



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ANALISE DA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO: ESTUDO DE CASO EM SISTEMA DO CAMPUS DO VALE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

*Jóice Cristini Kuritza¹; Elisa Alberton Machado²; Rafael Guerra Ortiz³ & Marcelo Giulian
Marques⁴*

RESUMO – Os sistemas de abastecimento de água são apontados como grandes consumidores de energia elétrica durante sua operação. Nesse sentido, foi realizado o monitoramento de grandezas elétricas, mecânicas e hidráulicas de modo a se obter o diagnóstico hidroenergético do sistema de bombeamento do Anel Viário do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A medição ocorreu durante o período de 30 dias, e permitiu inferir sobre questões como o consumo de energia elétrica do sistema, curvas de consumo de água, procedimentos operacionais utilizados e percentual de economia, caso fossem modificados alguns aspectos da operação.

ABSTRACT– Water Supply Systems require great electrical energy consumption to operate. Accordingly, there has been conducted the monitoring of electrical, mechanical and hydraulic parameters in order to develop a hydroelectric diagnosis of a pumping system. The analyzed system is located at a campus of Universidade Federal do Rio Grande do Sul and supplies an area called Anel Viário do Campus do Vale. The monitoring happened during 30 sequential days and allowed inferring on questions as the system electrical energy consumption, water demand curves, operational procedures and related savings in case of operational changes.

Palavras-Chave – Estação de Bombeamento; Diagnóstico Hidroenergético; Eficiência Energética.

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, (51) 3308-6114, joicekuritza@yahoo.com.br.

2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, (51) 3308-6114, elisaalbertonmachado@gmail.com.

3) Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, (51) 3308-6114, ortizgrafael@gmail.com.

4) Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, (51) 3308-6114, mmarques@iph.ufrgs.br.

1 - INTRODUÇÃO

Um Sistema de Abastecimento de Água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. São exemplos claros de projetos onerosos e, ao mesmo tempo, imprescindíveis para a sociedade. Nos projetos que envolvem as instalações pressurizadas para a distribuição de água, os custos de investimento, operação e manutenção são elevados (GOMES, 2009).

O percentual de consumo elétrico do setor de saneamento, dentro da matriz energética brasileira, é significativo, considerando que, do consumo total de energia elétrica do Brasil, 3% ou 7 milhões de megawatt hora por ano são consumidos por este setor (ABAE, 2006). Nesse sentido, o setor de saneamento representa um campo fértil para o desenvolvimento de ações de redução do desperdício de energia elétrica.

As principais operações de saneamento que utilizam energia elétrica são as estações elevatórias, cerca de 90% de seu consumo total. Em muitos casos, o processo é realizado por bombas impróprias, com reservatórios com volumes inadequados e sem equipamentos que aperfeiçoem a sua operação (SNIS, 2003).

O conceito de eficiência energética pode ser estabelecido, conforme apontado por Tolmasquim e Pinguelli (1998), como a utilização de energia com mínimo de desperdício de modo que atenda às necessidades humanas, visando à manutenção de suas fontes para as futuras gerações, com preservação do meio ambiente sem comprometer a segurança e o conforto das pessoas envolvidas. Ou seja, difere-se da ideia de racionalização, quando redução de consumo é obtida por meio da privação de um bem ou conforto. Entende-se, portanto, que o índice de eficiência energética cresce quando é executado um serviço ou produzido um bem com uma quantidade de energia menor do que seria normalmente consumida.

Segundo Gay *et al.* (2010) a eficiência energética é uma importante estratégia para enfrentar os desafios da escassez energética e desenvolvimento econômico e deve ser promovida e incentivada. Afirmam ainda que práticas de eficiência energética têm um impacto financeiro importante e positivo sobre serviços públicos de água, já que, os mesmos utilizam quantidades significativas de energia para captação, tratamento e distribuição de água potável para a população. Como resultado, mesmo pequenos aumentos na eficiência energética podem trazer benefícios financeiros importantes para as companhias prestadoras destes serviços.

Para definição de ações de eficiência energética a serem implantadas em sistemas de saneamento, é necessário um diagnóstico hidroenergético prévio. Um diagnóstico hidroenergético

visa analisar as condições que regem o funcionamento de um sistema de abastecimento de água, tendo em vista a proposição de ações que tornem o sistema mais eficiente sob a ótica do consumo de água e de energia.

Ações de combate às perdas ou uso inadequado de água e de energia nos sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário são, atualmente, medidas imprescindíveis e inadiáveis para garantir a sustentabilidade econômica da grande maioria das empresas de saneamento existentes no Brasil e no mundo. Além disso, sabe-se que o saneamento básico no Brasil encontra-se aquém do nível satisfatório de atendimento (MAGNIN *et al.* 2004).

Qualquer conjunto de ações a executar em um sistema de saneamento, visando melhorar sua eficiência, em termos de redução de perdas de água e de energia, necessita de um estudo técnico, ambiental e econômico para verificar sua viabilidade. A viabilidade técnica e ambiental das ações físicas e operacionais, com vistas a melhorar a eficiência dos sistemas no setor de saneamento, é necessária, mas não é suficiente. É também necessário que haja um estudo de viabilidade econômica, que demonstre que os custos de investimentos e de operação, aplicados para melhorar a eficiência do sistema, geram benefícios que podem garantir a sustentabilidade econômica da sua exploração (GOMES, 2009).

Frente aos aspectos aqui delineados, surgiu a motivação que levou ao desenvolvimento desta pesquisa, que tem por objetivo a realização de diagnóstico hidroenergético do Sistema de Abastecimento de Água do Anel Viário do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a partir de monitoramento de grandezas elétricas, hidráulicas e mecânicas.

2 - METODOLOGIA

Para a realização do diagnóstico hidroenergético, foram efetuadas medições de parâmetros mecânicos, hidráulicos e elétricos obtidos na estação de bombeamento de água do Anel Viário do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O sistema em análise é representado esquematicamente pela figura 1.

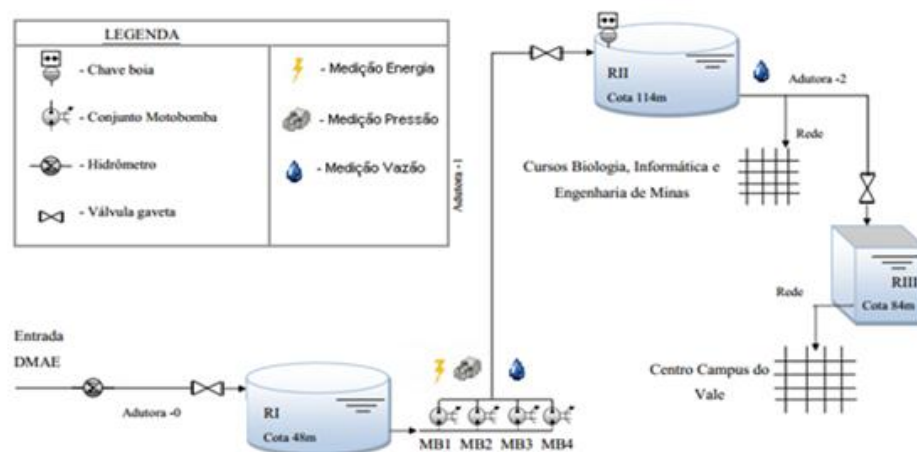


Figura 1 – Representação esquemática das instalações do sistema de abastecimento de água estudado nesta pesquisa

Fonte: Tonial, 2013

O abastecimento de água é realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto do Município de Porto Alegre (DMAE). A água fica armazenada em um reservatório semienterrado, chamado nesse trabalho de reservatório inferior ou RI, com capacidade nominal de 700m³. Deste reservatório, a água é bombeada para o reservatório superior (RII), que tem capacidade para armazenar 700m³, por meio de linha adutora sem derivações de 200mm de diâmetro. O desnível geométrico do sistema é de 65 metros, dado pela diferença de cotas dos reservatórios RI e RII.

A partir do reservatório superior, a água é distribuída por gravidade e conduzida parcialmente para o Setor IV (setor que abriga os departamentos de Biologia, Informática e Engenharia de Minas) e parcialmente para o reservatório intermediário (RIII), cuja função é reduzir a pressão na rede de distribuição. Deste reservatório a água segue para o centro do Campus do Vale, também por gravidade.

A casa de bombas é composta por três conjuntos motobomba idênticos, de mesmos dados nominais de fabricação, instalados em paralelo. No entanto, somente um conjunto é responsável pelo abastecimento de água, tendo ficado os demais inativos durante o período de observação. Os dados nominais dos conjuntos motobomba foram sintetizados e são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Dados de placa dos conjuntos motobomba

Dados de Placa dos Motores	
Potência (kW)	59,24
Fator de Potência (cosφ)	0,9
Tensão (V)	380
Corrente (A)	100
Rotação (rpm)	3560
Rendimento (%)	92,8
Dados de Placa das Bombas	
Potência (kW)	50,89
Vazão (m ³ /h)	112,5
Altura Manométrica (m)	115
Rendimento (%)	69,3

Os parâmetros monitorados foram: níveis dos reservatórios RI e RII, pressão de recalque e de sucção da bomba, vazão bombeada e vazão na tubulação de saída do RII e parâmetros elétricos – tensão, corrente, potência – no painel elétrico da casa de bombas. As especificações dos equipamentos utilizados para medição das grandezas estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Grandezas medidas e equipamentos utilizados

PARÂMETROS	EQUIPAMENTO	MARCA - MODELO	Precisão
Grandezas elétricas	Analizador registrador de energia	Hioki - 3197	+/-0,21% FS
Pressão de recalque e sucção	Transdutor de pressão	Velki IT-TR 0/300mca e - 10/10mca	+/-0,25% FS
Nível RI	Transdutor de pressão	Velki IT-TR -10/10mca	+/-0,25% FS
Nível RII	Transdutor de pressão hidrostático	Hytronic - TSH/01,6/P/20/I1	+/-0,25% FS
Vazão	Medidor de vazão ultrassônico	Ultraflux - UF 801- P	+/-0,50% FS

Para a análise operacional e diagnóstico do sistema, foram observados os dados coletados durante o mês de setembro de 2013. Durante o período de observação somente uma bomba das três existentes esteve em funcionamento.

A partir das grandezas monitoradas obtiveram-se informações a respeito do funcionamento do sistema como, por exemplo, quantas vezes o conjunto motobomba é acionado, por quanto tempo cada acionamento ocorre e em qual horário do dia, atentando ao fato de que o bombeamento pode ocorrer no período chamado fora de ponta ou período de ponta, que possuem tarifação diferenciada.

Segundo a Resolução ANEEL n. 090, de 27 de Março de 2001, o horário de ponta (P) é o período definido pela concessionária e composto por três horas diárias consecutivas nas quais serão cobradas tarifas elevadas em relação ao resto do dia. Nesse sentido, é interessante que o sistema não entre em operação durante esse período, utilizando-se da capacidade de reserva para abastecer o sistema e voltando a ser acionado somente após o horário de ponta. No Município de Porto Alegre, a Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE) estabelece como horário de ponta o período entre 18h e 20h59min.

Outras informações obtidas foram: volume de água transportado por acionamento e padrão de consumo de água a partir do reservatório superior, ou curva de demanda de água do sistema, que abastece todo o Anel Viário do Campus do Vale.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o mês analisado o sistema transportou aproximadamente 7.624m³ de água. Para realização deste trabalho, o conjunto motobomba foi acionado 194 vezes ao longo dos 30 dias. Na tabela 3 estão expostos os demais dados a respeito do funcionamento do sistema.

Tabela 3 – Características operacionais do sistema no período analisado

Número de Acionamentos (Ponta)	22
Número de Acionamentos (Fora de Ponta)	172
Período de Operação (Ponta) (horas)	16,23
Período de Operação (Fora de Ponta) (horas)	136,18
Tempo Médio de Operação por Acionamento (horas)	1,27
Tempo Total de Operação (horas)	152,41
Volume Total Transportado de Água (m ³)	7.623,33
Vazão Média do Sistema (m ³ /h)	50

De acordo com o exposto na tabela 3, o sistema entrou em funcionamento 22 vezes em período de ponta e 172 vezes em período fora de ponta. Considerando que o tempo médio de operação de cada acionamento é 1,27 horas, o sistema operou aproximadamente 28 horas no período de tarifação

elevada. Somente uma observação mais acurada do sistema seria capaz de indicar se este funcionamento em horário de ponta poderia ou não ser evitado. Para uma primeira análise, foi verificado nesta pesquisa como varia o nível do reservatório superior entre os acionamentos, já que uma alternativa que pode ser empregada para evitar os acionamentos em horário de ponta é utilizar-se do volume de água armazenado no reservatório para o abastecimento durante este período.

A medição de nível do reservatório superior mostrou que a variação entre um acionamento e outro é de apenas 0,125 metros. Os níveis máximo e mínimo observados foram 2,715m e 2,59m, respectivamente. Considerando que o diâmetro do reservatório é de 17,68 metros, a variação de volume entre um acionamento e outro, ou seja, o volume consumido antes que o conjunto motobomba seja novamente acionado é de apenas 31,3m³. O volume remanescente no reservatório, quando esse encontra-se em nível mínimo, é 650m³. Essa verificação permite supor que, caso houvesse uma variação de nível maior entre os acionamentos, o volume do reservatório superior seria melhor utilizado, podendo evitar o acionamento dos conjunto motobomba durante o horário de ponta.

As pressões médias de sucção e de recalque da bomba durante os acionamentos, foram de 1,32mca e 80,4mca, respectivamente. A diferença entre as pressões de sucção e de recalque indica o valor da altura manométrica do sistema. Sendo assim, no presente estudo, a altura manométrica média do sistema foi de 79,08m. Esse valor, em conjunto com a vazão bombeada, representa o ponto de trabalho da bomba, que pode ser plotado na curva da mesma. A figura 2 contém a curva da bomba, a indicação da vazão e altura manométrica segundo os dados nominais (115m e 112,5m³/h) e o ponto de operação encontrado durante o período analisado (79,08m e 50m³/h).

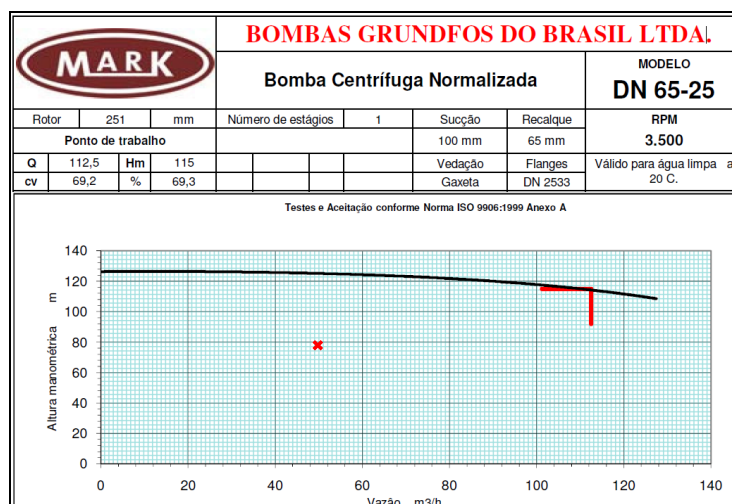


Figura 2 – Curva da Bomba e Pontos de Funcionamento (nominal e encontrado)

O ponto de operação em que a bomba está trabalhando deveria coincidir com a curva fornecida pelo fabricante para modelo, diâmetro do rotor e rotação encontrados. No entanto, na prática, foi constatado que o ponto de trabalho estava fora do esperado. Isso pode ocorrer por vários motivos,

por exemplo, danificações internas no rotor, causadas por cavitação da bomba. É fato que, operar numa situação tão distante da ideal implica em perda de rendimento e consequente acréscimo no consumo de energia.

Por tratar-se de um sistema que abastece as dependências de uma Universidade, era esperado pelos autores que o comportamento operacional fosse diferente entre os dias úteis (letivos) e finais de semana. Isso foi comprovado por meio da observação dos dados. Em média, o sistema de bombeamento é acionado 6 ou 7 vezes em dias letivos e apenas 2 ou 3 vezes nos finais de semana e feriados. As curvas de demanda de água entre os dias úteis e finais de semana também são muito diferentes. Em média, o volume de água consumido em dias úteis e finais de semana foi de 262m³ e 60m³, respectivamente.

As figuras 3 e 4 demonstram essa diferença operacional entre os dias úteis e finais de semana, tanto para número de acionamentos quanto para a curva de demanda a partir de RII. Observa-se que o consumo de água apresenta-se reduzido em volume nos dias referentes ao final de semana, e também tem distribuição horária diferente, não apresentando um pico de consumo conforme ocorre nos dias úteis. A vazão máxima ocorre em torno das 13 horas e apresenta valor médio de 25m³/h.

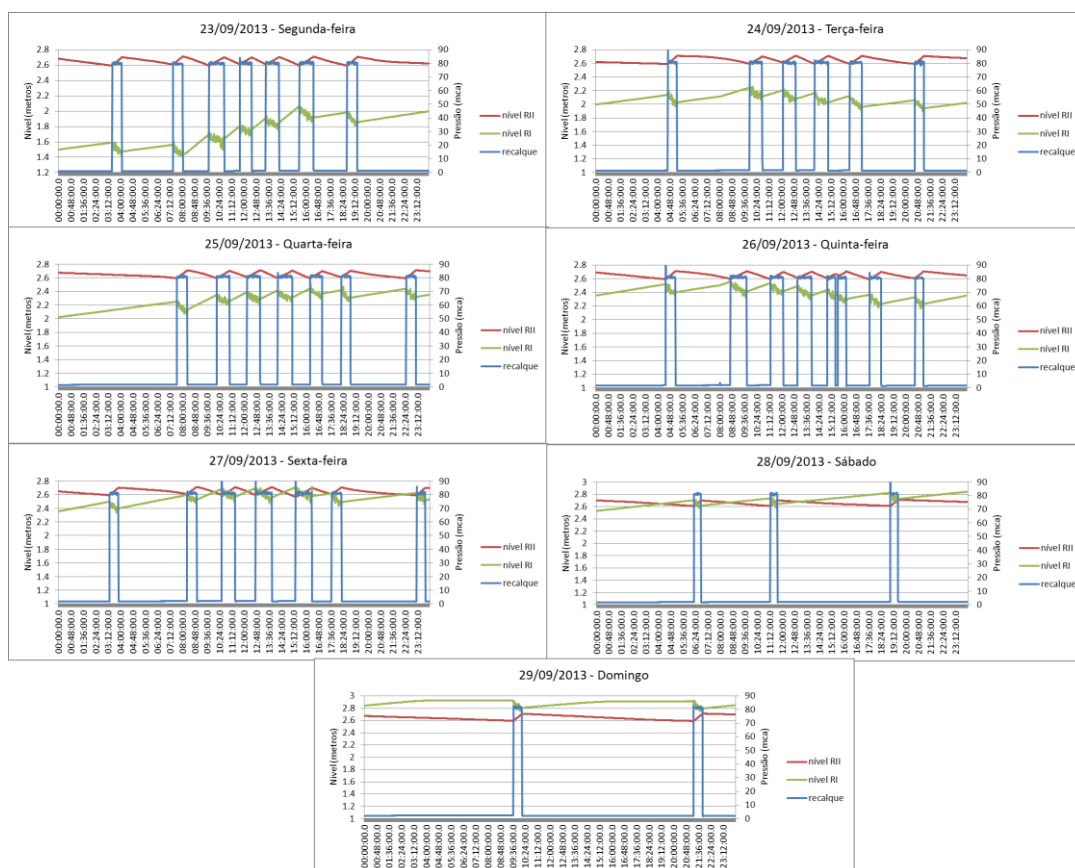


Figura 3 – Padrão de funcionamento do sistema em dias úteis e final de semana. Pressão de recalque e níveis dos reservatórios

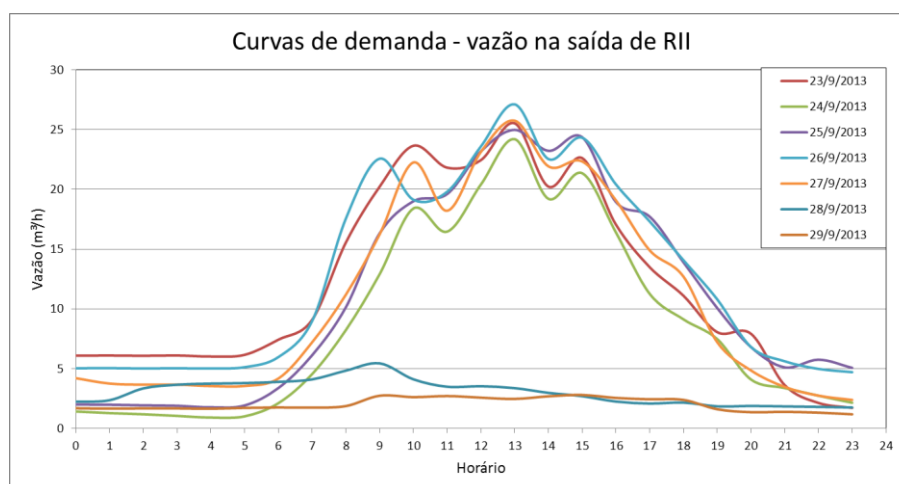


Figura 4 – Curvas de demanda do sistema em dias úteis e final de semana

Outra observação possível a partir da figura 3 são os acionamentos em período de ponta, que só não ocorreram nos dias 27 e 29 de setembro, sexta-feira e domingo, respectivamente. Ou seja, o acionamento em período de ponta foi verificado inclusive no domingo, mostrando mais uma vez a falta de critério otimizado com que o sistema é operado, já que neste dia, o consumo mostra-se bastante reduzido em relação aos demais e não haveria necessidade do sistema ser acionado neste período de tarifação diferenciada.

Em relação especificamente ao consumo de energia foi feita a estimativa da tarifa referente ao mês observado considerando o consumo ativo e reativo em período de ponta e fora dele e as demandas. O resultado dessa estimativa está apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Estimativa dos gastos com energia elétrica no mês monitorado

Subgrupo: A4			Modalidade : Verde	
Descrição	Unidade	Valor Unitário (un./R\$)	Quantidade	Valor Mensal (R\$)
Consumo Ativo (Ponta)	kWh	1,044483	615,167112	642,53
Consumo Ativo (Fora de Ponta)	kWh	0,28057	5316,66172	1491,70
C. Reat. Exced. (Ponta)	kVArh	0,18444	408,364943	75,32
C. Reat. Exced. (Fora de Ponta)	kVArh	0,18444	3531,92308	651,43
Demanda	KW	9,222	51,55790	475,46
			Total (R\$)	3336,44

Para avaliar o potencial de economia modificando somente o horário em que os acionamentos do conjunto motobomba ocorrem, foram convertidas as quantidades consumidas em período de ponta para período fora de ponta. O novo valor da tarifa de energia encontrado é de R\$ 2866,51, o que representaria economia de, aproximadamente, R\$470 ou 14% na parcela da conta de energia referente ao bombeamento.

4 - CONCLUSÕES

A partir do apresentado os autores concluem que:

- O sistema apresenta-se superdimensionado já que conta com 3 conjuntos motobomba mas somente um está em operação.
- A operação do sistema não apresenta nenhuma forma de controle para evitar acionamentos no período de ponta, com tarifação de energia diferenciada em relação ao restante do dia.
- O volume do reservatório superior é subutilizado já que o nível varia somente 0,125 metros entre um acionamento e outro. Esse volume remanescente poderia ser utilizado para evitar o acionamento do sistema no período de ponta.
- A bomba que esteve em operação no período monitorado não está funcionando adequadamente, fato observado pela diferença entre o ponto de operação medido e o nominal.
- O sistema apresenta funcionamento distinto entre os dias úteis e finais de semana. Isso foi observado também nas curvas de demanda de água do sistema a partir do RII.
- Há um potencial de economia de 14% no valor referente a fatura de energia, caso o sistema fosse operado somente em período fora de ponta.

BIBLIOGRAFIA

ABAE- Associação Brasileira Água e Energia. Perspectivas para água e energia no Brasil; 2006. Disponível em: <[http:// www.abae.org](http://www.abae.org) >. Acesso em: 15 de mar. 2014.

GAY, L. F.; ASCE, S. M.; SINHA, S. H. (2010). “*Measuring the energy efficiency of water utilities*” in Pipelines 2010: Climbing New Peaks to Infrastructure Reliability—Renew, Rehab, and Reinvest, Keystone, Colorado, Set. 2010, pp. 669-680.

GOMES, H .P. (2009). Sistemas de Bombeamento: Eficiência Energética. Editora Universitária/UFPB João Pessoa - PB,460p.

MAGNIN, G. et al. Gestão energética municipal (2004). ELETROBRÁS / IBAM Rio de Janeiro – RJ. - 2 ed., revisada. e atualizada por José Pitanga Maia e Ana Cristina Braga Maia, 138p.

SNIS - Sistema Nacional de Informação em Saneamento. Programa de modernização do setor de saneamento, 2003. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>>; Acesso em: abr. 2014.

TOLMASQUIM, M; PINGUELLI, L. R. (1998). Tendências da eficiência energética no Brasil: Indicadores de Eficiência Energética. COPPE/UFRJ Rio de Janeiro, RJ.

TONIAL, C. F. Eficiência Energética de Estações de Bombeamento: Estudo de Caso do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. 204f. (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.