



XI-017 – ÁGUA E ENERGIA: POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO

Eduardo Cohim⁽¹⁾

Doutor em Energia e Meio Ambiente (2011), Mestre em Tecnologias Limpas (2006) e graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal da Bahia (1983). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Alisson Meireles Brandão

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UFBA - Universidade Federal da Bahia, 2007. Engenheiro da Embasa ocupando a função de Gerente da Unidade Regional da Federação. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

Endereço⁽¹⁾: Av. Araújo Pinho, 215, apto. 602 – Canela. CEP 40.110-150. Salvador-BA. E-mail: edcohim@gmail.com.

RESUMO

Diante do rápido crescimento da população, da elevação da demanda por água, recursos energéticos e do quadro crescente de alterações climáticas e do ciclo da água há uma necessidade, cada vez maior, de realizar um planejamento integrado dos sistemas de gestão de água e energia.

A expressão "nexo água-energia" é utilizada para definir as consequências bidirecionais do uso dos recursos. Depende de fatores como eficiência do processo, a quantidade de recursos envolvidos, perdas nos sistemas de gestão destes recursos, e a escolha de tecnologias.

O uso de turbinas e bombas funcionando como turbinas são soluções não convencionais de geração de energia elétrica. Como exemplo a montante de uma válvula redutora de pressão para reduzir a energia em excesso em uma tubulação, em regiões montanhosas, para evitar o excesso de pressão, nas descargas de águas sob pressão e, em qualquer tipo de quedas naturais.

Diante disso, este trabalho visa avaliar o potencial de geração de energia elétrica na rede de distribuição do sistema de abastecimento de água de Salvador na região do subúrbio, pelo uso de microturbinas ou bombas funcionando como turbina em substituição a nove válvulas redutoras de pressão e na chegada do reservatório apoiado do sistema de distribuição, como forma de avaliar a possível melhoria do desempenho energético do sistema.

Dessa forma, o resultado agregado seria de uma recuperação de 0,227 kWh/m³, o que permitiria reduzir a intensidade energética da água distribuída neste sistema, conforme os indicadores utilizados, em até 32,4%.

Mesmo com uma amostra de pequena escala os resultados de redução de pressão encontrados e geração de energia indicam uma excelente oportunidade de se implementar ações para o aproveitamento da carga hidráulica disponível para geração de energia elétrica pela instalação de microturbinas.

PALAVRAS-CHAVE: Intensidade energética, Recuperação de energia, Redução de pressão, Microturbinas, Bombas funcionando como turbinas.

INTRODUÇÃO

Diante do rápido crescimento da população, da elevação da demanda por água, recursos energéticos e do quadro crescente de alterações climáticas e do ciclo da água há uma necessidade, cada vez maior, de realizar um planejamento integrado dos sistemas de gestão de água e energia. (MO e outros, 2011; SIDDIQI e ANADON, 2011).

A questão energética tem sido colocada entre os pontos centrais das discussões para a garantia de recursos e condições ambientais de sobrevivência para as futuras gerações (MEADOWS e outros, 2004).

A relação entre água e energia tornou-se uma questão de alta prioridade na avaliação da sustentabilidade. A percepção de que o setor de abastecimento de água gasta muita energia e que as fontes energéticas inovadoras requerem recursos hídricos estáveis aumentou o interesse em avaliar ambos os setores de uma forma mais integrada. (HARDY, GARRIDO, JUANA, 2012). Na gestão global das questões relacionadas aos recursos



hídricos, a consideração da energia incorporada nos sistemas de utilização de água devem tornar-se mais importantes no futuro. (MO e outros, 2011).

A expressão "nexo água-energia" é utilizada para definir as consequências bidirecionais do uso dos recursos. Depende de fatores como eficiência do processo, a quantidade de recursos envolvidos, perdas nos sistemas de gestão destes recursos, e a escolha de tecnologias.

Água e energia são indissociáveis, de um lado, todos os tipos de sistemas de geração de energia consomem água, seja diretamente ou indiretamente por meio da evaporação em que a água é consumida ao longo do processo de produção e construção de instalações de geração de energia elétrica. Do outro lado, o abastecimento de água requer energia para extrair e transportar água doce para usuários finais ou para tratar águas residuais (LI e outros, 2012).

A preocupação com a produção e o consumo de água e energia decorre principalmente do interesse operacional das empresas de serviços públicos de fornecimento de água e energia. A infraestrutura existente e as tecnologias estão no centro das principais ações desenvolvidas (SCOTT e outros, 2011). Devido a essa ênfase no consumo de recursos, o nexo água e energia é muitas vezes caracterizado em termos da eficiência no uso destes recursos, por exemplo, a quantidade de metros cúbicos de água necessários para gerar um quilowatt hora de energia elétrica ou, no sentido inverso, quantos quilowatts hora de energia elétrica são consumidos por metro cúbico de água fornecida ao usuário.

Os Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil geralmente possuem baixa eficiência, tanto para o consumo de energia elétrica quanto para o controle das perdas de água. A redução parcial de perdas físicas de água em áreas urbanas pode ser conseguido através da colocação de válvulas de controle e redução da pressão da água na tubulação distribuidora, a fim de reduzir os custos com a correção da tubulação rompida pelas altas pressões na rede distribuidora. Diante disso, o número de válvulas de redução de pressão utilizadas cresce acentuadamente (CARRAVETTA e outros, 2013).

O uso de turbinas e bombas funcionando como turbinas são soluções não convencionais de geração de energia elétrica e estão na vanguarda de muitos países em desenvolvimento para alcançar sua autossuficiência de energia. Como exemplo a montante de uma válvula redutora de pressão para reduzir a energia em excesso em uma tubulação, em regiões montanhosas, para evitar o excesso de pressão, nas descargas de águas sob pressão e, em qualquer tipo de quedas naturais (RAMOS e BORGA, 1999).

No caso utilização em sistemas de abastecimento de água, a instalação de um pequena turbina pode recuperar energia que de outra forma seria dissipada no controle da válvula. Estes tipos de situação são adequados para a aplicação de uma bomba funcionando como turbina, particularmente se a velocidade da água na tubulação for mais ou menos constante (WILLIAMS, 1996).

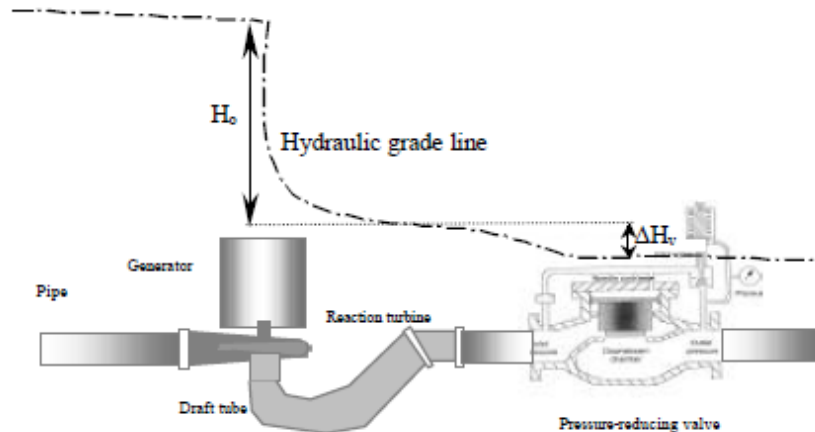


Figura 1: Esquema de instalação de uma microturbina antes de uma válvula redutora de pressão (RAMOS e outros, 2005).

Alguns tipos específicos de microturbinas hidráulicas foram propostas, com dispositivos que ajustam a máquina às variações de pressão e vazão, de modo a modificar a velocidade de rotação com a potência. Estes mecanismos tornam o uso de microturbinas bastante caros, enquanto que a utilização de uma bomba funcionando como uma turbina (BFT) é uma solução barata e uma oportunidade adequada (FECAROTTA e outros, 2011).

A utilização de bombas funcionando como turbinas (BFT) para geração de energia elétrica ou acionamento mecânico não é recente. Seu uso é justificado por serem menos complexas, isto é, mais fáceis de instalar, manter e operar, e por serem produzidas em grande escala, sendo facilmente encontradas no mercado, em diversos modelos (BALARIM, 2004).

As informações mais atuais, extraídas do Sistema Nacional de Informações em Saneamento (SNIS), a intensidade energética pelo volume distribuído mostram que Salvador, com 0,895 kWh/m³ (BRASIL, 2012a), não está distante da média nacional de 0,70 kWh/m³ obtida pelo Relatório do Balanço Energético Nacional 2012 (BRASIL, 2012b). A aplicação de microturbinas e bombas funcionando como turbinas poderia diminuir este indicador de consumo pela recuperação de energia que poderia ser usada dentro do próprio sistema de distribuição.

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de geração de energia elétrica na rede de distribuição do sistema de abastecimento de água de Salvador na região do subúrbio, pelo uso de microturbinas ou bombas funcionando como turbina em substituição a nove válvulas redutoras de pressão e na chegada do reservatório apoiado do sistema de distribuição, como forma de avaliar a possível melhoria do desempenho energético do sistema.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo avaliou a operação de um sistema de distribuição de Salvador, responsável por 32 mil ligações, que possui uma topografia muito acidentada que exigiu a instalação de 9 Válvulas Redutoras e Sustentadoras de Pressão (VRSP), denominadas VRSPs 01, 02, 21, 22, 23, 24, 25, 73 e 74 em redes de PVC DN 50 e 100.

Nos locais onde foram instaladas as VRSP, foram delimitados 3 distritos de medição e controle, cuja atuação alcança o universo de 1.535 ligações domiciliares, com uma média de pressão dissipada de 15m.c.a.

No estudo de caso, existe uma continuidade na faixa de velocidade da água que chega ao reservatório e esta energia cinética pode ser convertida em energia elétrica pela instalação de uma turbina hidráulica na chegada do reservatório de distribuição da área, que tem capacidade de 8700m³ e uma vazão média diária de 846 l/s.

Conforme as condições físicas da tubulação de chegada, cuja tubulação é em ferro fundido de diâmetro nominal de 600 e das características de vazão de pressão disponíveis pôde-se então estimar a quantidade de energia que poderá ser gerada com o uso da fórmula apresentada por Garman (1986):

$$P_t = 0,05 \cdot \gamma \cdot A \cdot V^3 \cdot C_t \text{ onde:}$$

P_t = potência no eixo da turbina; (Watts);

A = área total do rotor, projetada na corrente da água (m²);

V = velocidade da corrente, medida a duas vezes de distância do diâmetro do rotor (m/s);

C_t = rendimento esperado para a turbina $C_t = 0,25$.

γ = peso específico da água (9,81 x 10³ N/m³)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A regulagem das válvulas buscou a redução da pressão na rede de forma a manter uma pressão mínima disponível de 10 m.c.a no ponto crítico de abastecimento da linha distribuidora principal.

A Figura 2 mostra o gráfico de pressão da VRSP 73. Conforme mencionado anteriormente a pressão média disponível após a operação da válvula foi de 15m.c.a. Ressalta-se que a instalação da válvula provocou a elevação das pressões a montante do ponto de instalação da mesma em relação a condição operacional anterior.

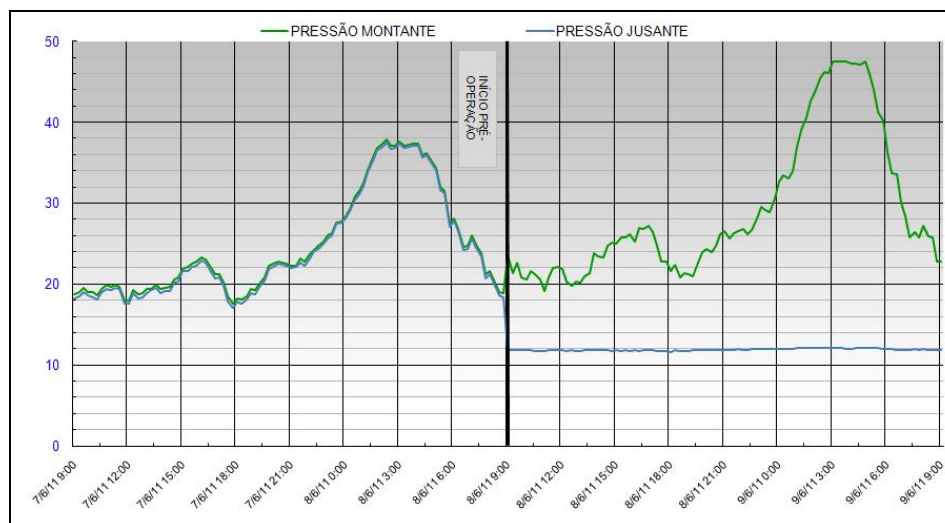


Figura 2 - Gráfico de Pressão da VRSP 73

As condições de operação das válvulas resultam numa potência instalada de 1,26 kW, quando considerado um rendimento de 40% no sistema da turbina. Resultando, para o binômio pressão disponível e vazão um potencial de geração de energia de 30,31kWh, alcançando aproximadamente 11,06 MWh/ano.

Tabela 1: Potencial de geração de energia elétrica das VRSPs

	VRSP 01	VRSP 02	VRSP 21	VRSP 22	VRSP 23	VRSP 24	VRSP 25	VRSP 73	VRSP 74	Total
No. Hab	969	665	467	755	2.251	735	339	2.216	1.052	9.449
Nº Ligações	123	119	107	124	400	135	37	311	179	1.535
Vazão Média (l/s)	1,7	1,2	0,8	1,4	4,0	1,3	0,6	4,0	1,9	16,9
Variação de Pressão	53 mca	47 mca	55 mca	48 mca	39 mca	77 mca	56 mca	48 mca	50 mca	53 mca
Média de Pressão	19 mca	3 mca	15 mca	13 mca	7 mca	31 mca	15 mca	15 mca	9 mca	14 mca
Potência Inst. (kW)	0,15	0,02	0,11	0,10	0,17	0,26	0,04	0,30	0,11	1,26
Potencial (KWh)	3,61	0,60	2,53	2,51	4,17	6,35	0,87	7,13	2,54	30,31
Potencial (MWh/ano)	1,32	0,22	0,92	0,92	1,52	2,32	0,32	2,60	0,93	11,06
Vol. Distribuído (m³/dia)	138	133	120	139	449	151	42	349	201	1.722
Geração (kWh/m³)	0,026	0,004	0,021	0,018	0,009	0,042	0,021	0,020	0,013	0,175

Diante deste resultado, a cada metro cúbico distribuído nos distritos seriam gerados 0,175kWh/m³. Um potencial que se comparado ao consumo de energia médio nacional de 0,70kWh/m³ representa uma redução de aproximadamente 25% do consumo e se comparado ao de Salvador (0,895kWh/m³) uma redução neste indicador de 19,6%.

Já a instalação de uma turbina na chegada do reservatório, cuja velocidade estimada foi de 3 m/s, a potência instalada, para uma turbina de área total do rotor igual a 2m², para um rendimento de 25%, seria de 6.570W, resultando num potencial de geração de energia elétrica de 157,7kWh. Para a vazão média de 846 l/s a geração por metro cúbico seria de 0,052 kWh/m³.

Dessa forma, o resultado agregado seria de uma recuperação de 0,227 kWh/m³, o que permitiria reduzir a intensidade energética da água distribuída neste sistema, conforme os indicadores utilizados, em 32,4% para a média nacional (0,70 kWh/m³) e em 25,3% para a média de Salvador (0,895 kWh/m³).

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Mesmo com uma amostra de pequena escala os resultados de redução de pressão encontrados e geração de energia indicam uma excelente oportunidade de se implementar ações para o aproveitamento da carga hidráulica disponível para geração de energia elétrica pela instalação de microturbinas.

Deve ser dada mais atenção a redução do uso de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água e estudadas formas para a implantação de microcentrais para armazenamento e distribuição da energia gerada pelas turbinas como forma de reduzir perdas e custos na transmissão. Ressaltando que a energia gerada no parque de reservação poderá ser utilizado nas estações elevatórias.

Uma oportunidade atual para se utilizar a energia gerada nas microturbinas instaladas na rede distribuidora poderia ser vendida para a companhia de energia local, desde que sejam garantidas as exigências de qualidade dessa energia gerada, ao participar do Sistema de Compensação de Energia, como regulamentado pela Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012.



Estas ações se mostram uma excelente oportunidade para as empresas de saneamento melhorarem a sua eficiência operacional diante da iminente necessidade de redução do consumo resultante do modelo de gestão atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALARIM, C. R.; TARGA, L. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; ANDRADE FILHO, A. G.; WIECHETECK, G. K. Custo de bombas centrífugas funcionando como turbinas em microcentrais hidrelétricas. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.1, p.219-225, jan./abr. 2004
2. BRASIL, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2010. Rio de Janeiro, 2012a.
3. BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Relatório do Balanço Energético Nacional 2012. Rio de Janeiro, 2012b.
4. CARRAVETTA, Armando; GIUDICE, Giuseppe del; FECAROTTA, Oreste; RAMOS, Helena M. PAT Design Strategy for Energy Recovery in Water Distribution Networks by Electrical Regulation. Energies 2013, 6, 411-424
5. FECAROTTA, O.; CARRAVETTA, A.; RAMOS, H. M. CFD and comparisons for a pump as turbine: Mesh reliability and performance concerns. International Journal of Energy and Environment. Volume 2, Issue 1, 2011 pp.39-48
6. GARMAN, Peter. Water Current Turbines: A Fieldworker'S Guide. 1986, 124p
7. HARDY, Laurent; GARRIDO, Alberto; JUANA, Luis. Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus. Water Resources Development. Vol. 28, No. 1, 151-170, March 2012
8. LI, Xin; FENG, Kuishuang; SIU, Yim Ling; HUBACEK, Klaus. Energy-water nexus of wind power in China: The balancing act between CO2 emissions and water consumption. Energy Policy 45 (2012) 440-448
9. MEADOWS, Donella; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. Limites do Crescimento: A Atualização de 30 Anos. Chelsea Green Publishing, 2004
10. MO, Weiwei; ZHANG, Qiong; MIHELICIC, James R.; HOKANSON, David R.. Embodied energy comparison of surface water and groundwater supply options. Water Research 45 (2011) 5577 e 5586
11. RAMOS, H.; BORGA, A. Pumps as turbines: an unconventional solution to energy production. Urban Water (1999) 261-263
12. RAMOS, Helena; COVAS, Dídia; ARAUJO, Luiz; MELLO, Maria. Design criteria applied to pressurised gravity systems. Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal, 2005.
13. SCOTT, Christopher A.; PIERCE, Suzanne A.; PASQUALETTI, Martin J.; JONES, Alice L.; MONTZ, Burrell E.; HOOVER, Joseph H. Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. Energy Policy 39 (2011) 6622-6630
14. SIDDIQI, Afreen; ANADON, Laura Diaz. The water-energy nexus in Middle East and North Africa. Energy Policy 39 (2011) 4529-4540
15. WILLIAMS, A. A. Pumps as turbines for low cost micro hydro power. Nottingham Trent University, UK, WREC 1996