

XI-081 - AVALIAÇÃO HIDROENERGÉTICA DE UM SISTEMA COLETIVO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIOS DE JUNQUEIRO E SÃO SEBASTIÃO/AL

Cloves dos Santos Miranda⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico formado pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Engenheiro Mecânico da Unidade de Negócio Agreste da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL)

Ricardo Ítalo Guimarães Sousa⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental formado pelo Centro de Estudos Superiores de Maceió (CESMAC). Gerente da Unidade de Negócio Agreste da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL)

Endereço^(1,2): Rua Santo Antônio, 128 - Centro - Arapiraca - AL - CEP: 57300-630 - Brasil - Tel: +55 (82) 3522-2631 - Fax: +55 (82) 3522-1004 - e-mail: cloves.miranda@casal.al.gov.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o estudo técnico-econômico-financeiro no intuito de otimizar o sistema de abastecimento de água através da alteração do sistema de bombeamento - reservação no sistema de abastecimento de água que abrange os municípios de Junqueiro e São Sebastião, municípios localizados no centro sul do Estado de Alagoas. A mudança física é a implantação de um reservatório a montante da Estação de Tratamento de Água – ETA com capacidade de 1000m³ a fim de reservar água e continuar operando o sistema a plena vazão, tendo em vista que as estações elevatórias ficarão paralisadas. Esta avaliação permite o controle da oferta de água contribuindo para redução de custos operacionais tais como produtos químicos, mão-de-obra, transporte, combustível e, principalmente, energia elétrica, um das maiores despesas em empresas de saneamento, uma vez que é possível migrar da tarifação convencional para o horozonal. Com a simulação computacional através do software EPANET 2.0 foi possível prever o comportamento do sistema de bombeamento da captação com sua vazão plena, rotores com tamanhos máximos, e a demanda necessária de água para a população em questão ao longo dos próximos 30 anos. Com isso foi possível estipular a capacidade volumétrica do reservatório e o melhor horário de bombeamento da captação. Essa mudança operacional tem como vantagens: 1) A preservação ambiental uma vez que é combatido o desperdício na produção de água conservando assim os recursos hídricos; 2) Disponibilidade dos equipamentos para uma melhor programação de parada de manutenção uma vez que o sistema dispõe de horário de equipamentos parados; 3) O reservatório a montante da ETA contribui com mais uma etapa no processo de tratamento da água bruta, servindo como um imenso decantador; 4) Redução de 35% na despesa de energia elétrica; 5) Redução na despesa de produtos químicos; entre outros. Com isso o Período de Retorno do capital – TRC, investimento esse que está em torno de R\$500.000,00, será de aproximadamente 4 anos e 9 meses, sendo portanto viável sua aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência hidroenergética, Redução de Custo, Energia Elétrica, mudança tarifária, Software EPANET 2.0.

INTRODUÇÃO

Com a crescente urbanização das cidades e o consequente aumento das demandas de água para abastecimento, os mananciais estão cada vez menos disponíveis para uso humano e cada vez mais distantes das zonas urbanas. Esse aspecto impõe uma maior quantidade de estações de bombeamento para transportar água desde as fontes produtoras até os centros de distribuição, resultando em elevados gastos com energia elétrica proveniente do funcionamento de muitos motores de médio e de grande porte instalados ao longo de linhas de recalque (Gomes et. al., 2007, p. 161).

Conforme Haguiuda et. al apud Tsutiya (2006, p. 02):

Os sistemas operados pela SABESP na Região Metropolitana de São Paulo, cujas instalações respondem por 71 % do total de despesas com energia elétrica da empresa, tem a seguinte distribuição: motores (90 %), serviços auxiliares (7,5 %) e iluminação (2,5 %).

O estudo apresentado neste trabalho está baseado na redução do custo de energia elétrica com proposição de alteração do sistema operacional através do bombeamento – reservação, comparando – o ao modelo convencional.

Além de considerarmos Gomes (2009, p.185), que diz:

Com o desenvolvimento tecnológico, e a implantação de sistemas de modelagem, operação e distribuição eficientes parte das perdas podem ser previstas e até eliminadas. Entre esses sistemas destaca-se “O EPANET, um programa computacional que permite simular o comportamento hidráulico de um sistema pressurizado de distribuição de água, ao longo do tempo.

Sua utilização é de fundamental importância na otimização dos sistemas de abastecimento, visto que é possível compreender o funcionamento de produção, de adução, reservação, tratamento e distribuição na identificação de perdas, sejam elas por meio de vazamentos ou por ligações clandestinas. Não menos importante destaca-se a possível diminuição nas despesas de produção, observando a redução de despesas com energia elétrica, produtos químicos, além da preservação dos recursos hídricos e melhoras na oferta de água com a utilização do mesmo sistema produtor e distribuidor.

METODOLOGIA UTILIZADA

O sistema a ser analisado inicialmente é abrangido por três municípios: Teotônio Vilela com 41.000 habitantes, Junqueiro com 24.000 habitantes e São Sebastião com 32.000 habitantes, aproximadamente, de acordo com dados do IBGE (2010), ambos localizados na região centro-sul do Estado de Alagoas. Conforme demonstrado na figura 01, esse sistema é composto por uma Captação (Estação de Elevatória de Água Bruta – EEAB) localizada no Sítio Riachão na Zona Rural de Junqueiro-AL, adutora de água bruta com extensão de 13km – DN 300mm até a Estação de Tratamento de Água – ETA e distribuição por gravidade para os dois primeiros e o último com utilização de estação elevatória.

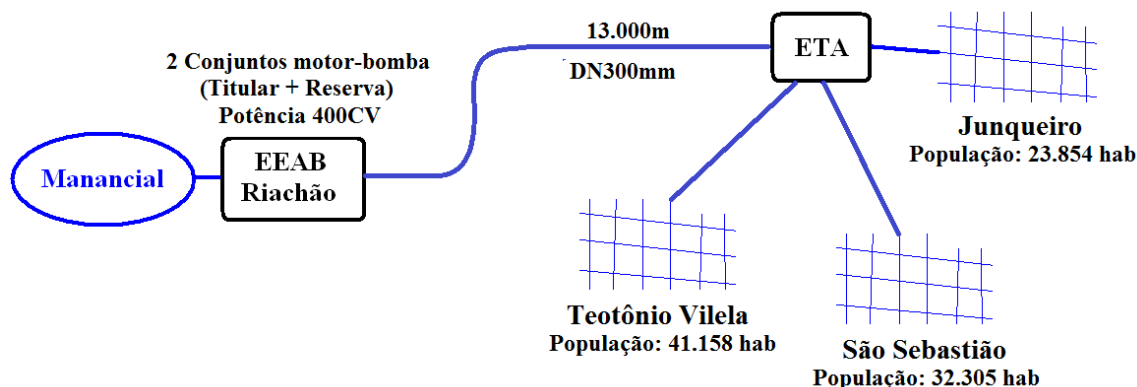


Figura 01: Composição anterior do sistema de abastecimento de água Junqueiro-São Sebastião/AL.

Em 2009, o Município de Teotônio Vilela não renovou contrato de concessão junto à Companhia do Estado Alagoano e instituiu um Sistema Autônomo de Saneamento.

Contudo, o sistema em tela passou a ter excesso de volume produzido e requisitou ação interna da empresa de modificar os rotores dos conjuntos motor – bomba da captação, mas ainda assim não houve equilíbrio operacional. Ou seja, a entrada de água na ETA estava sendo maior que a saída para distribuição demandada pelos outros dois municípios.

A figura 02 mostra o sistema na concepção atual, excluindo – se o Município de Teotônio Vilela.

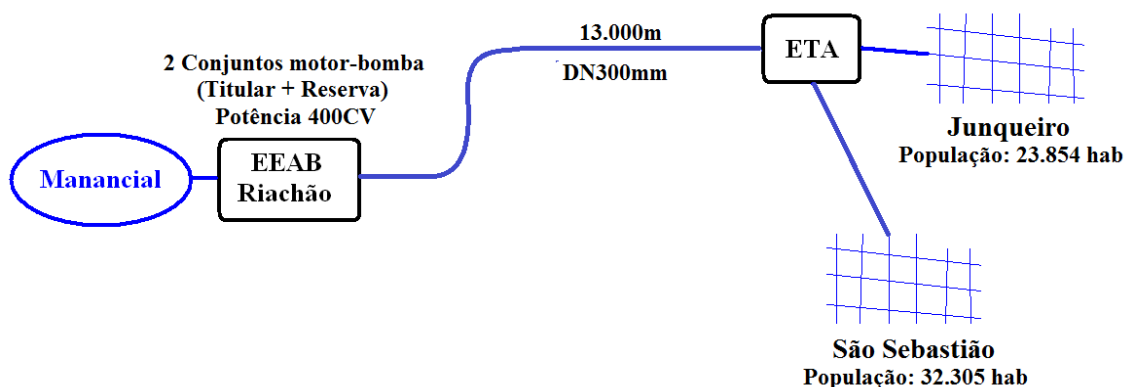


Figura 02: Composição atual do sistema de abastecimento de água Junqueiro-São Sebastião/AL.

No entanto, devido a inexistência de reservação na área da ETA há a necessidade de operarmos 24 horas / dia o sistema, onde contraria o princípio da sustentabilidade ambiental empresarial contemporâneo, tornar os sistemas mais eficientes técnico – econômico – financeiro, menor impacto ambiental sobre os recursos naturais e melhoria da qualidade de vida da população. Ver figura 03 a seguir com dados de volume necessário, até o ano de 2040, aos dois municípios.

Os crescimentos populacionais das municípios de Junqueiro e São Sebastião foram estabelecidos utilizando o método de regressão linear com a extrapolação de valores até 2040 com base nos dados históricos do IBGE desde 1996. Com esses dados de população (ver Tabelas 01 e 02 a seguir), foi possível calcular os volumes a serem disponibilizados ao longo dos anos as referidas populações em estudo.

Tabela 01: Previsão de crescimento populacional e demanda por água potável para Cidade de Junqueiro.

Ano	População (hab.)*	Demanda por água (m³/h)
1996	22.571	63,48
2000	23.832	67,02
2007	24.460	68,79
2010	25.510	71,75
2020	27.399	77,06
2040	31.177	87,68

*Fonte: <http://www.ibge.gov.br/municipiosat/painel/painel.php?codmun=270400>
Consulta em 21/09/12.

Tabela 02: Previsão de crescimento populacional e demanda por água potável para Cidade de São Sebastião.

Ano	População (hab.)*	Demanda por água (m³/h)
1996	27.074	76,14
2000	29.124	81,91
2007	31.002	87,19
2010	32.305	90,85
2020	36.026	101,32
2040	43.054	121,09

*Fonte: <http://www.ibge.gov.br/municipiosat/painel/painel.php?codmun=270880>
Consulta em 21/09/12.

Segundo a NBR 12.211 (1992), “o alcance do plano é a data prevista para o sistema planejado operar com utilização plena de sua capacidade”. Sendo assim, apresentamos através da figura 03 os dados de demanda hídrica volume necessário até o alcance final de projeto, ou seja, ano 2040.

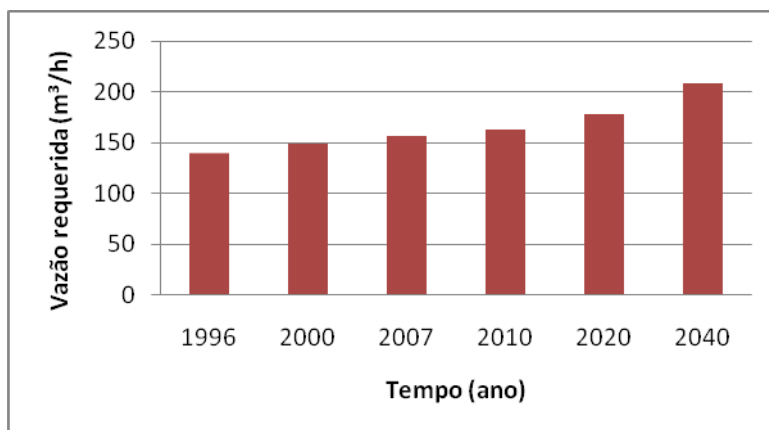


Figura 03: Volume necessário de água potável (m³/h), ao longo do tempo (ano), nos dois municípios.

Conforme Gomes (2009, p. 103):

A otimização dos sistemas adutores do Prata e de Jucazinho, com vistas à minimização do consumo de energia elétrica, requer modificações nos procedimentos operacionais das estações elevatórias e possíveis intervenções físicas em partes do sistema. De uma maneira geral as intervenções físicas poderão ocorrer através de:

- Implantação de variadores de velocidade (conversores de frequência) em determinadas bombas do sistema;*
- Adequação dos rotores de determinadas bombas;*
- Substituição dos motores standard por motores de alto rendimento;*
- Implantação de soft-starter para acionamento dos motores;*
- Construção de reservatório de regularização para parada do bombeamento no horário de ponta;*
- Substituição de conjuntos motobombas (CMB) para se adequarem às novas características hidráulicas do sistema;*
- Substituição dos registros atuais por válvulas de controle automático;*
- Implantação de automação e controle nos sistemas adutores.*

Sob a mesma ótica, TSUTIYA (2006, p. 106) nos apresenta o seguinte:

As principais alterações operacionais dos sistemas de abastecimento de água que possam reduzir substancialmente os custos de energia elétrica, são eles:

- Alteração do sistema de bombeamento - reservação;*
- Utilização de variadores de rotação nos conjuntos motor-bombas;*
- Alteração nos procedimentos operacionais de estações de tratamento.*

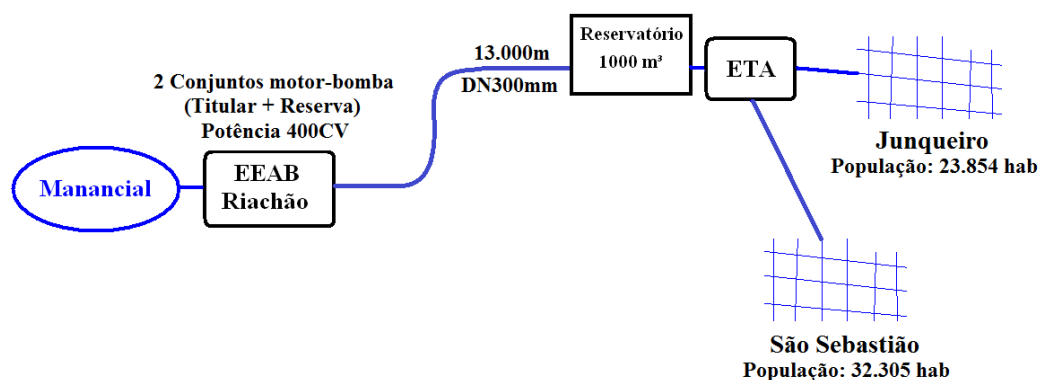


Figura 04: Composição do sistema atual de abastecimento de água Junqueiro-São Sebastião/AL.

O projeto a ser analisado é uma intervenção física, através de uma implantação de reservatório semi-enterrado à montante da ETA, com intuito de alterar a operacionalização do sistema de forma a reduzir substancialmente os custos de energia elétrica e manter o sistema em seu pleno fornecimento de água. A figura 04 mostra a concepção proposta do sistema, com a alteração do regime operacional.

Com ajuda do software EPANET versão 2.0 foi possível simular e prever condições de abastecimento através de análise da composição (demanda prevista) e nível do reservatório, além de um melhor horário de abastecimento considerando a curva de trabalho da bomba para seu diâmetro máximo (figura 05) e a curva padrão de consumo populacional (figura 06), ambas implementadas no programa, obedecendo obrigatoriamente a parada do sistema no horário de ponta, entre 17:30 às 20:30 h.

A idéia é: quanto maior a reservação de água bruta a montante da ETA, maior será a quantidade de horas em que os equipamentos de bombeamento ficará desligado sem prejudicar a população. Por sua vez para aumentar a reservação à montante da ETA é necessário aumentar a vazão no bombeamento da EEAB, tendo que usufruir de todo o potencial de que os equipamentos dispõem, o que até então será a abertura máxima dos registros e a substituição dos rotores para seus diâmetros de tamanhos máximos, porém, mantendo a potência existente do motor cuja valor é de 400CV. A reservação possibilitará a paralisação do bombeamento no horário de ponta (no mínimo), permitindo com isso a mudança tarifária da convencional para a horosazonal verde.

No gráfico da figura 05 mostra as diferentes curvas de trabalho (curvas em preto) da bomba da EEAB para diferentes diâmetros, com suas respectivas curvas de rendimento (em vermelho), rotação para 3550rpm, além da sobreposição destas às curvas de rendimento da bomba (curvas em vermelho) que nada mais é que a energia por ela produzida pela energia a ela fornecida.

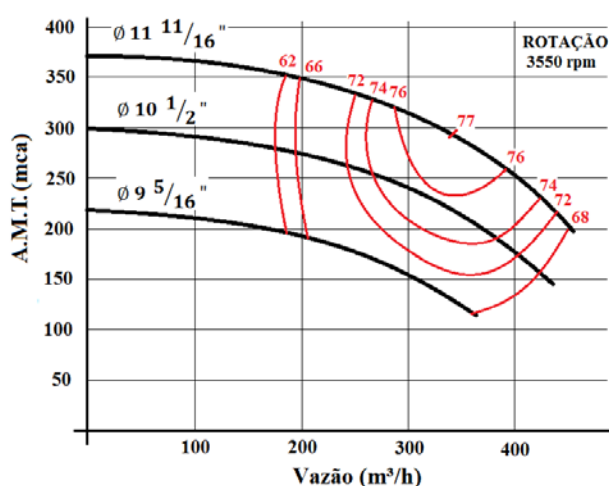


Figura 05: Curvas de trabalho da bomba da EEAB Riachão.

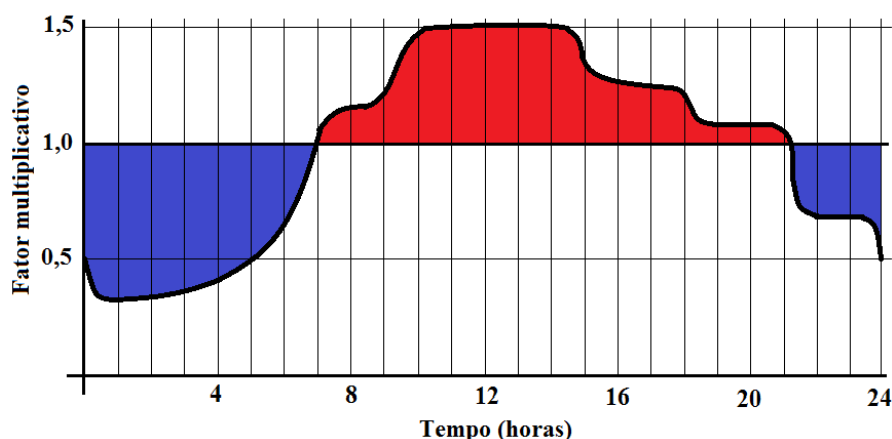


Figura 06: Padrão de consumo para as municípios de Junqueiro e São Sebastião.

Na figura 06 note-se que o valor multiplicativo 1,0 significa a média de consumo diário. Para valores abaixo de 1,0 significa que o consumo está abaixo da média, para valores acima de 1,0 significa que o consumo da população está acima da média.

Observa-se que praticamente durante todo o dia, das 07 às 21 h o consumo está acima da média, esse valor excedente é de certa forma compensado pelo restante do tempo em que o consumo está abaixo da média. Graficamente, pode-se visualizar que a área vermelha (entre a linha horizontal e a curva de demanda) que está acima da linha da média é igual a área azul (entre a curva de demanda e a linha da média) que está abaixo da mesma.

As curvas da figura 05 e 06 foram implementadas no programa EPANET 2.0 com intuito de melhor representar a simulação com o mais próximo da realidade. As curvas de trabalho, para seu diâmetro máximo e de rendimento da bomba foram implementadas no programa mostrado nas figuras 07 e 08, respectivamente.

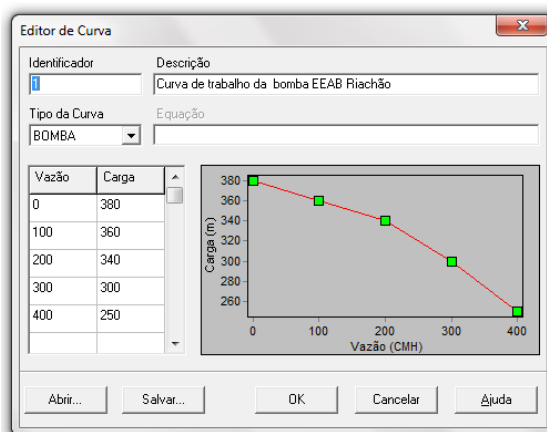


Figura 07: Curva de trabalho da bomba da EEAB Riachão, para o diâmetro máximo (11 11/16") dos rotores, implementada no programa EPANET 2.0.

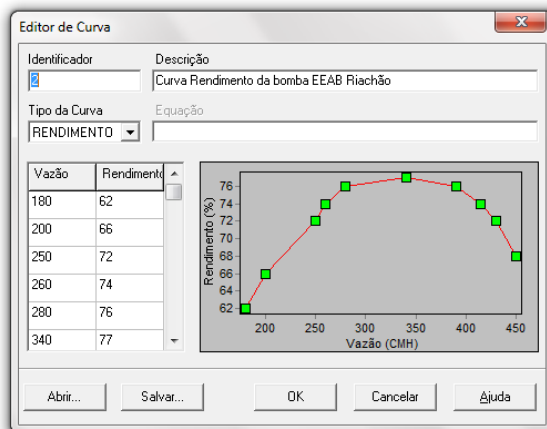


Figura 08: Curva de rendimento da bomba da EEAB Riachão, para o diâmetro máximo (11 11/16") dos rotores, implementada no programa EPANET 2.0.

Outra curva implementada no programa EPANET 2.0 foi o perfil do padrão de consumo através dos fatores multiplicativos, considerando os municípios de Junqueiro e São Sebastião para simulação no software EPANET 2.0. Ver figura 09.

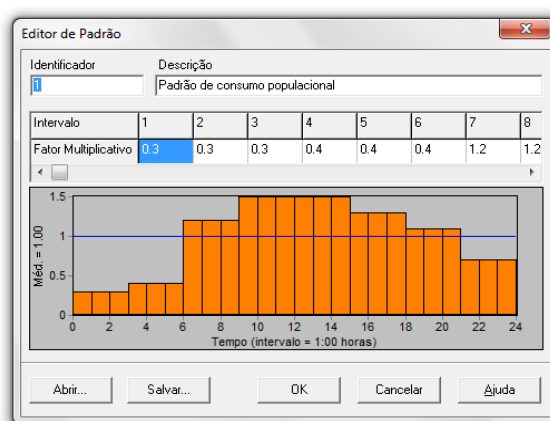


Figura 09: Padrão de consumo considerado.

Segundo GOMES (2009):

Nos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário os desperdícios de energia elétrica, normalmente, são decorrentes de fatores como:

- a) Formas Contratuais indevidas;
- b) Procedimentos operacionais inadequados;
- c) Desperdícios de água
- d) Mau dimensionamento dos sistemas
- e) Idade avançada dos equipamentos;
- f) Tecnologias mal utilizadas;
- g) Erros de concepção dos projetos
- h) Manutenção precária

A forma encontrada neste trabalho para o caso em questão é a aplicação de melhor adequação de procedimentos operacionais através de intervenções físicas com as consequentes melhorias nas formas contratuais. Para análise da viabilidade econômica financeira na mudança da intervenção física e operacional em questão é indispensável o diagnóstico do consumo de energia elétrica, até mesmo para saber o quanto houve de redução no custo de energia elétrica, realizando assim um comparativo entre a concepção atual e a proposta deste trabalho.

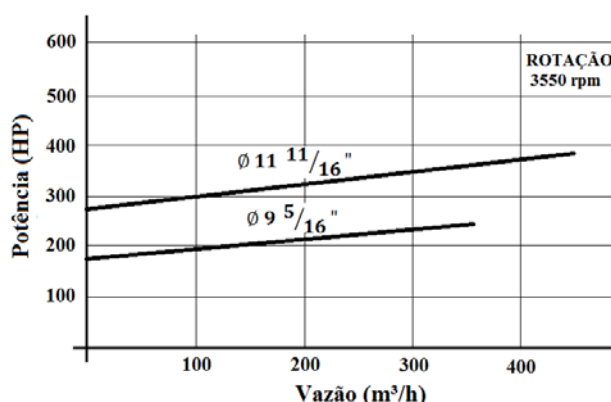


Figura 10: Curvas de potência requerida pelo motor da bomba da EEAB Riachão, para os diferentes diâmetros dos rotores, rotação para 3550rpm.

Através do gráfico da figura 10 é possível perceber que com o aumento do diâmetro do rotor da bomba haverá um aumento na potência requerida pelo motor e, consequentemente, um maior consumo de energia elétrica no horário de funcionamento, porém sabe-se que com o aumento de vazão e reservação haverá menor tempo de bombeamento dos equipamentos, além da mudança tarifária de valor mais econômico.

A Potência Requerida pelo motor do equipamento pode ser estimada pela seguinte equação:

$$Pot_{req} = i * U * \sqrt{3} * \cos \varphi$$

Equação 01

Sendo que:

i é a corrente;

U é a tensão;

$\cos \varphi$ é o fator de potência dado por 0,9 pelo fabricante.

As despesas com energia elétrica tanto para tarifa convencional quanto para tarifa horosazonal verde pode ser obtida, respectivamente, pelas seguintes equações:

$$Despesa_C = (C_C * Tar_{CC}) + (D * Tar_{DC})$$

Equação 02

$$Despesa_{HV} = (C_{PTA} * Tar_{CPTA}) + (C_{FPTA} * Tar_{CFPTA}) + (D * Tar_{DHV})$$

Equação 03

Sendo que:

$Despesa_C$ é a despesa na tarifa convencional;

$Despesa_{HV}$ é a despesa na tarifa horosazonal verde;

C_C é o consumo mensal na tarifa convencional;

C_{PTA} é o consumo mensal na tarifa horosazonal verde no horário de ponta;

C_{FPTA} é o consumo mensal na tarifa horosazonal verde fora do horário de ponta;

D é a demanda necessária para estação;

Tar_{CC} é a tarifa de consumo para opção convencional (R\$0,11867), consulta em 21/09/2012;

Tar_{CPTA} é a tarifa de consumo para opção convencional horosazonal verde no horário de ponta (média anual de úmida e seca de R\$0,11194), consulta em 21/09/2012;

Tar_{CFPTA} é a tarifa de consumo para opção convencional horosazonal verde no horário fora de ponta (R\$13,56), consulta em 21/09/2012;

Tar_{DC} é a tarifa de demanda para opção convencional (R\$44,28), consulta em 21/09/2012 e

Tar_{DHV} é a tarifa de demanda para opção convencional (R\$ 13,56), consulta em 21/09/2012.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a simulação bem sucedida no software EPANET 2.0 (figura 11) pôde-se demonstrar que a alteração do sistema de bombeamento – reservação os melhores horários de bombeamentos para o abastecimento dos municípios de Junqueiro e São Sebastião através do gráfico da figura 11, entre eles destacaram de 8 às 16 h e 21 às 24 h. Percebe-se na figura 12, região em vermelho, que o horário de bombeamento passa operar com 11 horas de bombeamento (proposto).



Figura 11: Simulação bem sucedida no software EPANET 2.0.

A implantação do reservatório a montante proporcionará continuidade do sistema com grande possibilidade de melhoria da qualidade da água tratada, visto que o mesmo inserirá uma nova etapa ao processo: pré – decantação ao sistema de tratamento convencional.

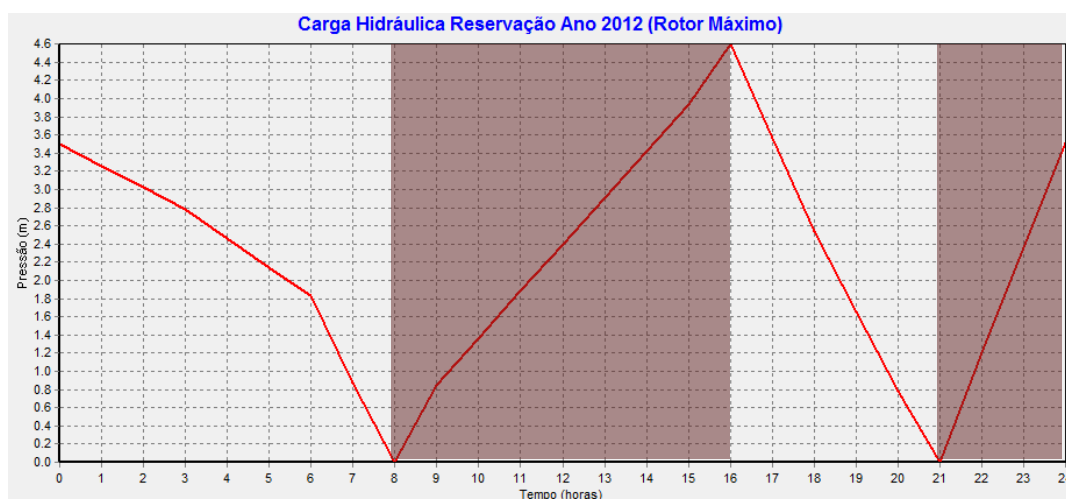


Figura 12: Horário de bombeamento (em vermelho) ano 2012 para enchimento do reservatório proposto. Rotor da bomba EEAB Riachão Diâmetro máximo. (11 horas de bombeamento).

Com o aumento natural da demanda ao longo dos próximos anos (figura 03), em particular até 2040, é também possível prever o horário de bombeamento para este ano. No caso em questão está previsto 16 horas de bombeamento ao longo do dia, sendo seu funcionamento nos horários de 06 às 17 h e de 21 às 24 h, como mostra a figura 13 (região em vermelho).

Com a modificação operacional no sistema de bombeamento é possível também realizar algumas ações administrativas entre elas destacam-se a regularização da demanda contratada e alteração da estrutura tarifária. Atualmente com os equipamentos funcionando 24 horas por dia é adotada a cobrança pela tarifa convencional, já com as modificações citadas no bombeamento é economicamente viável a mudança para a tarifa horozonal verde.

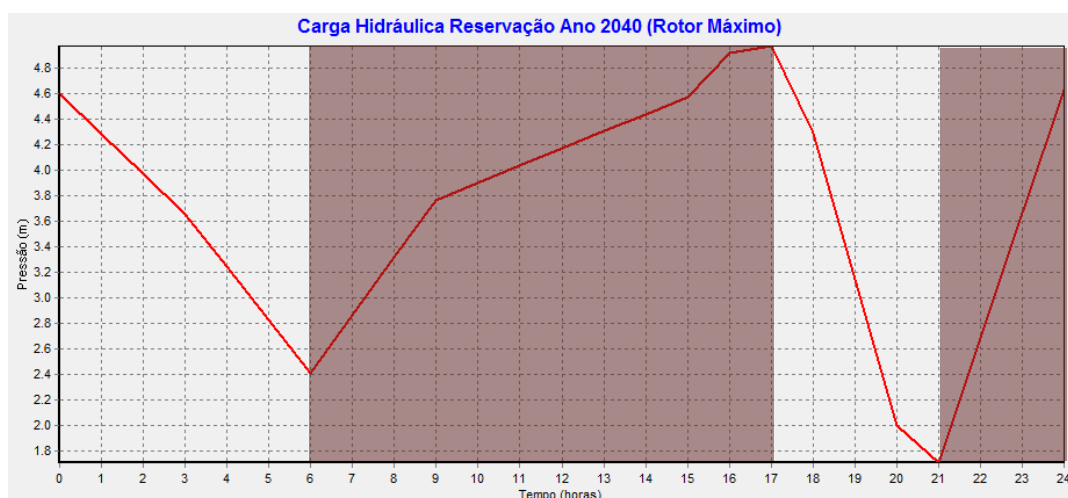


Figura 13: Horário de bombeamento (em vermelho) ano 2040 para enchimento do reservatório proposto. Rotor da bomba EEAB Riachão Diâmetro máximo. (16 horas de bombeamento).

Com os dados históricos do sistema, através de valores (tabela 03) de diâmetro do rotor, corrente e tensão é possível estimar através da equação 01 a potência requerida pelo motor da EEAB Riachão para a concepção atual e a concepção proposta, respectivamente.

Tabela 03: Previsão de potência requerida pelo motor.

	Diâmetro Rotor (pol)	Corrente (A)	Tensão (V)	Potência requerida (kW)
Atual	9 5/16	270	440	183
Proposta	11 11/16	450	440	305

Após as obtenções das potências requeridas de ambas concepções é possível através das equações 02 e 03 calcular e analisar as despesas considerando nesta, a tarifa horozonal (proposta) e naquela, a tarifa convencional (atual).

Na tabela 04 demonstra os valores de despesa mensal por energia elétrica obtidos pelas equações 02 e 03.

Tabela 04: Comparação entre os custos de despesas de energia elétrica entre a Atual e a Proposta (2012)

	Potência requerida pelo motor (kW)	Horas de funcionamento mensal (h)	Demanda perante a concessionária (kW)	Despesa mensal por energia elétrica (R\$)
Atual	183	720	210	25.103,21
Proposta	305	375	350	16.249,18

Mostrado na tabela 03, com a modificação tarifária perante a concessionária de energia elétrica a demanda passaria de 210kW a 350kW já que o diâmetro do rotor da bomba aumentaria de 9 5/16" para 11 11/16" exigindo uma potência maior do motor. Porém um menor quantitativo de horas de bombeamento: de 720 horas para 330 horas mensais em 2012.

Uma análise econômica financeira para implantação do reservatório foi realizada tomando como base o fluxo de caixa de investimento, custos e benefícios com intuito de obter o período de retorno do capital (TRC). É considerado o valor inicial do investimento, construção de um novo reservatório semi-enterrado com capacidade para 1000m³ com BDI incluso, aquisição de novos rotores de ferro fundido, interligação adutora-reservatório e reservatório - ETA, registros e conexões, todos avaliados em um montante de R\$500.000,00. Outra consideração é a economia de energia elétrica, essa despesa passaria de R\$25.103,21 para 16.249,18, uma economia de R\$8.840,03 mensais, redução marcada em mais de 35%. Sem considerar outros fatores como produtos químicos, peças, sobressalentes, manutenção, pessoal, combustível, transporte além do meio ambiente

que será preservado, uma vez otimizando o processo de captação e disponibilização de recursos hídricos está por sua vez garantindo essa riqueza para gerações futuras.

Com isso o período de retorno do capital é de aproximadamente quatro anos e nove meses, sendo portanto viável sua implantação.

CONCLUSÃO/RECOMENDAÇÕES

Com uma previsão de economia na despesa mensal de energia elétrica de R\$8.840,03 o retorno econômico para construção do reservatório de 1000m³ que custa em torno de R\$500.000,00 é de aproximadamente 4 anos e 9 meses, sendo assim viável a sua implantação. Sem contar a economia com desperdício de água tratada (não arrecadado e gastos com produto químico) que não estão sendo contabilizados no retorno do investimento.

Essa mudança operacional tem como vantagens:

- 1) A preservação ambiental uma vez que é combatido o desperdício na produção de água, contribuindo ainda mais na conservando dos recursos hídricos;
 - 2) Disponibilidade dos equipamentos para uma melhor programação de parada de manutenção uma vez que o sistema dispõe de horário de equipamentos parados;
 - 3) O reservatório a montante da ETA contribui com mais uma etapa no processo de tratamento da água bruta, servindo como um imenso decantador;
 - 4) Redução de 35% na despesa de energia elétrica;
 - 5) Redução na despesa de produtos químicos;
- entre outros.

Como recomendação é importante salientar a exigência na qualidade de fornecimento de energia elétrica uma vez que não poderá em nenhuma hipótese faltar nos horário previsto para bombeamento, que prejudicará o abastecimento e o controle na reservação que outrora estava programada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GOMES, H. P. et. al. (Organizador), GARCÍA, R. P., REY, P. L. I. Abastecimento de Água: O Estado da Arte e Técnicas Avançadas. João Pessoa / PB, Editora Universitária / UFPB, 2007.
2. TSUTIYA, M. T. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2006.
3. GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. 2ª Edição, Editora Universitária / UFPB, João Pessoa / PB, 2009.
4. Consulta site: < <http://www.ibge.gov.br/> consulta dia 21/09/2012.
5. Relatórios de Atividades CASAL, 2009 à 2012.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992). *NBR N° 12.211*: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. Rio de Janeiro.
7. Manual do EPANET. Disponível em: http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=34.
8. Observações: O funcionamento do equipamento atuará somente em horário fora de ponta. É importante salientar que essas tarifas foram consultadas no site da Eletrobrás Distribuidora Alagoas (http://www.ceal.com.br/tarifas_tabela.aspx consulta datada de 21/09/2012).