MODERNIZAÇÃO (RETROFIT) DE BOMBAS VERTICAIS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DA GRANDE VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO

Arlindo Alves Fonseca Junior
Tecnólogo Mecânico - Tecnólogo de Manutenção nos sistemas de água e esgoto. Pós-graduado em Engenharia Eletrônica e Eletromecânica. Atua na área manutenção eletromecânica da CESAN desde 2013.
Ricardo Campo Dall'Orto)
Engenheiro Mecânico - Engenheiro de Manutenção nos sistemas de água e esgoto.
Roberto Dellaqua
Engenheiro Eletricista - Engenheiro de Manutenção nos sistemas de água e esgoto.

Endereço: Rua Marins Alvarino, 500 – Itararé – Vitória – Espírito Santo - CEP: 29047-660 - Brasil - Tel: +55 (27) 99791-7712 - e-mail: arlindo.fonseca@cesan.com.br

RESUMO

Este artigo aborda a modernização (retrofit) de bombas verticais de grande porte do sistema de produção de água da Grande Vitória, Espírito Santo. As bombas selecionadas para a modernização são responsáveis por 45% do consumo total de energia elétrica da Empresa. Considerando esse fato, o estudo a seguir destaca a importância da modernização de equipamentos para otimizar o desempenho operacional e promover a eficiência energética em sistemas de produção. O processo de modernização envolveu, entre outros, uma análise geral dos equipamentos, ajustes/modificações, uso de tecnologias mais recentes, atualização de componentes obsoletos, testes de bancada e acompanhamento em campo. Com a modernização espera-se obter uma redução significativa nos custos operacionais, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental. Os resultados obtidos poderão servir de referência para futuros projetos de modernização em outros sistemas similares, visando a redução de custos e o aumento da confiabilidade operacional dos ativos da Empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Retrofit, Modernização, Motobombas.

INTRODUÇÃO

A palavra retrofit é utilizada em muitos meios e segundo Barrientos (2004 apud TAMBASCO e QUELHAS, 2012, pg. 449) "retrofit é a conjunção dos termos "*retro*", oriundo do latim, cujo significado é "movimentar-se para trás", e "*fit*" do inglês, que significa adaptação, ajuste". Ou seja, retrofit é a ação de fazer com que determinado objeto volte a ter as características para a qual foi projetado ou até mesmo melhorá-las.

Refere-se, portanto, ao processo de modernização ou atualização de um equipamento existente, seja ele uma máquina, um dispositivo ou qualquer outro tipo de aparelho, visando o aumento da eficiência energética, melhoria da produtividade, redução de custos de manutenção, otimização do desempenho e prolongamento da vida útil do equipamento.

Durante o retrofit de equipamento, são feitas modificações ou melhorias para incorporar tecnologias mais recentes, atualizar componentes obsoletos, melhorar a qualidade do produto ou reduzir os custos operacionais. Isso pode envolver a substituição de peças desgastadas, a instalação de sensores, controladores ou sistemas de automação mais avançados, a atualização de software ou a implementação de novos recursos e funcionalidades.

No caso em questão, o retrofit (modernização) foi realizado em bombas verticais de grande porte, instaladas nas principais estações de bombeamento das unidades da CESAN, no Espírito Santo.

O intuito do projeto foi demonstrar o processo de retrofit como uma solução viável, apresentando um custo x benefício satisfatório, sem a necessidade de grandes modificações na planta e alcançando resultados relacionados a melhorias no rendimento hidráulico das bombas, redução dos custos com energia elétrica e obtenção de maior segurança operacional e disponibilidade de equipamentos manutenidos em situação de novos.

OBJETIVO

Modernizar as unidades de bombeamento (conjuntos motobombas) de grande porte das Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB's): Baixo Recalque, Alto Recalque e Santa Maria, operados pela CESAN no estado do Espírito Santo, promovendo redução dos custos energéticos e aumentando a confiabilidade dos sistemas.

Os equipamentos selecionados estão informados a seguir, conforme Tabela 01:

Tabela 01 – Locais e equipamentos onde foi realizada a modernização (retrofit)

Local	Quantidade
EEAB Santa Maria	4 Bombas e 1 motor (rejuvenescimento)
EEAB Alto Recalque	6 Bombas e 1 motor (rejuvenescimento)
EEAB Baixo Recalque	5 Bombas e 1 motor (rejuvenescimento)

Fonte: CESAN

Algumas informações das estações selecionadas:

- EEAB Santa Maria:
    - Equipamentos disponíveis: 6 (seis)
    - Vazão nominal: 3.060 m³/h (850 l/s);
    - Pressão de 52,52 M.C.A.;
    - Potência nominal de 1.250 CV.
- EEAB Alto Recalque:
    - Equipamentos disponíveis: 6 (seis)
    - Vazão nominal: 2.880 m³/h (800 l/s);
    - Pressão de 68,5 M.C.A.;
    - Potência nominal de 1.000 CV.
- EEAB Baixo Recalque:
    - Equipamentos disponíveis: 5 (cinco)
    - Vazão nominal: 4.100 m³/h (1.139 l/s);
    - Pressão de 40,5 M.C.A.;
    - Potência nominal de 850 CV.

As estações selecionadas são as maiores operadas pela CESAN e representam 45% de toda a energia elétrica consumida pela Empresa (consumo de 65MWh ao ano). A população atendida é representativa, pois esses três sistemas são responsáveis diretos pelo abastecimento de 85% da população total da Região Metropolitana da Grande Vitória (1,5 milhão de habitantes). Em função da importância dessas estações para o sistema, quaisquer ações previstas para tais unidades foram detalhadamente analisadas, com o intuito de uma prática de manutenção com qualidade e continuidade operacional, garantindo o abastecimento à população.

O escopo dos serviços executados contemplou:

- Pré-teste dos equipamentos em bancada;
- Serviço especializado de análise dos equipamentos de bombeamento, inclusive estudo da engenharia fabricação e fornecimento de peças e componentes diversos sob medida;
- Peritagem para avaliação da situação atual dos equipamentos em funcionamento;
- Serviços de usinagem;
- Serviços de revestimento e pintura;

- Serviços de rejuvenescimento de motores elétricos*;
- Testes de desempenho (pós-retrofit);
- Inspeção e acompanhamento em fábrica;
- Transporte (frete) de ida e volta dos equipamentos;
- Supervisão de montagem e comissionamento dos equipamentos modernizados;
- Garantia de 12 meses.

* O corpo técnico da CESAN optou pelo rejuvenescimento de apenas 3 (três) motores elétricos no escopo deste projeto, para um total de 15 (quinze) bombas. Os motores rejuvenescidos permaneceram como reserva técnica e operacional, aumentando assim a confiabilidade e disponibilidade dessas importantes unidades da CESAN.

HISTÓRICO

No ano de 2014 a CESAN, através do Edital de Tomada de Preços nº 005/2014 e do Contrato nº:214/2014, contratou a elaboração de um Plano Diretor de Eficiência Energética para os sistemas dos rios Jucu e Santa Maria da Vitória. Este plano apresentou um conjunto de ações e iniciativas que a CESAN poderia executar com o intuito de reduzir ou otimizar os gastos com energia elétrica na Empresa. Os sistemas escolhidos para análise são os mais relevantes operacionalmente (vazões e população atendida) e energeticamente (R$ e kWh) para a CESAN.

Entre as ações apresentadas temos algumas relacionadas a de melhoria de rendimento das bombas, onde a consultoria apresentou a seguinte proposta: correções de eficiência das bombas através da sua revitalização, sendo responsabilidade do corpo técnico da CESAN a elaboração de proposta e solução executiva para sua implantação.

Paralelamente a isto, entre os anos de 2014 e 2016, houve um aumento no valor de kWh pago pela CESAN de 0,25 R$/kWh, em 2014, para 0,56 R$/kWh em 2016. Tal aumento foi ocasionado pela crise hídrica que ocorreu no Brasil em conjunto com a mudança na política de concessões no sistema elétrico realizadas pelo Governo Federal. A junção de potencial de melhora na eficiência dos equipamentos, com o aumento no valor do kWh, alavancou em muito a oportunidade deste projeto.

METODOLOGIA UTILIZADA

Os serviços de modernização (retrofit) das bombas de grande porte das unidades de bombeamento do Baixo Recalque, Alto Recalque e Santa Maria, foi executado em regime de contratação direta, por inexigibilidade, com o fabricante original dos equipamentos.

Essa decisão foi tomada por se tratarem de bombas instaladas e em operação, além de possuírem peculiaridades que foram levadas em consideração para se evitar possíveis problemas como: incompatibilidades dimensionais que necessitem de adaptações (obras), divergências de pressões e vazões, problemas de paralelismo entre bombas, necessidade de revisão da proteção elétrica, necessidade de adequação do contrato de manutenção e necessidade de verificação da estabilidade estrutural dos poços das bombas. Ou seja, conforme análise diante a outros cenários, a forma como foi realizada, foi considerada de baixo risco.

Associada a esse fato, destacamos que a experiência da Empresa contratada também reduziu o risco do processo. O Contratado, para a execução dos serviços, por ser o próprio fabricante dos equipamentos, possui atestado emitido pela Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), que afirma que o fornecedor é exclusivo para comercialização, prestação de serviços de manutenção e assistência técnica com garantia autorizada pelo fabricante, fabricação e fornecimento de acessórios e peças originais para os equipamentos da marca Flowserve/Worthington (marca das bombas que passaram por essa modernização). Vale

ressaltar que a Empresa Flowserve do Brasil Ltda é a Fabricante Nacional exclusiva dos equipamentos Worthington. A Flowserve adquiriu, a nível mundial a marca Worthington.

Além disso, foram estabelecidas cláusulas contratuais em que o pagamento seria realizado somente se houvesse comprovação do atendimento ao critério técnico utilizado (1B do *Hydraulic Institute* – ISO 9906:2012), com a possibilidade de rescisão unilateral do contrato.

O custo total do retrofit das 15 (quinze) bombas e rejuvenescimento de 03 (três) motores, foi de R$ 11.653.023,44 (onze milhões seiscentos e cinquenta e três mil e vinte e três reais e quarenta e quatro centavos), sendo que deste custo, dependendo do modelo do equipamento, 45% representaram peças e 55% representaram serviços.

Para se justificar a alternativa de execução do retrofit, foi levantado orçamento com fabricantes de equipamentos similares (mesmas características), porém novos e o valor total ofertado, em média, foi de R$ 23.324.342,96 (vinte e três milhões trezentos e vinte e quatro mil trezentos e quarenta e dois reais e noventa e seis centavos), mais que o dobro da proposta de modernização.

Como forma de verificação dos resultados, foram executados testes comparativos pré-retrofit x pós-retrofit para comprovação dos dados obtidos (melhoria nos rendimentos dos conjuntos).

RESULTADOS OBTIDOS

Em todos os equipamentos obtivemos resultados positivos com aumento do rendimento para o ponto operacional indicado.

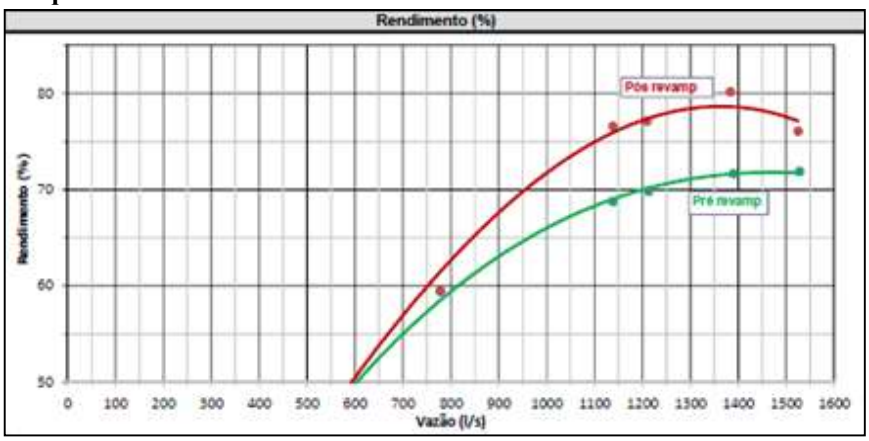
A redução do consumo de energia elétrica, e o consequente sucesso do projeto, foi claramente perceptível a partir das instalações dos equipamentos na planta e sua utilização de forma permanente.

Salientamos que houve significativo aumento da confiabilidade dos equipamentos, pois estes retornaram a planta nas mesmas condições de equipamentos novos e com garantia do fabricante.

Segundo Azevedo Netto (1998), os resultados de ensaio de uma bomba centrífuga, funcionando com velocidade constante (número de rotações por minuto), podem ser representados em um diagrama trançando-se as curvas características de carga e rendimento.

Baseado nessa informação as Figuras 01 e 02 a seguir, demonstram os resultados comparativos dos ensaios de algumas bombas, pré e pós-retrofit realizados em bancada (curva de performance de rendimento x vazão) e o impacto no consumo energético das estações.

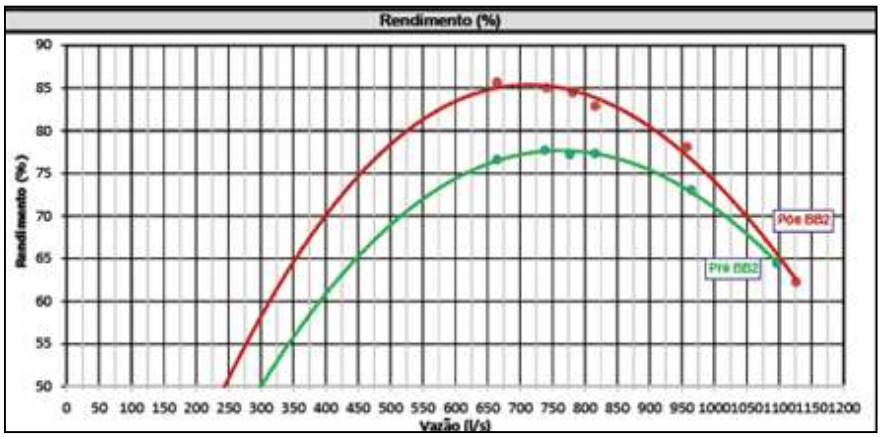
Figura 01: Curva de Performance - pré (linha verde) x pós-retrofit (linha vermelha) – EEAB Baixo Recalque



Fonte: Relatório de Inspeção de bomba - Flowserve (*databook* da bomba 44LKL pós-retrofit).

Rendimento pré-retrofit: **72%.**
Rendimento pós-retrofit: **79%.**

Figura 02: Curva de Performance pré (linha verde) x pós-retrofit (linha vermelha) – EEAB Santa Maria

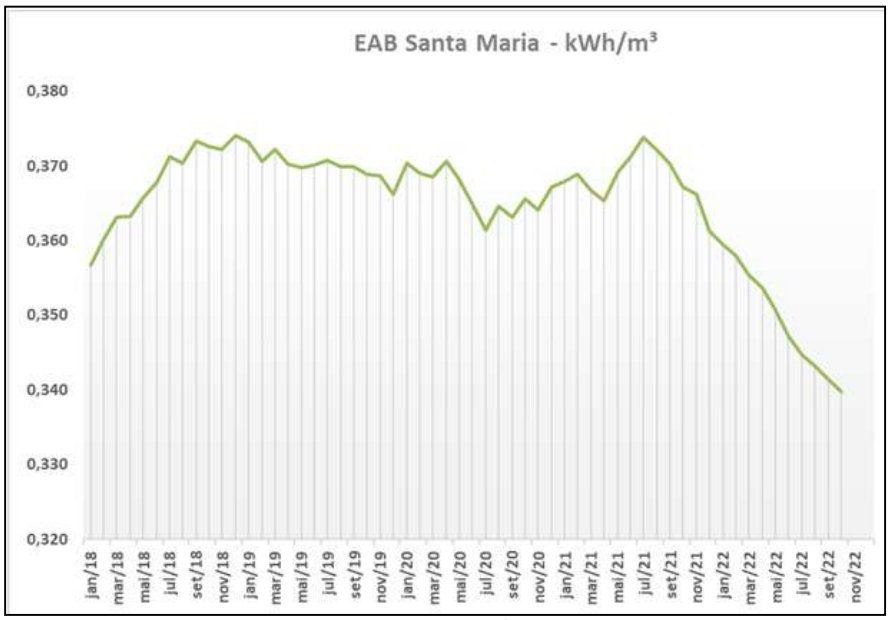


Fonte: Relatório de Inspeção de Bomba - Flowserve (*databook* da bomba 20QL26 pós-retrofit).

Rendimento pré-retrofit: **77%.**
Rendimento pós-retrofit: **85%.**

Em ambas as plantas percebemos uma redução no custo do kWh/m³ bombeado em uma curva de tendência de queda, conforme pode ser observado nas Figuras 03 e 04:

Figura 03: Impacto: kWh/m³ - EEAB Santa Maria



Fonte: Relatório de Monitoramento e Gestão de Índices Energéticos – CESAN.

Figura 04: Impacto: kWh/m³ - EEAB Alto Recalque



Fonte: Relatório de Monitoramento e Gestão de Índices Energéticos – CESAN.

A seguir apresentamos a Tabela 02 com a demonstração da redução do consumo em MWh e sua representatividade financeira alcançada em 2022.

Tabela 02 – Ganho anual pós-retrofit, por unidade operacional

Unidade Operacional	Redução do Consumo de Energia Anual (MWh)	Ganho Anual 2022 (R$)
EEAB Santa Maria	1.356,62	710.436,29
EEAB Alto Recalque	1.388,89	728.078,37
EEAB Baixo Recalque	811,95	424.833,60
	TOTAL	**1.863,348,26**

Fonte: Relatório de Monitoramento e Gestão de Índices Energéticos – CESAN.

A seguir apresentamos as Figuras 05 a 08 com o processo de montagem e testes das bombas instaladas nas plantas operacionais da CESAN:

Figura 05: Retirada da bomba para transporte à fábrica da Contratada.



Fonte: Equipe de Manutenção – CESAN.

Figura 06: Instalação da bomba pós-retrofit.



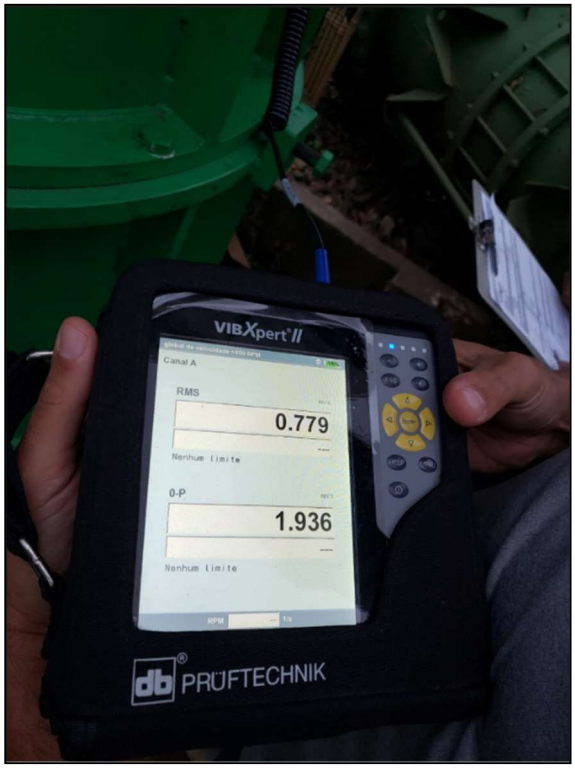
Fonte: Equipe de Manutenção – CESAN.

Figura 07: Montagem do acoplamento do motor à bomba pós-retrofit.



Fonte: Equipe de Manutenção – CESAN.

Figura 08: Análise de vibração na fase de testes (pós-retrofit).



Fonte: Equipe de Manutenção – CESAN.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O projeto de modernização das bombas de grande porte se mostrou viável e trouxe resultados expressivos para a Companhia, a citar:

- Redução nos custos de operação das estações elevatórias de água bruta do Santa Maria, Baixo Recalque e Alto Recalque;
- Reforma e modernização das bombas;
- Qualificação das equipes CESAN;
- Eficiência e redução da manutenção dos equipamentos (confiabilidade/disponibilidade da planta);
- Redução do consumo de energia elétrica.

CONCLUSÃO

Após instalação das motobombas e acompanhamento de sua operação em campo, com levantamento de dados e sua análise, concluímos que o objetivo do projeto foi alcançado com sucesso.

Além da modernização dos equipamentos e aumento da sua confiabilidade e disponibilidade na planta, houve significativa redução nos custos operacionais, impactando diretamente no consumo de energia elétrica das estações.

Considerando os valores economizados em 2022, o valor do investimento inicial será totalmente pago em pouco tempo de operação.

Com o resultado positivo dessa ação, esperamos que o mesmo processo seja adotado em outras estações para resultados similares no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M. *Manual de Hidráulica*. 1998.

2. BARRIENTOS, M. I. G. G. *Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais.* 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9906 - Hydraulic performance acceptance tests*. 2012.

4. TAMBASCO, V. F. M; QUELHAS, O. L. G. *O Desenvolvimento da metodologia e os processos de um "retrofit" arquitetônico*, p.449, set. 2012.