

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
**INOVAÇÃO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, MEDIANTE ESTUDO GLOBAL
DE UM SISTEMA PRODUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM
GERAÇÃO DE ENERGIA E OBRAS DE SETORIZAÇÃO PARA ELIMINAÇÃO
DE ELEVATÓRIAS DE ÁGUA, REDUZINDO O CONSUMO E GERANDO
ENERGIA ELÉTRICA**

Nome do Autor Principal⁽¹⁾

Edson Sene da Costa – Engenheiro Pós Graduado do Planejamento do Abastecimento da Unidade de Negócio Oeste – MO - Diretoria Metropolitana da Sabesp

Nome do Autor⁽²⁾

Alessandro Muniz Paixão – Engenheiro Pós-Graduado – Gerente de Departamento da Unidade de Negócio Oeste

Nome do Autor⁽³⁾

Ciro Cesar Falcucci Lemos – Engenheiro Pós-Graduado – Gerente de Divisão de Água Unidade de Negócio Oeste

Nome do Autor⁽⁴⁾

Aurélio Fiorindo Filho – Engenheiro Pós-Graduado – Superintendente da Unidade de Negócio Oeste

Nome do Autor⁽⁵⁾

Viviana Marli Nogueira Aquino Borges – Engenheira Pós-Graduada – Gerente de Planejamento da Unidade de Negócio de Produção de Água – MA

Endereço⁽¹⁾: Rua Major Paladino, 300 – Vila Ribeiro de Barros- São Paulo-SP - CEP: 05307-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 3838-6258 - e-mail: esene@sabesp.com.br

RESUMO

Nos sistemas de abastecimento de água há potenciais hidro energéticos que permitem a geração de energia elétrica e a otimização dos setores de abastecimento, por meio do emprego de soluções inovadoras, como o emprego de bombas funcionando como turbinas (BFT).

Esta inovação implantada na Unidade de Negócio Oeste- MO, da Sabesp, no Reservatório Tamboré, que garantiu a geração de energia de 90 kw. Projeto este desenvolvido em parceria com o Banco de Desenvolvimento Alemão o KfW que promove também investimentos no Brasil para expansão de energias renováveis e a empresa KSB (fornecedora de bombas), e a Universidade de Bundeswehr em Munique.

A implantação deste piloto permitiu a definição da concepção de novas instalações, este trabalho tem por objetivo apresentar a implantação do BFT e os potenciais projetos similares na unidade MO.

A eficiência energética também foi estudada por setorização que consiste em desativar as instalações que consomem energia elétrica (bombas) mediante assentamento de tubulações, permitindo a interligação destas regiões, a um setor próximo, que tenha uma piezométrica suficiente para promover o abastecimento por gravidade.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de Água, Eficiência Energética, perdas em sistemas de abastecimento de água e Bomba Funcionando como Turbina.

INTRODUÇÃO

Desde 2016, a Unidade de Negócio Oeste - MO tem como entrada de novos projetos o Fórum de Processos e Apoio, por exemplo: Água, Esgoto, Qualidade, Serviços e etc. Os Fóruns acompanham as análises críticas da MO bem como os planos de ações e também propõem projetos.

No Fórum água de abril/2016 concluiu-se que era preciso investir na melhoria da eficiência energética e geração de energia, então em conjunto com a MAG foram elaborados estudos hidráulicos que mapearam as oportunidades de geração de energia no Sistema Adutor Metropolitano.

Este Fórum é coordenado pela área de Engenharia da MO e está alinhado com os Objetivos Estratégicos da MO (ver figura 1), além de ser prática do Sistema de Trabalho para promover o envolvimento e a interação dos empregados de diversas áreas visando o alto desempenho e à inovação.

O Fórum Água visualizou que é possível economizar dinheiro aumentando a eficiência energética e também aproveitar a energia residual hoje desperdiçadas no sistema de abastecimento de água.

Neste Projeto será possível gerar energia elétrica mediante aproveitamento da energia residual da água que entra nos reservatórios da MO, entre os processos Adução e Reservação.

O sistema de abastecimento é composto de diversas adutoras entregando água em diversos reservatórios, sendo que cada adutora atende vários reservatórios, porém o sistema é dimensionado para abastecer o mais alto deles, e então, em todos menos um, o mais alto, sobra energia que é dissipada em forma de calor, devido ao estrangulamento da válvula de entrada dos reservatórios.

Quando uma adutora abastece vários reservatórios, para não ter desperdício de energia (porque o bombeamento é dimensionado para o mais alto), seria possível, somente se todas as válvulas de entradas trabalhassem totalmente abertas, porém seria impossível de se operar porque toda a água do sistema iria para os reservatórios mais baixos, por isso é que se tem uma válvula de controle na entrada de cada reservatório.

A solução então é instalar bombas funcionando como turbina (BFT) na entrada de todos os reservatórios, assim em vez de graduar a válvula de controle (dissipando energia) será instalado um BFT gerando energia que hoje é desperdiçada.

O Projeto proposto contribui para a redução da conta de energia elétrica, porque esta energia gerada será medida e entregue à Concessionária de energia e vendida, assim o valor será descontado nas outras plantas da MO, dessa maneira, executando-se todas as obras propostas neste trabalho, será possível “zerar” as contas de energia elétrica da Unidade de Negócio Oeste - MO.

A notoriedade deste Projeto é evidenciada pelo alinhamento com cinco dos Objetivos Estratégicos como a seguir: 4 “Aperfeiçoar processos”, 6 “Manter e conquistar mercados e novos negócios”, 7 “Fortalecer a imagem da Sabesp”, 9 “Gerar impacto socioambiental positivo” e 10 “Gerar valor com redução de despesas e aumento de receita” (ver figura 1).

Este desafio de aproveitamento da energia residual nas entradas dos reservatórios é compartilhado pelas outras Unidades de Negócios da distribuição e também por todo o setor de saneamento no Brasil e no mundo.



MAPA OPERACIONAL MO

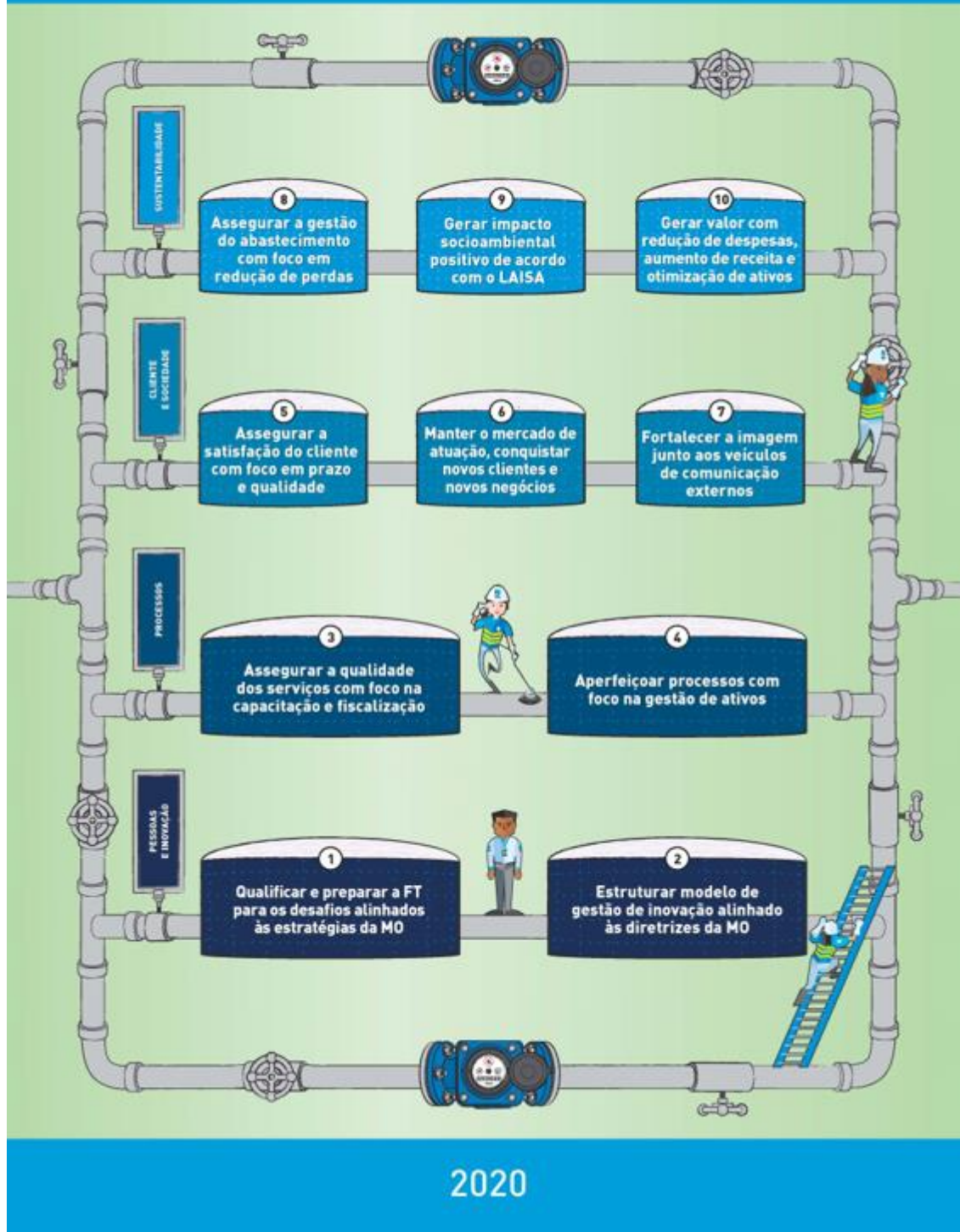


Figura 1: Mapa Estratégico (fonte: Intranet Sabesp, Abril/20).

Os participantes do Fórum de Água constataram que era possível aumentar a eficiência energética oriunda da entrada de água nos reservatórios e utilizando a prática do processo decisório em grupo por meio do Brainstorming, analisaram as possibilidades de atuação.

Para aprofundar os estudos, os trabalhos foram divididos em 2 grupos de trabalhos (GT), sendo um de hidráulica e outro de elétrica, com equipe multidisciplinar da Diretoria Metropolitana, como MA, ME, MO e MM tendências parceiras.

Os estudos foram amplamente discutidos por todos e por fim chegou-se a um plano de ação, baseados na missão, visão e valores e diretrizes estratégicas.

OBJETIVO

O abastecimento é condição primordial ao atendimento da vida, da saúde e do funcionamento das cidades. A implantação destas obras regularizará o fornecimento de água da região e proporcionará também, o atendimento aos centros industriais e comerciais, melhorando as condições socioeconômica das localidades, e reduzindo o consumo de energia elétrica mediante o aproveitamento do potencial energético do Sistema São Lourenço.

O principal aproveitamento energético que se pode ter é desligar as elevatórias de distribuição de água para as Zonas Altas e abastecer esta região mediante assentamento de tubos de um setor próximo que tenha uma piezométrica suficiente para que se possa desligar as bombas das zonas altas e assim efetivamente reduzir o custo com a energia elétrica. Nos setores clássicos a água entra no reservatório, perde toda a energia e depois sai por gravidade para a zona baixa e outra parte é bombeada para a zona alta. A proposta aqui é em vez de bombear para a zona alta, assentar tubulações de um outro reservatório por gravidade, solução não apontada nas literaturas porque as análises eram feitas pontualmente apenas por setor como se fosse um mundo isolado.

Já uma Bomba Funcionando como Turbina (BFT) é aplicada nas entradas dos reservatórios setoriais, aproveitando o residual de energia existente, visto que quando a água entra num reservatório ela perde toda a sua energia residual, assim a BFT retirará e transformará esta energia antes dela se dissipar. Também as BFT's são aplicadas numa adutora quando é necessário reduzir a pressão na adutora, hoje são instalados as chamadas Estruturas de Controle (EC), porém a energia não é aproveitada, o ideal seria uma BFT para gerar energia.

BENEFÍCIOS ESPERADOS

Estas obras de adução, reservação e distribuição de água de nove setores de abastecimento e instalação de BFT que maximizarão o aproveitamento do Sistema Produtor São Lourenço, proporcionando eficiência na gestão do serviço de abastecimento, com regularidade adequada, redução de energia, redução de perdas e capacidade de expansão futura.

Haverá a regularização do abastecimento de água em nove setores de abastecimento nos municípios de Itapevi, Jandira, Barueri, Carapicuíba e Santana de Parnaíba que são abastecidos pelo Sistema Produtor São Lourenço, beneficiando 1.100.000 (um milhão e cem mil) habitantes e possibilitará também a desativação de 21 estações de bombeamento.

Tabela 1: Elevatórias desativadas por Setorização

Elevatória a Ser Desativa	Qual Setor ou Sub-adutora passará a abastecer a região	Potência a Desativar (kw)	Situação
1-Jandira ZA	Sub-adutora Jandira Mirante via São Lourenço	350	Concluída
2- Itapevi-Centro ZA	Novo Setor Itapevi-Santa Cecília	220	Concluída
3-Barueri-Tupã ZA	Novo Setor Barueri Vale do Sol	175	Em andamento
4-Barueri Tamboré ZA	Novo Setor Genesis	1275	Em andamento
5-Nove Boosters em Itapevi	Novo Setor Itapevi-Santa Cecília	420	Em andamento
6-EEA Carapicuíba Vila Dirce	Sub Adutora Carapicuíba via São Lourenço	510	Em projeto
7-Booster Fazendinha	Novo Setor Genesis	540	Concluída
8-Booster Imperial, Sergipe e Poços	Novo Setor Genesis	420	Em andamento
Total		3910	



Tabela 2: Implantação de Bombas Funcionando como Turbina (BFT)

Local a ser implantada	Modalidade do aproveitamento energético	Potência a Recuperar (kw)	Situação
9-Barueri-Tamboré	Entrada de reservatório	90	Concluído
10-EC-1	Controle de pressão na adutora – Interligação com Baixo Cotia	450	Em projeto
11-EC-2	Controle de pressão na adutora – Interligação com Cantareira	1030	Em projeto
12-Barueri-Vale do Sol	Entrada de reservatório	70	Em projeto
13-EC-3	Controle de pressão na adutora Carapicuíba-Centro	640	Em projeto
14-Genesis	Controle de pressão na adutora Genesis	120	Em projeto
Total		2.400	

A IDÉIA

A fonte inspiradora é o estudo minucioso do Ciclo do Saneamento ver figura 2, onde se percebe os pontos em que existem energia residual, são eles: na entrada das estações de tratamento de água (ETA), na entrada dos reservatórios setoriais e na rede de distribuição.

Para o projeto piloto da Bomba Funcionando como Turbina (BFT), o grupo desenvolveu uma parceria com a Universität der Bundeswehr em Munique, escola fundada em 1973. Também faz parte da parceria um fabricante de bombas a KSB. Desta maneira o trabalho é inédito na Sabesp, poderemos compartilhar o conhecimento dos parceiros que estão mais tempo estudando esta nova tecnologia.

A aplicação de BFT's na distribuição é possível quando há pressões e vazões compatíveis para geração de energia, ou seja, onde há energia sendo dissipada, como por exemplo, nas entradas dos reservatórios, e nas válvulas reguladoras de pressão (VRP's), optamos por implantar o piloto de entrada dos reservatórios; porque esta modalidade está num avançado estágio de tecnologia e eficiência, futuramente serão implantados pilotos substituindo as atuais válvulas reguladoras de pressão por BFT's, porém neste caso a tecnologia ainda está em desenvolvimento, não se tem um domínio completo da aplicação.

Dentre os reservatórios da MO escolhemos o Reservatório Barueri-Tamboré porque tem grande vazão e uma pressão de entrada considerável, sendo assim um excelente potencial de aproveitamento.

Após consenso com os parceiros alemães da escolha do reservatório, o GT de hidráulica, em agosto/2016, executou a modelagem matemática da operação e o resultado foi que é possível instalar um BFT com vazão 400 litros por segundo e com um aproveitado de carga de 30 metros de coluna de água (mca), escolhida a bomba que melhor se adequa a este ponto de trabalho o ganho foi de 90 kw.

Foi definido uma regra operacional para o funcionamento da válvula de controle e da turbina com uma tabela de como será a operação durante as 24 horas do dia com os resultados hora a hora.

De posse resultados hidráulicos que mensuram os ganhos, em novembro/2016, o GT de elétrica fez um benchmarking na Eletropaulo que apresentou os casos em que compram energia de geradores locais e se mostraram muito interessados em comprar a energia, bem como nos orientou em vários aspectos do projeto para uma melhor aceitação da energia que será gerada. Que foram atendidos e o projeto de interligação foi concluído e entregue em setembro/2017.



Figura 2: Ciclo do Saneamento (fonte: site PNQS, Abril/17).

Hoje o processo adução reservação está totalmente separado do processo Distribuição, conforme a figura 3, A água para entrar no reservatório passa por uma válvula de controle que dissipa a energia excedente.

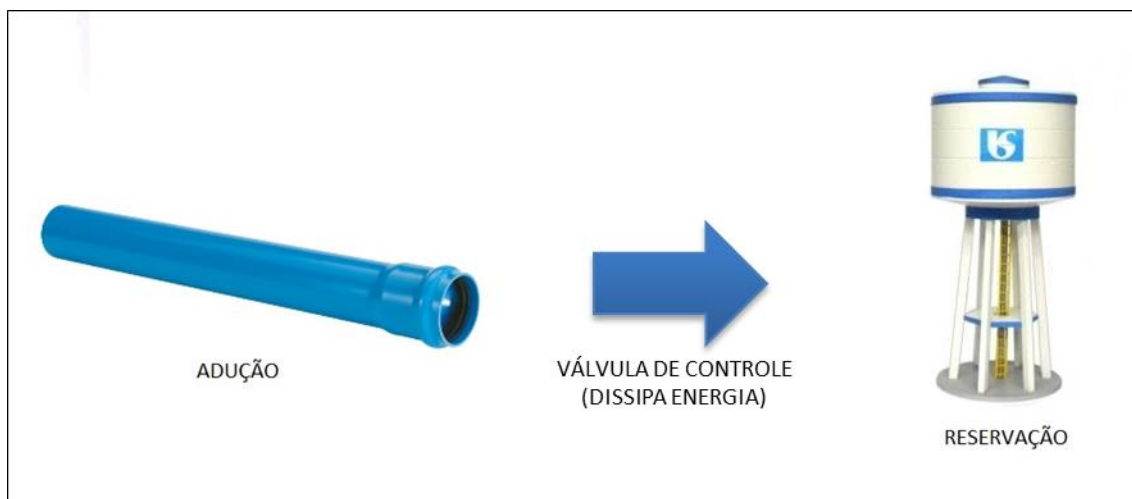


Figura 3: Processos de Adução/Reservação atual (sem BFT) - (fonte autoral, Abril/17).

Junto com a implantação do BFT foi executado um by-pass de maneira que a água passará pela BFT primeiro e depois entrará no reservatório por baixo ao mesmo tempo que vai para a distribuição, o que maximizará o ganho e haverá uma integração adução/reservação/distribuição, ver figura 4.

Para isso foram instalados controladores lógicos programáveis e conversores de frequência no BFT (ver figura 5) que também será interligado a um medidor de vazão que transmitirá a vazão que será corrigida para mais ou para menos, conforme previsto na modelagem matemática.

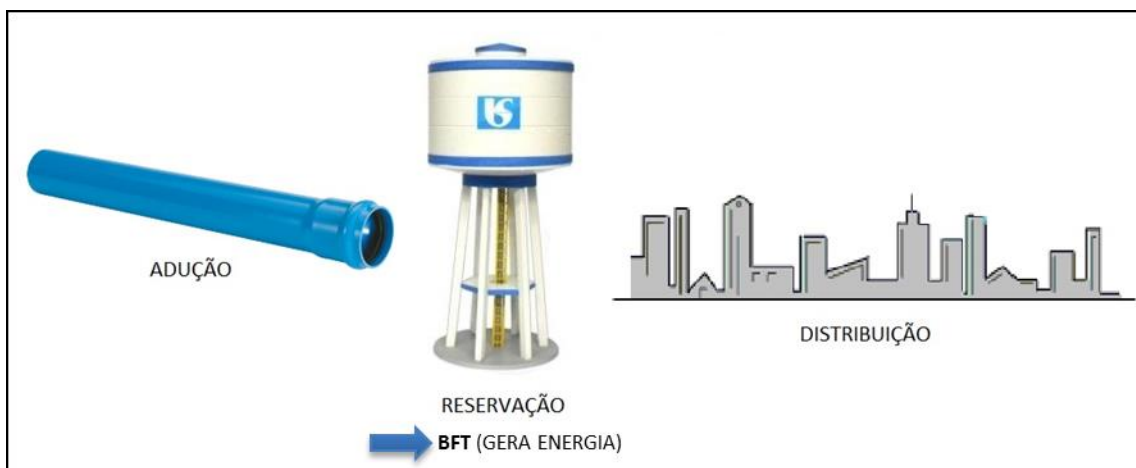


Figura 4: Gestão integrada adução/reservação/distribuição, otimizada e unificada pelo BFT - (fonte autoral, Abril/17).

Simplesmente hoje recuperamos uma energia que era desperdiçada e no projeto piloto o ganho foi de 90 kw (ver figura 5), então o indicador será Valor Medido dividido pelo Valor Previsto o resultado deverá ser maior ou igual a 80%.

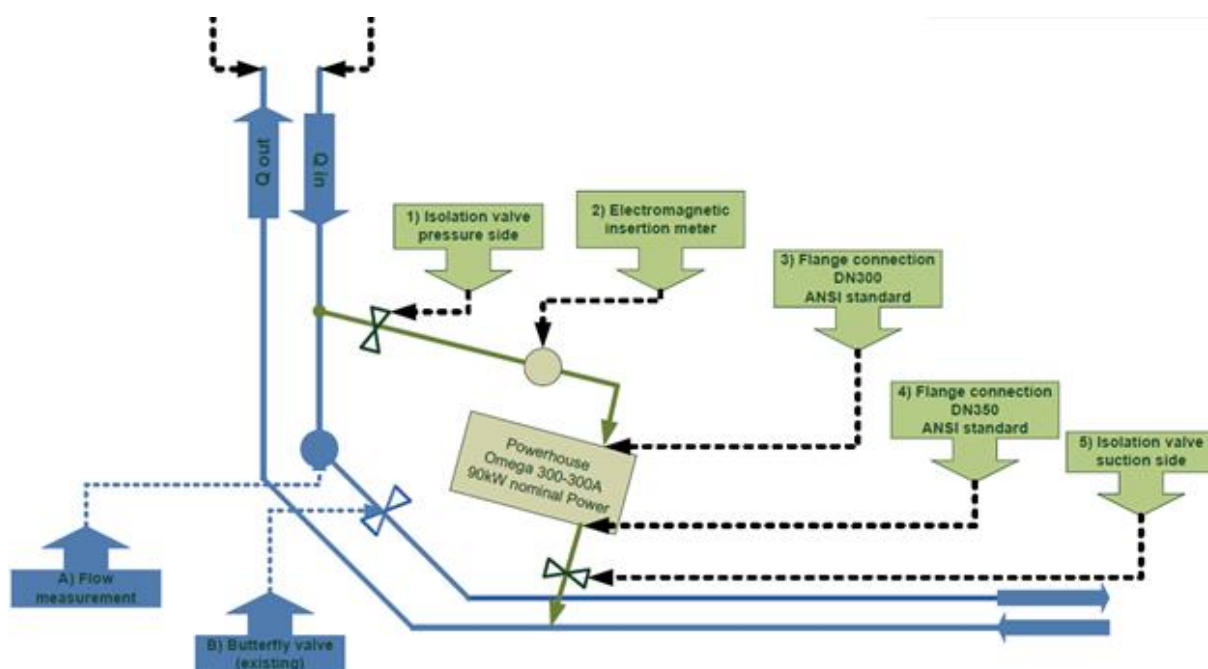


Figura 5: BFT completa com by-pass, medidor de vazão, gerador e CLP- (fonte: KSB - Bombas).

Conforme descrito anteriormente este projeto piloto aproveitou a energia residual que temos em 90% de nossos reservatórios e que hoje são dissipadas na válvula de controle dos reservatórios setoriais.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR SETORIZAÇÃO

Já no processo de Setorização (ver figura 6) o piloto ocorreu na EEAT de Jandira-Centro que bombeava para o Reservatório Jandira-Mirante que foi interligado ao Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) mediante execução de Sub-Adutora em diâmetro de 800 mm, e consequentemente eliminando a elevatória visto que com a construção pelo Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) da Sub-adutora Jandira Mirante com extensão de 821 metros e diâmetro de 800 mm (32”).

Nos setores clássicos (ver figuras 7 e 8) a água entra no reservatório, perde toda a energia e depois sai por gravidade para a zona baixa e outra parte é bombeada para a zona e alta. A proposta aqui é em vez de bombear para a zona alta, assentar tubulações de um outro reservatório por gravidade, solução não apontada inicialmente porque as análises eram feitas pontualmente e não com um enfoque para o sistema produtor como um todo.

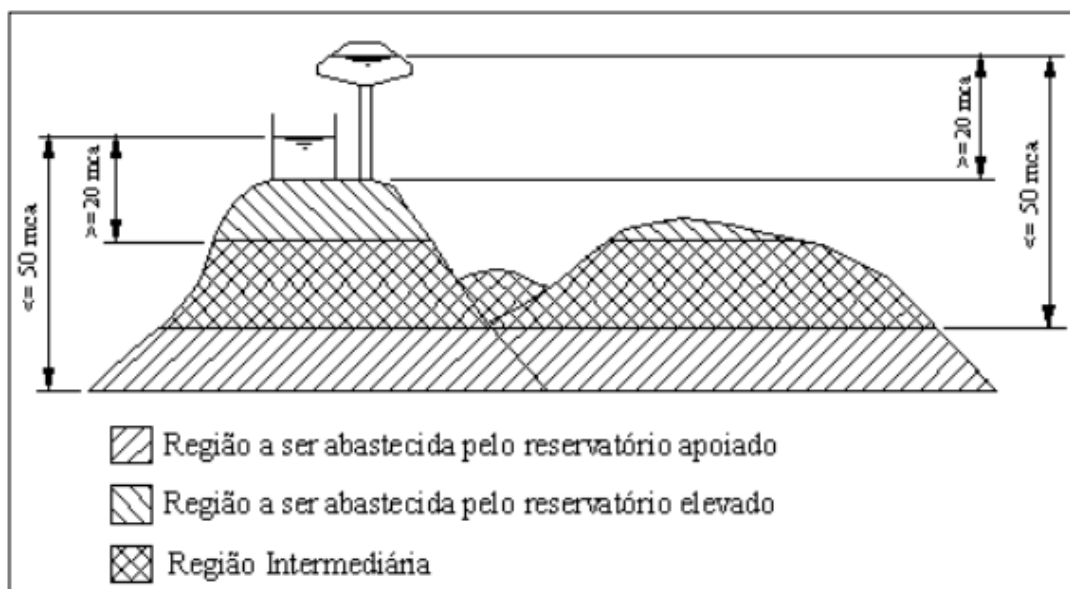


Figura 6: Exemplo de setorização Zonas alta e baixa e área de VRP (fonte: Sabesp-MP-2016).

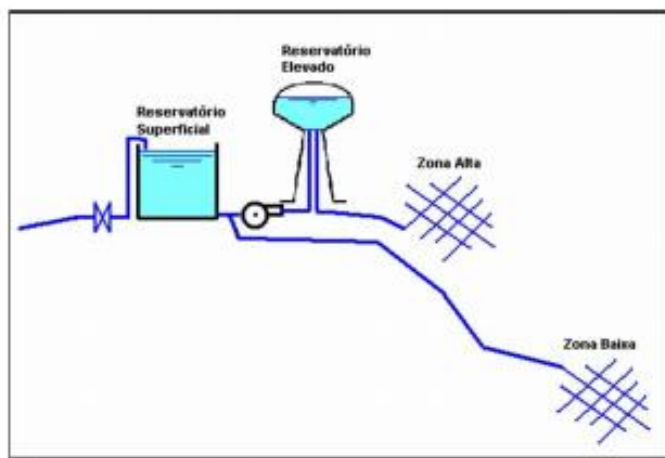


Figura 7: Setor clássico com Zona Baixa e Zona Alta (fonte: Sabesp-MP-2016).

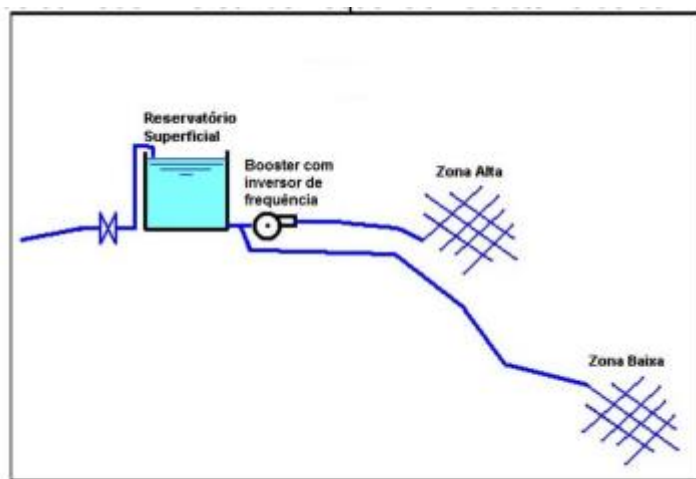


Figura 8: Evolução do setor clássico eliminando a torre e adotando inversor de frequência (fonte: Sabesp-MP-2016).

Tabela 3: Custos estimados obras por Setorização

Obra de Setorização	Qual Setor ou Zona de Pressão que passará a abastecer a região	Custo Estimado (R\$ x 1000)
Sub-adutora Jandira Mirante via São Lourenço	Reservatório Jandira-Mirante	Concluído
Novo Setor Barueri Vale do Sol	Tupã Zona Alta e Derivação Tupã	9.000,00
Novo Setor Itapevi-Santa Cecília (Concluído)	Itapevi ZA e Setor Sapientã e área de nove boosters existente	17.000,00
Novo Setor Genesis	Barueri-Tamboré Zona Alta	63.000,00
Sub Adutora Carapicuíba via São Lourenço	Carapicuíba Vila Dirce	21.000,00
Total		110.000,00

Tabela 4: Custos estimados de Bombas Funcionando como Turbina (BFT)

BFT a implantar	Modalidade do aproveitamento energético	Custo Estimado (R\$ x 1000)
Barueri-Tamboré	Entrada de reservatório	Concluído
EC-1	Controle de pressão na adutora – Interligação com Baixo Cotia	5.500,00
EC-2	Controle de pressão na adutora – Interligação com Cantareira	11.000,00
Barueri-Vale do Sol	Entrada de reservatório	1.000,00
EC-3	Controle de pressão na adutora Carapicuíba-Centro	8.000,00
Genesis	Controle de pressão na adutora Genesis	3.000,00
Total		29.000,00

RESULTADOS OBTIDOS

Implantada a BFT Barueri-Tamboré em Abril/2018 houve a economia de R\$ 25.000,00 por mês na conta da energia elétrica, confirmando que podemos prosseguir com as outras cinco BFT's estudadas (ver Tabela 4).

A geração de energia prevista com as obras é de 1.725.000 kwh/mês que gera uma arrecadação de R\$ 8 milhões por ano.

Pay-back para as ações de BFT's é de 3,7 anos.

Implantada a Sub-adutora Jandira-Mirante pelo Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) e houve a economia de R\$ 1.000.000,00 por ano na conta da energia elétrica, com o desligamento dos cinco grupos na EEAT Jandira, confirmando o sucesso da operação e encaminhando as outras quatro obras de setorização (ver tabela 3).

A economia de energia prevista com as obras é de 2.815.200 kwh/mês que gera uma economia de R\$ 13 milhões por ano.

Pay-back para as ações de Setorização é de 8,2 anos.



Figura 9: Vista da BFT Tamboré (entrada de reservatório (fonte: Sabesp-2018)).



Figura 10: Vista da BFT Tamboré (vista para o logradouro) (fonte: Sabesp-2018).

BFT AUTOMATIZADA, PASSANDO A SER OPERADA REMOTAMENTE

Desde o dia 31/07/19, a BFT, localizada no reservatório Tamboré passou a ser operada pelo Centro de Controle Operacional – CCO, localizado na sede da Companhia na Costa Carvalho no bairro de Pinheiros, dessa maneira então melhorando a operação da BFT sem influenciar na operação da água, conforme Figura 11 e 12.



Figura 11: BFT passa a ser operada pelo Centro de Controle Operacional CCO) (fonte: Sabesp-2019)

Para a automação da BFT foram necessários os esforços de vários profissionais de diversas áreas da Sabesp como: Unidades de Negócio (MO), e de Produção de Água da Metropolitana (MA), da Superintendência de Manutenção Estratégica (MM) e da fabricante KSB; também contribuíram para o desenvolvimento do projeto de automação, profissionais da Siemens (fabricante de equipamentos elétricos), da ENEL (concessionária de energia elétrica) e outros prestadores de serviços.

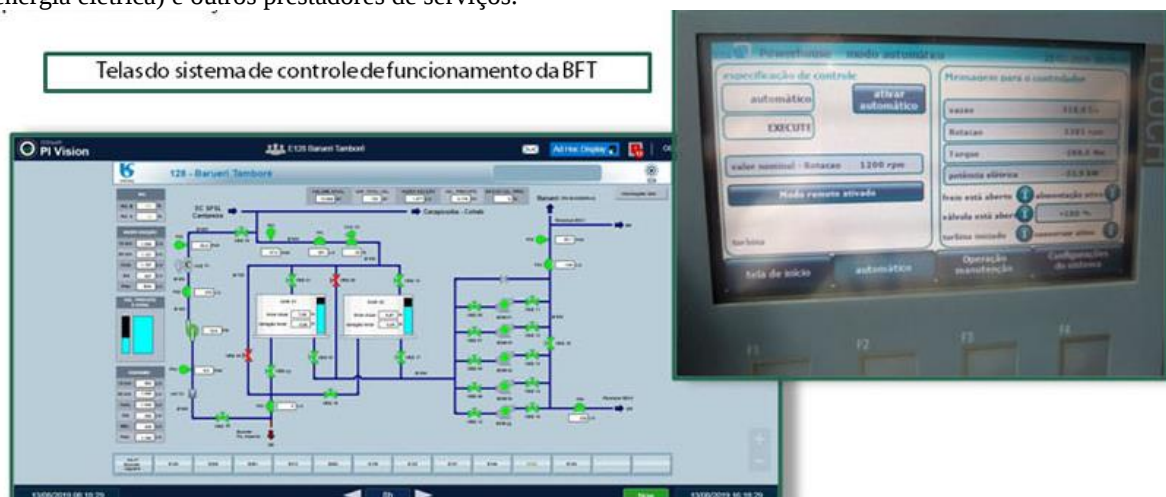


Figura 12: Telas do sistema de controle do funcionamento da BFT (fonte: Sabesp-2019)

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Um primeiro passo na eficiência energética foi a adoção de inversores de frequência. Isso pode ser percebido quando verificamos sua vasta aplicação em nosso parque de elevatórias.

Porém esses estudos podem ter sido feitos de maneira pontual, uma vez que se tinha uma estação de bombeamento se buscava o melhor ponto de operação. Já a energia que se dissipava nas entradas dos reservatórios sequer era comentada, talvez por não se ter uma legislação que regulasse a interação com a concessionária de energia elétrica, embora este aproveitamento pudesse ser em forma de “ilha”, uso interno, nem que fosse apenas para iluminar o pátio do centro de reservação.

Este trabalho muda o enfoque quando avaliamos não apenas um ponto do setor de abastecimento, mas sim o sistema produtor como um todo, esse nível maior de abrangência faz com que você pense na real necessidade de ter uma estação de bombeamento, seria possível desativá-la mediante uma obra de setorização? Assim buscamos a desativação definitiva de quantos estações elevatórias forem possíveis pelo processo de setorização. A entrada em operação do Novo Sistema Produtor São Lourenço, com certeza, impulsionou este avanço.

Tão importante quanto foi a busca por novas tecnologias, buscando parcerias com empresas do setor privado e nas universidades, inclusive fora do país, culminando com a instalação do BFT ou mini hidrelétrica como vem sendo nomeada pela mídia.

Buscar soluções sustentáveis e inovar fazem parte do pensamento da Sabesp. Esse sentimento é um grande aliado em nossa missão de universalizar o saneamento e contribuir na melhoria da qualidade de vida da população.

Glossário

CLP – Controlador lógico programável BFT – Bomba Funcionando como

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lopes, Rafael Emilio; O uso de bombas funcionando como turbinas para sistemas de recalque de água – VI SEREA – Seminário Iberoamericano sobre sistemas de Abastecimento Urbano de Água João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junho de 2006
2. Relatório Técnico MAGG 107/17 – Novos setores do SPSL
3. Relatório Técnico MAGG 048/18 – Dimensionamento da válvula de controle da entrada do reservatório Barueri - Vale do Sol
4. Costa, Edson Sene da; Alteração do Ponto de Alimentação da rede objetivando a redução de perdas – estudo de caso – Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Campinas-SP – Dezembro/2014.
5. SABESP; Modelagem Matemática - Procedimento Operacional de Água – Julho/2015.
6. SABESP; Orientador de Setorização – Superintendência de Planejamento e Desenvolvimento da Metropolitana - MP – Agosto/2016.