

# A transposição de água bruta dos sistemas Rio Grande (Billings) e Alto Tietê (Taiapuêba-Mirim)

MARIANA ALVES TRASKURKEMB\*, HABIB GEORGES JARROUGE NETO\*\*, IZABEL GOMES BASTOS\*\*\*, ROBERTO KOCHEN\*\*\*\*, MARCOS ROGÉRIO ARAÚJO\*\*\*\*\*, RENATO HOCHGREB FRAZÃO\*\*\*\*\*, CARLOS AUGUSTO PLEUL\*\*\*\*\*, GUILHERME MACHADO PAIXÃO\*\*\*\*\*, JOSÉ FRANCISCO DE PROENÇA\*\*\*\*\*

*O presente trabalho discorre sobre a concepção emergencial da transposição de água bruta dos sistemas produtores Rio Grande (Billings) para o Alto Tietê (Taiapuêba-Mirim), uma das mais importantes obras executadas pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) no ano de 2015. A referida obra de adução mista em meio aquático e terrestre foi desenvolvida e inaugurada no mesmo ano (2015), visando abastecer até 1,3 milhão de pessoas, ampliando a produção de água no Alto Tietê e apoiando indiretamente o abastecimento de alguns bairros antes realizado exclusivamente pelo Sistema Produtor Cantareira, o mais afetado pela escassez hídrica. Um dos principais desafios da atualidade e futuro é a garantia da segurança hídrica e oferta de água; o que requer obras inovadoras e estrategicamente inteligentes, bem como o aprimoramento contínuo da gestão dos recursos hídricos.*

**A** Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é o maior e mais populoso aglomerado urbano do Brasil e um dos cinco maiores do mundo; abrange 39 municípios conurbados, com estimativa de 21 milhões de habitantes situados a uma altitude superior a 700 metros.

O Sistema Integrado Metropolitano (SIM) da Sabesp abastece a RMSP, sendo composto pelos sistemas produtores: Alto Cotia, Alto Tietê, Baixo Cotia, Cantareira, Embu-Guaçu, Guarapiranga, Ribeirão da Estiva, Rio Claro e Rio Grande.

A brutal escassez hídrica que castigou os reservatórios contribuintes dos sistemas supracitados nos anos de 2014 e 2015 exigiu do governo paulista estratégia e investimento financeiro para a rápida tomada de decisões que envolvessem ações anticrise, tais como a busca de água em mananciais ociosos, reversão das águas de rios de vertente marítima, a utilização das reservas técnicas e outras operações extraordinárias na captação, integração de reservatórios, reforma de adutoras e sistemas hidráulicos existentes, reversão de boosters, combate intensificado de perdas e redução da pressão nas redes de distribuição, ampla divulgação de campanhas socioeducativas sobre o uso racional da água, aplicação de sobretaxas e descontos em faturas e, evidentemente, as obras de transposição de águas entre sistemas pro-

dutores, como o caso em questão.

O Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT) foi o segundo mais impactado pela estiagem, atrás apenas do Sistema Cantareira. Porém, no lado sul da capital paulista o Sistema Rio Grande (Billings) apresentava boa capacidade de reserva na época.

Estrategicamente, a obra emergencial da transposição de água bruta dos sistemas produtores Rio Grande (Billings) para o Alto Tietê (Taiapuêba-Mirim) foi concebida com o intuito de abastecer até 1,3 milhão de pessoas mediante a ampliação da oferta de água no SPAT; o que permitiu apoio indireto ao abastecimento de bairros anteriormente dependentes do Sistema Produtor Cantareira.

## DESCRIPTIVO GERAL DA OBRA

A transposição de água bruta dos Sistemas Produtores Rio Grande para o Alto Tietê é composta essencialmente de três processos:

1. Captação e bombeamento;
2. Adução superando um relevo acidentado com altura na ordem de 80 metros, que divide a região do Grande ABC (Sistema Rio Grande) de Suzano (Sistema Alto Tietê);
3. Disposição das águas no córrego Taiapuêba-Mirim, curso d'água que chega até a Represa de Taiapuêba, onde existe uma Estação de Trata-

mento de Água (ETA) do SPAT.

O caminhamento adutor utiliza vias aquáticas, terrestres secas ou charcosas. Em voos de reconhecimento de campo, a Sabesp percebeu que a implantação da adutora seria mais rápida desde que utilizado parcialmente o percurso que a Petrobras possui para seus sistemas de gasodutos, cabendo uma especial parceria com a Petrobras, a regularização e liberação junto aos órgãos governamentais.

A figura 1 apresenta a planta de intervenção do projeto supracitado.

A transposição contou predominantemente com o emprego de tubulação em Polietileno de Alta Densidade (PEAD), vantajoso em termos de produtividade executiva (menor tempo) e por sua melhor adaptação ao ambiente onde inserido. A mudança conceitual de uma adutora com diâmetro de 1 600 mm para duas adutoras paralelas com diâmetro de 1 200 mm



Figura 1 - Implantação Geral da Transposição



permitiu que o fornecimento pudesse ser agilizado, fundamental para o caso de uma obra emergencial.

Como um todo, houve a divisão da obra em nove frentes de trabalho, onde intervenções em vias terrestres charcosas/aquáticas eram de responsabilidade de uma empresa executora e o assentamento em vias terrestres secas, de outra.

O projeto e execução caminharam juntos.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Na sequência estão apresentados os detalhes referentes especificamente aos estudos hidráulicos desenvolvidos. Aspectos técnicos de projeto e de construção serão abordados em artigos específicos.

### 1. Captação e Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB)

Em suma, foram construídas duas elevatórias em série – sendo uma flutuante, composta por quatro módulos e uma elevatória principal com quatro conjuntos de moto-bombas, vazão nominal de 1 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica de 77 mca, modelo/tipo: Worthington 16 LN 35 “C”; rotação 880 rpm; potência do motor 1.250 cv, tensão 3,8 kV (vide foto 1);

A figura 2 representa o layout geral da área da captação, estações de bombeamento e pátio de geradores.

A seguir apresentamos as informações técnicas.

- Elevatória flutuante composta por quatro conjuntos moto-bombas flutuantes Rio do Sul AFG 500-500 DR=520mm, potência 2x175 cv (cada flutuante), altura manométrica de 10 mca, vazão nominal de 1 m<sup>3</sup>/s, rotação 880 rpm, tensão 0,44 kV.
  - Adutora de recalque da elevatória flutuante composta por quatro tubulações de PEAD DN 1 000 mm, Standard Dimensional Ratio<sup>1</sup> (SDR) 32.25, Polietileno (PE) 100 com aproximadamente 250 m (trecho pressurizado).
  - Elevatória principal com quatro conjuntos moto-bombas, vazão nominal de 1 m<sup>3</sup>/s, altura manométrica de 77 mca, modelo/tipo: Worthington 16 LN 35 “C”; rotação 880 rpm; potência do motor 1.250 cv, tensão 3,8 kV (vide foto 1);
  - Adutora de recalque da elevatória principal composta por duas tubulações de PEAD DN 1.200 mm SDR 17 PE 100 (trecho pressurizado).
  - Doze grupos de geradores a gás natural para a alimentação das bombas (capacidade de 19,5 MVA) em substituição ao diesel (vide foto 2).
- Para o sistema projetado, a vazão máxima veiculada é de 4,00 m<sup>3</sup>/s.

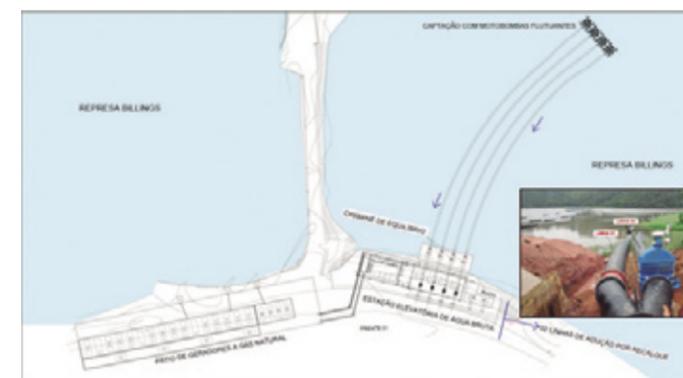


Figura 2 - Planta Geral Adaptada, fornecimento Sabesp



Foto 1 - Vista geral da EEAB principal



Foto 2 - Pátio de Geradores a Gás Natural (utilização inédita no Brasil)



Foto 3 - Vista Geral dos Vasos de Pressão



Foto 4 - Tubulação desfilada em trecho aquático

## 2. Principais Estruturas Protetivas do Sistema

O desafio hidráulico em qualquer projeto de adução envolve estabelecer condições seguras para a operação do sistema em face da ocorrência de eventos transitórios (variações oscilatórias de pressão e vazão) e viabilizar o emprego de dispositivos que protejam

as tubulações e equipamentos do efeito do golpe de aríete ocasionado pela partida e parada repentina do bombeamento, manobras inadequadas, dentre outros exemplos.

A partir do perfil topográfico da transposição foram verificados para os regimes de escoamento permanente e transitório o desenvolvimento da linha piezométrica e envoltórias das pressões mínimas e máximas, simulando para alguns eventos o comportamento resultante do sistema adutor.

Todas as simulações hidráulicas foram realizadas com o apoio dos softwares Watercad (regime permanente) e Hammer (regime transitório).

Deste estudo dos regimes de escoamento (permanente e transitório) resultou que os principais dispositivos protetivos utilizados na transposição são a Chaminé de Equilíbrio e os Reservatórios Hidropneumáticos (RHO), descritos na sequência.

### a. Chaminé de Equilíbrio

A Chaminé de Equilíbrio absorve ou supre volumetrias durante o evento transitório, transformando as rápidas oscilações transitórias em lentas, admissíveis para o sistema adutor. Tem a vantagem de controlar as envoltórias extremas sem consumir energia elétrica, requerendo baixa manutenção.

Conforme pode ser conferido na foto 1, foram utilizados:

- Quatro tanques com Diâmetro Nominal (DN) 1.500 mm, altura de 12,00 m operando nominalmente a 6,00 m (podendo chegar a 10,00 m). Esses tanques servem de equalização para o regime permanente e de proteção para os mangotes flexíveis dos flutuantes.

### b. Reservatório Hidropneumático (RHO)

Conceitualmente é um vaso de pressão estanque composto por água e ar, este último mantém o interior do RHO com uma pressão igual à da rede em regime permanente. Absorve ou supre vazões e pressões nas partidas e paradas de bombas, eficientemente capaz para o amortecimento das oscilações transitórias.

Para a transposição foram empregados hidropneumáticos baseados no modelo do gás perfeito, sendo dois tanques de 30 m<sup>3</sup> operando em paralelo com volume de água inicial de 15 m<sup>3</sup> dotados de placas de orifício (vide foto 3).

### 3. Adutora de Água Bruta (AAB)

Conforme dito anteriormente, o sistema adutor é composto por dois condutos paralelos de PEAD, um plástico extremamente resistente cujas informações técnicas estão indicadas a seguir.



Foto 5 - Assentamento terrestre no aclave mais íngreme do traçado adutor e recomposição vegetal na faixa da Petrobras



Foto 6 - Ventosas Tríplice-Função instaladas



Foto 7 - Vista Geral do Ponto de Lançamento (durante a construção)

- Adutora DN 1 200 mm, SDR 17, PE 100 bar.
- tensão circunferencial padrão a 50 anos e 20° C do material, utilizado na extensão aproximada de 20 km.

O traçado geométrico do caminhamento adutor respeitou o raio mínimo de curvatura horizontal compatível com o SDR do PEAD utilizado.

### a. Peculiaridades de Implantação

Em vias aquáticas, foi tomado o simples cuidado de entre as adutoras haver material que impeça os animais que por lá circulem de ficarem presos por causa da superfície extremamente lisa do tubo (vide foto 4).

Para a absorção dos esforços gerados em curvas, ou quando a declividade da tubulação é de tal ordem que, os atritos entre a tubulação e o terreno fossem insuficientes para manter o equilíbrio da tubulação as-



Foto 8 - Operação de teste de uma linha adutora - Fase Construtiva: (a) Vista de Montante; (b) Vista de Jusante com lançamento no córrego Taiaçupeba-Mirim

sentada, foram construídos calços maciços em concreto, capazes de absorver e transferir estas forças ao solo (vide foto 5).

### b. Ventosas e Descargas

Para a expulsão ou admissão mecanizada do ar nas adutoras, foram empregadas válvulas ventosas de diversos diâmetros e algumas com o modo slow-closing. Todas as válvulas ventosas especificadas no projeto são tipo tríplice função, para o atendimento a três finalidades específicas:

- 1) expelir o ar deslocado durante o enchimento das adutoras;
- 2) expelir pequenas quantidades de ar desprezíveis da água e não arrastadas pelo fluxo;
- 3) admitir quantidade suficiente de ar durante o esvaziamento da linha.

A foto 6 representa as ventosas instaladas de modo desabrigado, notar que a retirada dos volantes para acionamento das válvulas de controle é uma ação necessária por questão de segurança pública.

Se tratando de descargas, entre os dispositivos instalados nas adutoras, estes pontos foram empregados por diversos motivos:

- necessidade de descargas de água na fase de pré-operação em que ocorre a limpeza e a desinfecção da adutora;
- necessidade de drenagem em raras ocasiões que, na manutenção de acessórios, torna-se necessária a remoção destes;
- necessidade de remoção de sólidos (areia) que, se decantados nos pontos baixos, redu-

zem a seção de escoamento, diminuindo a eficiência operacional da adução;

- necessidade de drenagem total da adutora para inspeção interna em ocasiões excepcionais etc.

### 4. Dissipação de Energia e Descarga

Para a dissipação de energia e descarga do trecho final, foi construída uma estrutura em concreto armado (caixa com câmaras separadas por linha) para receber o impacto das águas em suas paredes, dimensionada segundo a metodologia de Peterka descrita na literatura do Hydraulic Design Criteria (HDC), United States Bureau of Reclamation.

A figura 3 mostra o protótipo estudado onde as linhas adutoras foram separadas por um muro central.

As válvulas gavetas, cunha metálica DN 900 mm, PN 16 ajudam a elevar a curva piezométrica no trecho a montante da caixa (vide foto 7).

As águas dissipadas seguem por um pequeno canal composto por colchão Reno e concreto ciclópico até o encontro com o córrego Taiaçupeba-Mirim, ponto final da obra da transposição (vide foto 8).

A obra foi inaugurada ao final de setembro de 2015. Após um período foi necessária a conformação do deságue com dragagem, regularização geométrica e estabilização das margens do trecho a jusante do lançamento, intervenções realizadas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

## CONCLUSÃO

A escassez hídrica vivenciada entre 2014 e 2015 na Região Sudeste mostrou a importância de investimentos preventivos em infraestrutura tipicamente inovadora e criativa. A exemplo disso, a Sabesp possui em andamento a construção do novo Sistema Produtor São Lourenço, a Interligação Reversível<sup>2</sup> entre as represas Jaguari (Bacia Paraíba do Sul) e Atibainha (Bacia Cantareira), bem como o aproveitamento do Rio Itapanhaú, cujas águas serão en-

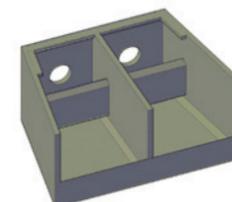


Figura 3 - Perspectiva da Caixa Dissipadora de Energia

caminhadas para reforçar a disponibilidade do Sistema Alto Tietê. No curto prazo é essencial a manutenção da política de conscientização da população sobre o uso racional da água.

A exitosa obra emergencial da transposição de água bruta dos sistemas produtores Rio Grande (Billings) para o Alto Tietê (Taiaçupeba-Mirim) foi concebida com o intuito de abastecer até 1,3 milhão de pessoas mediante a ampliação da oferta de água no SPAT e permitiu apoio indireto ao abastecimento de bairros anteriormente dependentes do Sistema Produtor Cantareira, mais impactado pela escassez hídrica.

Todas as iniciativas que venceram a crise atualmente são referências para a gestão dos recursos hídricos em todo o mundo.

## Notas

<sup>1</sup>Relação entre o diâmetro externo nominal do tubo / espessura do tubo.

<sup>2</sup>Obra pioneira no saneamento brasileiro.

\* **Mariana Alves Traskurkemb**, engenheira civil da GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

\*\* **Habib Georges Jarrouge Neto**, engenheiro, gerente de Projetos da GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

\*\*\* **Izabel Gomes Bastos, MSc.** engenheira, gerente de Projetos da GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

\*\*\*\* **Roberto Kochen**, professor doutor, engenheiro, presidente e diretor-técnico da GeoCompany Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente

\*\*\*\*\* **Marcos Rogério Araújo**, engenheiro mecânico da Sabesp MME - Departamento de Engenharia da Manutenção

\*\*\*\*\* **Renato Hochgreb Frazão**, engenheiro, gerente de departamento da Sabesp ME - Gestão de Empreendimentos da Metropolitana

\*\*\*\*\* **Carlos Augusto Pleul**, engenheiro, gerente de departamento da Sabesp ME - Gestão de Empreendimentos da Metropolitana

\*\*\*\*\* **Guilherme Machado Paixão**, engenheiro, superintendente da Sabesp ME - Gestão de Empreendimentos da Metropolitana

\*\*\*\*\* **José Francisco de Proença**, engenheiro, superintendente da Sabesp MM - Manutenção Estratégica

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] REVISTA ENGENHARIA - Vitória Duradoura. São Paulo, nº 632/2017, ano 74, ISSN 0013-7707, Edição Especial - Sabesp Pós-Crise Hídrica.

[2] SABESP - Legados da Crise Hídrica. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Publicação Especial, 1ª Edição, BB Editora, São Paulo, 2017.