhões de pessoas no país ainda não têm acesso a esse serviço básico. Esse dado ressalta a necessidade de investimentos em ampliações de sistemas de abastecimento de água, todavia, também alerta para a falta de dimensionamentos acurados, capazes de suprir o aumento da demanda, proporcional ao aumento da população do país.

De fato, nos centros urbanos, as maiores carências observadas em sistemas de abastecimento são devido à falta de redes em áreas em crescente avanço, mas também à falta de reparos em redes muito antigas, acarretando vazamentos ou infiltrações de matérias contaminadas (DIAS, 2014). Dessa forma, para a adequação dos sistemas aos municípios, torna-se necessária a reabilitação das redes deterioradas e a extensão pelos setores sem atendimento.

Para substituição de trechos, ampliações ou projetos de novos sistemas, é necessário conhecer, entre outros fatores, se a área é residencial, comercial ou industrial, estimativa do número de habitantes e previsão do consumo de água da região. Segundo Tsutiya (2006), vários aspectos podem contribuir para alterações deste último: condições climáticas, uma vez que no verão as práticas com utilização de água aumentam; padrão social, pois nota-se um maior uso de água por meio de comunidades com maior poder aquisitivo e social, visando conforto; medição de água, pois estudos mostram que a ausência de controle do consumo faz com que o mesmo cresça; e valor da água, inversamente proporcional ao uso. Além dessas condições, o tempo é um fator muito importante, visto que a tendência da vazão consumida por uma determinada população varia ao longo do dia ou do ano.

Dessa forma, com base nos dados de consumo de uma região em um determinado período de tempo, é possível gerar curvas de consumo de água, sendo as mais comuns: curva de consumo médio diário ao longo de um ano e curva de variação média horária ao longo de um dia. A partir dessas duas são obtidos, respectivamente, os coeficientes k_1 , do dia de maior consumo; e k_2 , da hora de maior consumo, e k_3 , da hora de menor consumo. Estes são utilizados nos dimensionamentos de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, porém o k_3 com menos frequência, uma vez que é um parâmetro de minoração. Por isso, a majoração ocorre pelo coeficiente K , resultado da multiplicação de k_1 por k_2 (CRUZ, 2021).

Visando ter um maior controle das demandas de consumo, a COMPESA, Companhia Pernambucana de Saneamento, distribuiu a Região Metropolitana de Recife (capital do estado) em Distritos de Medição e Controle (DMC's), que são áreas bem delimitadas com o consumo medido a partir de *dataloggers* (registradores). Além da companhia pernambucana, outros estados brasileiros, tais como Paraíba, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Rio Grande do Sul, estão implantando tais medidas de automação para o monitoramento das redes (TITO, 2023).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho será analisar o consumo de água do Distrito de Medição e Controle – 39, em Recife-PE, escolhido pela confiabilidade da delimitação deste DMC, devido a intervenções realizadas pela COMPESA, a fim de dados mais precisos. A análise se dará por meio da obtenção da: curva de consumo diário médio ao longo de 12 (doze) meses; curvas de consumo diário médio por dias da semana; curva de consumo horário médio ao longo de 1 (um) dia; do coeficiente de máxima vazão diária, k_1 ; do coeficiente de máxima vazão horária, k_2 ; e do coeficiente de mínima vazão horária, k_3 . Os coeficientes calculados serão comparados aos indicados pela COMPESA (Norma GPE-NI-014-01) e pela norma NBR 9649, que sugerem valores para quando não existem dados reais. A importância na obtenção desses

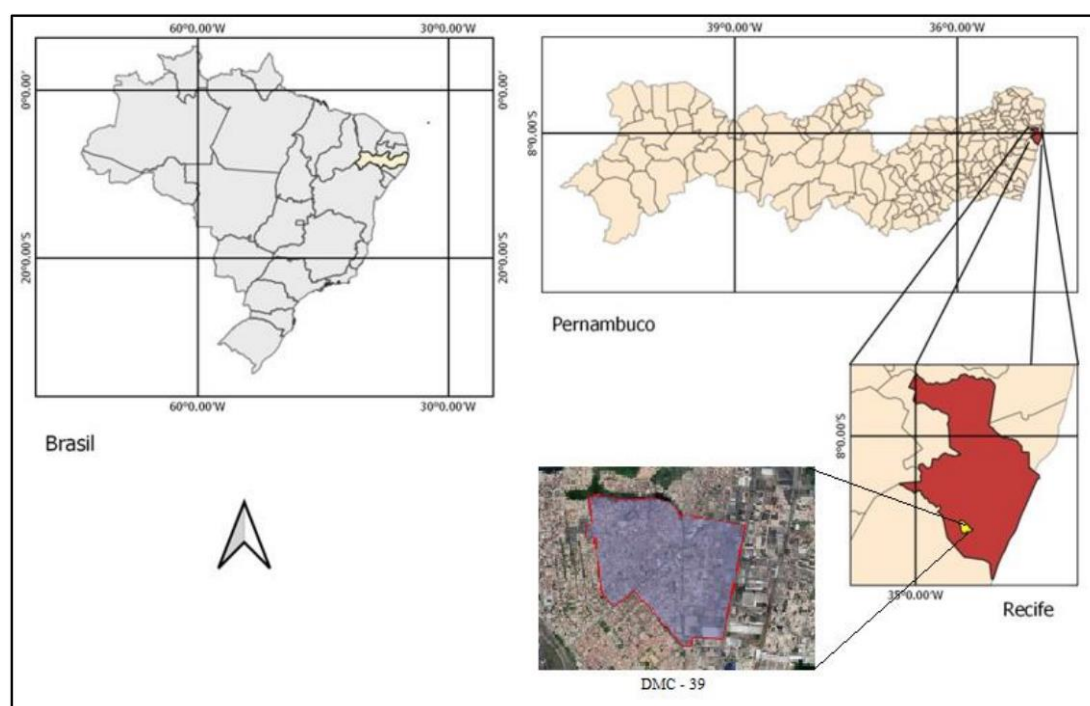
resultados consiste em ter dados atualizados de acordo com as características locais, que gerem projetos corretamente dimensionados para o local de implementação.

2 METODOLOGIA

2.1 ESTUDO DE CASO

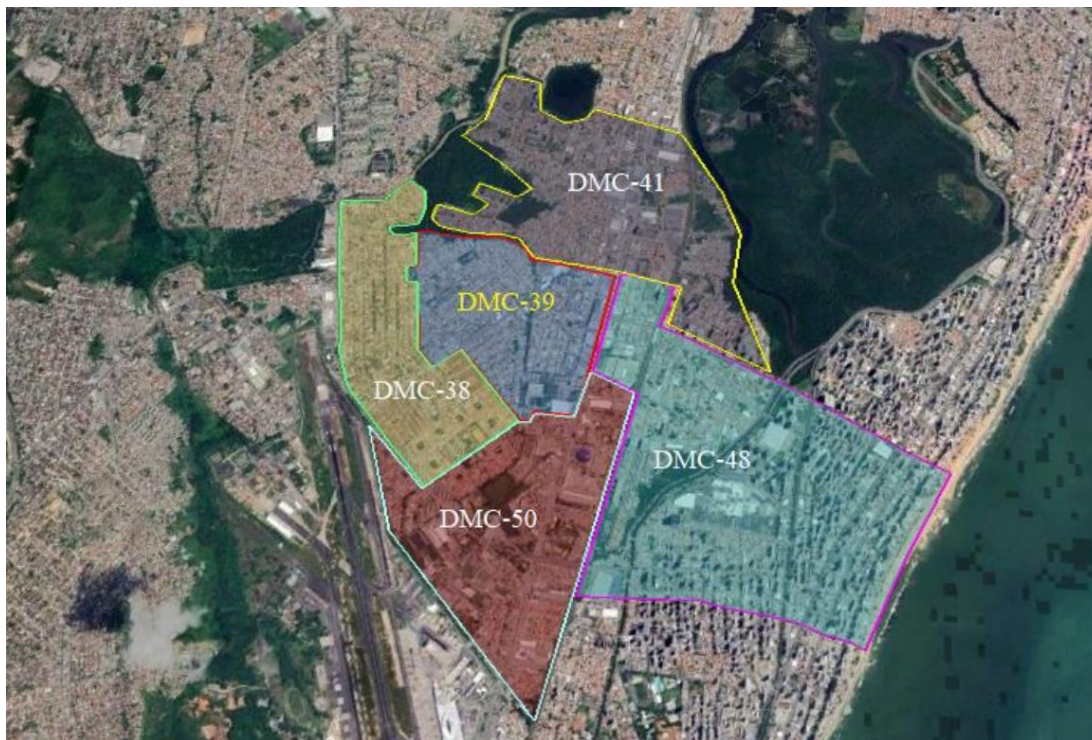
Os dados analisados correspondem ao consumo da população do DMC-39, área localizada na Zona Sul da cidade de Recife-PE, como apresentado na Figura 1, entre os bairros Ibura e Ipsep. Contém 3.455 clientes ligados à rede e classifica-se, majoritariamente, como residencial, categoria que representa 87,06% desse público. O comércio representa 12,62%, a indústria 0,14%, e propriedades públicas são 0,18%. A área é delimitada, entre outras, pelas ruas: Itapeva, ao norte; avenida Marechal Mascarenhas de Moraes, ao leste; Joaquim Pessoa, ao sul; e Dr. Raposo Pinto ao oeste (TITO, 2023). Também faz fronteira com os DMC's 38, 41, 48 e 50, indicados na Figura 2.

Figura 1 - Localização do DMC-39



Fonte: TITO (2023).

Figura 2 - Vista dos DMC's 38, 39, 41, 48 e 50, localizados em Recife-PE



Fonte: TITO (2023).

2.2 MÉTODO

A análise de dados foi realizada com base nos arquivos gerados pelos *dataloggers* da COMPESA, em formato Excel, informando data, hora, vazão (L/s) e volume (m³), além de um gráfico plotando os dados de vazão ao longo do tempo. Cada arquivo é mensal e contém dados medidos a cada 15 minutos, iniciando às 00:00:00 h do dia primeiro de cada mês. Foram utilizados os arquivos de abril a novembro de 2021 e janeiro a abril de 2022, totalizando 12 meses, num intervalo de 13 meses consecutivos, faltando o referente ao mês de dezembro de 2021

Então, para os passos seguintes, foi utilizado o *IDE* Visual Studio Code, a partir da linguagem de programação *Python*. O código elaborado está disponível publicamente no GitHub (CAROLINETABOSA, 2024). Para facilitar o tratamento dos dados, os doze arquivos foram concatenados em um só *dataframe*. Em alguns intervalos de tempo, a vazão medida foi de 0 L/s, indicando uma falha na medição ou na distribuição de água. Para que essas possíveis falhas não atrapalhem o resultado final, os dados nulos foram substituídos pela função NaN, que indica “Not a Number”, de forma que o valor não é compatibilizado nos cálculos. Ainda, foi adicionada uma coluna informando o dia da semana correspondente às datas lidas,

de forma que o *dataframe* ficou com o seguinte formato, apresentado na Figura 3.

Figura 3 – *Dataframe* com todos os dados

	data	dia_da_semana	hora	vazão (L/s)
0	2021-04-01	Thursday	00:00:00	50.7
1	2021-04-01	Thursday	00:15:00	44.9
2	2021-04-01	Thursday	00:30:00	41.2
3	2021-04-01	Thursday	00:45:00	40.4
4	2021-04-01	Thursday	01:00:00	41.0
...	...	...	...	...
2875	2022-04-30	Saturday	22:45:00	35.3
2876	2022-04-30	Saturday	23:00:00	31.9
2877	2022-04-30	Saturday	23:15:00	30.8
2878	2022-04-30	Saturday	23:30:00	29.4
2879	2022-04-30	Saturday	23:45:00	28.4

Fonte: Autora (2024).

A fim de determinar os reais parâmetros a serem adotados, expurgou-se os dados anômalos, ou seja, foram removidos da amostra os valores considerados incomuns, extremos ou inconsistentes. Esses valores anômalos poderiam distorcer os resultados da análise estatística, levando a conclusões imprecisas ou enganosas. Para delimitar o intervalo de dados a serem avaliados, adotou-se o método de desvio padrão. Os valores de vazão foram agrupados de acordo com o parâmetro necessário: data ou horário. Em seguida, foram calculados os valores de média e desvio padrão, segundo o trecho apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Obtenção da média e desvio padrão para os dados de vazão

```
media = dados.groupby('PARAMETRO')['vazão (L/s)'].mean()
desvio_padrao = dados.groupby('PARAMETRO')['vazão (L/s)'].std()
```

Fonte: Autora (2024).

Foram estabelecidos limites inferior e superior para controle dos dados de vazão utilizados. O parâmetro “desv” determina a abrangência dos limites. Foi utilizado um valor de 1,5 para o “desv”, garantido a exclusão de valores discrepantes e mantendo a amostra dentro da tendência. Em seguida, os dados foram filtrados, excluindo os valores que não correspondiam ao intervalo entre os limites. Tais processos são exibidos na Figura 5 abaixo:

Os valores foram calculados para cada intervalo diferente de dados: primeiro para a obtenção de k_1 ; em seguida para k_2 e k_3 , que pertencem ao mesmo intervalo; por fim, para os consumos médios de cada dia da semana.

Figura 5 – Filtragem dos dados

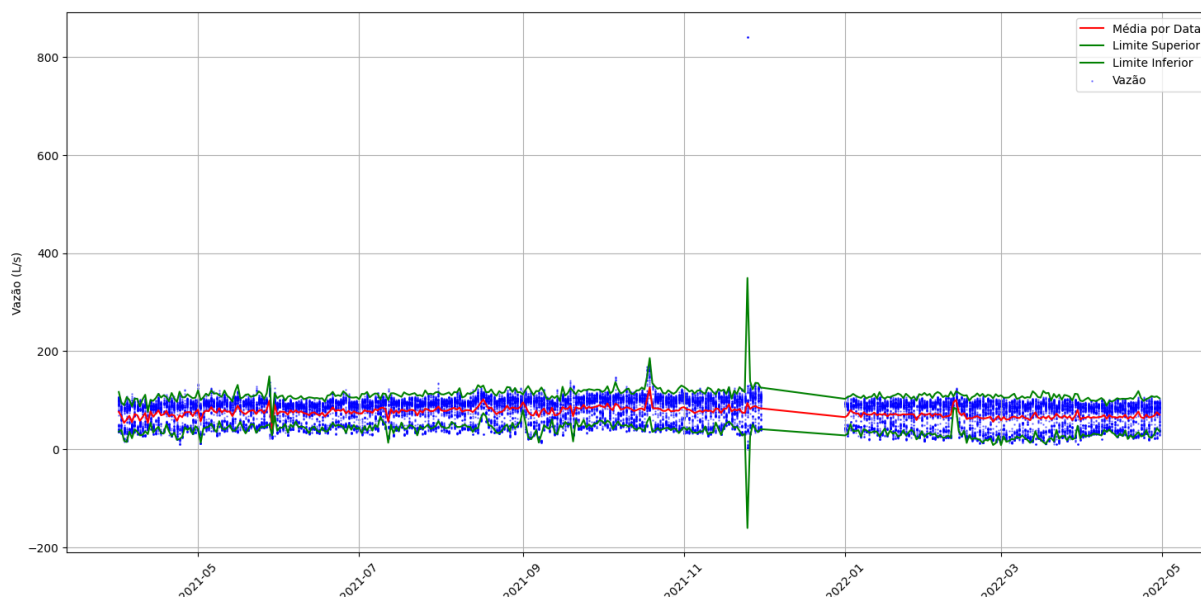
```
# Definindo os limites com os outliers sendo +-desv * desvio + média
limite_superior = media + desv * desvio_padrao
limite_inferior = media - desv * desvio_padrao

# Aplicando esses limites para filtrar os dados correspondentes
dados_filtrados = {}

for i in dados['PARAMETRO'].unique():
    dados = dados[dados['PARAMETRO'] == i]
    filtro_superior = dados['vazão (L/s)'] <= limite_superior[i]
    filtro_inferior = dados['vazão (L/s)'] >= limite_inferior[i]
    dados_filtrados[i] = dados[filtro_superior & filtro_inferior]
```

Fonte: Autora (2024).

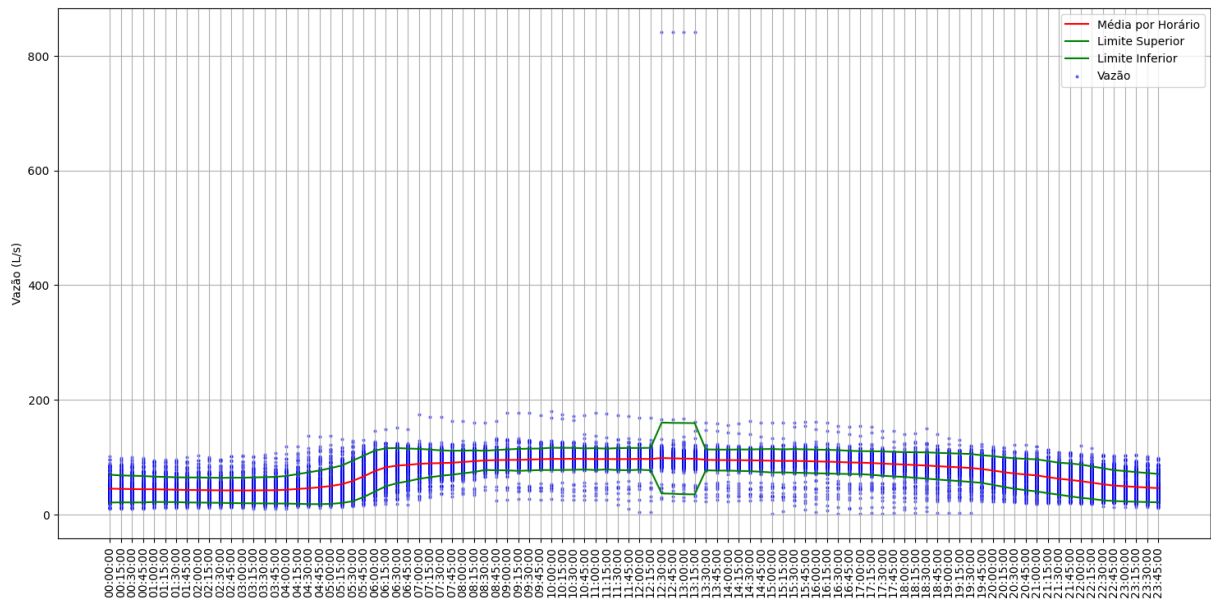
É possível visualizar na Figura 6, para o parâmetro “data”, a distribuição dos dados iniciais, no formato Data x Vazão, as médias diárias e os limites superior e inferior diários, de forma que, utilizando esses dados, foi realizada a filtragem dos dados dentro dos limites impostos a partir do desvio padrão.

Figura 6 – Distribuição das vazões, médias e limites de acordo com a data, do DMC 39 no período de 01/04/2021 a 30/04/2022

Fonte: Autora (2024).

Na Figura 7, é apresentada a visualização da distribuição dos dados de vazão, média e limites dos intervalos de filtragem para o parâmetro “horário”.

Figura 7 – Distribuição das vazões, médias e limites de acordo com o horário, do DMC 39 no período de 01/04/2021 a 30/04/2022



Fonte: Autora (2024).

2.2.1 Cálculo de k_1

Este é um parâmetro que analisa o consumo médio diário ao longo do ano. Dessa forma, os dados foram agrupados de acordo com a data, a fim de obter apenas um dado de vazão para cada data, que é a vazão média do dia, a partir dos dados filtrados com o desvio padrão. Na Figura 8 está apresentado o *dataframe* descrito.

Figura 8 – Vazões médias diárias

	data	vazão (L/s)
0	2021-04-01	78.659341
1	2021-04-02	70.616667
2	2021-04-03	50.821176
3	2021-04-04	60.286316
4	2021-04-05	69.419355
..	...	...
359	2022-04-26	72.669512
360	2022-04-27	66.082292
361	2022-04-28	73.806977
362	2022-04-29	83.674390
363	2022-04-30	73.550562

Fonte: Autora (2024).

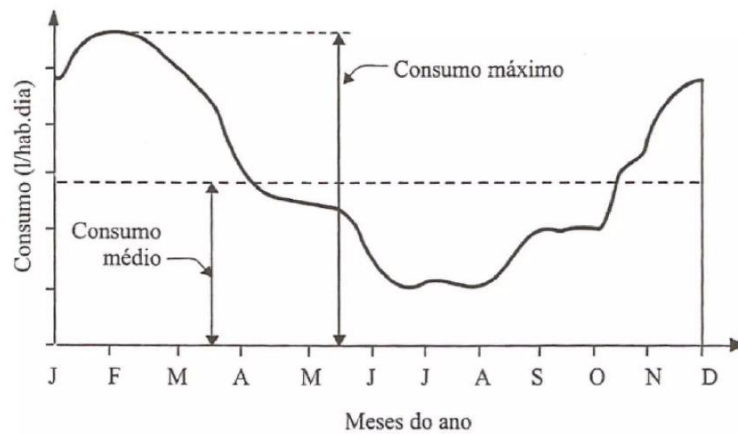
De acordo com Tsutiya (2006, p. 52), k_1 , coeficiente de máxima vazão diária, é calculado a partir da Equação 1:

$$k_1 = \frac{Q_{\text{máxima diária no ano}}}{Q_{\text{média diária no ano}}} \dots\dots\dots(1)$$

Onde: $Q_{\text{máxima diária no ano}}$ corresponde ao maior consumo diário médio no ano e $Q_{\text{média diária no ano}}$ corresponde à média dos consumos diários médios no ano.

A obtenção de k_1 pode ser visualizada pela Curva de Consumo Diário Médio ao longo do ano, presente no gráfico da Figura 9.

Figura 9 – Consumo diário médio ao longo do ano



Fonte: Tsutiya (2006).

2.2 Cálculo de k_2

Enquanto k_1 analisa o consumo ao longo do ano, k_2 , o coeficiente de máxima vazão horária, analisa ao longo do dia. Assim, foi necessário dispor os dados por horário (00:00:00 da data 01/04/21, 00:00:00 da data 02/04/21, ..., até 23:45:00 da data 30/04/22). Em seguida, a partir do desvio padrão, os valores de consumo foram filtrados, e então foi possível obter a média de vazão para cada horário no intervalo de um dia, tal como representado na Figura 10.

Figura 10 – Vazões médias horárias

	hora	vazão (L/s)
0	00:00:00	42.476299
1	00:15:00	42.636721
2	00:30:00	41.893399
3	00:45:00	41.900984
4	01:00:00	41.924430
..	...	...
91	22:45:00	47.431475
92	23:00:00	45.853618
93	23:15:00	45.188449
94	23:30:00	43.734539
95	23:45:00	43.027541

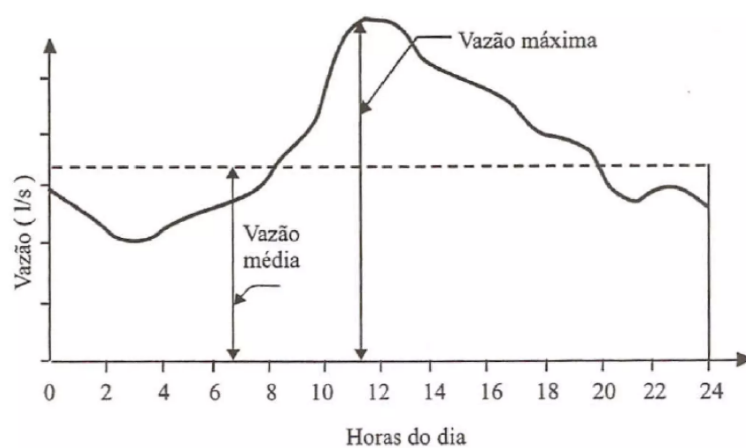
Fonte: Autora (2024).

Segundo Tsutiya (2006), k_2 é calculado pela Equação 2:

$$k_2 = \frac{Q_{\text{máxima horária no dia}}}{Q_{\text{média horária no dia}}} \dots\dots\dots(2)$$

Então, a partir do intervalo diário de valores filtrados, foram identificadas a vazão média entre eles e a máxima, e aplicadas na equação acima. Dispondo o intervalo de dados filtrados utilizados, obtém-se a Curva de Consumo Horário Médio ao longo de um dia, tal como o gráfico presente na Figura 11.

Figura 11 – Consumo horário médio ao longo do dia



Fonte: Tsutiya (2006).

2.3 Cálculo de k_3

O coeficiente de mínima vazão horária, k_3 , é calculado de forma muito semelhante ao k_2 , pois também se baseia na variação de vazão ao longo de um dia, porém, visa analisar a vazão mínima nesse intervalo. Portanto, os dados filtrados analisados para este cálculo foram os mesmos que para o k_2 .

Pela literatura, k_3 costuma ser calculado pela equação 3:

$$k_3 = \frac{Q_{\text{mínima horária no dia}}}{Q_{\text{média horária no dia}}} \dots\dots\dots(3)$$

Nesse caso, foram utilizadas a vazão média entre os dados filtrados, mesma média que em k_2 , e a menor vazão entre eles. O gráfico representativo é o mesmo da Figura 9, porém, analisando a vazão mínima.

2.4 Consumo ao longo dos dias da semana

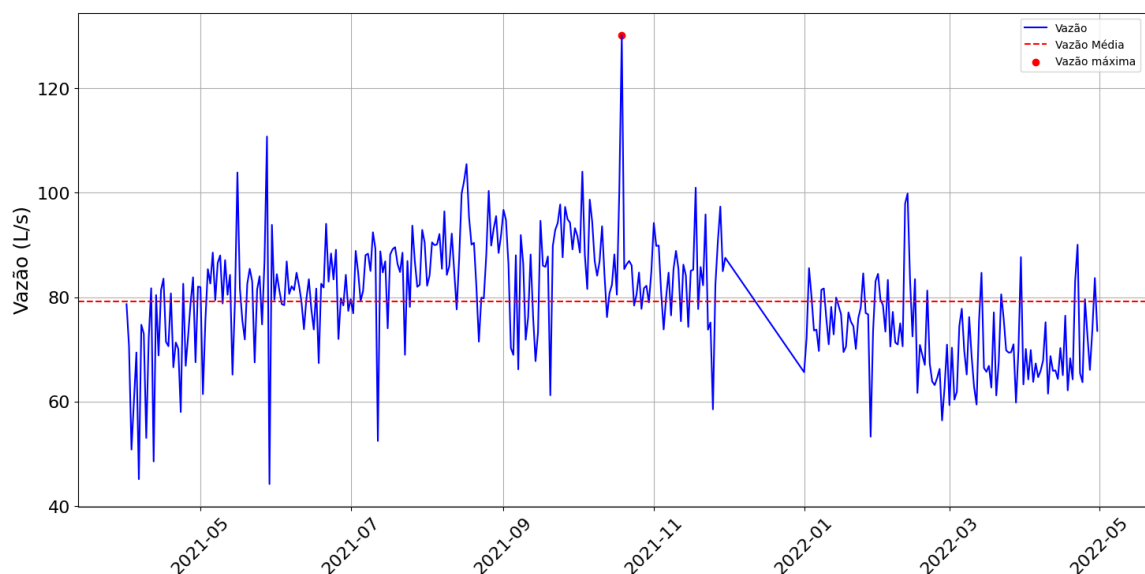
A fim de analisar o consumo de água da população do DMC, foram produzidas curvas de consumo ao longo de um dia para os sete dias da semana. Para isso, os dados foram lidos separadamente para cada dia, e agrupados de acordo com o horário. Então, foram calculados a média e o desvio para determinação dos limites, e os dados foram filtrados. Com isso, para cada horário, foi calculada a vazão média correspondente. Esse processo se repetiu para os sete dias da semana.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Curva de consumo médio diário

O seguinte gráfico foi obtido a partir do mesmo intervalo de vazão do coeficiente k_1 , que analisa o consumo diário médio ao longo de doze meses. Na imagem (Figura 12) é possível visualizar, além do padrão de uso da água, o pico de vazão e a linha da vazão média.

Figura 12 – Demanda média diária de água do DMC 39 no período de 01/04/2021 a 30/04/2022



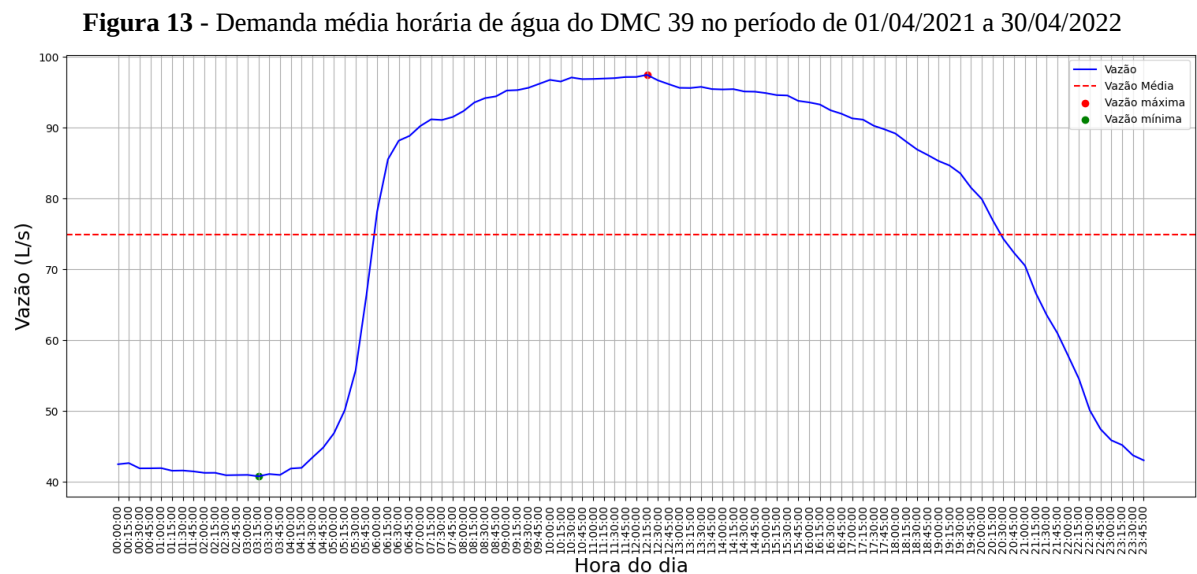
Fonte: Autora (2024).

Percebe-se que a curva mantém valores mais altos de consumo entre os meses de maio e novembro, e valores mais baixos entre janeiro e abril. Não foi identificada nenhuma justificativa

para esse padrão de consumo, porém essas tendências costumam se justificar com a variação do clima e com a chegada dos meses de férias, por exemplo. O maior consumo registrado se deu na metade do mês de outubro, em 2021. Nota-se que este pico destoa do restante da curva. As variações extremas e pontuais da vazão, incluindo a máxima, podem indicar falhas no abastecimento, sendo os picos para cima, vazamentos, e para baixo, falta d'água. A queda linear do consumo entre novembro e janeiro se dá pela falta de dados do mês de dezembro.

3.2 Curva de consumo médio horário

No gráfico da Figura 13 pode ser visto o consumo médio horário de água do DMC 39 no período de abril de 2021 a abril de 2022, e foi obtido calculando-se a média de vazão para cada horário a partir de todas as vazões de mesmo horário entre os dados filtrados. A curva de vazão média diária foi utilizada para o cálculo dos coeficientes k_2 e k_3 , porém o primeiro faz relação com a vazão máxima diária e o segundo com a mínima diária.



Fonte: Autora (2024).

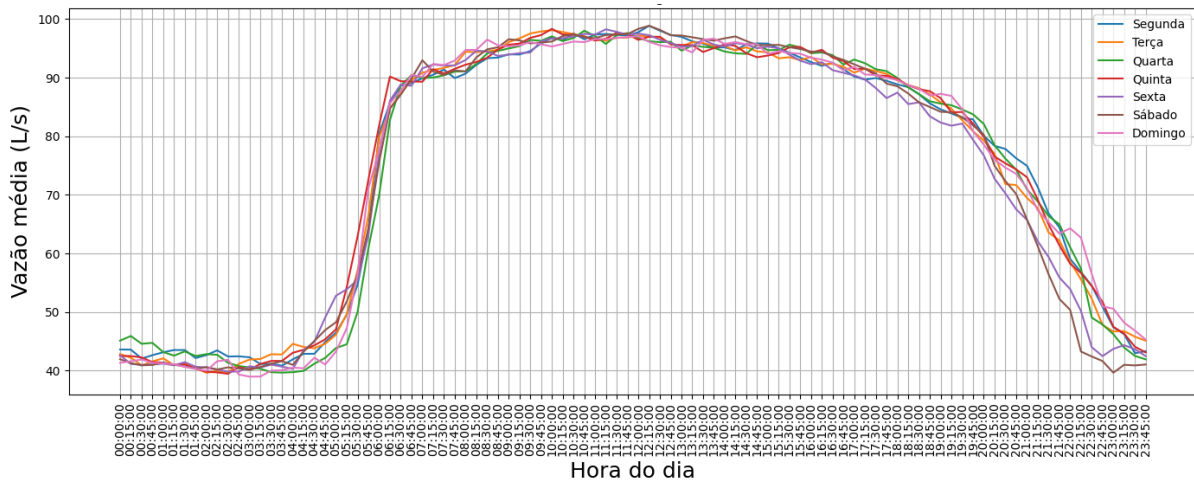
No gráfico, é possível ver que o pico de vazão ocorre próximo às 12:15 h, porém o consumo alto, acima de 85 L/s, se mantém desde as 06:15 h até 19:30 h. O valor mínimo ocorre de madrugada, às 03:15 h, se mantendo quase constante desde 00h, e depois do mínimo começa a subir. Esse consumo, um pouco acima dos 40 L/s, é considerado alto para a madrugada, e, segundo Tito (2023, p. 48), “a vazão dos vazamentos atinge valores de pico de madrugada devido às pressões elevadas”. Ainda, nota-se um aumento brusco de consumo entre 04:15 h e

06:15h, podendo ser justificado pelo horário em que grande parte da população acorda. A queda do consumo ocorre de maneira mais espaçada, entre 19:30h e 22:45 h.

3.3 Curvas de consumo médio horário ao longo da semana

Na Figura 14 abaixo estão representadas as curvas de consumo médio diário de acordo com o dia da semana. Foram obtidos a partir da separação dos dados por dia da semana, e então a média de vazão horária. Nota-se que, entre meia noite e 19:30 h, o consumo não varia notoriamente de acordo com o dia, porém, das 19:30h à meia noite, é possível perceber que a sexta-feira e, especialmente, o sábado têm reduções na demanda de água, enquanto o domingo apresenta maiores usos para o mesmo intervalo. Pode-se associar essa variação noturna de acordo com os hábitos da população da região: de domingo a quinta-feira, dias que no dia seguinte a população trabalhadora precisa acordar cedo, o consumo é maior, possivelmente representando a estadia em casa; e na sexta-feira e no sábado, dias em que se costuma sair à noite, a região demanda menores quantidades de água.

Figura 14 – Demanda média horária de água ao longo dos dias da semana do DMC-39 no período de 01/04/2021 a 30/04/2022



Fonte: Autora (2024).

3.4 Vazões

A partir dos intervalos utilizados para plotagem dos gráficos, foi possível extrair os valores de: vazão média diária; vazão média horária; vazão máxima diária; vazão máxima horária; e vazão mínima horária. Além desses dados, obteve-se também o horário ou data em que ocorreu.

Os resultados estão detalhados na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Resumo dos dados de vazão obtidos e data ou horário correspondente

	Valor	Data ou Horário
$Q_{\text{máxima diária}}$	130,14 L/s	19/10/2021
$Q_{\text{máxima horária}}$	97,48 L/s	12:15 h
$Q_{\text{mínima horária}}$	40,77 L/s	03:15 h
$Q_{\text{média diária}}$	79,26 L/s	-
$Q_{\text{média horária}}$	74,93 L/s	-

Fonte: Autora (2024).

3.5 Coeficientes k_1 , k_2 e k_3

Utilizando os métodos citados anteriormente, foram obtidos os valores de k_1 , k_2 e k_3 para o DMC-39, de acordo com os dados de consumo. A fim de analisar a discrepância entre os dados locais e os padronizados pela COMPESA, na Norma GPE-NI-014-01, e pela ABNT, na NBR 9649, os valores calculados e padronizados foram apresentados na Tabela 2. Também conta o resultado do coeficiente K, resultado da multiplicação dos coeficientes de majoração k_1 e k_2 , e a porcentagem da razão entre o valor padronizado e o calculado.

Tabela 2 - Comparação entre os k 's calculados e padronizados

Parâmetro	Calculado	Padrão	(Padrão / Calculado)	Situação do Dado Padronizado
k_1	1,64	1,2	73,09%	Subdimensionado
k_2	1,30	1,5	115,30%	Superdimensionado
$K = k_1 * k_2$	2,14	1,8	84,27%	Subdimensionado
k_3	0,54	0,5	91,89%	Subdimensionado

Fonte: Autora (2024).

Dado que k_1 é um coeficiente de majoração, se o valor padronizado da COMPESA é menor que o adequado para a localidade, então os projetos que utilizam apenas k_1 , como dimensionamentos de reservatórios, de estações de elevação de água e de estações de tratamento de água, estão subdimensionados em relação à realidade local. k_2 , como também coeficiente de majoração, está superdimensionando os projetos onde é aplicado, majorando acima do que se faz necessário. Ainda assim, dado que normalmente os projetistas utilizam K para majoração, quem o faz está subdimensionando o projeto. O k_3 , parâmetro que visa minorar a vazão com base nas vazões mínimas diárias, está subdimensionando o resultado mais do que o ideal.

4 CONCLUSÕES

O estudo mostra, a partir dos resultados obtidos para os coeficientes k_1 , k_2 e k_3 , que quando os valores utilizados para eles são os sugeridos pela COMPESA, portanto não obtidos de forma individualizada, e implantados em projetos na região do DMC-39, esses projetos se tornam subdimensionados. Porém, deve-se considerar também as anomalias no sistema de abastecimento, ainda que o distrito em questão seja um dos mais bem delimitados. A rede necessita de intervenções que vicem a redução das perdas de água e, dessa forma, obter-se dados mais próximos do real.

Os gráficos gerados indicam os horários e meses de picos de consumo e de queda nos mesmos, e espera-se que possam guiar a companhia responsável pelo abastecimento quanto ao controle da vazão destinada ao distrito. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a análise de dados de mais de um DMC, tais quais os distritos vizinhos ao estudado, a fim de realizar comparações dos coeficientes de majoração. Essa análise mostra a importância da utilização de dados precisos, com base no consumo de água local, uma vez que diversos parâmetros, como o clima e padrões sociais, alteram a tendência de consumo da população, de forma que as necessidades se mostram diferentes de uma população à outra. Esse tipo de falha de dimensionamento pode ser uma das causas dos problemas ligados ao abastecimento de água e coleta de esgoto da região de estudo, e também de outras regiões que não têm parâmetros locais. Contudo, o presente trabalho demonstrou que é possível obter esses resultados a partir da base de dados da própria companhia de saneamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio Janeiro, 1986.

COMPESA. **GPE-NI-014-01**: Diretrizes Gerais para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição de Água. Recife, 2021.

CAROLINETABOSA, 2024. TCC-Carolinne-Tabosa. GitHub. Disponível em: <https://github.com/carolinnnetabosa/TCC-Carolinne-Tabosa>. Acesso em: 23 de abril de 2024.

CRUZ, C. **Uma nova proposição para determinação do coeficiente da hora de maior consumo k2 a partir das capitais brasileiras**. 2021. 196 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.

DIAS, R. **Avaliação da ocorrência de microcontaminantes emergentes em sistemas de abastecimento de água e da atividade estrogênica do estinilestradiol**. 2014. 175 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

LINS, A. **Doenças infecciosas intestinais na primeira infância e serviços de saneamento básico nos municípios brasileiros entre 2010 e 2015: uma análise via regressão quantílica**. 2023. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós- Graduação em Economia Aplicada, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 63f.

TITO, G. B. **Localização e detecção de vazamentos em um sistema de distribuição de água: Estudo de caso na região metropolitana do Recife-PE**. 2023. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

CAROLINNE MARIA TABOSA DOS SANTOS CORDEIRO

**DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE CONSUMO DE ÁGUA UTILIZANDO A
LINGUAGEM *PYTHON*: um estudo de caso do DMC-39**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia Civil do
Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovado em 22 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edevaldo Miguel Alves (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Me. Gilvandro Barbosa Tito (Avaliador)
Universidade Federal de Pernambuco