

MODELAGEM HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DO DISTRITO DE VAZANTES/CE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET

Pedro Albuquerque Holanda⁽¹⁾

Bacharel em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE.

João Paulo Leite Félix

Engenheiro Civil, Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará – UFC e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE.

Francisco das Chagas Gomes da Silva Júnior

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará – UFC, Mestre em Ciências pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE.

Jorge André Fernandes

Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE e Coordenador de Serviços de Expansão da Bacia Metropolitana da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Francisco de Assis Martins Ponce

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade de Fortaleza – UNIFOR.

Endereço⁽¹⁾: Rua 402, nº 38 - Jangurussu - Fortaleza - Ceará - CEP: 60866-440 – Brasil - Tel.: +55 (85) 997286216 - e-mail: engpedroalbu@gmail.com.

RESUMO

A rede de distribuição de água (RDA) é a parte final dos sistemas de abastecimento de água (SAAs), e o aumento da demanda acaba por exigir intervenções. Hoje, com a aplicação de *softwares* de simulação de redes, pode-se estudar soluções para problemas na rede de forma otimizada. Este trabalho teve como objetivo modelar e simular a rede de distribuição de água do distrito de Vazantes, localizado na cidade de Aracoiaba no estado do Ceará, considerando a demanda atual e futura. Para a realização do trabalho foi utilizado o *software* Epanet 2.0. Foram realizadas três simulações, sendo a primeira, S1, para verificar a solução adotada para resolução do problema de pressões elevadas na rede que vem ocasionado vazamentos; a S2, para verificar o comportamento da rede diante de demanda futura; e a S3, na qual se estudou a demanda em que são observados pontos não abastecidos, ou seja, a demanda de colapso da rede. A partir dos

resultados das simulações, verificou-se que a solução proposta para eliminação das pressões elevadas foi eficiente e que a rede oferece condições para trabalhar com demanda futuras.

Palavras-chave: Rede de distribuição de água; Modelagem hidráulica; EPANET.

INTRODUÇÃO

O enorme benefício dos SAAs à saúde da população em todos os estratos sociais, ao proporcionar as mesmas oportunidades de higiene, conforto e bem-estar, mesmo às camadas mais desfavorecidas, tem um reflexo imediato na redução da demanda por serviços de saúde (TSUTIYA, 2006).

Para assegurar as condições adequadas de abastecimento de água ou de saneamento, uma abordagem de engenharia mostra-se essencial, pois as instalações devem ser planejadas, projetadas, implantadas, operadas e mantidas e, para tanto, é necessário que sejam aplicados conhecimentos e processos que convertam recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas (HELLER; PÁDUA, 2006).

Segundo Tsutiya (2006), a deterioração dos sistemas de transporte e distribuição de água mais antigos, que não sofrem adequada manutenção e recuperação, resultam em elevada perda de carga, com importantes perdas de faturamento por parte da prestadora de serviço, devido aos vazamentos, bem como deixa o sistema de abastecimento vulnerável à contaminação da água através da perda de estanqueidade das tubulações e juntas danificadas. Coelho, Loureiro e Alegre (2006) afirmam que as redes de distribuição são tipicamente infraestruturas enterradas, em que uma reduzida parte dos componentes possibilita inspeção, o que dificulta a monitorização do sistema.

Nos últimos anos surgiram ferramentas computacionais que vêm sendo aplicadas, cada vez mais, para representarem os sistemas físicos e auxiliarem nas tomadas de decisão com o propósito de melhorar a eficiência da operação (GOMES, 2009).

O objetivo do trabalho foi modelar e simular a rede de distribuição de água (RDA) do distrito de Vazantes, Aracoiaba/CE, considerando a demanda atual e futura.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

O distrito de Vazantes faz parte do município de Aracoiaba, pertencente ao estado do Ceará, e está localizado na latitude 4°24'29" sul e longitude 38°41'10" oeste. Seu acesso é realizado

através da rodovia CE-060 ou pela BR-116 distando cerca de 100 km da capital do estado, Fortaleza.

De acordo com informações obtidas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, o sistema de abastecimento do distrito de Vazantes capta água bruta no açude Aracoíaba, sendo tratada e bombeada diretamente para a sede de Aracoíaba, bem como para outros distritos, sendo um deles Vazantes. Com a configuração atual, com a água sendo injetada diretamente na RDA de Vazantes através de adutora, são verificados problemas de pressões elevadas, acima do valor de 50 m.c.a., e vazamentos em diferentes pontos da rede.

Ainda de acordo com informações da CAGECE, quando da implantação do sistema, a RDA de Vazantes era pressurizada por um reservatório elevado (REL) de montante, localizado à aproximadamente 2 km do distrito, o qual recebia água da ETA do sistema. Este reservatório, atualmente, encontra-se desativado, tendo sido implantado um *by-pass* na adutora. A razão por tal opção não foi esclarecida pela companhia.

Normas e Critérios de Projeto

O presente trabalho considerou as seguintes normas para realização da avaliação dos parâmetros hidráulicos da RDA de Vazantes:

- NBR 12218: Projeto de rede de distribuição da água para abastecimento público, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- NBR 12211: Estudos de concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- Normas Técnicas para Projeto de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da CAGECE – Companhia de Águas e Esgotos do Ceará.

Os critérios hidráulicos adotados para este estudo obedeceram às normas aplicadas e são os seguintes:

- Pressão dinâmica mínima de 10 m.c.a.;
- Pressão estática máxima de 50 m.c.a.;
- Perda de carga de acordo com a fórmula universal, sendo a perda de carga unitária máxima de 8 m/km para os trechos com tubulação velha ou nova;
- Diâmetro mínimo dos condutos secundários de 50 mm;
- Rugosidade de 0,1 mm para tubos de ferro fundido sendo eles novos ou velhos, de acordo Saint-Gobain (2015);
- Rugosidade de 0,06 mm para tubos de PVC sendo eles novos ou antigos, de acordo com o último Catálogo Técnico Infraestrutura Saneamento Água da Tigre.

Desenvolvimento do Modelo

Para desenvolver o modelo da RDA de Vazantes, inicialmente foi desenhando o arruamento do distrito utilizando imagens do *software* Google Earth e o *software* AUTOCAD CIVIL 3D. As curvas de nível da região foram obtidas através do programa QGIS e exportadas para a plataforma CAD. Posteriormente, esta base (arruamentos + curvas) foi transferida para o *software* Crede (FCTH, 2002), onde foi feito o traçado da rede e inseridos os dados de diâmetro e material das tubulações, obtidos na planta do cadastro da rede fornecida pela CAGECE.

O *software* Crede é capaz de realizar o dimensionamento de RDAs, porém a visualização dos resultados não é satisfatória. Por isso, optou-se por utilizar o *software* EPANET 2.0 (ROSSMAN, 2000), para simular diferentes cenários da rede, por oferecer uma visualização mais dinâmica e perceptível dos resultados. Deste modo, foi obtida a planilha com dos dados de nós e trechos através do Crede, que foi organizada em Excel para desenvolvimento do arquivo *input* do EPANET e criação do modelo da RDA de Vazantes.

Simulações da RDA

A partir da criação do modelo da RDA de Vazantes, foram realizadas três simulações. Na Simulação 1 (S1), o modelo foi rodado considerando a demanda para o ano 2019, e a configuração de abastecimento relatada pela CAGECE quando o projeto foi implantado, com a rede pressurizada por um REL de montante. Com a S1, procurou-se verificar se os problemas com pressões elevadas atuais na rede seriam sanados a partir da reativação do REL existente do sistema.

Na Simulação 2 (S2), foi considerado o cenário futuro para a configuração da S1, adotando-se a demanda para o alcance de 20 anos, ou seja, ano de 2038, e ampliando-se a rede para atender às áreas passíveis de expansão urbana. As ampliações foram realizadas com tubulações com diâmetro nominal de 50 mm.

A Simulação 3 (S3), constou da verificação do ponto de colapso da S2, com acréscimos percentuais de vazão à RDA de modo a avaliar o comportamento do parâmetro pressão.

A cota do REL foi obtida pelas curvas de nível da localidade e foi adotado o fuste de 10,00 metros.

Populações do Estudo

Para o desenvolvimento do estudo, foram estimadas as populações atendidas pela RDA do distrito de Vazantes para os anos de 2019 e 2038. De acordo com a SPO 12 das Normas Técnicas para Projeto de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da CAGECE, deve-se adotar o método de crescimento geométrico para projeção populacional de comunidades com população do último Censo do IBGE inferior a 5.000 habitantes (população de início de plano). Como a população urbana do distrito de Vazantes obtido pelo último Censo do

IBGE foi de 1.415 habitantes, adotou-se o método geométrico de crescimento para evolução da população.

Para a estimativa da população atual foi utilizada a equação 1:

$$Pop_{2018} = n^{\circ} \text{TOTAL de lig.} \times Tx \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Pop.₂₀₁₈ = População de 2018, em habitantes (hab.);

nºTOTAL de Lig. = Número total de ligações, em domicílios (dom.);

Tx = Taxa de ocupação média, em habitantes por domicílio (hab./dom.).

O número total de ligações, foi fornecido pela CAGECE, referente ao mês de junho do ano de 2018, sendo 1.114 ligações totais. A taxa de ocupação média para o distrito foi calculado a partir da equação 2, a seguir:

$$Tx = \frac{\text{População Ativa}}{n^{\circ} \text{ de Ligações Ativas}} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Tx = Taxa de ocupação média, em habitantes por domicílio (hab./dom.);

População Ativa = Número de habitantes relativos às ligações ativas de água, em habitantes (hab.);

nº de Ligações Ativas = Número de Ligação Ativas, em domicílios (dom.).

Os dados mais recentes de população ativa e número de ligações ativas, foram conseguidos, respectivamente, no Relatório de Fiscalização RF/CSB/016/2018 da Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE, 2018), referente ao mês de dezembro do ano de 2017, e através de planilhas de controle fornecidas pela CAGECE. De acordo com estes dados, Vazantes possuía uma população ativa de 1.158 habitantes e 711 ligações ativas.

Com o valor da população de 2018 foi possível calcular a população utilizada na S1 aplicando a equação 3.

$$Pop_{a_n} = Pop_{2018} \times (1 + r_{\text{méd}})^{(a_n - 2018)} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Pop_{an} = População inicial, em habitantes (hab.);

Pop_{2018} = População de 2018, em habitantes (hab.);

$r_{méd}$ = Taxa média de crescimento geométrico, em porcentagem (%).

A taxa média de crescimento geométrico foi obtida através da população fornecida pelo Censo do IBGE utilizando a equação 4.

$$r = \sqrt[a_2 - a_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

r = Taxa de crescimento geométrico, em porcentagem (%);

a_2 = Ano final;

a_1 = Ano Inicial;

P_2 = População do ano 2, em habitantes (hab.);

P_1 = População do ano 1, em habitantes (hab.).

Segundo a SPO 012 das Normas Técnicas para Projeto de Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário da CAGECE, caso não haja diretrizes contrárias, o alcance do projeto será de 20 anos, tempo que foi adotado para cálculo da população da S2, assim definindo o ano de 2038 como o alcance do projeto. Para calcular a população deste ano também foi utilizada a Equação 3.

Vazões de Projeto

O modelo da RDA de Vazantes foi alimentado por vazões pontuais referentes a cada nó da rede obtidos através do cálculo da vazão de distribuição (equação 5). Em seguida, de acordo com as normas da CAGECE, para projetos com população inferior a 30.000 habitantes, as vazões nodais podem ser obtidas através da divisão homogênea da vazão do total pelo número de nós (equação 6).

$$Q = \frac{K1 \times K2 \times P \times q}{3600 \times h} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Q = Vazão máxima diária, em litros por segundo (L/s);

P = População a ser abastecida pelo projeto, em habitantes (hab.);

q = Consumo per capita, em litros por habitante por dia (L/hab/dia);

h = Horas de funcionamento das unidades do sistema de abastecimento;

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo;

K2 = Coeficiente da hora de maior consumo.

A SPO 012 do caderno de normas técnicas da CAGECE sugere que para localidades no interior, deve-se adotar um consumo per capita de 100 litros por habitante por dia. Já os coeficientes de dia de maior consumo e de hora de maior consumo sugeridos pela mesma norma são de 1,2 e 1,5, respectivamente. O número de horas de funcionamento do sistema de abastecimento adotado foi de 24 horas.

$$q_n = \frac{Q}{n-1} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

q_n = Vazão pontual, em litros por segundo (L/s);

Q = Vazão de distribuição, em litros por segundo (L/s);

n = número total de nós da rede.

Fora da sede do distrito existem algumas residências que são abastecidas pela rede de distribuição de Vazantes. Para representar o consumo realizado por essas casas foi contado o número de ligações presentes, totalizando 30, deste modo, foi acrescentado um percentual de consumo no nó de saída da rede que abastece essa região.

RESULTADOS/DISCUSSÃO

População de Projeto

A taxa de ocupação média (Tx) obtida para o distrito de Vazantes foi de 1,63 habitantes por domicílio. A partir deste valor foi encontrada população para o ano de 2018 que foi de 1.816 habitantes. Estes resultados estão apresentados na Tabela . Já a taxa média de crescimento geométrico foi de 1,64% a.a., obtida a partir de dados do Censo do IBGE. Os resultados constam na Tabela .

Tabela 1 – Resultado para população de 2018.

Pop. Ativa (hab.)	Ligações Ativas	Tx (hab./dom.)	Ligações Totais	Pop. 2018 (hab.)
1.158	711	1,63	1.114	1.816

Tabela 2 – Resultado da taxa média de crescimento.

Pop. Inicial (hab.)	Pop. Final (hab.)	r (%)
1.043	1.259	2,11
1.259	1.415	1,17
r médio (%)		1,64

Na Tabela estão apresentados os resultados da projeção populacional encontrada a partir da taxa de crescimento exibida anteriormente, resultando em uma população de final de plano de 2.517 habitantes.

Tabela 3 – Projeção da população urbana do distrito de Vazantes.

Ano	População (hab.)	Ano	População (hab.)	Ano	População (hab.)	Ano	População (hab.)
2019	1.846	2024	2.003	2029	2.173	2034	2.358
2020	1.877	2025	2.036	2030	2.209	2035	2.397
2021	1.908	2026	2.070	2031	2.245	2036	2.436
2022	1.939	2027	2.104	2032	2.282	2037	2.476
2023	1.971	2028	2.138	2033	2.320	2038	2.517

Vazões de Distribuição

Na Tabela são apresentados os valores das vazões para as simulações realizadas. Também são fornecidos o número de nós e a vazão nodal de cada situação. Ressalta-se que a um nó de saída foi acrescido um percentual de consumo para uma região fora da cidade que é abastecida pela rede. Para a Simulação 1 este nó apresentou vazão nodal de 0,1567 litros por segundo, já para as Simulações 2 e 3 este mesmo nó apresentou vazão nodal de 0,2014 litros por segundo.

Tabela 4 – Vazões das simulações realizadas para o distrito de Vazantes.

Simulação	Qd (L/s)	Nº de Nós	qn (L/s)
1	3,61	76	0,0467
2	4,93	94	0,0514
3	4,93	94	0,0514

Simulações da Rede – S1

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das pressões dinâmicas e estáticas dos nós da rede de distribuição existente, sendo um total de 75 nós, foi retirado um, pois se trata do reservatório de nível fixo.

Para os valores de pressão dinâmica, observou-se que 98,67% dos nós estão dentro da faixa indicada pela ABNT NBR 12218, sendo constatada apenas um ponto da rede com pressão dinâmica mínima abaixo de 10,00 m.c.a., sendo o valor da pressão deste nó igual a 9,66 m.c.a., o que indica que não há desabastecimento. Este ponto é o mais distanciado em relação ao reservatório, além de possuir a maior cota do terreno em relação aos outros pontos abastecidos.

Para os resultados de pressão estática, situação em que são observados os valores mais elevados de pressão na rede, o valor máximo foi de 41,81 m.c.a, indicando que a RDA de Vazantes, passando a trabalhar com o REL que antigamente era utilização para pressurizar o distrito, pode vir a suprimir os problemas de vazamentos relacionados à pressões elevadas.

Tabela 5 – Resultados das pressões dinâmicas e estáticas para a S1.

Intervalo (m.c.a)	Pressão dinâmica		Pressão estática	
	Qtd. Nós	Qtd. Nós (%)	Qtd. Nós	Qtd. Nós (%)
$P \leq 10$	1	1,33%	0	0,00%
$10 < P \leq 20$	10	13,33%	8	10,67%
$20 < P \leq 30$	22	29,33%	25	33,33%
$30 < P < 40$	36	48,00%	29	38,67%
$P \geq 40$	6	8,00%	13	17,33%
Total	75	100%	75	100%

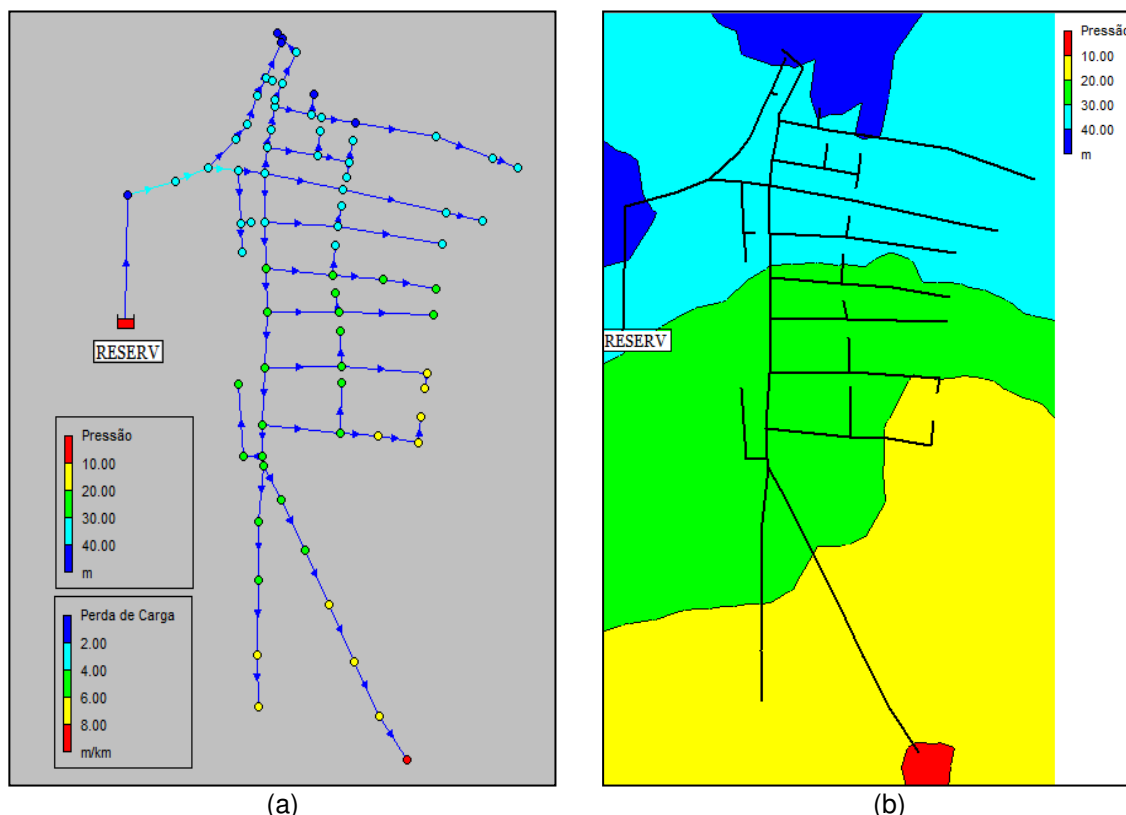
Na Tabela 6 são apresentados os resultados para perda de carga linear para a S1, em que 96,00% dos trechos apresentaram valores abaixo de 2 m/km, atingindo valor máximo de 2,46 m/km, ou seja, todos os trechos estão dentro do limite de perda de carga estabelecido de 8 m/km. Os valores baixos de perda de carga indicam que a RDA de Vazantes possui boa capacidade para ampliação da sua demanda.

Tabela 6 – Resultados das perdas de carga linear da S1.

Perda de carga (m/km)	Qtd. Trechos	Qtd. Trechos (%)
$hf \leq 2$	72	96,00%
$2 < hf \leq 4$	3	4,00%
$4 < hf \leq 6$	0	0,00%
$6 < hf < 8$	0	0,00%
$hf > 8$	0	0,00%
Total	75	100%

Na Figura 1 são apresentados, respectivamente, o mapa de pressão dinâmica e perda de carga linear e isolinhas de pressão dinâmica para a S1.

Figura 1 – Resultados da S1: (a) mapa de pressão dinâmica e perda de carga linear e (b) isolinhas de pressão dinâmica.



A partir da Figura 2(a) observa-se que todos os trechos ficaram em cor azul, o que representa baixa perda de carga linear. Também é possível localizar o único nó onde a pressão está abaixo de 10,00 m.c.a. Na Figura 2(b) é possível observar quatro zonas de pressão da rede. Na área em vermelho está localizado o único nó com pressão abaixo de 10 m.c.a. e na área em azul escuro estão os nós com maiores valores de pressão, porém abaixo do limite de 50 m.c.a.. As demais áreas estão entro dos limites preconizados por norma.

Simulações da Rede – S2

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das pressões dinâmicas e estáticas para a S2. Observa-se que, mesmo com o aumento da demanda, a rede permaneceu constando com apenas um único nó com pressão abaixo de 10,00 m.c.a., sendo o mesmo nó da S1, que neste caso ficou com pressão de 9,13 m.c.a. Já para os valores de pressão estática, o valor máximo permaneceu correspondendo ao mesmo nó, com valor de 41,81 m.c.a., indicando que a ampliação da rede não contemplou região com cotas inferiores às dos nós da rede existente.

Tabela 7 – Resultados das pressões dinâmicas e estáticas para a S2.

Intervalo	Pressão dinâmica		Pressão estática	
	Qtd. Nós	Qtd. Nós (%)	Qtd. Nós	Qtd. Nós (%)
$P \leq 10$	1	1,08%	0	0,00%
$10 < P \leq 20$	16	17,20%	13	13,98%
$20 < P \leq 30$	26	27,96%	27	29,03%
$30 < P < 40$	48	51,61%	36	38,71%
$P \geq 40$	2	2,15%	17	18,28%
Total	93	100%	93	100%

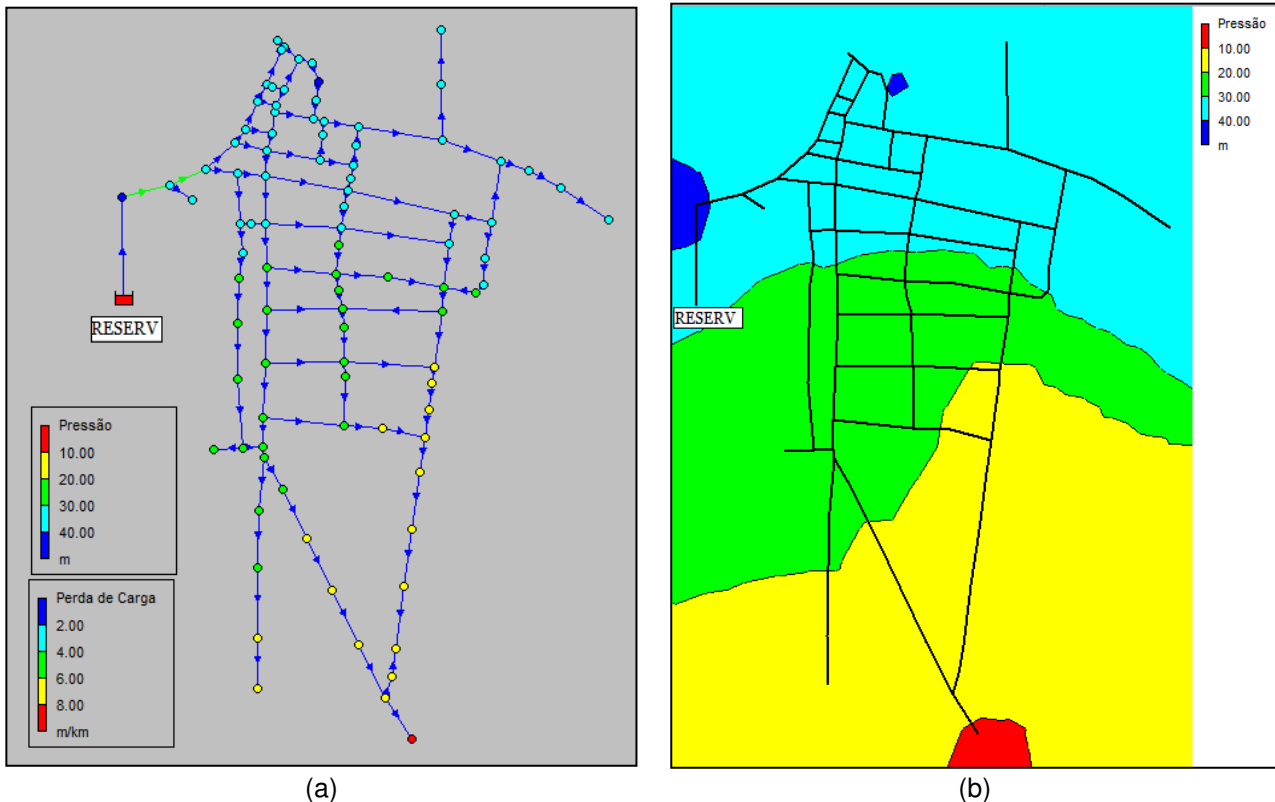
Na Tabela 8 são apresentados os resultados das perdas de carga linear para a S2. Observa-se que, mesmo com o aumento da demanda, 98,29% dos trechos da RDA de Vazantes permaneceram com valores de perda de carga abaixo de 2,0 m/km, sendo a perda de carga linear máxima de 4,38 m/km.

Tabela 8 – Resultados das perdas de carga linear para a S2.

Intervalo (m/km)	Perda de Carga	
	Qtd. Trechos	Qtd. Trechos (%)
$hf \leq 2$	115	98,29%
$2 < hf \leq 4$	0	0,00%
$4 < hf \leq 6$	2	1,71%
$6 < hf < 8$	0	0,00%
$hf > 8$	0	0,00%
Total	117	100%

Na Figura 2(a) é apresentado o mapa da rede para a S2 com os resultados de pressão dinâmica e perda de carga linear e na Figura 3(b) são apresentadas as isolinhas de pressão para a Simulação 2. Observa-se que os resultados obtidos são semelhantes aos da Simulação 1, havendo uma diminuição das zonas em azul escuro, que contemplam os nós com valores de pressão acima de 40 m.c.a., mas abaixo de 50 m.c.a.. Na área em vermelho está localizado o único nó com pressão inferior a 10 m.c.a.

Figura 2 – Resultados da S2: (a) mapa de pressão dinâmica e perda de carga linear e (b) isolinhas de pressão dinâmica.



Simulações da Rede – S3

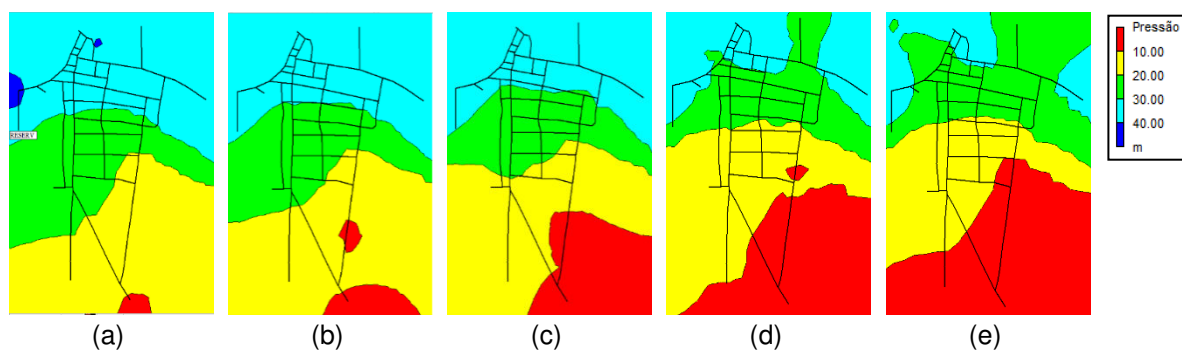
Neste cenário, a rede ampliada foi simulada com acréscimos de vazão com o objetivo de avaliar o parâmetro pressão. Foram feitos incrementos de vazão até que fosse identificada a primeira pressão negativa da rede. Na Figura 3, são apresentadas os resultados obtidos de cada acréscimo em forma de isolinhas de pressão.

Na Figura 3(a) é representada a rede em funcionamento para a vazão de população de projeto de 20 anos como já foi apresentado anteriormente na S2. Na Figura 3(b) é exibido o resultado do comportamento da rede o incremento de 50% a mais de vazão, observando-se o surgimento de mais uma região em vermelho, ou seja, com pressões inferiores a 10 m.c.a.

Nas Figura 3(c) e Figura 3(d) são mostrados os resultados da rede para incremento de 100% e 150%, respectivamente, a mais de vazão.

Na Figura 3(e) são apresentadas as isolinhas de pressão com o acréscimo de 170% a mais de vazão. Neste percentual de incremento foi identificada a primeira pressão negativa da rede com o valor de -0,14 m.c.a., ou seja, para a vazão de 13,31 L/s parte da rede passa a não ser abastecida. Constata-se que apesar da região em vermelho ter crescido significativamente, apenas 15,96% dos nós apresentaram valores de pressão abaixo de 10 m.c.a., estes nós em geral estão localizados na região topográfica mais elevada da cidade.

Figura 3 – Isolinhas de pressão da rede ampliada com acréscimos de vazão: (a) sem acréscimo, (b) acréscimo de 50%, (c) acréscimo de 100%, (d) acréscimo de 150% e (e) acréscimo de 170%.



CONCLUSÃO

A partir do modelo desenvolvido, constatou-se que a retivação do REL existente do sistema pode vir a sanar os problemas atuais de vazamentos da rede devido às pressões elevadas. Também, pode-se concluir que a rede atual, com ampliações, tem capacidade para atender uma demanda futura com segurança. Este estudo foi realizado apenas com simulações simples, sendo necessário maior detalhamento do modelo e realização de calibrações com dados medidos em campo para resultados mais próximos da realidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: Projeto de rede de distribuição da água para abastecimento público. Rio de Janeiro, p.4. 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2010). Censo Demográfico - 2010. Rio de Janeiro: IBGE. www.ibge.gov.br
- COELHO, S. T.; LOUREIRO, D.; ALEGRE, H. Modelação e Análise de Sistemas de Abastecimento De Água. [S.l.]: IRAR E LNEC, 2006.
- COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DO CEARÁ (CAGECE). Normas Técnicas para Projeto de Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Fortaleza, 2010. v.2. 584 p.
- FCTH – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIRÁULICA (2002). CRede – Software para Projeto de Redes de Abastecimento de Água: Manual do Usuário.
- GOMES, H. P. Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento econômico e Operação de Redes e Elevatórias. 3º ed. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2009. 277p.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. DE. Abastecimento de água para consumo humano. 1º ed. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 860p.

- ROSSMAN, L. A. EPANET 2 – User’s Manual. Tradução de Heber Pimentel GOMES e Moisés Menezes SALVINO. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory – United States Environmental Protection Agency (EPA), 200. Traduzido pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Brasil, 2009.
- TSUTIYA (2006). Abastecimento de água. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.