



USO DA MODELAGEM HIDRÁULICA PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE INTERLIGAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM UMA LOCALIDADE NO MUNICÍPIO DE SOBRAL/CE

Carlos Vinicius de Carvalho Silva

Assistente técnico de Cadastro e Georreferenciamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

Lívia Figueira de Albuquerque⁽²⁾

Gerente de Cadastro e Georreferenciamento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

David Vitor Donato Peixoto⁽³⁾

Gerente dos Serviços de Água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

Kemmison Luiz Paula Sousa⁽⁴⁾

Diretor de Engenharia do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

David Emerson Farias Eugênio⁽⁵⁾

Diretor de Operações do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

Gustavo Paiva Weyne Rodrigues⁽⁶⁾

Diretor-Presidente do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral.

Endereço⁽¹⁾: Rua Doutor Monte, 563 - Centro - Sobral - Ceará - CEP: 62.011-200 - Brasil - Tel: +55 (88) 9.8115-0499 – email: carlosvinicius@saaesobral.com.br.

RESUMO

O abastecimento de água potável, uma das vertentes do saneamento básico, é um provedor de saúde e qualidade de vida humana. No município de Sobral/CE, a localidade conhecida popularmente como Marrecas é abastecida por água bruta advinda de uma captação subterrânea. Entretanto, a população estava suscetível a contrair doenças devido à qualidade dessa água, pois não recebia tratamento químico antes da distribuição. Devido a esta problemática, o objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade técnica de interligação da rede existente na localidade com a rede de distribuição de água mais próxima da sede do município. Para o desenvolvimento do estudo, realizou-se o cadastro técnico *in loco* da rede de distribuição da localidade. Posteriormente, realizou-se a medição da pressão no ponto de injeção como dado de entrada para a análise no simulador hidráulico *Epanet*. Em análise, observaram-se que os parâmetros normativos de pressão e perda de carga estão em conformidade com a NBR 12218 (ABNT, 2017), apresentando pressão dinâmica mínima de 11,39 mca e perda de carga máxima de 4,52 m/km. Portanto, mediante a viabilidade atestada pelo modelo hidráulico, realizou-se a interligação entre as redes e a localidade foi abastecida com água tratada. A interligação não acarretou prejuízos operacionais, validando, assim, a eficácia do estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de distribuição de água; Modelagem hidráulica; Viabilidade técnica; Qualidade da água.

INTRODUÇÃO

O acesso à água é um fator inestimável para o desenvolvimento humano, pois além de permitir a sobrevivência das espécies, é um recurso que acarreta propriedades econômicas, sociais e oportunidades de higiene para a população. Segundo Widiarti (2020), o desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos são um dos fundamentos da vida humana.

O sistema de abastecimento de água (SAA), uma das vertentes do saneamento básico, é o conjunto de componentes responsáveis pela captação, tratamento, transporte, reservação e distribuição da água até o consumidor final. A ação gera consequências diretas para os custos de saúde, pois a cada US\$1,00 investido no saneamento reflete em US\$4,30 que seriam aplicados na área da saúde. (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2020).

A economia indicada é observada pela disponibilização de água tratada no SAA, pois a água é o principal transmissor de doenças, onde se estima que aproximadamente de 80% das doenças transmitidas nos países em

desenvolvimento são causados pela má qualidade da água consumida, apresentando doenças como a cólera, diarreia, giardíase, febre tifoide, entre outras. (RICHTER & NETTO, 1991).

A rede de distribuição de água (RDA) é a estrutura do SAA que é responsável por transportar a água dos reservatórios até o consumidor final de forma contínua, com pressões satisfatórias, quantidade e qualidade (Tsutiya, 2006). Visando garantir o adequado funcionamento da RDA, a NBR 12218 (ABNT, 2017) recomenda parâmetros de pressões, perdas de carga e velocidades a serem seguidos.

Atualmente, diversos projetistas empregam o uso de *softwares* para a modelagem hidráulica de RDA com o objetivo de estudar o comportamento de redes existentes e/ou a concepção de novas redes. Um dos *softwares* mais renomados para análises hidráulicas é o *Epanet*, um programa de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento e da qualidade da água em redes de distribuição pressurizada (ROSMANN, 2009) desenvolvido por *Lewis Rosmann* e distribuído de forma gratuita pela *U. S. Environmental Protection Agency (USEPA)*.

O sistema de abastecimento de água da cidade de Sobral, localizada na região Norte do estado do Ceará, é gerenciado pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sobral (Saae), uma Autarquia Municipal criada pela Lei municipal nº 88 (SOBRAL, 1961), no qual realiza o abastecimento de água da sede do município por meio da captação nos Rios Acaraú e Jaibaras e realiza o processo de tratamento convencional com floculação, decantação, desinfecção e fluoretação, garantindo desta forma a potabilidade da água para o consumo.

A localidade Marrecas pertence à sede de Sobral/CE e está situada nas proximidades do Bairro Antônio Carlos Belchior, conforme a figura 1. A captação ocorre em um poço artesiano e fornece água para 106 (cento e seis) residências. A água não era tratada e os moradores estavam suscetíveis a contrair doenças devido à qualidade deficiente, pois não recebia tratamento adequado após o processo de captação. A tabela 1 apresenta as especificações do sistema existente.

Devido a problemática supracitada e pelos relatos dos moradores sobre a escassez de água em alguns momentos do dia, o estudo de interligação da rede justificou-se pela necessidade de proporcionar saúde aos moradores da localidade em questão, fornecendo água de qualidade e em quantidade suficientes para atender as demandas de consumo.

Tabela 1: Especificações da estrutura do SAA da localidade Marrecas antes da interligação.

DESCRIÇÃO DA SAA DA LOCALIDADE MARRECAS	
Captação	Bomba Flutuante
Tipo de Tratamento da água	Inexistente
Especificações do reservatório	Reservatório do tipo elevado, com diâmetro de 3 metros, altura de fuste de 9,5 metros e nível d'água de 3,5 metros.
Total de residências abastecidas	106 residências
Tubulação constituinte	4.854 metros de tubulação de PVC PBA DN50 e 340 metros de tubulação de PVC PBA DN25.

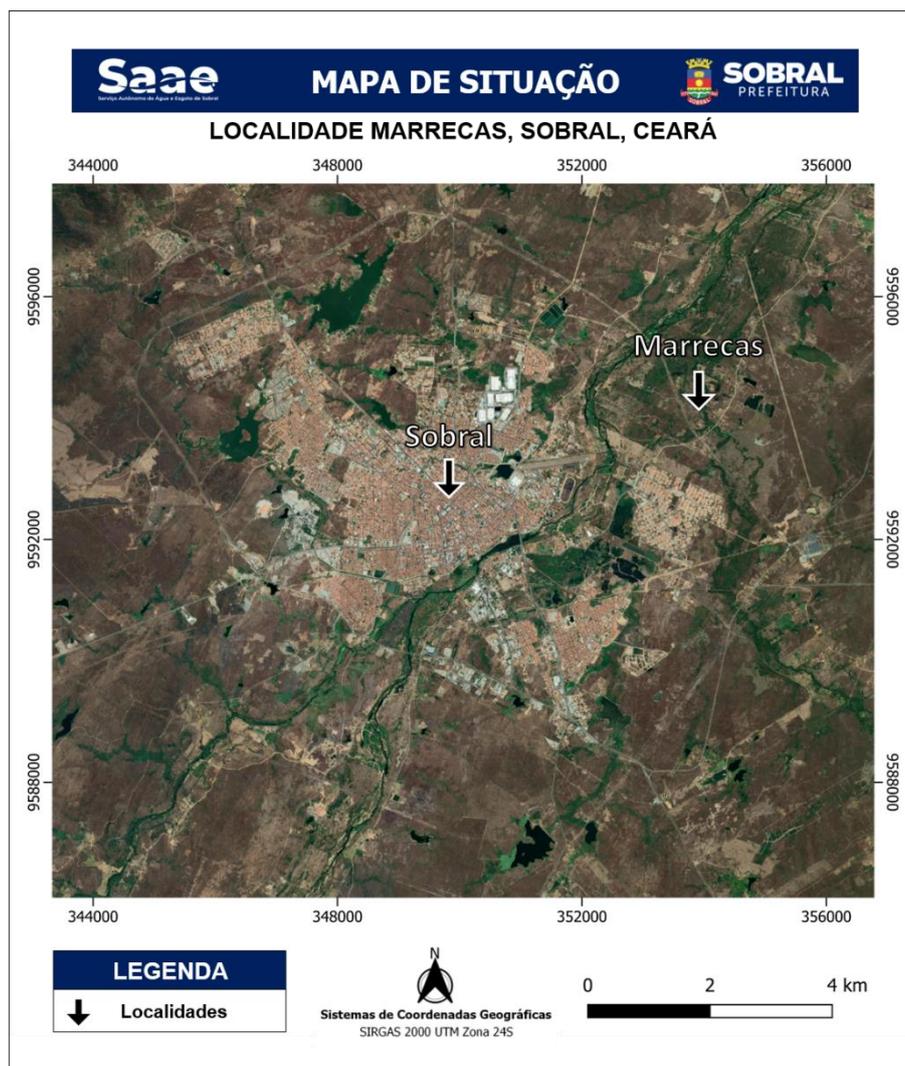


Figura 1: Mapa de situação da localidade Marrecas e do município Sobral.

OBJETIVO

O estudo propôs a interligação entre a rede de distribuição de água do município de Sobral/CE mais próxima com a rede da localidade Marrecas após o estudo de análise do comportamento hidráulico visando garantir os parâmetros técnicos vigentes da NBR 12218 (ABNT, 2017) para atender as demandas de consumo da localidade de forma contínua em quantidade, em qualidade e em pressão adequadas.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização do estudo, a criação do modelo hidráulico foi realizada em quatro etapas. Primeiramente, houve uma visita técnica *in loco* para o cadastro técnico das informações do SAA, rede de distribuição e reservatório, seguindo as orientações do operador do sistema existente.

Em seguida, utilizou-se o *software Autocad Civil 3D 2022*, que permite a visualização da área de estudo via satélite para realizar o traçado da rede. Posteriormente, utilizou-se o *Epacad*, um conversor de exportação do traçado do *Autocad Civil* para o *Epanet 2.2*, programa utilizado para realizar a última etapa, a simulação hidráulica do estudo. A figura 2 apresenta um fluxograma com o resumo das etapas realizadas.

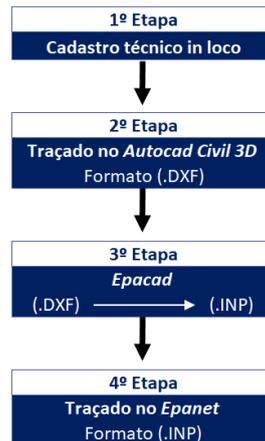


Figura 2: Fluxograma da metodologia utilizada.

A rede de distribuição do Saae mais próxima à rede analisada é composta por uma tubulação de PVC PBA DN50, sendo esta uma ramificação da rede de distribuição do Bairro Antônio Carlos Belchior, na qual a distribuição é feita por intermédio de um reservatório elevado de 20 metros de altura e 250 m³ de capacidade volumétrica. A proposta de interligação está representada na figura 3. A linha em azul indica a rede do Saae que foi utilizada para o injetamento e as linhas em amarelo representam a rede de distribuição da localidade.



Figura 3: Planta de concepção de interligação entre os sistemas.

Além disso, mediu-se *in loco* a pressão em um dos pontos de injetamento da rede para inserção do referido dado na simulação hidráulica como dado de entrada. O resultado do manômetro pode ser visualizado na figura 4, obtendo-se o valor de 48 psi, equivalente a 33 mca.



Figura 4: Medição de pressão no ponto de injetamento.

Com os dados obtidos em campo da rede de distribuição e de pressão no ponto de injetamento, foi realizada a estruturação do modelo hidráulico da localidade. Com o arquivo exportado para o Epanet, foram inseridas informações adicionais para a execução da simulação, como diâmetros das tubulações, cotas e demandas dos nós. As demandas dos nós foram calculadas de acordo com a contribuição das residências dispostas na metade dos trechos adjacentes ao nó. A equação 1 representa o cálculo e a figura 5 exemplifica a metodologia.

$$Q = \sum \frac{n_i \cdot q \cdot p_i}{86400} \quad (1)$$

Em que:

- n_i é o número de residências dispostas na metade das extensões dos tubos conectado aos nós;
- q é o consumo per capita, sendo considerado 150 L/hab.dia;
- p_i é o total de habitantes da residência, sendo considerado 5 pessoas por residência.

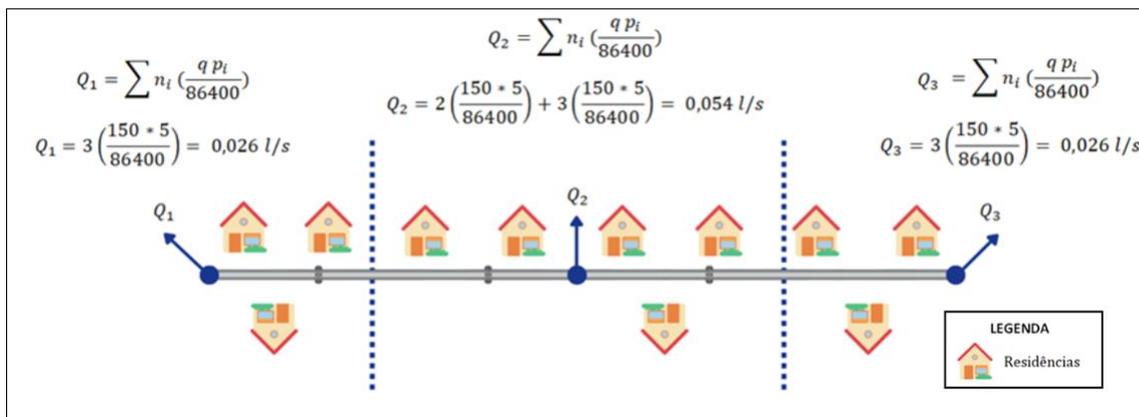


Figura 5: Exemplo de metodologia aplicada para o consumo nodal.

O outro dado utilizado para criação do modelo foi o estabelecimento de um padrão de variação de consumo ao longo do dia, conforme indicado na figura 6, seguindo o sugerido pelo manual do Epanet.

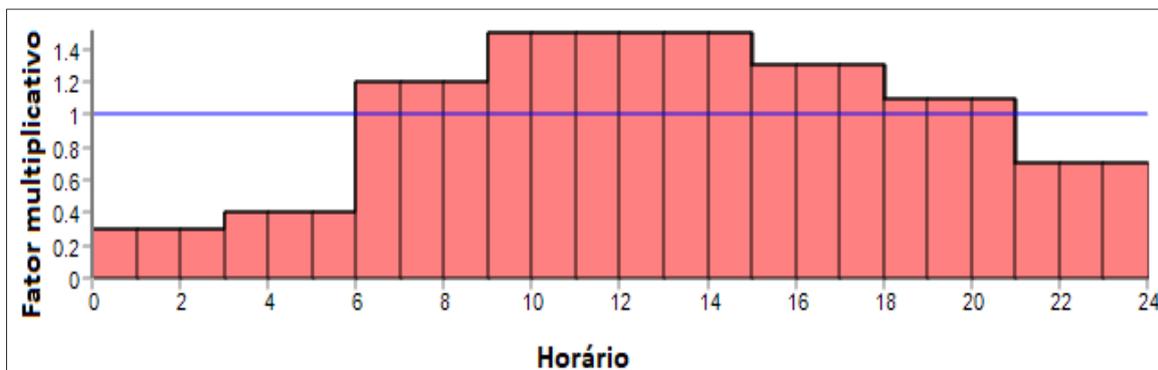


Figura 6: Padrão temporal adotado na simulação hidráulica.

RESULTADOS OBTIDOS

Após a inserção de todos os dados de entrada na modelagem, executou-se a simulação hidráulica para a aquisição dos resultados apresentados a seguir.

Pressões

A pressão é a tensão exercida pelo fluido suficiente para percorrer as paredes da tubulação até chegar ao seu destino final: o usuário. Para análise das pressões, realizaram-se duas simulações: a estática, quando a água está em repouso, consumo nulo, e a dinâmica, quando a água está em movimento. As pressões estáticas apresentaram valores entre os intervalos de 11,74 mca e 31,86 mca. As pressões dinâmicas foram analisadas durante 24 horas considerando as variações de consumo. No horário de 12h, período de maior consumo, as pressões variaram de 11,39 mca a 33,06 mca.

A figura 7 apresenta a análise das pressões estáticas por meio do modelo hidráulico e a figura 8 as pressões dinâmicas no horário de maior consumo. Os resultados detalhados das pressões estáticas e dinâmicas são indicados na tabela 2 e 3.

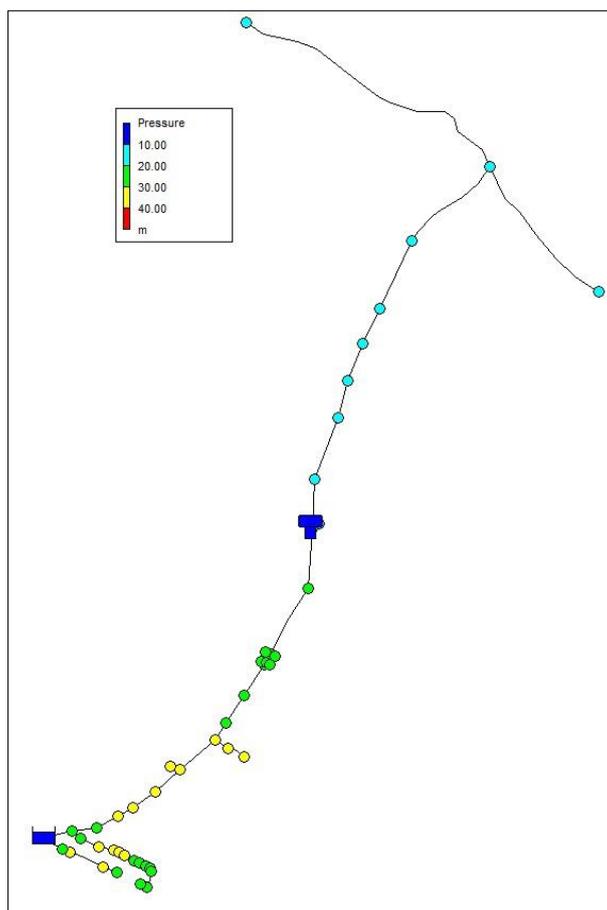


Figura 7: Pressões estáticas da rede de distribuição de água interligada.

Tabela 2: Valores das pressões estáticas dos nós .

Nó	Pressão (m)						
Junc 2	29,88	Junc 14	25,81	Junc 28	23,62	Junc 43	23,62
Junc 3	30,87	Junc 16	31,67	Junc 29	31,65	Junc 44	23,62
Junc 4	31,86	Junc 17	29,89	Junc 32	30,65	Junc 45	13,88
Junc 5	30,86	Junc 18	30,06	Junc 33	31,69	Junc 46	11,74
Junc 6	30,85	Junc 20	16,38	Junc 34	32,74	Junc 47	13,68
Junc 7	28,85	Junc 21	18,28	Junc 35	31,79	Junc 48	26,62
Junc 8	27,84	Junc 22	13,37	Junc 36	31,82	Junc 49	25,62
Junc 9	27,84	Junc 23	11,99	Junc 37	29,85	Junc 50	14,48
Junc 10	26,84	Junc 24	11,99	Junc 39	31,69	Junc 19	27,63
Junc 11	26,84	Junc 25	23,62	Junc 40	31,65	Junc 31	15,63
Junc 12	30,71	Junc 26	23,62	Junc 41	29,64	Junc 38	29,67
Junc 13	29,76	Junc 27	23,62	Junc 42	23,62	Junc 51	25,81
Junc 15	14,57						

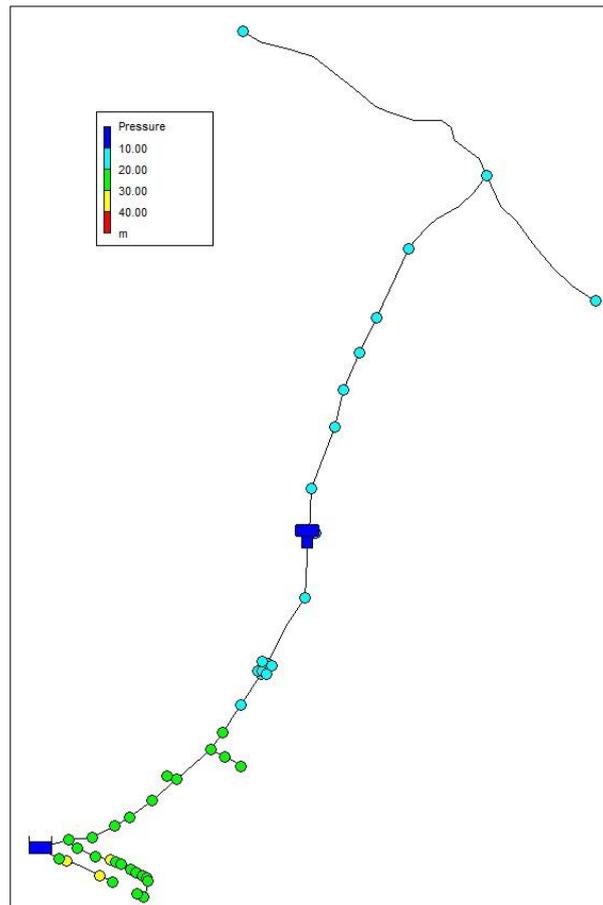


Figura 8: Pressões dinâmicas da rede de distribuição de água interligada no horário de maior consumo.

Tabela 3: Valores das maiores e menores pressões dinâmicas dos nós.

Horário (h)	Menor Pressão (mca)	Maior Pressão (mca)	Horário (h)	Maior Pressão (mca)	Menor Pressão (mca)
0	33,06	11,97	13	11,27	30,97
1	31,91	11,92	14	11,42	30,97
2	31,91	11,92	15	11,36	31,19
3	31,87	11,9	16	11,55	31,19
4	31,87	11,89	17	11,39	31,19
5	31,87	11,89	18	11,64	31,38
6	31,29	11,58	19	11,54	31,38
7	31,29	11,47	20	11,6	31,38
8	31,29	11,55	21	11,73	31,7
9	30,97	11,31	22	11,78	31,7
10	30,97	11,37	23	11,77	31,7
11	30,97	11,3	24	11,88	31,91
12	30,97	11,39			

Perda de carga

A perda de carga é a energia perdida pela unidade de percurso do fluido quando este escoar, causada pelo atrito da água com a tubulação e da água com as conexões hidráulicas. Para a rede das Marrecas após a interligação, os valores da perda de carga apresentaram valores satisfatórios entre 0,00 m/km e 4,52 m/km, como indicado na figura 9 e na tabela 4.

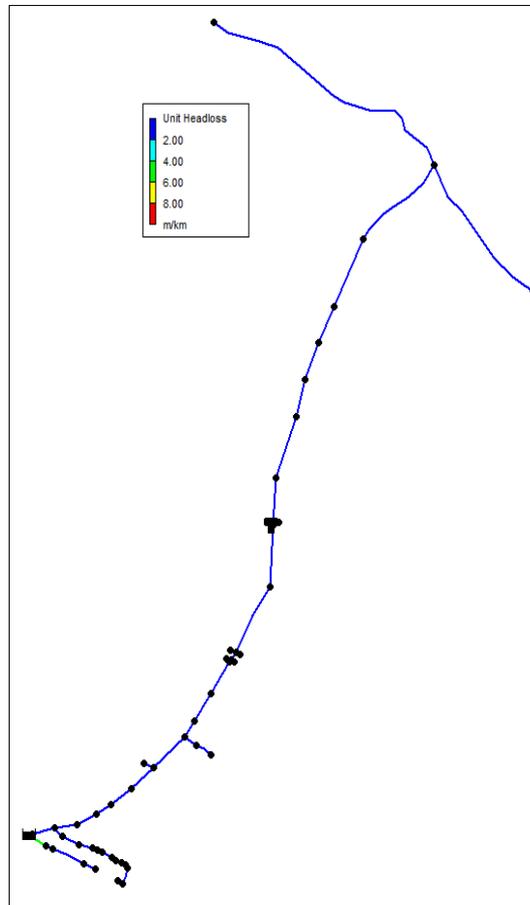


Figura 9: Perda de carga da rede de distribuição de água interligada.

Tabela 4: Valores da perda de carga na tubulação.

Tubulação	Perda de Carga (m/km)	Tubulação	Perda de Carga (m/km)	Tubulação	Perda de Carga (m/km)
Pipe 2	0,21	Pipe 18	3,73	Pipe 39	0
Pipe 3	0,21	Pipe 19	0,18	Pipe 40	0,03
Pipe 4	0,15	Pipe 20	0,01	Pipe 41	0,74
Pipe 5	0,15	Pipe 21	0	Pipe 42	0,6
Pipe 6	0,15	Pipe 22	0	Pipe 43	0,47
Pipe 7	0,15	Pipe 23	0	Pipe 44	0
Pipe 8	0,09	Pipe 27	0,47	Pipe 45	0,01
Pipe 9	0,07	Pipe 28	0,47	Pipe 47	0,26
Pipe 10	0,06	Pipe 29	0,47	Pipe 48	4,52
Pipe 11	1,67	Pipe 30	0,47	Pipe 49	0,23
Pipe 12	0,59	Pipe 32	0,04	Pipe 50	0,03

Pipe 13	0,05	Pipe 33	0,03	Pipe 53	0,13
Pipe 14	0,05	Pipe 34	0,13	Pipe 54	0,06
Pipe 15	0,35	Pipe 35	0,26	Pipe 55	0,44
Pipe 16	0,47	Pipe 37	0,04	Pipe 56	0,36
Pipe 17	1,94	Pipe 38	0	Pipe 1	0,44
Pipe 25	0	Pipe 26	1,12		

Velocidade

As velocidades são critérios importantes para o desempenho de uma RDA, pois valores elevados podem ocasionar problemas de ruídos durante o escoamento do fluido, desgastes na tubulação por atrito e cavitação, aumento das perdas de cargas e grandes custos de manutenção, segundo Tsutiya (2006).

Para a rede analisada, o valor mínimo e máximo de velocidade obtido foi de 0,00 m/s e 0,99 m/s, respectivamente, conforme indicado na figura 10 e na tabela 5, satisfazendo as condições de funcionamento proposto.

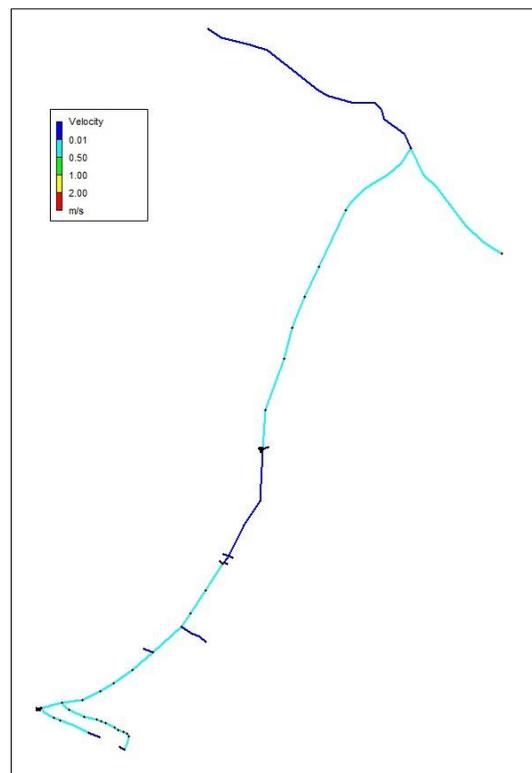


Figura 10: Velocidades da rede de distribuição de água interligada.

Tabela 5: Valores das velocidades das tubulações da RDA.

Horário (h)	Menor Velocidade (m/s)	Maior Velocidade (m/s)	Horário (h)	Menor Velocidade (m/s)	Maior Velocidade (m/s)
0	0,00	0,10	13	0,01	0,99
1	0,00	0,67	14	0,01	0,99
2	0,00	0,67	15	0,01	0,94
3	0,00	0,70	16	0,01	0,94



4	0,00	0,70	17	0,01	0,94
5	0,00	0,70	18	0,01	0,89
6	0,00	0,91	19	0,01	0,89
7	0,01	0,91	20	0,01	0,89
8	0,01	0,91	21	0,00	0,78
9	0,01	0,99	22	0,00	0,78
10	0,01	0,99	23	0,00	0,78
11	0,01	0,99	24	0,00	0,67
12	0,01	0,99			

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para validação dos resultados obtidos, foi realizada a análise dos dados da modelagem hidráulica empregando como referência os valores indicados na NBR 12218 (ABNT, 2017), com a função de garantir o adequado funcionamento da rede após a interligação com a macrorrede municipal.

Para o critério de funcionamento das pressões, a norma supracitada estabelece dois tipos de categorias: a pressão estática máxima (PEM) de valor 40 mca e a pressão dinâmica mínima (PDM) de valor 10 mca. Para a rede analisada, a PDM e a PEM atenderam aos critérios indicados, no qual o menor valor de PDM foi de 11,39 mca e PEM de 31,86 mca, mostrando que não haverá problemas de fornecimento de água por falta de pressão e rompimentos nas tubulações.

No critério de perda de carga, a norma estabelece um limite máximo admissível no valor de 10m/km. Pelos resultados obtidos é possível verificar que a rede se comporta dentro do limite estabelecido em norma, com um valor máximo de 4,52 m/km. Em relação às velocidades, o valor máximo obtido foi de 0,99 m/s, satisfazendo as condições de funcionamento proposto.

CONCLUSÃO

O trabalho teve como objetivo realizar um estudo de viabilidade técnica de interligação da macrorrede da cidade de Sobral com a rede de distribuição de água da localidade Marrecas seguindo os parâmetros técnicos da NBR 12218 (ABNT, 2017). Para tal, utilizou-se o simulador hidráulico *Epanet* para analisar os parâmetros hidráulicos.

Com os resultados obtidos, foi possível averiguar que os critérios de pressões estáticas e dinâmicas, perdas de carga e velocidades satisfizeram os limites normativos. Desta forma, após a análise no *software*, houve a interligação entre as redes realizada pelo Saae, contemplando todas as residências com água de qualidade e em quantidade suficiente, conforme relatava no modelo hidráulico criado.

Portanto, o estudo validou que a modelagem hidráulica é uma ferramenta de gestão de sistemas de abastecimento de água, favorecendo a tomada de decisões com base nos resultados obtidos, pois a rede de distribuição da localidade Marrecas confirmou-se que a interligação proporcionou fornecimento de água a população sobralense.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218:2017 Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, 2017.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. OMS: Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. Nações Unidas, 2004. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt->

br/55290-oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global>.
Acesso em: 19 de maio 2022.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. Tratamento de água: tecnologia atualizada. 1ª ed. São Paulo. Editora: Edgard Blucher Ltda, 1991.

ROSSMAN, L. A. EPANET 2.0: Manual do Usuário. Tradução de Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – UFPB, Brasil. 2000.

SOBRAL. Lei municipal nº 88 nº 88, de 8 de agosto de 1961. Cria o Serviço Autônomo de Água e Esgotos. Sobral: Prefeitura Municipal de Sobral, 1961. Disponível em: https://www.camarasobral.ce.gov.br/painel/files/docs/norma_lei/LO088196119610808001pdf26062015105701.pdf. Acesso em: 26 jul. 2022.

TSUTIYA, M, T. Abastecimento de Água. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3ª Edição, 2006.

WIDIARTI, W.Y.; *et al.* Evaluation of pipe network distribution system using EPANET 2.0 (a case study of the city of Jember). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2020.