



COMPARAÇÃO DA POTÊNCIA EM EXCESSO PARA ABASTECIMENTO POR REDE BOMBEADA E POR GRAVIDADE

Moacir Muniz Pereira Junior⁽¹⁾

Aluno de Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Graduado em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil (2014) e Técnico de Eficiência Energética em Hidráulica e Saneamento - LENHS UFMS

Andréa Teresa Riccio Barbosa⁽¹⁾

Engenheira Eletricista e Administradora de Empresa, Mestre e Doutora em Engenharia Elétrica, Professora do Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Mestrado de Eficiência Energética e Sustentabilidade – Campo Grande – MS – CEP: 79009-070 – Brasil - Tel: +55 (67) 3345-7497 - Fax: +55 (67) 3345-7491 e-mail: andrea.barbosa@ufms.br ou aricciobarbosa@yahoo.com.br.

RESUMO

Este trabalho avalia através de uma metodologia preestabelecida, a potência em excesso presente em uma rede bombeada que possui gestão da pressão através do uso de inversor de frequência. Posteriormente a concepção da rede é alterada para um abastecimento por gravidade e novamente calculada a potência em excesso, para comparação com a anterior. As avaliações são feitas através dos resultados obtidos com a simulação calibrada da rede de abastecimento, no software Epanet 2.0.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento, Eficiência, Energia, Inversor de frequência.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de distribuição de água são parte fundamental em qualquer cidade e seus custos, principalmente com energia elétrica, constituem gastos significativos. Em algumas literaturas encontra-se que os gastos das companhias de saneamento com energia elétrica representam cerca de 11,2% dos custos totais, tornando-se a terceira maior despesa para as empresas, atrás apenas dos gastos com pagamentos de funcionários e de terceirizados (SNIS, 2014). Desse total, a grande maioria é consumida pelas estações elevatórias presentes na rede de captação e distribuição. Este trabalho avalia através de uma metodologia preestabelecida, a potência em excesso presente em uma rede bombeada que possui gestão da pressão através do uso de inversor de frequência. Posteriormente a concepção da rede é alterada para um abastecimento por gravidade e novamente calculada a potência em excesso, para comparação com a anterior. As avaliações são feitas através dos resultados obtidos com a simulação calibrada da rede de abastecimento, no software Epanet 2.0.

METODOLOGIA

O sistema de abastecimento estudado, representado na Figura 1, tem a concepção típica de um abastecimento por bombeamento, presente em diversos sistemas reais de abastecimento. Através dessa concepção o estudo pôde analisar a demanda de energia com o bombeamento e comparar com a demanda de energia gerada, se o mesmo abastecimento fosse realizado por gravidade, através de um reservatório elevado.

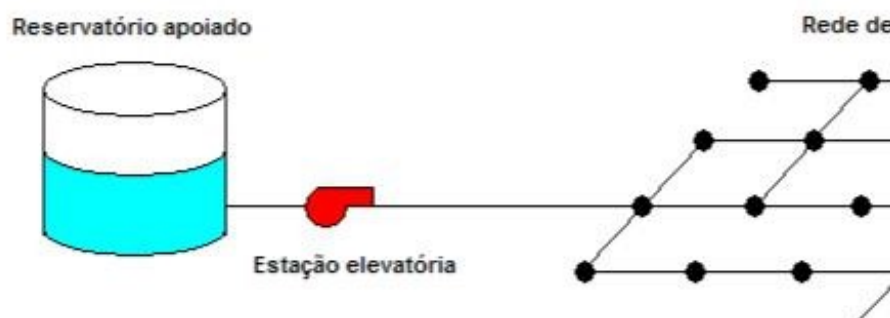


Figura 1: Concepção de um sistema de abastecimento de água real.



A. Determinação da Potência

Sabe-se que a potência do escoamento num sistema pressurizado é dada pela multiplicação do peso específico do fluido, da vazão e da carga hidráulica em relação a uma seção a um determinado referencial (Quintela, 2000). Alegre (1992) desenvolveu o conceito de energia mínima e supérflua em sistemas de abastecimento, e propôs uma metodologia de avaliação dos sistemas de abastecimento de água através da comparação da potência em excesso nos sistemas. O excesso de energia é calculado através da diferença entre a potência total fornecida para o sistema e a potência teórica mínima para o abastecimento (Duarte et al, 2008).

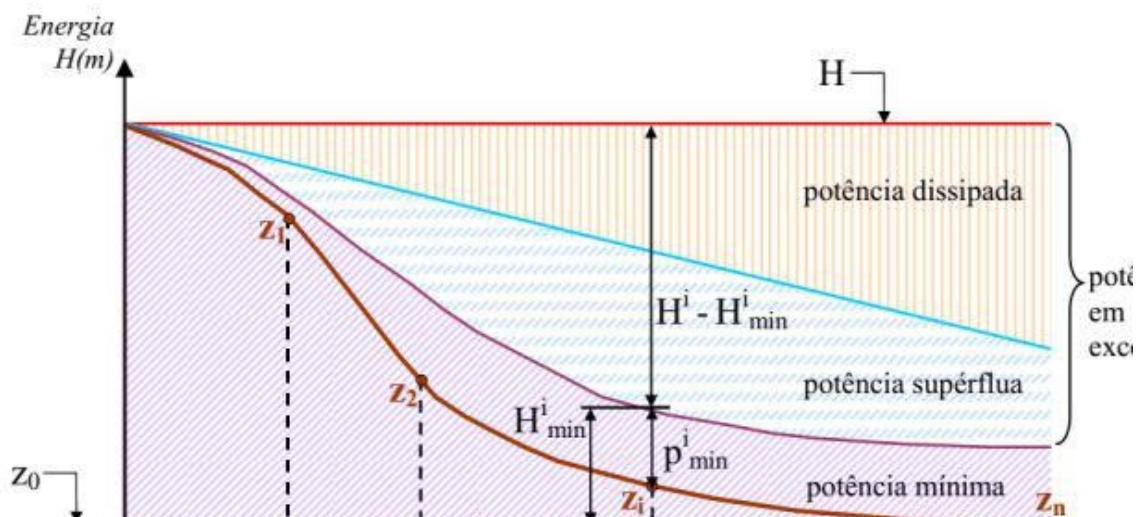


Figura 2: Representação dos vários tipos de potência num sistema de abastecimento de água (Duarte et al, 2008).

B. Modelo Hidráulico

Nos processos de modelagem do sistema seguem-se as recomendações de Cheung et al (2007), onde sugere que para o início do processo de modelagem hidráulica, há necessidade de se definir metas e de se planejar as etapas de construção do modelo representativo do sistema real, incluindo o levantamento das informações cadastrais e o levantamento de informações operacionais.

Dessa forma, foi realizado junto à companhia de saneamento o levantamento de informações cadastrais do sistema; como os monitoramentos de vazão e pressão e os parâmetros elétricos para a construção do modelo hidráulico no *software* Epanet 2.0.

C. Estudo de Caso

A metodologia foi aplicada em um sistema real de Campo Grande, MS, operado por uma concessionária privada.

O modelo hidráulico, Figura 3, foi concebido em dois cenários. No primeiro foi simulada a concepção real do sistema, com o bombeamento variando em função do ponto crítico da rede, através de um inversor de frequência, de tal modo que o ponto crítico fique sempre com a pressão de 10 m.c.a. Nota-se que esse valor é previsto como mínimo para o abastecimento de redes hidráulicas segundo norma técnica vigente (NBR 12218). No segundo cenário, a bomba foi substituída no modelo hidráulico, por um reservatório de nível fixo com a carga hidráulica necessária para abastecer o ponto crítico do sistema com 10 m.c.a., durante o período de maior consumo de água, em que as pressões na rede tornam-se por consequência, mais baixas.

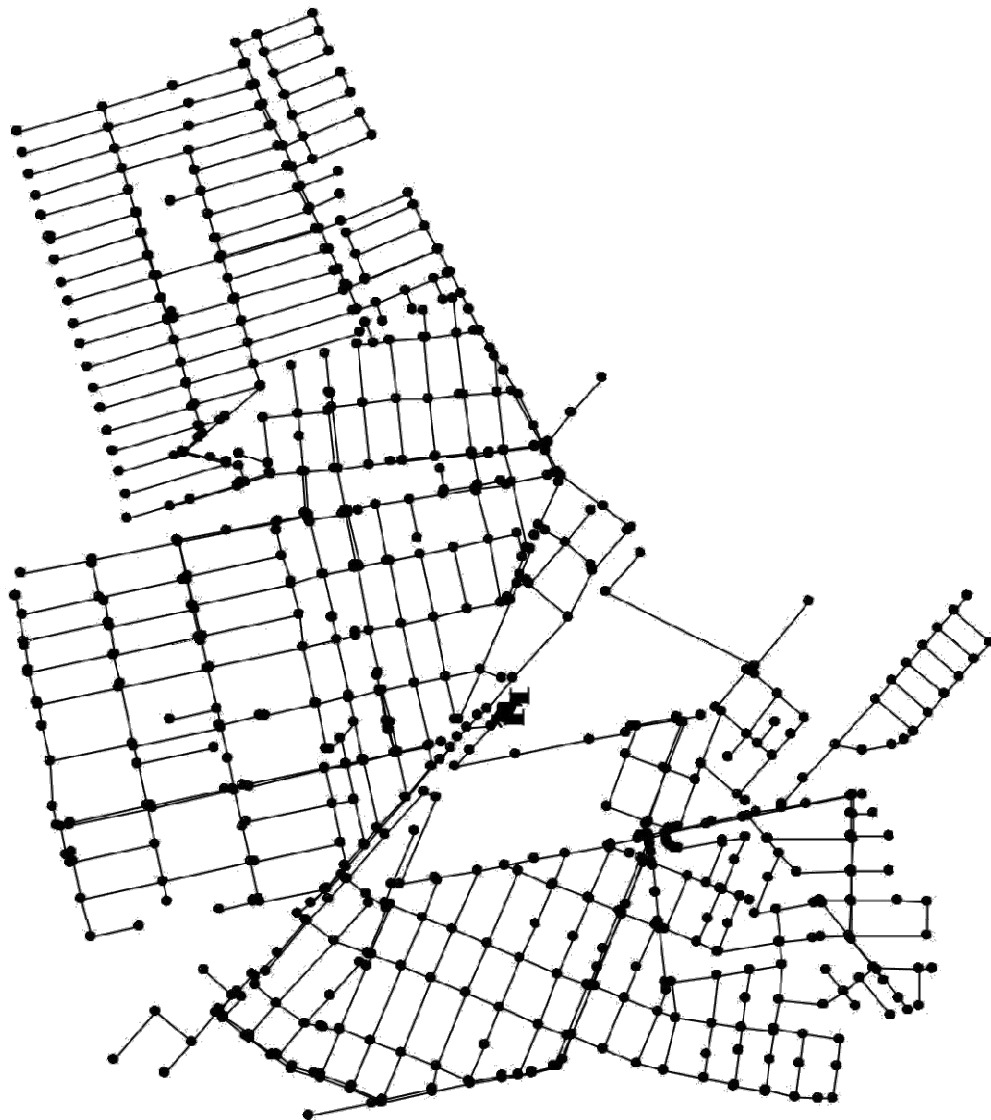


Figura 3: Modelo Hidráulico

Através da simulação obtiveram-se, para cada nó do modelo os valores de demanda, cota e carga hidráulica, e com os valores simulados, foram calculadas as Potências fornecidas e que estão em excesso, para o sistema, sendo abastecido através do bombeamento, conforme metodologia proposta por Duarte et. al. (2008). Assim tem-se que a potência fornecida pode ser calculada conforme Equação 1.

$$Pot_{for} = \gamma \cdot Q_{for}(t) \cdot H(t)$$

equação (1)

Onde:

Potfor – Potência fornecida ao sistema no instante “t” (W)

– Peso específico da água (9800Nm-3)

Qfor(t) – Vazão de entrada do sistema no instante “t” (m3/s)

H(t) – Carga hidráulica na origem no instante “t” (m.c.a.)

A potência mínima pode ser calculada através da equação 2.

$$Pot_{\min(t)} = \sum_{i=1}^n \gamma \cdot Q_i(t) = \gamma \cdot \sum_{i=1}^n Q_i(t)$$

Equação (2)

Onde:

$P_{\min(t)}$ – Potência mínima a garantir no nó “i” no instante “t” (W)

$Q_i(t)$ – Vazão consumida no nó “i” no instante “t” (m³/s)

H_{\min} – Cota piezométrica mínima requerida no nó “i” no instante “t” (m.c.a.)

Nesse sistema, há o gerenciamento da pressão através do inversor de frequência. Isso quer dizer que a operação é realizada de tal forma que a pressão no ponto crítico de abastecimento tende a possuir a intensidade mínima possível. Dessa forma, o valor de H_{\min} para cada nó da simulação foi determinado como sendo a carga necessária, para que no ponto crítico de abastecimento, a intensidade representasse a cota topográfica do nó mais 10 metros, de forma que atendessem a norma técnica brasileira NBR 12218.

A potência em excesso foi calculada (equação 3) como sendo a diferença entre a fornecida e a mínima.

$$P_{\text{exc}(t)} = P_{\text{for}(t)} - P_{\min(t)}$$

equação (3)

RESULTADOS

Ao plotar os resultados em um gráfico, podem-se observar que a potência em excesso nesse sistema é sempre maior quando a rede é abastecida por gravidade, conforme observado na Figura 4.

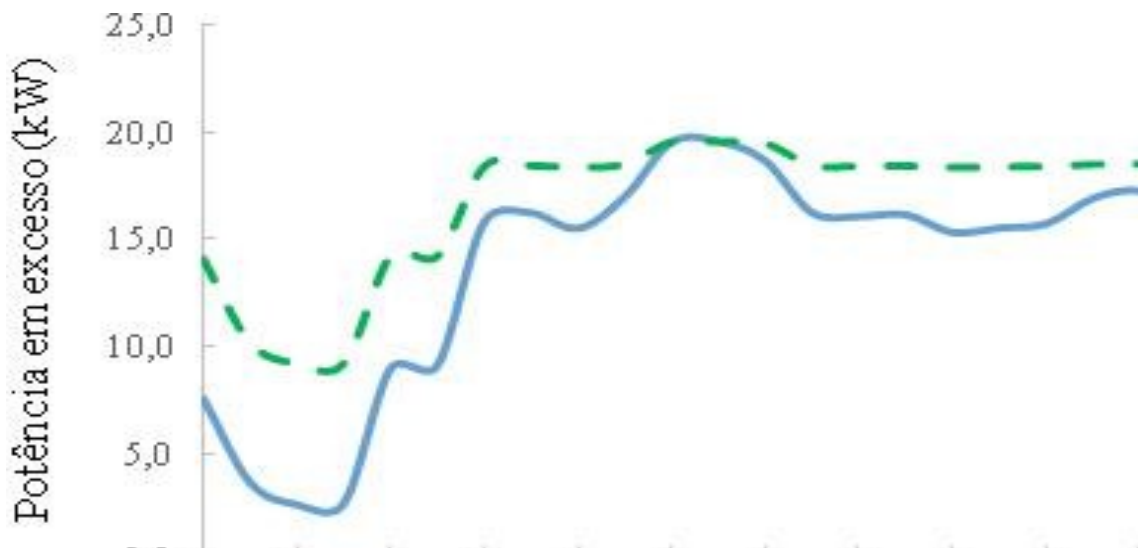


Figura 4: Potência em excesso no sistema segundo as deferentes concepções.

Isso se dá em função da constante carga hidráulica no fornecimento, que eleva a pressão a níveis altos em momento de consumo reduzido. Estudos demonstram que essa elevação na carga hidráulica pode contribuir com o aumento do índice de vazamentos no sistema (Colombo, Karney, & ASCE, 2005).

A diferença entre as potências em excesso, Figura 5 e Tabela 1 pode ser interpretada como o potencial de redução do consumo de energia elétrica, por adotar a concepção com bombeamento. Por sua vez também é válida a interpretação análoga de que, o valor da diferença entre os potenciais, seria a intensidade de energia perdida, caso fosse adotado a concepção por gravidade.

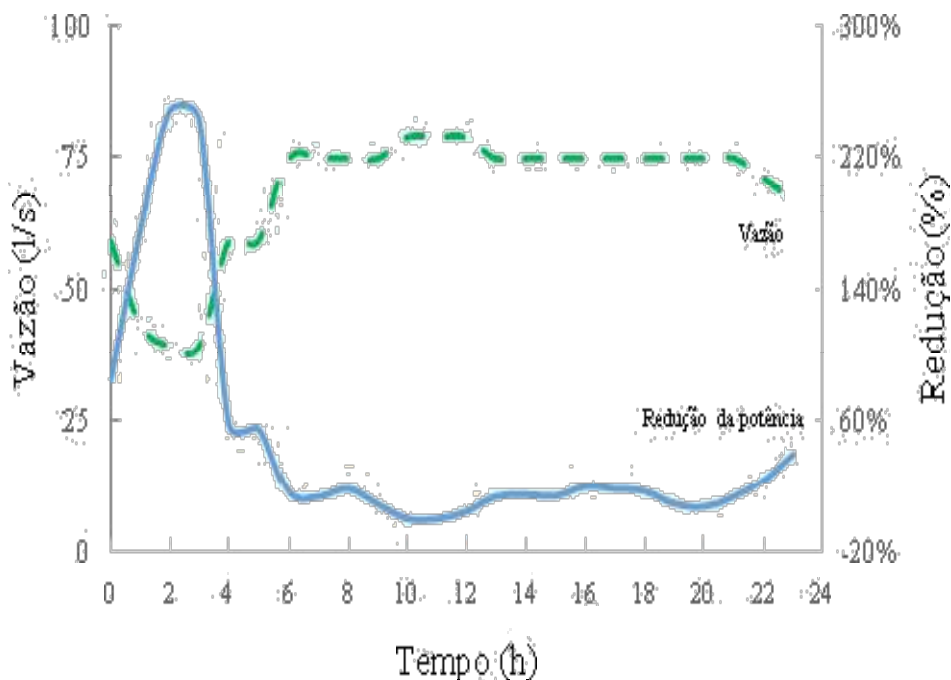


Figura 5: Panorama de percentual de redução da potência em relação ao consumo de água.

Observa-se que apesar de a pressão fornecida pelo bombeamento gerar a potência em excesso na concepção bombeada, essa energia não pode ser categorizada como supérflua, pois ela é essencial na manutenção do abastecimento da região crítica. Caso haja em um sistema, valores de potência em excesso, com variações bruscas de intensidade em função da coordenada e não de acordo com o consumo, é recomendável que a rede seja setorizada (Júnior et. al., 2016).

Tabela 1 - Resultado do cálculo das potências em excesso

Hora	Potência em excesso			Diferença (kW)
	Potência Bombeada (kW)	Gravidade (kW)	Diferença (kW)	
00:00	7,60	14,10	6,50	
01:00	3,69	10,18	6,49	
02:00	2,64	9,20	6,55	
03:00	2,69	9,20	6,51	
04:00	8,99	14,23	5,24	
05:00	9,14	14,24	5,10	
06:00	15,83	18,43	2,59	
07:00	16,24	18,46	2,21	
08:00	15,51	18,39	2,88	
09:00	16,99	18,53	1,54	
10:00	19,54	19,58	0,04	
11:00	19,58	19,57	-0,01	
12:00	18,66	19,49	0,84	
13:00	16,24	18,46	2,22	
14:00	16,07	18,44	2,37	
15:00	16,16	18,44	2,28	
16:00	15,33	18,37	3,04	
17:00	15,54	18,39	2,85	



18:00	15,74	18,42	2,68
19:00	16,93	18,52	1,59
20:00	17,27	18,54	1,28
21:00	16,20	18,45	2,25
22:00	13,95	17,31	3,36
23:00	11,61	16,26	4,65

Na Tabela 1, pode-se observar na hora 11 o valor negativo de 0,01. Esse valor significa que no horário de maior consumo, a pressão na rede ficou um pouco acima de 10 m.c.a. na concepção bombeada. Esse valor extrapolado é aceitável visto que é resultado da instabilidade do valor da pressão, que dificilmente estabilizará em exatos 10 metros de coluna de água.

CONCLUSÃO

Os resultados do trabalho são importantes para mostrar que o método de reservação, apesar de parecer ser mais eficiente, por não consumir energia elétrica durante um grande intervalo de tempo, pode causar uma demanda de energia maior do que com bombeamento. E que a eficiência no bombeamento está atrelada à possibilidade de variação da velocidade da bomba e, conseqüentemente, a modulação de sua carga fornecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público [Norma Técnica] // NBR 12218. - Rio de Janeiro : ABNT, Julho de 1994.
2. Alegre, H. Instrumentos de apoio a gestão técnica de sistemas de distribuição de água. Tese apresentada ao concurso para doutoramento no Instituto Superior Técnico, Teses e Programas de Investigação LNEC, Lisboa, 1992 590 p.
3. Cheung, Peter; Reis, Luísa. Os Vazamentos nas Redes de Distribuição de Água. In: GOMES, Heber; GARCIA, Rafael; REY, Pedro. Abastecimento de água: o estado da arte e técnicas avançadas. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2007. 386p.
4. Colombo Andrew F., Karney Bryan W. e ASCE M. Impacts of Leaks on Energy Consumption in Pumped Systems with Storage [Periódico] // Journal of Water Resources Planning and Management. - [s.l.]: ASCE, 1 de Março de 2005. - 2 : Vol. 131. - pp. 146-155.
5. Duarte P., Alegre H. e Covas D. I. C. Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água [Conferência] // VIII Seminário Ibero-Americano. - 2008. - p. 16.
6. Júnior M. M. P., “Setorização de redes de abastecimento através da potência em excesso”, [Não publicado], apresentado na disciplina de Eficiência Energética em Hidráulica e Saneamento do Programa de Pós-Graduação e Eficiência Energética e Sustentabilidade da UFMS, Campo Grande, 2016.
7. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.: il.
8. Quintela, A. C. Hidráulica. 7ª Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.