

XI-035 - ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA.

Hudson Tiago dos S. Pedrosa⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC/UFPE). Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Aniceto Varejão, 1.100, apartamento 303 - Candeias – Jaboatão dos Guararapes - PE - CEP: 54.430-035 - Brasil - Tel: (81) 3412-9544 / (81) 99748-5194 - e-mail: marcosmendonca@compesa.com.br

RESUMO

A demanda da água no meio urbano cresce aceleradamente, acompanhando o aumento da população, das indústrias e de todas as atividades que utilizam a água em algum ponto de seu processo. Logo os sistemas de abastecimento de água ficam defasados ao passar dos anos, ultrapassando a estimativa de demanda do projeto inicial. Podemos acrescentar a esta situação desconfortável para as Companhias de Saneamento atuantes no Brasil a questão das “perdas” da água tratada na distribuição da mesma.

Segundo a IWA (Associação Internacional da Água), definem-se perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”.

As Perdas Reais referem-se aos vazamentos em várias partes do sistema e extravasamentos em reservatórios de água tratada (ou seja, as "perdas físicas" de água), enquanto que as Perdas Aparentes referem-se às águas que são consumidas, mas não são faturadas pela companhia de saneamento ("perdas comerciais"), decorrentes, principalmente, de submedição nos hidrômetros e fraudes.

Este estudo faz uma análise da redução de perdas na Adutora de Água Tratada - AAT do Sistema de Alto do Céu, com a intenção de reduzir os custos com energia na operação da Estação Elevatória, ou então aumentar a oferta de água para outras áreas que sofrem com o rodízio do abastecimento. Neste estudo buscamos atuar apenas na redução das perdas físicas, pois as perdas aparentes estão intimamente ligadas com a área comercial, da adutora de água tratada, com instalação de Válvulas Reguladoras de Pressão – VRP's ao longo de algumas “sangrias” da mesma, além da comparação entre a já consagrada fórmula da vazão de vazamentos de FAVADE e a dos dispositivos emissores disponíveis no software EPANET.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Perdas, Eficiência Hidro-Energética, Modelagem Hidráulica.

INTRODUÇÃO

A demanda da água no meio urbano cresce aceleradamente, acompanhando o aumento da população, das indústrias e de todas as atividades que utilizam a água em algum ponto de seu processo. Logo os sistemas de abastecimento de água ficam defasados ao passar dos anos, ultrapassando a estimativa de demanda do projeto inicial. Podemos acrescentar a esta situação desconfortável para as Companhias de Saneamento atuantes no Brasil a questão das “perdas” da água tratada na distribuição da mesma.

No Brasil, agências reguladoras têm buscado estabelecer metas de desempenho para as concessionárias dos serviços de abastecimento de água, a fim de reduzir o desperdício de recursos naturais e alcançar melhor desempenho gerencial. Entretanto, esse é ainda um desafio para a maioria dessas concessionárias, nas quais se observam um forte impacto econômico e ambiental decorrente dos elevados índices de perda de água (SILVA, Pádua e Borges, 2016).

É também relevante lembrar que a potencialização dos resultados claudicantes no combate às perdas no Brasil, revelado pela grave situação de desequilíbrio entre a oferta e a demanda no Sudeste, remete à necessidade de revisar conceitos e práticas para a redução de perdas em regiões como o Nordeste brasileiro, onde é secular o convívio com crises hídricas e, paradoxalmente, ostenta elevadas perdas nos sistemas de adução e distribuição nas suas áreas urbanas e rurais (ABES, 2015).

Até o final do século passado, não havia um entendimento comum sobre o que eram as "perdas" nos sistemas públicos de abastecimento de água. Com o intuito de dirimir esta problemática, a International Water Association - IWA constituiu um grupo-tarefa para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água, chegando ao conhecimento das Empresas e profissionais de Saneamento no Brasil por volta do ano 2000 (ABES, 2015).

Segundo a IWA (Associação Internacional da Água), definem-se perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional” (FUNASA, 2014).

As Perdas Reais referem-se aos vazamentos em várias partes do sistema e extravasamentos em reservatórios de água tratada (ou seja, as "perdas físicas" de água), enquanto que as Perdas Aparentes referem-se às águas que são consumidas, mas não são faturadas pela companhia de saneamento ("perdas comerciais"), decorrentes, principalmente, de submedição nos hidrômetros e fraudes (ABES, 2015).

As consequências diretas do combate às perdas são a economia com a oferta de água para a mesma demanda de área abastecida, diminuindo desta forma os custos com a energia necessária para a operação da Estação Elevatória de Água Tratada – EEAT. Estudos realizados afirmam que 2,5% de toda energia elétrica produzida no Brasil é usado para manter as empresas de saneamento operando (ALBANEZE, 2012).

Nos Estados Unidos o saneamento é responsável por cerca de 3 a 4% do consumo total de energia do país. Esses sistemas são responsáveis por 30 a 40% do consumo total de energia dos governos municipais (EPA, 2012 apud BEHANDISH, 2014).

No entanto, o grande consumo de energia elétrica dificulta o equilíbrio financeiro das empresas de saneamento, já que este passivo é a segunda maior despesa das empresas e 90% desta energia elétrica devem-se às estações elevatórias (TSUTIYA, 2004).

A preocupação quanto à possibilidade da falta de suprimento de energia elétrica remete à necessidade de avaliar que maneira esse tipo de insumo vem sendo utilizada. Isso torna evidente que o problema não se limita apenas à necessidade de gerar cada vez mais energia, mas, primeiramente, a eliminar desperdícios, buscando o máximo de desempenho com o mínimo de consumo (SOUSA, 2010).

A energia elétrica é necessária para transportar a água através dos sistemas, por isto, tão importante quanto as medidas de diminuição do consumo de água, são as ações operacionais no processo de melhoria dos sistemas de distribuição (GOMES, 2005). Logo implantações de programas e medidas que reduzem o custo com energia e também as perdas do sistema de distribuição é de suma importância para a saúde financeira das empresas que operam os sistemas de água e esgoto.

O presente estudo pretende demonstrar a redução das perdas na Adutora de Água Tratada - AAT do Sistema Alto do Céu, nos morros da zona norte do Recife-PE, reduzindo consequentemente os custos com a energia na operação da Estação Elevatória Alto do Céu, buscando atender a demanda com mais eficiência no requisito de custo com energia elétrica ou aumentar a oferta da água, com a diminuição das perdas, para outras áreas que sofrem com o rodízio praticado pela Compesa. A busca pela redução das perdas está ligada diretamente com a melhoria do abastecimento da população dos Morros da Zona Norte da Região Metropolitana do Recife, como também, na redução do custo energético, pois a estação elevatória de Alto do Céu tem um custo relevante com energia elétrica para a empresa pernambucana de saneamento.

Este estudo faz uma análise da redução de perdas na AAT do Sistema de Alto do Céu, com a intenção de reduzir os custos com energia na operação da Estação Elevatória, ou então aumentar a oferta de água para

outras áreas que sofrem com o rodízio do abastecimento. Neste estudo buscamos atuar apenas na redução das perdas físicas, pois as perdas aparentes estão ligadas intimamente com a área comercial, da adutora de água tratada, com instalação de Válvulas Reguladoras de Pressão – VRP's ao longo de algumas “sangrias” da mesma.

O presente estudo utilizou a ferramenta EPANET para a modelagem do sistema, haja vista que, a utilização de softwares como ferramenta na gestão operacional de sistemas de distribuição de água tem se tornado cada vez mais frequente, visto que os mesmos nos fornecem uma visão sistêmica do abastecimento de água e o acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos.

OBJETIVO

O objetivo a ser alcançado é estimar a redução das perdas através do controle da pressão ao longo das “sangrias” da adutora dos Morros da Zona Norte de Recife. O presente estudo também pretende ajustar os parâmetros entre a aplicação da fórmula que relaciona a pressão com a vazão de vazamento e a modelagem da relação entre pressão e vazão efluente de dispositivos emissores (p.ex. aspersores de irrigação, ou consumos dependentes da pressão) contido no modelo EPANET. Os dispositivos emissores são utilizados para modelar o escoamento em sistemas com aspersores e em redes de irrigação. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações (se o coeficiente de vazão e o expoente da pressão, para a perda na junta ou fissura poderem ser estimados).

METODOLOGIA

MODELO HIDRÁULICO

O modelo hidráulico foi construído buscando a melhor representação do sistema atual, levando em consideração as informações dos elementos físicos como perfil das adutoras, cotas, diâmetro da rede, curvas dos conjuntos motor-bombas entre outros elementos existentes do sistema. Esses foram obtidos através de cadastro técnico da Companhia Pernambucana de Saneamento.

Foi realizado o cálculo da demanda com base na população cadastrada nos bancos de dados da Companhia Pernambucana de Saneamento, assim como do cadastro da adutora para a elaboração do modelo hidráulico, bem como da rede de distribuição do Sistema Alto do Céu (Figura 1), observamos também o esquema da distribuição baseado no calendário de abastecimento do morro da zona norte da RMR (Figura 2).



Figura 1 – População Atendida - Cadastro Técnico da Adutora e da Rede de Abastecimento.



Figura 2 – Calendário de Abastecimento.

Para o levantamento das cotas dos pontos com o intuito de elaborar o modelo hidráulico foi utilizado o software quantum gis - QGIS, com multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, combinado com os Modelos Digitais de Terreno (MDT), Modelos Digitais de Elevação (MDE) e imagens de Intensidade Hipsométrica do Pernambuco Tridimensional – PE3D, que é o recobrimento aerofotogramétrico e perfilamento a laser com precisão altimétrica de até 10 cm (Figura 3).

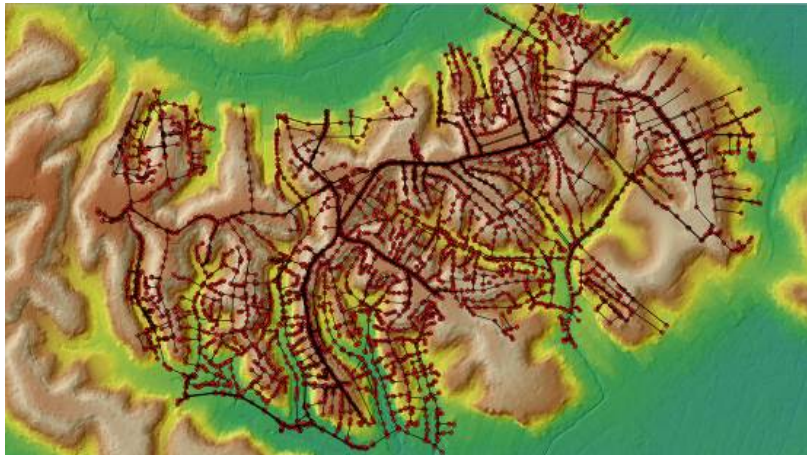


Figura 3 – Representação da Rede no QGIS com a utilização do MDT extraído do PE3D.

O modelo contempla a produção da ETA Alto do Céu, passando pelo Poço de Sucção e pela EE dos Morros da Zona Norte, passando pelas duas Adutoras de Água Tratada, uma com o Diâmetro Nominal - DN 250mm e outra com DN 300mm, passando pelo REL - Reservatório Elevado Alto do Deodato e finaliza no bairro de Alto José Bonifácio, representando também a rede de distribuição.

CALIBRAÇÃO DO MODELO

A calibração do modelo se deu através de dados obtidos na própria EE dos Morros, com os dados de vazão e pressão do Conjunto Motobomba – CMB da Adutora de DN 250mm e do CMB da Adutora de DN 300mm (Figura 4).

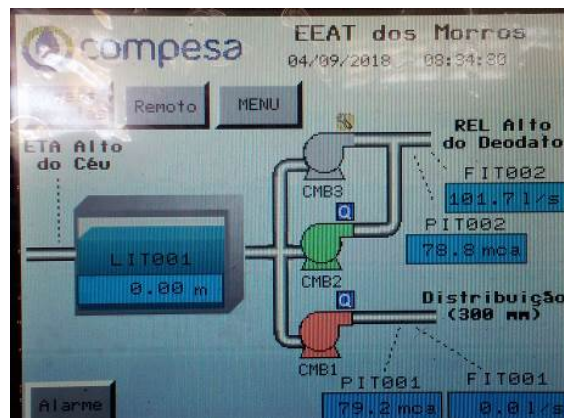


Figura 4 – Dados da Vazão e da Pressão das duas EE's do Sistema Alto do Céu.

Os dispositivos emissores estão associados a nós que modelam o escoamento através de orifícios ou bocais com descarga direta para a atmosfera. A vazão através destes dispositivos varia em função da pressão no nó, de acordo com uma lei de vazão do tipo:

$q = C \cdot p^y$; onde:
 q = vazão
 p = pressão
 C = coeficiente de vazão
 y = expoente do emissor.

Os dispositivos emissores são utilizados para modelar o escoamento em sistemas com aspersores e em redes de irrigação. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações (se o coeficiente de vazão e o expoente da pressão, para a perda na junta ou fissura puderem ser estimados – Figura 5). O coeficiente de vazão foi atribuído valores até alcançar os valores das perdas do sistema real.

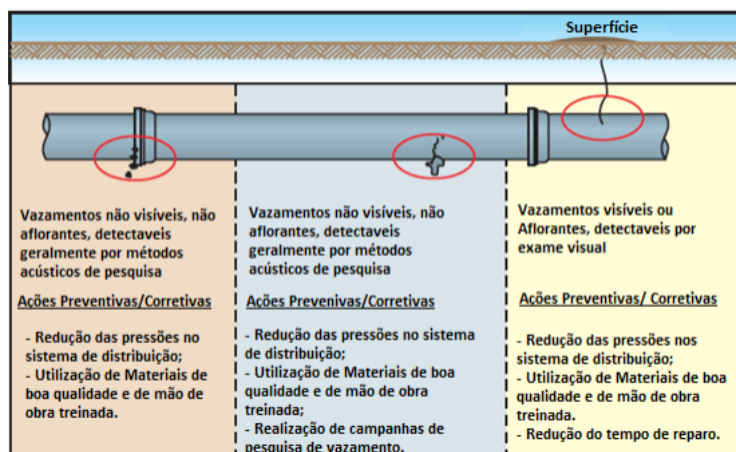


Figura 5 – Perdas em tubulações.

Para comparativo aplicamos, neste estudo, a equação que relaciona diretamente a vazão de vazamento com a pressão, através da utilização do conceito FAVAD (Fixed and Variable Areas) desenvolvido e utilizado no Japão desde 1979. O conceito do FAVAD permite através da aplicação da equação, apresentada a seguir, a análise e a previsão de alterações na vazão de vazamento (de Q_0 para Q_1) em função das variações de pressão (de P_0 para P_1). Como a tubulação da adutora e as suas “sangrias” são em geral de material misto, ou seja, de ferro fundido, PVC DeFoFo, entre outros, torna-se convencional usar como valor do N1 (expoente da relação pressão/vazão do vazamento) 1,15.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

Onde:

P_0 = pressão inicial na rede;

P_1 = pressão final na rede;

Q_0 = vazão inicial dos vazamentos;

Q_1 = vazão final dos vazamentos;

N1 = expoente da relação pressão/vazão do vazamento, com base no material empregado.

Fazendo-se $Q_1 = q$, $P_1 = p$ e $N_1 = y$, para chegarmos na fórmula utilizada pelo Epanet para a modelagem de escoamento através de orifícios ou bocais com descarga direta para a atmosfera: $q = C \cdot p^y$, podemos utilizar o valor do coeficiente de vazão como: $C = Q_0/P_0^{N1}$.

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)^{N1}$$

$$Q_1 = (Q_0/P_0^{N1}) \cdot P_1^{N1}$$

Para:

$$Q_1 = q$$

$$P_1 = p$$

$$N_1 = y$$

$$C = Q_0/P_0^{N1}$$

$$q = C \cdot p^y$$

RESULTADOS/CONSIDERAÇÕES

Atualmente a vazão de recalque da estação elevatória de Alto de Céu é cerca de 200 L/s. São dois conjuntos motobombas ligados 24 horas, com uma despesa de aproximadamente R\$ 388.000,00 por mês, com energia elétrica e o tratamento da água.

Mantendo as demandas atuais, com ajuda do ambiente GIS e o software EPANET, posicionamos e dimensionamos as VRP's nos locais com altas pressões identificadas na simulação. Foram localadas 11 VRPs em

todas as áreas dos morros da Zona Norte de Recife. Podemos verificar a diminuição acentuada da pressão na rede de distribuição através dos gráficos das isolinhas de pressão (Figura 5), acarretando automaticamente em uma economia na oferta de água, verificando as vazões das duas elevatórias do sistema.

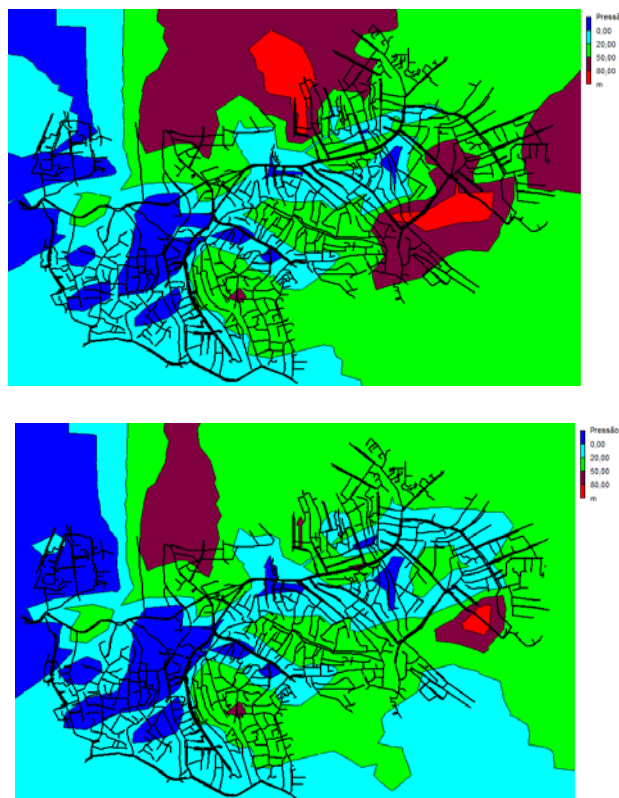


Figura 6 – Gráfico das Isolinhas de Pressão antes e depois do controle de pressão.

Podemos verificar que com a medida proposta houve uma redução da demanda de água em torno de 30 l/s, representando um volume não produzido de aproximadamente 78 mil m³/mês, proporcionando uma economia no custo de energia em torno de R\$ 16 Mil/mês com a estação elevatória e com a estação de tratamento de água do Sistema Aldo Céu.

A proposta deste estudo é a comparação entre a fórmula da vazão de vazamentos e os dispositivos emissores disponíveis no software EPANET, para a realização da simulação hidráulica. Na simulação realizada ficaram evidentes que em ambas as equações há uma redução de vazamentos pelo controle de pressão, e que a vazão de vazamentos calculada pelas mesmas é praticamente igual.

Através das simulações realizadas através do EPANET, a primeira sem a utilização de VRP's e posteriormente com a instalação de VRP's em locais estratégicos, emitimos relatórios de tabela da rede com os respectivos consumos e pressões dos nós da área denominada ALTO DO CÉU - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO/ÁREA 02 - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO, conforme a figura 7.

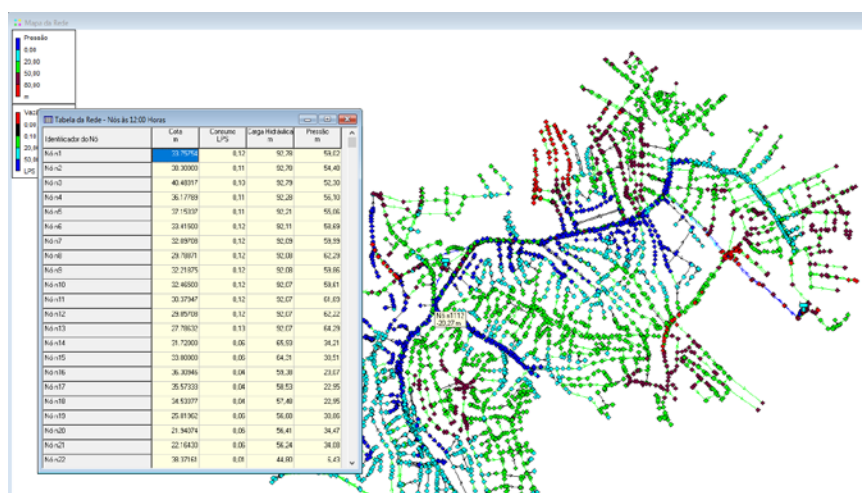


Figura 7 – Relatório de Consumo e Pressão dos Nós da área ALTO DO CÉU - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO/ÁREA 02 - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO.

Com a quantidade de economias desta área, calculamos a demanda necessária para abastecê-la, através da fórmula para a vazão máxima horária:

$$Q = (K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot P) / 86.400$$

Onde:

Q: Vazão máxima horária da área etendida (l/s)

q: Consumo “per capita” (l/hab/dia).

K₁: Coeficiente do dia de maior consumo.

K₂: Coeficiente da hora de maior consumo.

P: População servida (hab.).

Número de economias = 1.596

P = 3,5 x 1.596 = 5.586 habitantes

q = 120 l/hab/dia, para comunidades de pequeno porte (P ≤ 10.000 hab), ou para agrupamentos subnormais das cidades de médio e grande porte (morros, favelas, invasões, etc).

K₁ = 1,2

K₂ = 1,5

$$Q = (1,2 \times 1,5 \times 120 \times 5.586) / 86.400$$

$$Q = 13,97 \text{ l/s}$$

Na simulação realizada no EPANET para o cenário sem o controle das pressões da área estudada, obtivemos os seguintes dados:

Consumo = 109,64 l/s

P_{MÉD} = 41,87 mca

Q₀ = Consumo – Demanda

$$Q_0 = 109,64 - 13,97$$

$$Q_0 = 95,67 \text{ l/s}$$

$$P_0 = 41,87 \text{ mca}$$

Na simulação realizada no EPANET para o cenário com o controle das pressões da área estudada, obtivemos os seguintes dados:

Consumo = 76,04 l/s

P_{MÉD} = 30,09 mca

$$Q_1 = 76,04 - 13,97$$

$$Q_1 = 62,07 \text{ l/s}$$

$$P_1 = 30,09 \text{ mca}$$

Logo aplicando a fórmula da vazão de vazamentos proposta por Favad:

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$$

$$Q_1 = Q_0 \cdot (P_1/P_0)^{N_1}$$

Onde:

P_0 = pressão inicial na rede;
 P_1 = pressão final na rede;
 Q_0 = vazão inicial dos vazamentos;
 Q_1 = vazão final dos vazamentos;
 N_1 = expoente da relação pressão/vazão do vazamento, com base no material empregado.

$$Q_0 = 95,67 \text{ l/s}$$

$$P_0 = 41,87 \text{ mca}$$

$$P_1 = 30,09 \text{ mca}$$

$$N_1 = 1,15 \text{ (material misto, ou seja, de ferro fundido, PVC DeFoFo, entre outros)}$$

$$Q_1 = 95,67 \times (30,09/41,87)^{1,15}$$

$$\mathbf{Q_1 = 65,39 \text{ l/s}}$$

Resultados da vazão de vazamentos após a realização do controle da pressão (Tabela 1):

Tabela 1: Resultados da Vazão de Vazamento.

EPANET	FAVAD
62,07 l/s	65,39 l/s

CONCLUSÕES

O sistema Alto do Céu é um sistema que contribui para o abastecimento de água dos Morros da Zona Norte da Região Metropolitana do Recife, com a produção de aproximadamente 1000 L/s, onde 200 L/s atende as áreas de Alto do Céu, Zona Intermediária do Alto da Jaqueira, Zona Alta do Alto José Bonifácio, Alto Santa Terezinha, Alto do Deodato e Córrego do Tiro, com uma população estimada em aproximadamente 61 mil pessoas, sendo o mesmo uma unidade que apresenta um sistema de rodízio de abastecimento, com um custo relevante de energia elétrica para a companhia de saneamento do estado de Pernambuco. Neste contexto fica clara a necessidade de diminuir as perdas físicas da rede de distribuição, diminuindo consequentemente o custo com a energia, ou melhorando o atendimento à população com a diminuição do rodízio destas áreas.

A proposta para o Sistema Alto do Céu foi a instalação das Válvulas Reguladoras de Pressão em determinadas localidades com altas pressões, localizadas após a simulação hidráulica com a utilização do software EPANET, sem diminuir a demanda dos nós e sem alterar a curva das duas bombas, simulando também as perdas físicas utilizando o coeficiente do emissor nestes.

Pudemos verificar que com a medida proposta houve uma contenção na oferta de água em torno de 30 l/s, representando um volume não produzido de aproximadamente 78 mil m³/mês, proporcionando uma economia no custo de energia em torno de R\$ 16 Mil/mês com a estação elevatória e com a estação de tratamento de água do Sistema Aldo Céu.

A utilização do software EPANET para o cálculo das perdas se mostrou bastante eficiente, uma vez que, o mesmo calcula o consumo de cada Nó individualmente, levando em consideração a pressão destes, chegando a resultados bem próximos ao da equação já consagrada de FAVAD, que relaciona diretamente a vazão de vazamentos com a pressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SILVA CM, PÁDUA VL & BORGES JM, **Contribuição ao estudo de medidas para redução da perda aparente de água em áreas urbanas**, Ambiente & Sociedade São Paulo v. XIX, n. 3 n p. 253-274 n jul.-set. 2016.
2. ABES, **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**, Manual Técnico da ABES. 2015.
3. FUNASA, **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**, 2ª edição – 2014.
4. ALBANEZE, D. B. **Análise do Consumo de Energia Elétrica com a Instalação de Um Inversor de Frequência no Sistema de Abastecimento de Água do Bairro Aero Rancho em Campo Grande – MS**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2012.
5. BEHANDISHA, Z.Y. W. **Concurrent pump scheduling and storage level optimization using meta-models and evolutionary algorithms**. Watertown - USA, 2014.
6. GOMES, H. P.. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, p.114, 2005.
7. SOUSA, E. C. **Inversor de Frequência e a sua Contribuição Para a Eficiência em Sistemas de Bombeamento**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2010.
8. TSUTIYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de água e esgoto**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu - PR. 1997.
9. TSUTYIA, M. T. **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, p.634, 2004.