

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

MODELO HIDRÁULICO COMPUTACIONAL DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE OLIVENÇA – ILHÉUS, BA

Graziela Santos Sousa¹; Manoel Camilo Moleiro Cabrera²

Abstract: Providing water to the population in adequate quality and quantity is directly linked to public health, as well as to social and economic development. Population growth directly influences water consumption, increasing the demand on supply systems, which may require operational interventions. Additionally, water losses during the distribution process compromise the availability of water resources, lead to energy waste, and increase water production costs. By applying hydraulic modeling software, it is possible to analyze current and future scenarios to study optimized solutions to various network-related problems, such as excessively high or low pressures in certain areas, which affect the quality and quantity of water supplied. In this context, this study aimed to analyze the operation and hydraulic parameters of the Olivença water supply system, located in Ilhéus – BA, through computational modeling using the EPANET 2.0 software. The network layout and all necessary modeling data were obtained from the Bahian Water and Sanitation Company (EMBASA). After creating the model, four different scenarios were simulated, and the pressure and velocity results were analyzed based on technical standards. The simulation revealed the presence of critical points with pressures below the acceptable limit and velocities lower than the minimum required, reinforcing the importance of modeling as a support tool for efficient network management.

Resumo: O abastecimento de água para a população com qualidade e quantidade adequadas está ligado de forma direta às necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento social e econômico. O crescimento populacional influencia diretamente o consumo de água, aumentando a demanda dos sistemas de abastecimento, que podem necessitar de intervenções operacionais. Além disso, as perdas de água que ocorrem no processo de distribuição comprometem a disponibilidade hídrica dos mananciais, causam o desperdício de energia elétrica e aumentam o custo de produção de água. Com a aplicação de softwares de modelagem hidráulica, pode-se analisar cenários atuais e futuros para estudar soluções referentes a diversos problemas na rede de forma otimizada, como, por exemplo, pressões muito elevadas ou muito baixas em algumas regiões que interferem na qualidade e quantidade de água disponibilizada. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo analisar o funcionamento e os parâmetros hidráulicos do sistema de abastecimento de água de Olivença, em Ilhéus – BA, por meio de modelagem computacional utilizando o software EPANET 2.0. O traçado da rede e as informações necessárias à modelagem foram levantados junto à Empresa Baiana de Águas e Saneamento – EMBASA. Após a criação do modelo, foram simulados quatro cenários distintos, e os resultados de pressão e velocidade foram analisados com base nas referências normativas. A simulação evidenciou a existência de pontos com pressões inadequadas e velocidades abaixo do ideal, reforçando a importância da modelagem como ferramenta de apoio à gestão da rede.

Palavras-Chave – Modelagem hidráulica; EPANET; abastecimento de água.

1) Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus – BA. E-mail: grazielasousa.eng@gmail.com
2) Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus – BA. E-mail: mcmcabrera@uesc.br

1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água para a população com qualidade e quantidade adequadas está diretamente ligado à saúde, ao bem-estar e ao desenvolvimento social e econômico. O crescimento populacional e as mudanças climáticas influenciam o consumo e a disponibilidade de água, exigindo sistemas de abastecimento mais eficientes e resilientes (Konçagül et al., 2020).

A Lei nº 11.445/2007 estabelece que a política pública de saneamento deve ser articulada ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que publica anualmente diagnósticos sobre os serviços prestados. Segundo dados do SNIS, em 2019, o Brasil registrou um índice de perdas na distribuição de 39,2%, enquanto na região Nordeste o índice foi ainda mais alto, alcançando 45,7% (BRASIL, 2020). Essas perdas comprometem a disponibilidade hídrica, causam desperdícios de produtos químicos, energia elétrica e mão de obra, e elevam os custos operacionais.

Ferramentas de modelagem computacional têm se mostrado importantes aliadas no planejamento, operação e controle de sistemas de abastecimento. Ao permitir a simulação de cenários físicos, temporais e operacionais, essas ferramentas contribuem para decisões mais assertivas (Cavalcante, 2019). Dentre os softwares disponíveis, destaca-se o EPANET 2.0, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA) e traduzido no Brasil pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS/UFPB), sendo amplamente utilizado na análise de redes pressurizadas (Santos, 2019).

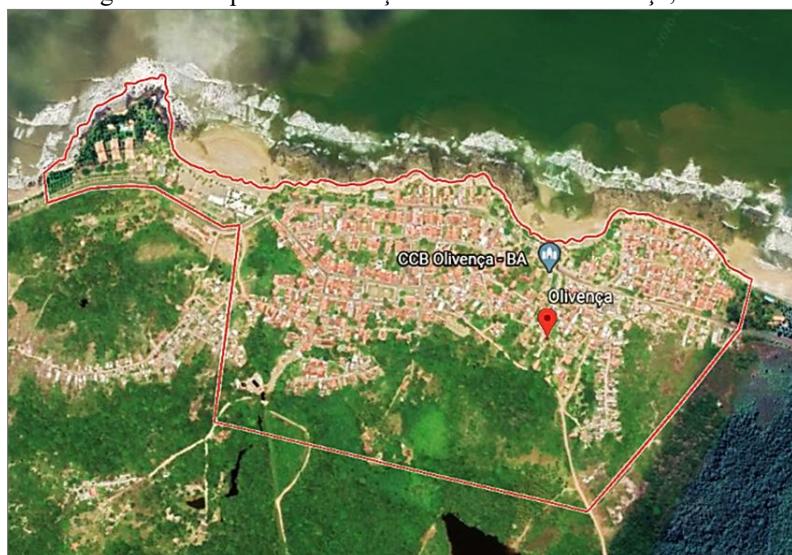
Diante desse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar o funcionamento do sistema de abastecimento de água do distrito de Olivença, em Ilhéus – BA, por meio da construção de um modelo hidráulico computacional no software EPANET 2.0, simulando diferentes cenários de demanda e avaliando os parâmetros de pressão, velocidade e perda de carga da rede.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no distrito de Olivença, representado na figura 1, localizado a aproximadamente 15 km ao sul da sede de Ilhéus – BA, com acesso pela rodovia BA-001. A área está inserida nas coordenadas 14°56'48" S e 39°00'43" O. O sistema local de abastecimento de água é operado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

Figura 1 – Mapa de delimitação do distrito de Olivença, BA.



Fonte: Google Earth, 2021.

2.2 Caracterização do sistema

O sistema de abastecimento de Olivença é composto por uma estação elevatória de água bruta, estação de tratamento de água (ETA), reservatório apoiado de 150 m³ e rede de distribuição com extensão de aproximadamente 4.200 m. A captação é feita no rio Tororomba e a água é conduzida por bombeamento até a ETA, com capacidade de 20 L/s. Após o tratamento, a água é elevada até o reservatório, de onde segue por gravidade para os consumidores. A rede de distribuição apresenta trechos com diferentes diâmetros e materiais (PVC e DeFoFo), variando entre 53,4 mm e 156,4 mm de diâmetro interno. Abaixo a tabela 1 com a identificação dos trechos.

Tabela 1 - Comprimento e diâmetro de cada trecho da rede

Identificador	Comprimento (m)	Diâmetro interno (mm)
P1	71,94	97,8
P2	115,50	97,8
P3	68,93	97,8
P4	51,37	97,8
P5	128,40	75,6
P6	215,40	156,4
P7	134,01	156,4
P8	201,00	97,8
P9	22,88	97,8
P10	73,64	75,6
P11	273,50	97,8
P12	153,70	53,4
P13	56,26	75,6
P14	215,00	53,4
P15	137,60	53,4
P16	157,30	97,8
P17	205,20	53,4
P18	224,50	53,4
P19	115,00	75,6
P20	110,00	75,6
P21	358,30	53,4
P22	461,80	53,4
P23	100,60	53,4
P24	437,10	75,6
P25	217,70	53,4

Fonte: Adaptado da EMBASA, 2020.

2.3 Dados utilizados

Os dados hidráulicos e cadastrais foram fornecidos pela EMBASA, incluindo croquis, informações sobre diâmetros, materiais e extensões das tubulações, além de relatórios operacionais do sistema COPAE. Para o cálculo dos volumes consumidos, foram utilizados dados do período de 2017 a 2019, excluindo os anos de 2020 e 2021 em razão das distorções causadas pela pandemia de Covid-19.

2.4 Definição dos cenários de consumo

Foram definidos quatro padrões de consumo para simulação:

- (i) médio anual,
- (ii) verão (dezembro a fevereiro),
- (iii) inverno (junho a agosto),
- (iv) consumo máximo (fevereiro de 2019).

O consumo médio foi calculado com base nos volumes disponibilizados pela EMBASA e nos dados do SNIS (BRASIL, 2020).

2.5 Construção do modelo hidráulico

A modelagem da rede foi realizada no software EPANET 2.0. O croqui foi convertido para formato DXF no AutoCAD 2021 e importado com auxílio do plugin EPACAD. Os nós, trechos e demais componentes foram simplificados e ajustados para garantir a consistência do modelo. A figura 2 mostra os nós determinados no mapa.

Figura 2 – Imagem do mapa de Olivença com os pontos de consumo marcados



Fonte: Google Earth, 2021.

As cotas altimétricas foram obtidas pelo Google Earth Pro, que também foi utilizado na estimativa das áreas edificadas. O consumo em cada nó foi distribuído proporcionalmente à área de influência e à densidade edificada, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Consumo-base e cota correspondente a cada nó da rede

Identificador	Área de influência (m ²)	Consumo-base (l/s)	Cota (m)
Nó1	24908	0,521615	30
Nó2	24407	0,511123	24
Nó3	34202	0,716247	26
Nó4	57699	1,208313	16
Nó5	16907	0,354061	32
Nó6	37220	0,779448	9
Nó7	14325	0,299989	47
Nó8	18495	0,387316	14
Nó9	30157	0,631538	7
Nó10	20550	0,430351	36
Total	278870	5,84	

Fonte: Acervo da autora.

Foram definidos padrões de variação horária para a demanda, tabela 3, e inserida uma curva real de bomba (modelo Megabloc 50-125 da KSB), conforme dados fornecidos pela EMBASA. As perdas de carga ao longo dos trechos da rede foram calculadas por meio da equação empírica de Hazen-Williams, considerando o coeficiente de rugosidade adequado ao material das tubulações, conforme os dados fornecidos pela EMBASA.

Tabela 3 - Padrões de consumo para as quatro simulações

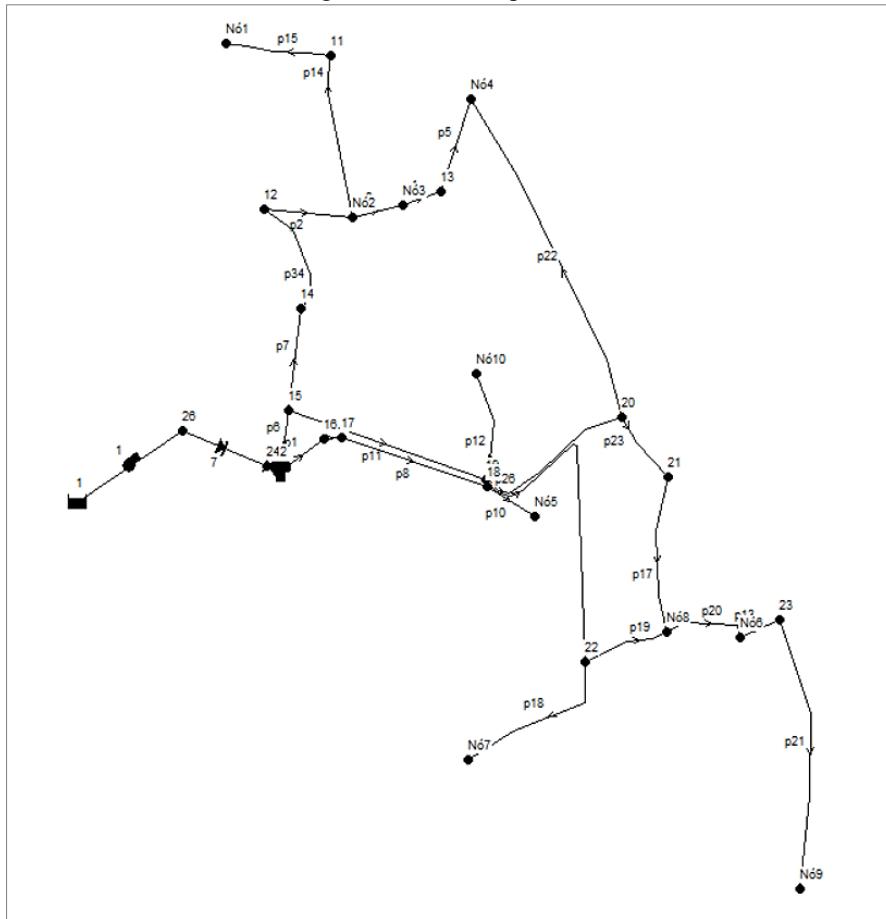
Horário	Padrão inverno	Padrão médio anual	Padrão verão	Padrão máximo
0:00 às 03:00	0,25	0,30	0,39	0,52
03:00 às 06:00	0,33	0,40	0,51	0,70
06:00 às 09:00	0,99	1,20	1,54	2,09
09:00 às 12:00	1,24	1,50	1,93	2,61
12:00 às 15:00	1,24	1,50	1,93	2,61
15:00 às 18:00	1,08	1,30	1,67	2,26
18:00 às 21:00	0,91	1,10	1,41	1,91
21:00 às 00:00	0,58	0,70	0,90	1,22

Fonte: Acervo da autora.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na modelagem realizada no software EPANET 2.0, foram simulados quatro cenários de operação da rede de distribuição do distrito de Olivença: padrão de consumo médio anual, padrão de verão, padrão de inverno e padrão de consumo máximo. Os parâmetros analisados foram os valores de pressão nos nós, velocidades nos trechos e perda de carga. A figura 3 apresenta a rede no EPANET.

Figura 3 - Rede simplificada



Fonte: Acervo da autora.

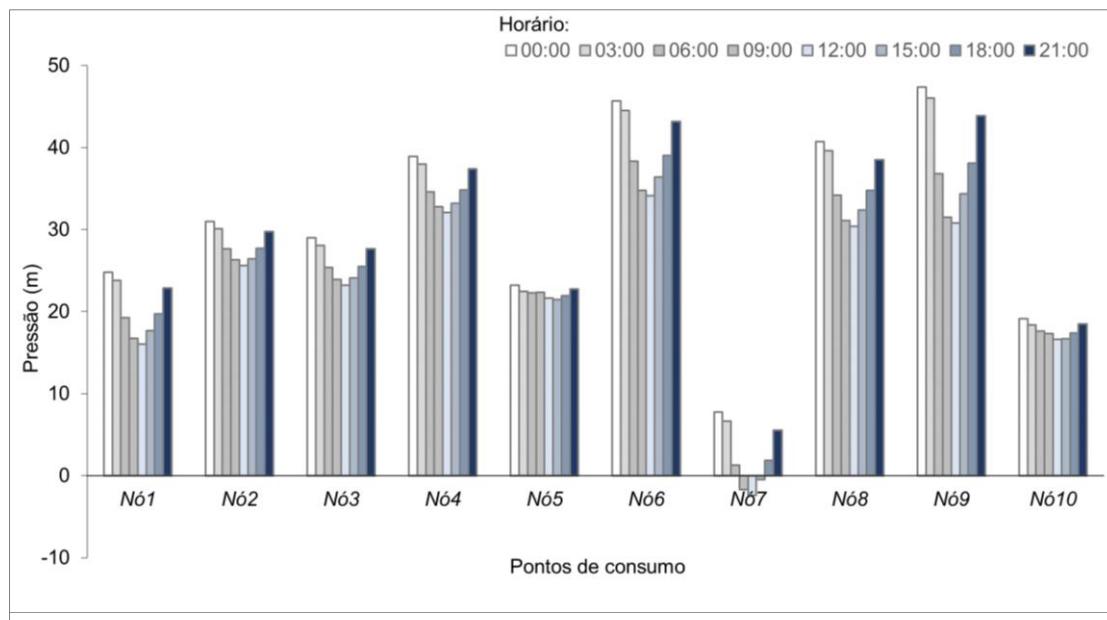
3.1 Volumes e perdas

Nos relatórios do COPAE referentes ao período de maio de 2016 a abril de 2021, foram registrados os volumes disponibilizados para a rede. Os dados dos anos de 2017 a 2019 foram utilizados para a definição do consumo médio, resultando em uma média anual de 186.579 m³. A análise dos trimestres apontou um consumo maior no verão, com média de 58.355 m³, e menor no inverno, com 38.430 m³. O maior consumo individual foi registrado em fevereiro de 2019, com 24.550 m³. Os dados também evidenciaram índices de perdas superiores a 40% nos anos analisados, o que reforça a importância de intervenções operacionais.

3.2 Pressão nos nós

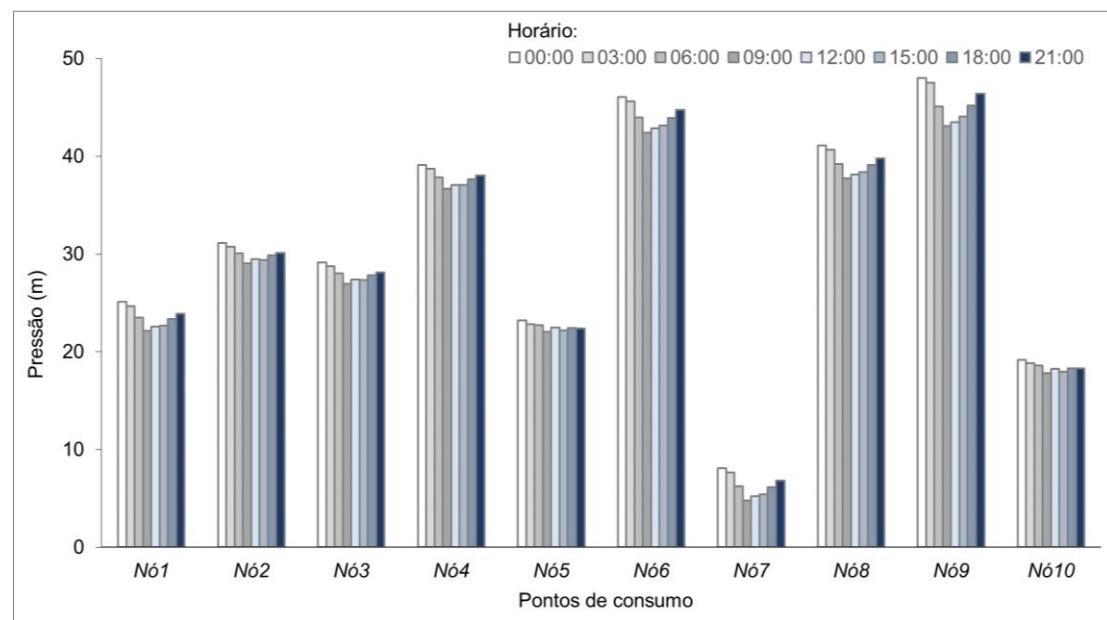
A análise dos valores de pressão nos nós mostrou que, no cenário de consumo médio, ocorreram pressões abaixo do limite mínimo de 10 m.c.a., chegando a valores negativos no padrão de consumo máximo. Essas situações estiveram associadas principalmente ao nó 7, que apresentou cota altimétrica de 47 m, como mostra a figura 4. Por outro lado, no cenário de inverno, foram observadas pressões muito elevadas, atingindo até 48 m.c.a. no nó 9, como apresentado na figura 5, valor próximo ao limite estabelecido pela ABNT NBR 12218:2017 (50 m.c.a), o que pode aumentar a incidência de vazamentos.

Figura 4 - Pressão nos nós para o padrão de consumo máximo



Fonte: Adaptado de EMBASA, 2020.

Figura 5 - Pressão nos nós para o padrão de consumo no inverno



Fonte: Adaptado de EMBASA, 2020.

3.3 Velocidade nos trechos

A maioria dos trechos apresentou velocidades inferiores ao limite mínimo recomendado de 0,6 m/s. Em nenhum dos cenários simulados as velocidades ultrapassaram o limite máximo de 3,5 m/s. Embora valores baixos de velocidade não configurem, por si só, um problema hidráulico imediato, eles podem indicar trechos com potencial de acúmulo de partículas ou dificuldade de renovação da água, especialmente em períodos de baixa demanda.

3.4 Perda de carga

A perda de carga nos trechos foi calculada com base na equação de Hazen-Williams, com coeficientes determinados conforme o material da tubulação. A maior parte das perdas localizadas ocorreu em trechos mais extensos com diâmetros reduzidos, destacando-se os trechos com diâmetro de 53,4 mm, os quais concentram a maior extensão da rede. Esses trechos apresentaram perdas significativas principalmente nos cenários de verão e consumo máximo.

3.5 Pontos críticos

A simulação permitiu identificar pontos críticos da rede em relação à pressão e perda de carga, o que pode subsidiar futuras intervenções na infraestrutura. A elevada cota do nó 7, aliada à pressão negativa durante o consumo máximo, representa um ponto de atenção. De forma semelhante, o nó 9 apresentou pressão excessiva no inverno, aumentando o risco de vazamentos. A Figura 6 a seguir, destacou visualmente os nós com comportamento fora dos padrões normativos.

Figura 6 - Nós críticos da rede identificados no mapa.



Fonte: Google Earth, 2020.

A modelagem computacional demonstrou ser uma ferramenta eficaz para diagnosticar o comportamento hidráulico da rede, permitindo a análise de cenários sazonais e operacionais de forma rápida, econômica e com boa confiabilidade. Tais informações são fundamentais para subsidiar ações de controle de perdas e melhoria da eficiência do sistema de abastecimento de Olivença.

4 CONCLUSÕES

A modelagem hidráulica do sistema de abastecimento de água do distrito de Olivença, no município de Ilhéus – BA, utilizando o software EPANET 2.0, permitiu uma análise abrangente do comportamento da rede em diferentes cenários de consumo (médio, verão, inverno e máximo). Os resultados obtidos evidenciaram a ocorrência de pressões inadequadas em determinados pontos da rede, com valores inferiores ao mínimo normativo (10 m.c.a.) no cenário de consumo médio e pressões negativas no cenário de consumo máximo, especialmente no nó 7, cuja elevada cota (47 m) contribui para esse comportamento crítico.

No cenário oposto, pressões elevadas no nó 9 durante o período de inverno (próximas a 50 m.c.a.) levantam preocupações quanto à maior propensão a vazamentos e sobrecarga da infraestrutura. As velocidades mantiveram-se, em sua maioria, abaixo do mínimo recomendado (0,6 m/s), enquanto nenhum trecho ultrapassou o valor máximo estabelecido pela ABNT NBR 12218:2017 (3,5 m/s), indicando a necessidade de ajustes no dimensionamento de alguns trechos da rede. As perdas de carga, concentradas em segmentos de menor diâmetro e maior extensão, reforçam esse diagnóstico.

A partir da simulação computacional, foi possível mapear os pontos críticos do sistema, fornecendo subsídios técnicos relevantes para o planejamento de intervenções corretivas e preventivas. A utilização de ferramentas como o EPANET demonstrou ser essencial para diagnósticos precisos, especialmente em regiões com topografia acidentada e significativa variação sazonal de consumo. Além disso, os dados obtidos podem orientar gestores públicos na formulação de políticas de combate às perdas e na melhoria da eficiência hídrica, contribuindo para a sustentabilidade e segurança do abastecimento em comunidades periféricas como Olivença.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (2017). *NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT.

BRASIL. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2019*. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília – DF.

CAVALCANTE, D. S. (2019). *Aplicação de ferramentas de apoio à modelagem hidráulica de redes de abastecimento de água. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)* – Universidade Federal do Ceará, Sobral – CE.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO S.A. - EMBASA. Institucional: História. 2015. Disponível em: Acesso em: 28 out. 2021.

KONCAGÜL, E.; ALPAGUT, B.; JONES, D.; SANCHEZ, J.; SMITH, M.; VLACHOS, E. (2020). *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: Água e mudanças climáticas*. UNESCO: Programa Mundial de Avaliação da Água.

SANTOS, A. A. (2019). *Aplicação do software EPANET em sistemas de abastecimento de água. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)* – Universidade Federal do Ceará, Sobral – CE.