



## **234 - O USO DE BOMBAS FLUTUANTES DA RESERVA TÉCNICA CANTAREIRA COMO CONTINGÊNCIA NA CAPTAÇÃO TAQUACETUABA - BILLINGS - SÃO PAULO**

**Danilo Subira<sup>(1)</sup>**

Técnico em eletrônica - Encarregado de operação da Divisão de Recursos Hídricos Sudoeste Metropolitano - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp.

**Alexandre dos Santos Bueno<sup>(2)</sup>**

Possui graduação em Administração de Empresas com ênfase em Análise de Sistemas, Especialista em Gestão Pública pelo INPG e Mestre em Aquicultura e Pesca com foco em Recursos Hídricos pelo Instituto de Pesca do Estado de São Paulo - APTA - Gerente da Divisão de Recursos Hídricos Sudoeste Metropolitano - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Graham Bell 647- Alto da Boa Vista - São Paulo - SP - CEP: 04715-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 5682-2980 - e-mail: [dsubira@sabesp.com.br](mailto:dsubira@sabesp.com.br)

### **RESUMO**

O sistema Produtor Guarapiranga possui capacidade de armazenamento de cerca de 190hm<sup>3</sup> de água e é composto pela represa Guarapiranga e o reforço das transferências da Represa Capivari e do Braço Taquacetuba da Represa Billings. O tratamento é realizado na ETA Rodolfo José da Costa e Silva (ABV) com capacidade de produção de 16m<sup>3</sup>/s atendendo cerca de 4 milhões de pessoas, de grande parte da zona sul e sudoeste da RMSP e com alcance de parte da região central da cidade de São Paulo. A EEAB Taquacetuba é responsável em transferir água da Billings para a Represa do Guarapiranga, sempre que a afluência natural desta não seja suficiente para manter níveis satisfatórios. Após a crise hídrica 2014-15, com a recuperação do Sistema Cantareira, e consequente remoção das Bombas Flutuantes Rio do Sul que faziam a captação da Reserva Técnica, surgiu a ideia de utilizá-las como potenciais substitutas das Bombas Flutuantes originais da captação Taquacetuba, sempre que estas estivessem inoperantes ou em manutenção, o que se mostrou muito eficaz, trazendo vantagens financeiras com a redução dos custos de manutenção, além de segurança operacional, agilidade de manutenção e menos estrutura necessária para manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bombas Flutuantes, segurança operacional, agilidade de manutenção.

### **INTRODUÇÃO**

A represa Guarapiranga situa-se no rio de mesmo nome, principal afluente do rio Pinheiros. A área total de drenagem da bacia é de aproximadamente 631 km<sup>2</sup> e 29,27km<sup>2</sup> de espelho d'água. Foi construída pela antiga Companhia Light, no início do século para regularizar as vazões do rio Guarapiranga e assim melhorar a produção de energia elétrica na usina de Edgar de Souza.

Há muito tempo, entretanto, o Governo do Estado de São Paulo aproveita as águas deste manancial para abastecimento da cidade de São Paulo, mediante convênios que manteve com a Light e a Eletropaulo e atualmente mantém com a Empresa Metropolitana de Águas - Emae.

A vazão média de longo prazo no local da barragem é cerca de 11,6 m<sup>3</sup>/s e a SABESP necessita retirar vazões próximas deste valor (e em situações críticas, até mesmo superiores durante períodos de tempo limitados). A capacidade máxima de armazenamento do reservatório é de cerca de 200 hm<sup>3</sup>, que não é utilizada em sua totalidade, como se verá a seguir. Para reforçar o sistema reverte-se água das cabeceiras do Capivari, rio que já se situa na vertente marítima. A capacidade instalada desta reversão é de 2,0 m<sup>3</sup>/s que não se mantém constante porque durante as estiagens a vazão do Capivari cai para cerca de 0,4 m<sup>3</sup>/s.

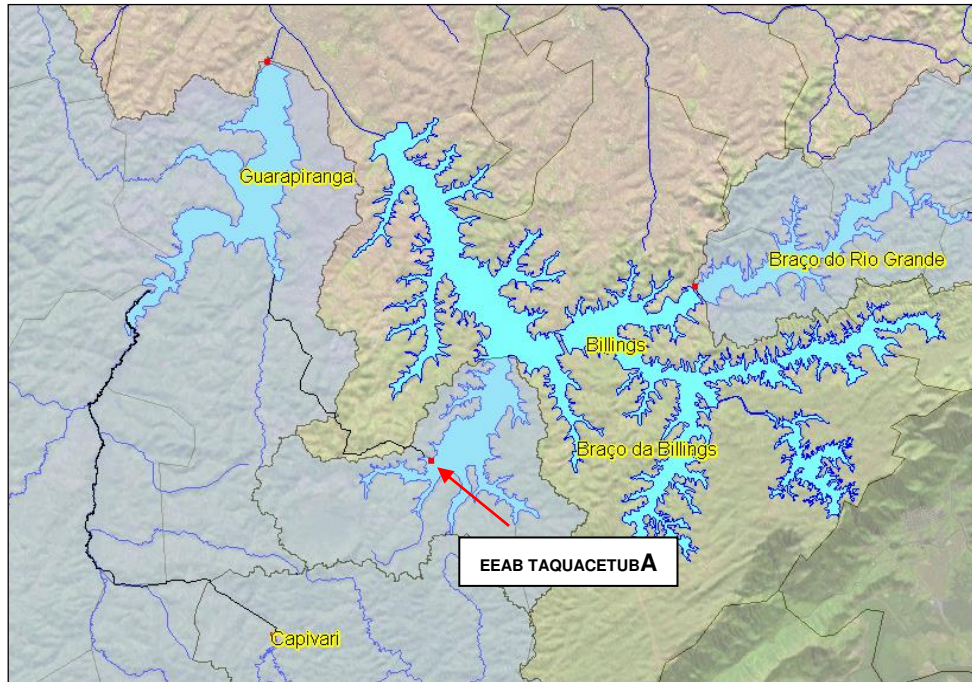
Após uma grande cheia em 1976 o reservatório passou a ser operado também para controle de inundações. A Emae, responsável por esta operação, mantém volumes de espera variáveis ao longo do ano e efetua descargas pelos vertedores sempre que o nível do reservatório atinge estes volumes.

Atualmente, o reservatório Guarapiranga constitui-se em um dos principais mananciais da RMSP. Suas águas são conduzidas para à ETA Rodolfo José Costa e Silva (ABV), abastecendo as regiões Sul e Sudoeste da

RMSP. No reforço hídrico deste manancial, a SABESP já utiliza um bombeamento do rio Capivari, desde 1973, cujas águas são aduzidas para o reservatório Guarapiranga.

Em 1999, após seguidos períodos de vazões afluentes abaixo da média no Sistema, a SABESP implantou uma estação elevatória junto ao braço do rio Taquacetuba na Billings, que permite o bombeamento de vazões médias anuais outorgadas de até 2,19 m<sup>3</sup>/s, e capacidade instalada de 4,1 m<sup>3</sup>/s.

A Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) do Taquacetuba localiza-se no Braço homônimo da Represa Billings, coordenadas -23.840633 e -46.658522 na cidade de São Paulo- SP.



**Figura 1: mostra a localização da EEAB Taquacetuba**

A captação do sistema Taquacetuba é composta por duas elevatórias (flutuante e principal) associadas em série, tubulações de recalque, dispositivos de controle e segurança, e equipamentos elétricos. A elevatória flutuante foi instalada sobre uma plataforma flutuante no braço Taquacetuba do reservatório Billings, de modo a permitir a captação de água em local apropriado e acompanhar a variação do nível d'água. A passarela flutuante foi executada para permitir a passagem de pessoas e da cablagem elétrica.

A elevatória principal, denominada elevatória de água bruta foi construída em terra, com suas respectivas tubulações de sucção e de descarga, válvulas, juntas e instrumentação. Junto a essa elevatória foi construída uma sala elétrica abrigando os painéis elétricos de alta e baixa tensão. A ligação entre as duas elevatórias foi realizada através de tubulações flexíveis e flutuantes e de um chaminé de equilíbrio.

A tubulação que interliga a elevatória de água bruta e a represa Guarapiranga é de aço, com extensão de 13.789m, sendo trecho por recalque de 5.530m e trecho por gravidade de 8.259m, e nessa tubulação foram instaladas vários equipamentos de proteção contra os transitórios hidráulicos, ventosas e descargas.

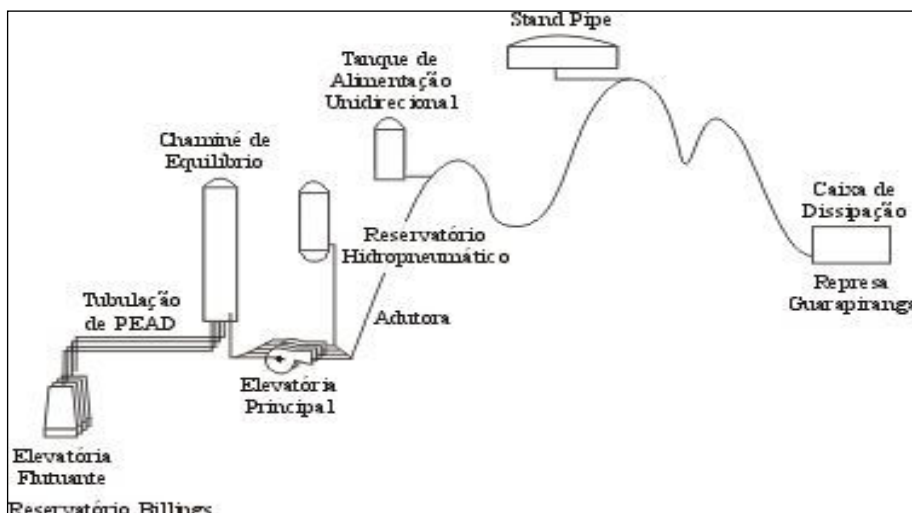


Figura 2: O Esquema do sistema Taquacetuba pode ser observado na Figura 2.

A estação elevatória de água bruta fixa está localizada na margem do reservatório Billings, composta por cinco grupos moto-bombas horizontais, sendo uma de reserva, com bombas centrífugas bipartidas de vazão nominal de 3.600m<sup>3</sup>/h (1,0m<sup>3</sup>/s) e altura manométrica de 83,3mca, acionados por motores de 1.400cv, 890rpm e 3,8kV. As bombas dessa elevatória possuem válvulas de retenção de fechamento rápido na saída, e são responsáveis por recalcar por todo trecho de adução a água.succionada da Chaminé de Equilíbrio, esta por sua vez recebe água da estação elevatória flutuante, que descreveremos a seguir.

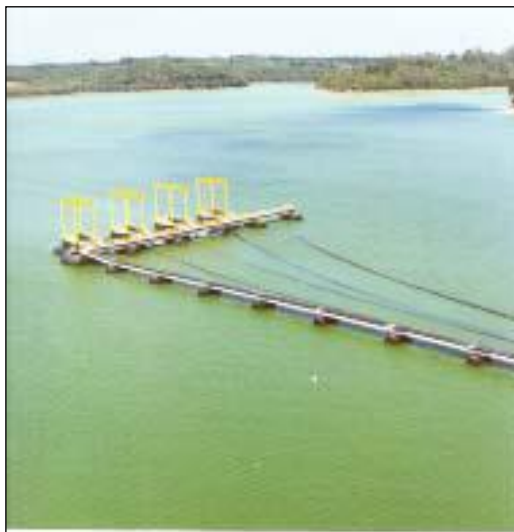


Figura 3: Estação elevatória fixa (em terra).

A estação elevatória flutuante é composta por cinco bombas submersíveis, sendo uma de reserva, com plataformas flutuantes modulares como suportes das moto-bombas e acessórios, plataforma de atracação dos módulos de bombeamento, tubulações flexíveis e passarela de acesso.

Cada bomba submersível tem vazão nominal de 1,0m<sup>3</sup>/s, altura manométrica de 20mca e 350cv, instaladas nas plataformas metálicas sustentadas por flutuadores. Esta estação está fundeada no braço do rio Taquacetuba do reservatório Billings, a 400m da margem, e recalca diretamente para um tanque metálico (Chaminé Equilíbrio) instalado na sucção da outra estação de bombeamento situada em terra, através de tubulações de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). O recalque de cada grupo é provido de uma válvula de retenção de fechamento rápido, com obturador de deslocamento axial, com vistas a minimizar o retorno do fluxo quando do seu desligamento e, conseqüentemente, reduzir o golpe de ariete. Cinco tubulações de PEAD de 800mm de diâmetro nominal e, aproximadamente, 390m de comprimento, interliga cada bomba submersível da Elevatória Flutuante a estação elevatória de água bruta fixa.





**Figura 4: Estação elevatória flutuante onde se observa as plataformas suporte das moto-bombas, passarela de acesso e tubulações de PEAD**

Após a estação elevatória de água bruta fixa uma adutora de aço enterrada de 14.015m de extensão, composta por 8.135m em 1.500mm de diâmetro nominal e 5.880m em 1.200mm, interliga a elevatória a uma estrutura de concreto, chamada de caixa de dissipação, localizada às margens do reservatório Guarapiranga, local de chegada da água. Ao longo dessa adutora há ventosas para a expulsar o ar acumulado na adutora, válvulas de abertura rápida e fechamento lento para evitar o vácuo, bem como um túnel na travessia de uma estrada de ferro. A caixa de dissipação (Figura 7) localizada na várzea do córrego Parelheiros, construída em concreto, esta estrutura promove a dissipação da energia (correspondente a 2.080 cv) relativa à diferença de cotas, em torno de 84m, existente entre o ponto mais alto da adutora e o reservatório Guarapiranga.



**Figura 5 e 6: Caixa de dissipação e canal de chegada d'água na várzea do reservatório Guarapiranga**

A operação de adução exige a conjugação operacional das elevatórias flutuante e principal, recalando para o Stand Pipe (Ponto mais alto da adução da EEAB) através da tubulação de recalque de  $\phi 60''$ . No trecho por gravidade, a jusante do Stand Pipe, na Estação Dissipadora, existem estruturas de controle de fluxo que são válvulas dispersoras de energia, e são mantidas moduladas para facilitar a operação e permitir o controle e expulsão de ar eliminando o escoamento livre em alguns trechos de gravidade prejudiciais a adutora.

O regime transitório gerado pela interrupção não programada do bombeamento, as variações das cargas nos condutos (flutuante e adutora de recalque) foram limitadas para atender às especificações do projeto e, assim sendo, proteções foram instaladas quando as simulações mostraram a ocorrência de pressões incompatíveis com os valores extremos assumidos nas especificações. O escoamento transitório foi analisado considerando o desligamento acidental do sistema de bombeamento operando com a vazão máxima (4 bombas) As simulações em regime transitório foram realizadas pelo Prof. Edmundo Koelle.

O bombeamento em série da elevatória flutuante com a elevatória principal envolve problemas operacionais em regime permanente e transitório. Para que tais problemas não ocorram, foi fundamental a utilização de um

reservatório (ou chaminé de equilíbrio) intermediário de elevada inércia ( $1\text{m}^3/\text{s} \times 10\text{min} = 600\text{m}^3$ ), de modo a desacoplar os bombeamentos e permitir a gradual estabilização do recalque em série.

À época da construção da EEAB Taquacetuba a Sabesp enfrentava o grande desafio de ampliar a oferta d'água para atender a demanda na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), onde o rápido aumento da demanda implicava num déficit de produção ofertada pelo Sistema.

A EEAB Taquacetuba entrou em funcionamento em Agosto de 2000, e vem operando adequadamente de acordo com as necessidades e volumes armazenados na represa Guarapiranga, onde observou-se que ao longo do período de sua operação o Sistema Guarapiranga pode produzir sem risco ao pleno abastecimento público da população atendida pela ETA Rodolfo José Costa e Silva. Portanto, é indiscutível a necessidade do reforço no volume de água da Guarapiranga pelo braço Taquacetuba da Billings, para a manutenção da capacidade de produção em condições hídricas desfavoráveis.

Frente a isso, manter a estação sempre em condições operacionais satisfatórias é de suma importância, e um dos trabalhos realizados, que foi a utilização das Bombas retiradas da reserva técnica do Sistema Cantareira como contingência na captação flutuante da EEAB Taquacetuba, aumentou a confiabilidade e flexibilidade desta elevatória consideravelmente. O trabalho foi bem sucedido, fruto da parceria entre duas superintendências distintas na Sabesp. Atualmente todos os grupos da captação estão em condições operacionais, sendo dois deles os Conjuntos Rio do Sul, garantindo a vazão necessária para transferência de água bruta da represa Billings ao sistema Guarapiranga.

## **OBJETIVO**

Utilização de conjuntos moto-bombas Flutuantes que faziam a captação da Reserva Técnica no Sistema Cantareira durante a crise hídrica 2014/15, como substitutas das Bombas Flutuantes originais da captação EEAB Taquacetuba, sempre que estas estivessem inoperantes ou em manutenção, assim trazendo vantagens financeiras com a reutilização de ativo não operante e redução dos custos de manutenção, além de segurança operacional, agilidade de manutenção e menos estrutura necessária para manutenção.

## **METODOLOGIA**

A ideia de utilizar os conjuntos moto-bombas flutuantes Rio do Sul como potenciais substitutas das Bombas Flutuantes originais da captação Taquacetuba (KSB). surgiu logo após a recuperação do Sistema Cantareira no pós crise hídrica 2014/15, onde foram desinstaladas essas Bombas que faziam a captação dos volumes da reserva técnica. Observou-se a semelhança nas características de operação, vazão, e curva de recalque destas, e se cogitou, junto com a Superintendência de manutenção estratégica da Sabesp (MM), a possibilidade de testá-las nesta função.

A motivação para tal demanda foi a de manter, em um nível satisfatório, a vazão de captação de água bruta na estação elevatória flutuante, na ocasião de avaria ou manutenção em alguma das bombas submersíveis dos grupos flutuantes originais, o aproveitamento da estrutura mecânica e sistema elétrico da bomba original para viabilizar a operação da nova motobomba também foi fundamental para viabilidade deste projeto.

As Bombas originais modelo Amacan KSB, são eficientes e desde a entrada em operação no ano 2000 vêm atendendo as necessidades de operação na EEAB, contudo, devido a vida útil e o aumento gradativo nas intervenções de manutenção nas mesmas (muitas delas com peças ou aporte importados, onerando a manutenção) eventualmente causava longos períodos de retirada para reparo.

Em abril de 2016, foi realizado, o 1º projeto de substituição dessas pelas Bombas Rio do Sul Modelo AFG 500-500.DU, assim que estas oriundas do desmonte na Reserva Técnica do Cantareira estavam sem uso.

Integrando projeto, execução e operação, três divisões da Sabesp (MMOM, MMOE e MARS) rapidamente viabilizaram os testes.

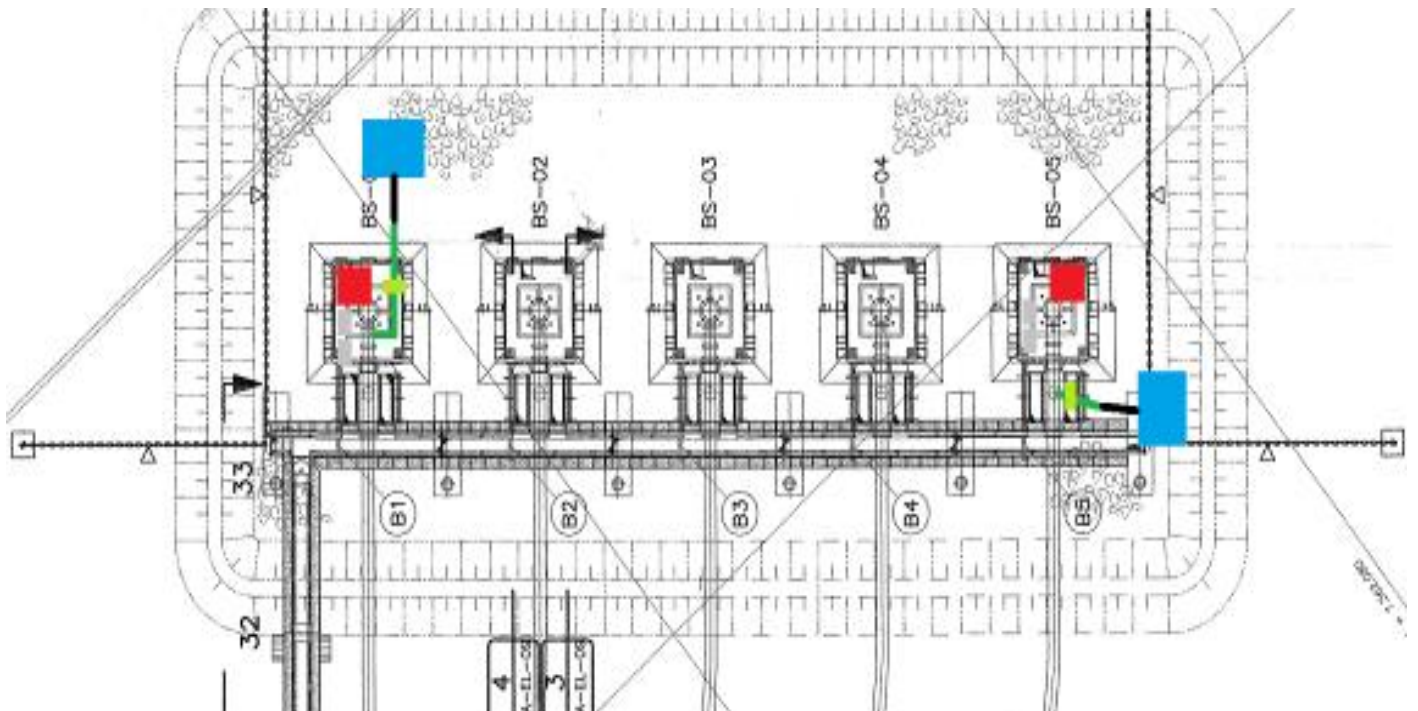


Figura 7: Layout dos equipamentos instalados para adaptação da bomba Rio do Sul à Base Flutuante

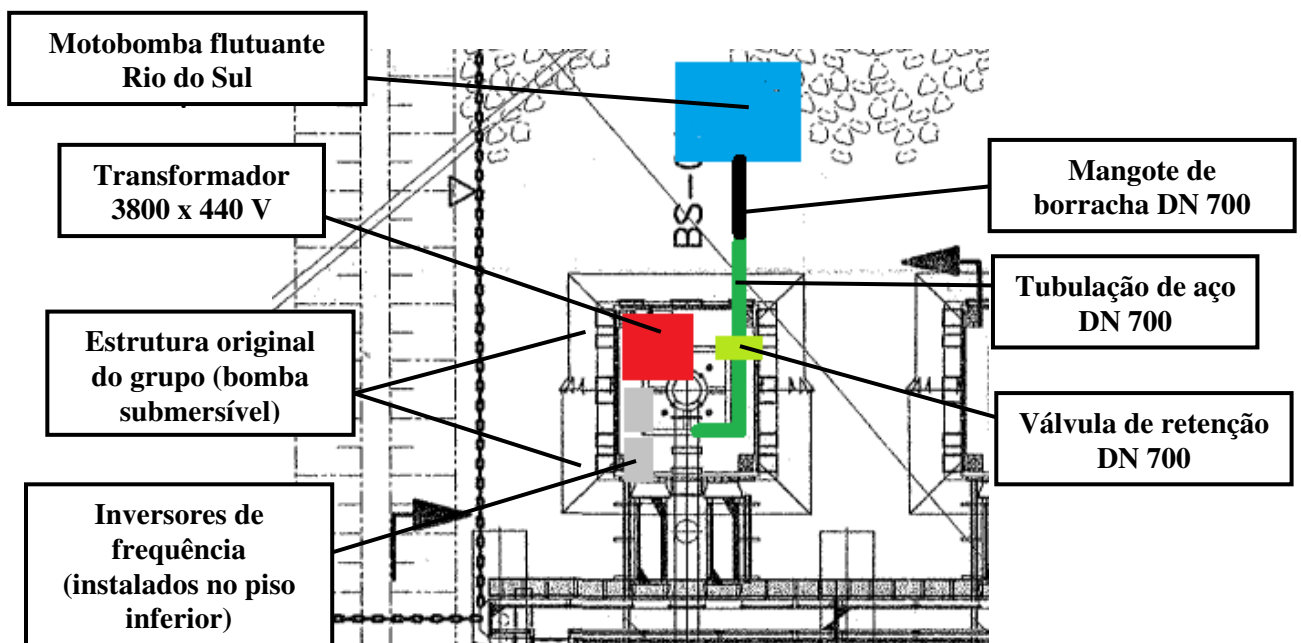
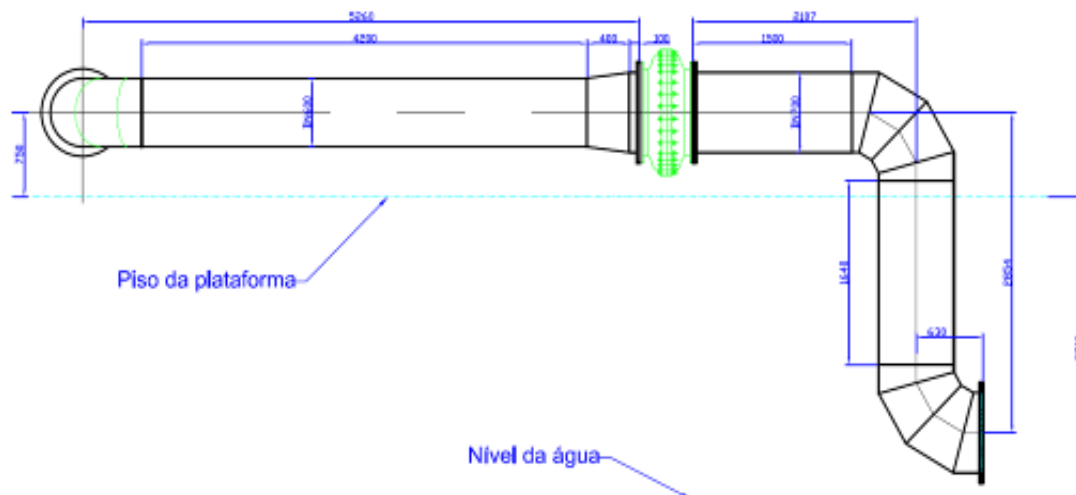


Figura 8: Desenho esquemático mostrando a situação atual da captação flutuante da EEAB Taquacetuba

## Implantação

Levantamento em campo da situação do grupo flutuante nº5 (primeiro a receber a adaptação) e definição da estratégia executiva para instalação da motobomba Rio do Sul – MMOM/MMOE/MARS;

- Fabricação de peças especiais de caldeiraria para a tubulação de interligação da motobomba Rio do Sul ao barrilete de recalque da bomba submersível original KSB – MMOM;
- Preparação e testes dos inversores de frequência e motores elétricos – MMOE;
- Preparação e testes do transformador 3800V x 440 V com potência de 750 kVA, (Motores das bombas originais eram alimentados com 3800V e os novos 440v), para alimentação dos inversores de frequência - MMOE;
- Mudança da posição do alçapão de acesso ao piso inferior da estrutura flutuante metálica do grupo 1 – MMOM;
- Montagem da tubulação de interligação da motobomba Rio do Sul ao barrilete de recalque da bomba submersível – MMOM/MARS;
- Montagem do transformador 3800 x 440 V, inversores de frequência, painel de proteção com disjuntores e passagem de cabos – MMOE/MMOC/MARS;
- Montagem da motobomba Rio do Sul e acoplamento desta na nova tubulação – MMOM/MMOC/MARS;
- Comissionamento e start-up das novas instalações – MMOE/MMOM/MARS



**Figura 9: Desenho com detalhe da tubulação fabricada para interligar a Bomba Rio do Sul ao barrilete Original da Plataforma flutuante**





**Figura 10: Vista Geral captação Flutuante e passarela acesso**



**Figura 11, 12 e 13: Montagem da flange , transformador e tubulação recalque**



**Figura 14 e 15: instalação dos Equipamentos concluída**



## RESULTADOS OBTIDOS

A utilização dos conjuntos moto-bombas flutuantes Rio do Sul como substitutas das Bombas Flutuantes originais na EEAB Taquacetuba, a princípio apenas como contingência de reposição para manter o Sistema funcionando satisfatoriamente, acabou se mostrando ao longo de sua operação bem consistente, uma relação desempenho x potência tão boa quanto, e ainda vantagens no manejo (menor porte).

Hoje, com a automação e operação deste sistema integrado ao SCOA – Sabesp, a comprovação desta regularidade e acompanhamento de parâmetros de operação (Acionamento, corrente e falhas) é precisa, temos valores online destes equipamentos em campo em tempo real, bem como o gerenciamento destes dados em historiadores, com os sistemas SCADAS utilizados e o historiador Pi-Vision, que disponibiliza estes dados em toda rede corporativa da companhia.

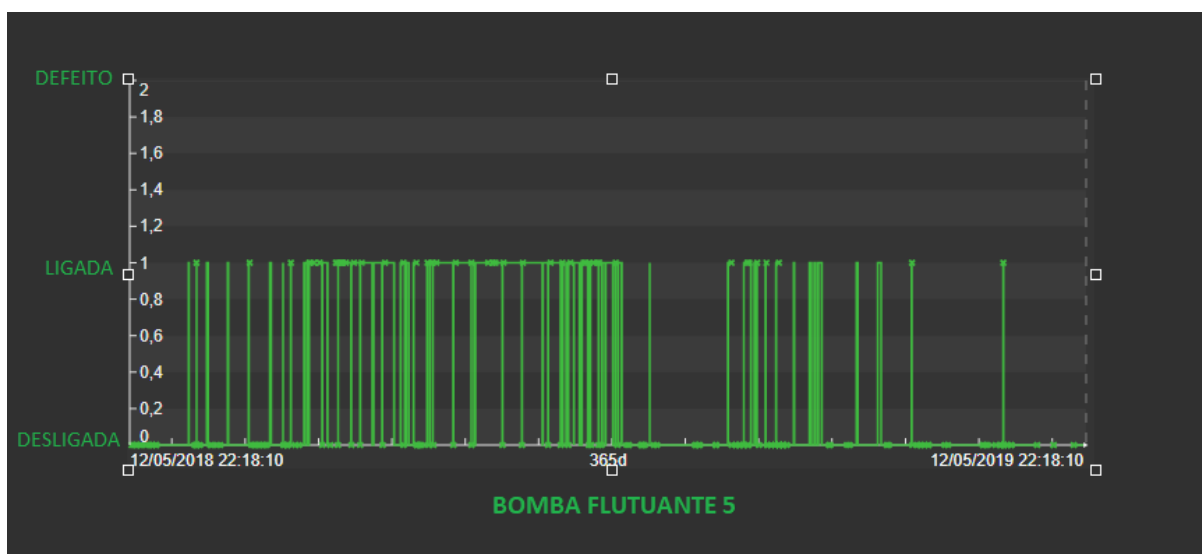


Figura 16: Tela do historiador PiVision SABESP-período dos últimos 12 meses de operação Bomba flutuante Rio do Sul 5

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Os dados históricos do sistema SCOA demonstra um ótimo controle das operações do sistema. O portal do Novo SCOA da Sabesp fica aberto na rede corporativa e o histórico de longas datas auxilia o plano tático da companhia, para a gestão das operações do sistema, dando muito mais aporte nas decisões da utilização destes equipamentos no sistema..

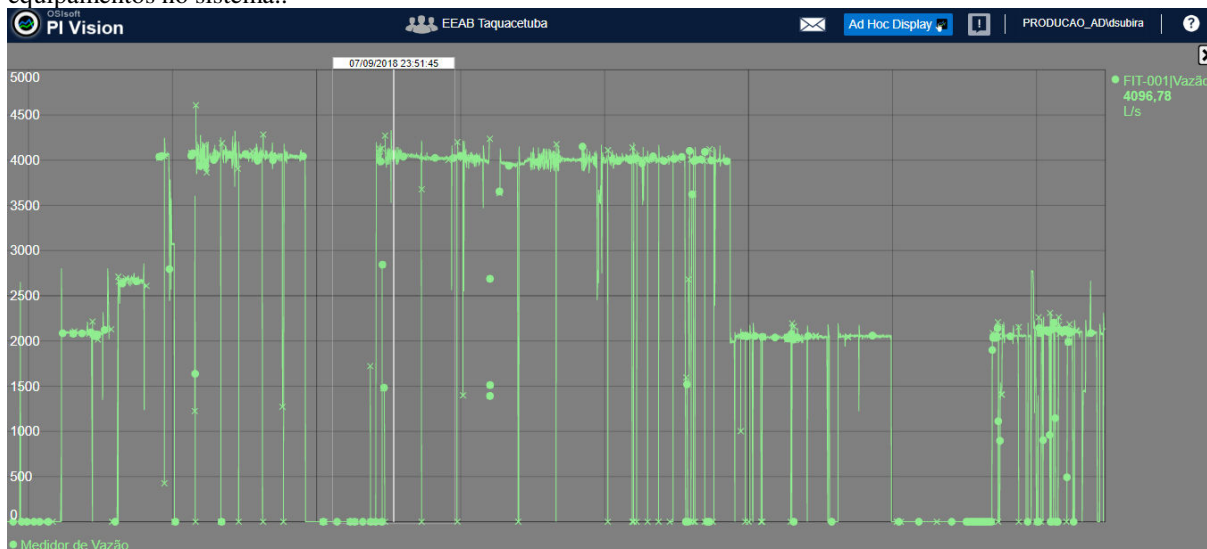


Figura 17: Tela do historiador PiVision SABESP-período dos últimos 12 meses de vazão da EEAB, demonstrando a demanda deste período

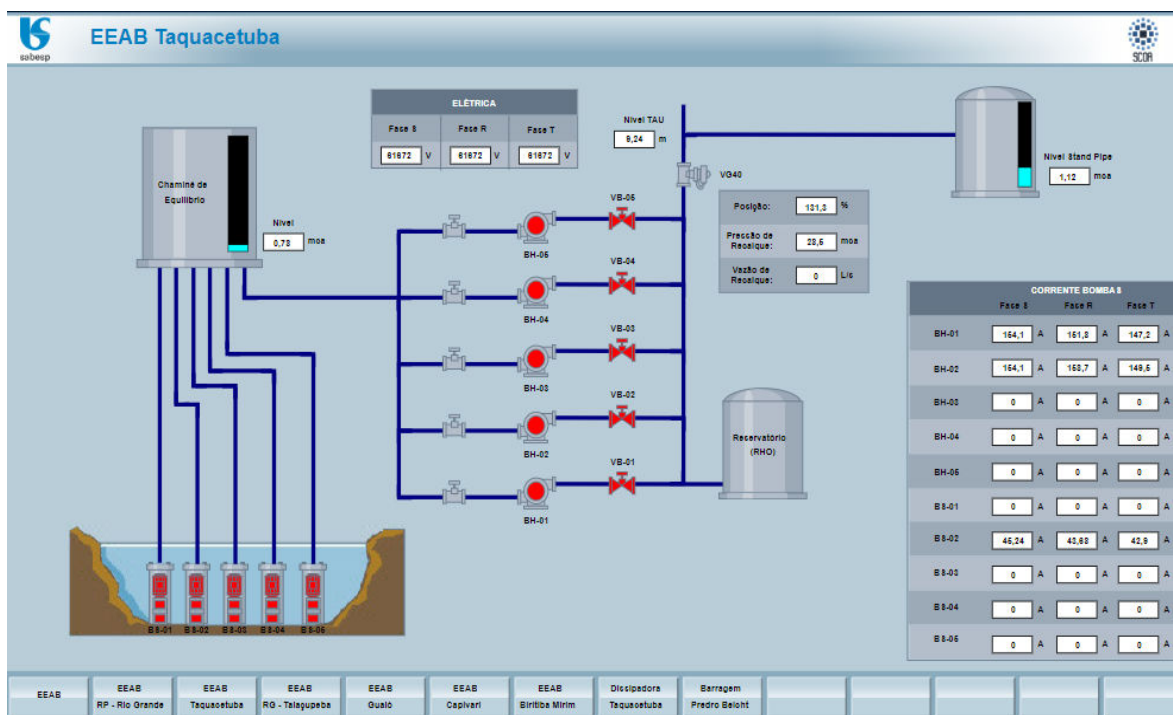


Figura 18: Tela do historiador PiVision SABESP-EEAB Taquacetuba

## CONCLUSÃO

A automação de processos tem o objetivo de torná-los mais eficientes e eficazes nas organizações, por meio do uso de tecnologias adequadas, da integração de informações e de sistemas, e do controle do fluxo de trabalho, criando a possibilidade de monitoramento em tempo real e de forma confiável e segura.

Além disso, a gestão do recurso hídrico, foco da operação deste sistema, tem com tomadas de decisão como esta, de utilizar um ativo da companhia que não foi concebido especificamente para esse fim, mas que se mostrou muito eficiente, este fruto da parceria bem sucedida entre 3 divisões da Empresa - MMOM, MMOE e MARS, ganha cada vez mais agilidade operacional para atender aos clientes e ganha segurança para o abastecimento hídrico e saneamento para a Sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SEVERO. S.F.B;Cursos, Curso de controladores lógicos programáveis. Disponível em: <[http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp\\_1.pdf](http://www.lee.eng.uerj.br/downloads/cursos/clp/clp_1.pdf)>. Acesso em: 17 set 2007.
2. WIKIPEDIA. Enciclopédia digital. Descreve o que são sistemas de telemetria. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Telemetria>>. Acessado em: 10 Jun. 2007.
3. SCOA Sabesp. Sistema de Controle Operacional de Água – Fonte em rede corporativa de armazenamento e controle de dados operacionais.