



## XI-040 - A CONSERVAÇÃO E O USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA E ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE SÃO PAULO

### **Denise Pereira Barros**<sup>(1)</sup>

Engenheira de Produção pela Universidade Federal Fluminense – UFF. MBA em Economia e Gestão em Energia pelo Instituto COPPEAD de Administração – COPPEAD/UFRJ. Mestre em Administração Pública pela Fundação Getúlio Vargas – EBAPE/FGV. Doutoranda em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – IE/UFRJ. Gerente de Projeto do PROCEL SANEAR/ELETOBRÁS.

### **Alexandre Balbino Machado**

Técnico Eletrotécnico pela Escola Técnica São Francisco de Bórgia/SP. Analista de Sistemas da Informação pela Universidade Radial/SP. Pós-Graduando em Gerenciamento Empresarial pela Universidade Bandeirante / SP. Técnico em Eletricidade da Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

### **Luciana Dias Lago Machado**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Pós-Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – DRHIMA/UFRJ. Mestra em Ciências em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ. Gerente de Projeto do PROCEL SANEAR/ELETOBRÁS.

### **Marcus Paes Barreto**

Engenheiro Civil e Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Pós-graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – DRHIMA/UFRJ. Gerente de Projeto do PROCEL SANEAR/ELETOBRÁS.

### **Angélica da Silva Sobral**

Engenheira Civil pela Fundação Armando Álvares Penteado – FAAP/SP. Consultora Técnica em Engenharia com Ênfase em Tópicos Relacionados à Eficiência Energética em Sistemas de Saneamento Ambiental.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Rio Branco, 53 / 15º andar – Centro – Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20090-004 - Brasil – Tel: (21) 2514-5009 – e-mail: [denisebarros@eletrobras.com](mailto:denisebarros@eletrobras.com)

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta uma síntese de todas as ações realizadas e dos resultados obtidos ao longo do projeto desenvolvido pela Sabesp e pela Eletrobrás, por meio do Procel Sanear, no âmbito da Chamada Pública de Projetos de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica e Água no Setor de Saneamento Ambiental realizada em 2004.

Totalizando uma área de 636 hectares e, aproximadamente, 100 mil habitantes, as intervenções do projeto atingiram duas estações de bombeamento (EEAT Vila do Encontro e EEAT Jabaquara), e foram necessárias por ser uma região na qual há alto índice de verticalização (construção de prédios), além de ser um sistema de abastecimento muito antigo e com altos índices de perdas.

As intervenções abrangeram medidas de modernização de equipamentos e infra-estrutura, setorização, otimização das interdependências operacionais, automatização dos procedimentos operacionais, modernização da micromedição, racionalização de mananciais, redução de perdas com energia elétrica e redução de perdas de água (perdas físicas e perdas aparentes).

Os resultados das ações da parceria entre a Eletrobrás/Procel Sanear e a SABESP extrapolaram os ganhos financeiros e operacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, Redução de Perdas de Água, Procel Sanear, Setorização, Otimização.



## INTRODUÇÃO

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo – Sabesp opera 366 dos 645 municípios no estado de São Paulo e atende mais de 25 milhões de pessoas. Fundada em 1973, é uma empresa de economia mista e capital aberto que tem como principal acionista o Governo do Estado. A empresa produz cerca de 100 m<sup>3</sup> de água por segundo para abastecer mais de 26 milhões de clientes, sendo a maior consumidora de energia elétrica do estado de São Paulo, atendendo a cerca de 60% de sua população.

O “Projeto de conservação e uso racional de energia elétrica e água no sistema de distribuição de água da cidade de São Paulo compreendido pela região da Vila do Encontro, Vila Guarani, Cidade Vargas, Jabaquara, Jardim Oriental e Cidade Leonor” foi idealizado para participar da Chamada Pública de projetos demonstrativos de eficiência energética em saneamento realizada pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás, por meio do Programa de Eficiência Energética no Saneamento Ambiental – Procel Sanear. O projeto da empresa concorreu com mais 56 projetos de outras empresas e autarquias brasileiras.

Para alcançar a máxima eficiência das ações visando à conservação e uso racional de energia elétrica e água no setor de saneamento ambiental, o projeto foi desenvolvido considerando: i) todo um sistema setorizado, responsável pelo abastecimento de água tratada de uma comunidade abrangendo uma área de 636,8 hectares e uma população de 99.836 habitantes, e não somente instalações pontuais dentro deste setor; ii) modernização de todos os equipamentos e das infra-estruturas elétrica, mecânica, civil e hidráulica necessária para a máxima racionalização; iii) racionalização e otimização das interdependências operacionais entre reservatórios e elevatórias; iv) otimização e automatização dos procedimentos operacionais; v) redução de consumo de energia elétrica e perdas de água resultante da recuperação de redes de distribuição com mais de 30 anos em pontos que exigem maior demanda; vi) maximização dos setores atendidos por gravidade; vii) redução de pressão em pontos críticos por ajustes de setorizações entre zona alta e zona baixa reduzindo a pressão nominal em até 35%; viii) substituição de motores com mais de 20 anos em operação por motores de alto rendimento com aplicação de velocidade variável por meio de conversores de frequência; ix) soluções com possibilidade de replicação para setores de abastecimento em regiões metropolitanas ou para pequenas comunidades; x) modernização da micromedição com trocas e ajustes da classe de hidrômetros; e xi) pontos de aferição com procedimentos e controle dos ganhos obtidos.

## METODOLOGIA

A concepção do projeto se deu por meio das experiências dos profissionais envolvidos na SABESP. As ações foram planejadas para que o projeto se tornasse replicável para outras instalações da concessionária e para instalações de pequenas comunidades.

Para a devida comprovação da eficiência, foram executadas medições em pontos estratégicos definidos na fase de projeto. Para uma melhor qualidade das informações e apuração dos resultados, foram executadas medições de parâmetros elétricos e hidráulicos durante a consecução do projeto, compreendendo três meses antes das intervenções, nove meses referentes às obras de assentamento de rede e interligações, e cinco meses de medição após a conclusão das obras.

As intervenções englobaram as seguintes ações na EEAT Vila do Encontro e EEAT Jabaquara:

- troca de três motores de 125 cv com mais de 20 anos de funcionamento por motores de alto rendimento;
- substituição dos painéis de comando dos motores (PCM) de partida compensada e comando da estação (PCE) controle por relés, por painéis com partida suave (conversores de frequência e *softstart*) e controle por Controlador Lógico Programável (CLP);
- substituição de mais de 5.000 hidrômetros com mais de cinco anos de utilização para recuperação das perdas aparentes;
- assentamento de 1.800 metros de tubulação, criando uma zona baixa de distribuição que passou a ser abastecida por gravidade;
- desativação da torre de abastecimento, que passou a operar como sobra do sistema;
- racionalização e otimização das interdependências operacionais entre reservatórios e elevatórias;
- otimização e automatização dos procedimentos operacionais;
- incorporação de parte do setor atendido pela EEAT Jabaquara pela EEAT Vila do Encontro.



## SITUAÇÃO ANTERIOR ÀS INTERVENÇÕES

O projeto envolveu intervenções em quatro estações elevatórias que operavam com motores antigos, de mais de 20 anos e quadros de comando desatualizados. A setorização existente também não estava otimizada, tendo-se constatado que, com alguns remanejamentos, poderia ser ampliada a área do sistema abastecida por gravidade a partir dos reservatórios Vila do Encontro e Jabaquara.

A área antes abastecida a partir da Derivação Sacomã poderia passar a compor uma Zona Baixa do reservatório Vila do Encontro (vejam-se as Figuras 1 e 2), reduzindo grandemente as pressões na região. O Setor Sacomã da Unidade de Negócios Centro passaria a ser atendido por gravidade a partir do Reservatório Jabaquara e assim, a EEAT Jabaquara-Sacomã poderia ser desativada para o atendimento à área do projeto.

**Tabela 1: Sistema de Distribuição antes das Intervenções**

Reservação	Distribuição	
	Tipo	Destino
<b>Reservatório Apoiado Jabaquara</b>	EEAT Jabaquara - Sacomã	Derivação Sacomã
		Setor Sacomã (U.N. Centro)
	EEAT Jabaquara ZA	Setor Jabaquara ZA (U.N. Centro)
		VRP Guaiós (U.N. Sul)
		Setor Jabaquara ZA (U.N. Sul)
	Gravidade	Setor Jabaquara ZB
EEAT Jabaquara – V. Encontro	Reservatório Apoiado V. Encontro	
<b>Reservatório Apoiado V. Encontro</b>	EEAT V. Encontro	Setor V. Encontro ZA



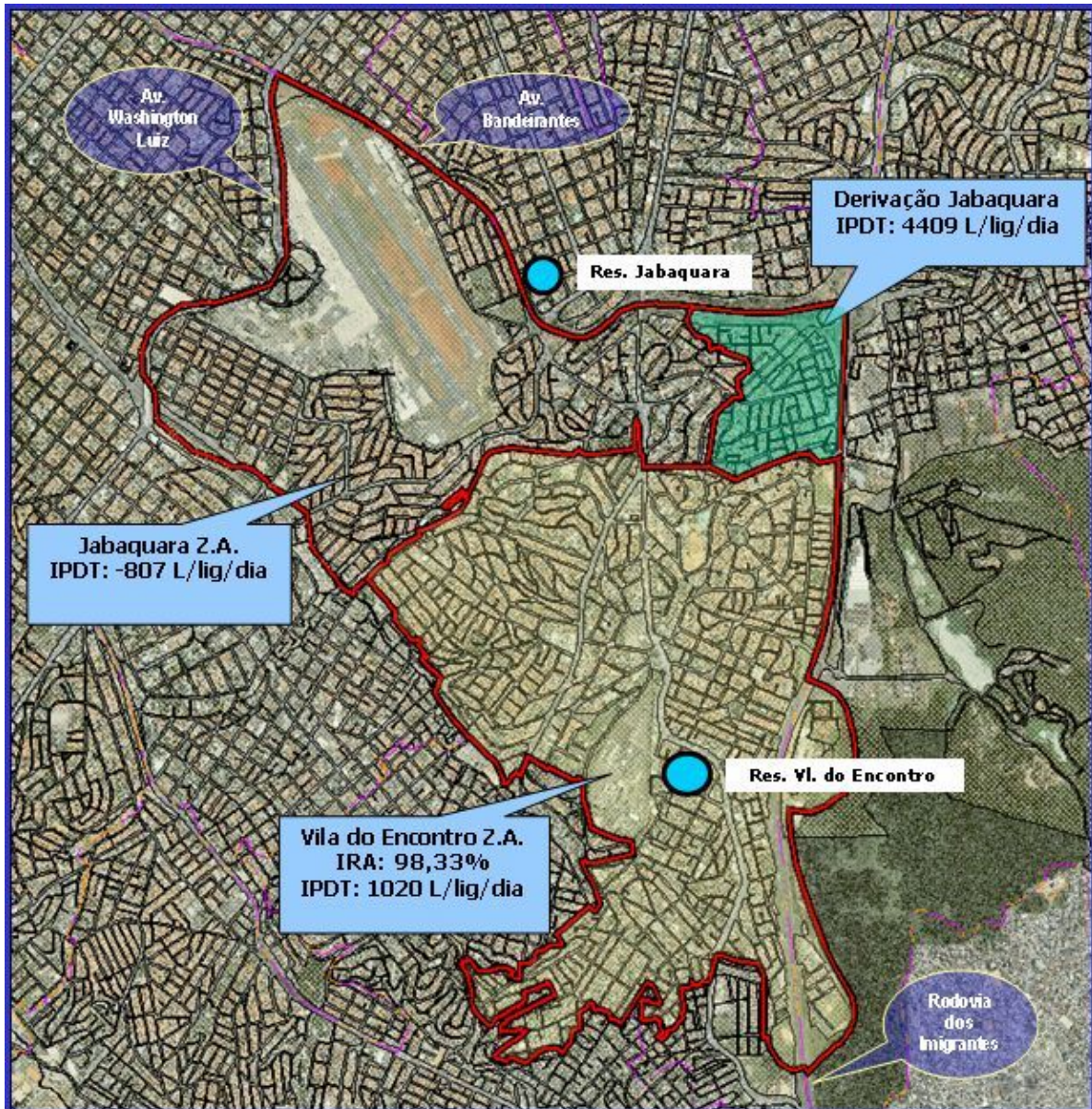


Figura 1: Conformação da Setorização Antes das Intervenções

OBS: a) IRA – Índice de Regularidade do Abastecimento.  
b) IPDT – Índice de Perdas na Distribuição.

## SOLUÇÕES ADOTADAS

Foi feita a implantação de um setor Zona Baixa (ZB), para ser abastecido por gravidade numa área que antes apresentava pontos com altas pressões. Isto foi possível por meio de reforços de rede com a instalação de 1,8 km de adutora interligando o setor Derivação Sacomã com o setor Vila do Encontro ZB. Por consequência deixou-se de utilizar 2 km de adutora com diâmetro 900 mm, que eventualmente operava pressurizada pelo conjunto motobomba G05 da EEAT Jabaquara-Sacomã e que apresentava grande índice de arrebentamentos e vazamentos. Também foi feita a troca de 5.091 hidrômetros com idade superior a cinco anos, aumentando assim a precisão da micromedição, com recuperação de perdas aparentes.

Desativou-se o Grupo 05 da EEAT Jabaquara no atendimento à região e trocaram-se motores elétricos e painéis na EEAT Vila do Encontro.



Tabela 2: Sistema de Distribuição depois das Intervenções

Reservação	Distribuição	
	Tipo	Destino
Reservatório Apoiado Jabaquara	Gravidade	Setor Sacomã (UN Centro)
	EEAT Jabaquara ZA	Setor Jabaquara ZA (UN Centro)
		VRP Guaiós (UN Sul)
	Gravidade	Setor Jabaquara ZB
	EEAT Jabaquara - V. Encontro	Reservatório Apoiado V. Encontro
Reservatório Apoiado Vila do Encontro	EEAT Vila do Encontro	Antigo Setor Jabaquara ZA (UN Sul)
		Setor V. Encontro ZA
	Gravidade	Setor V. Encontro ZB
		Antiga Derivação Sacomã



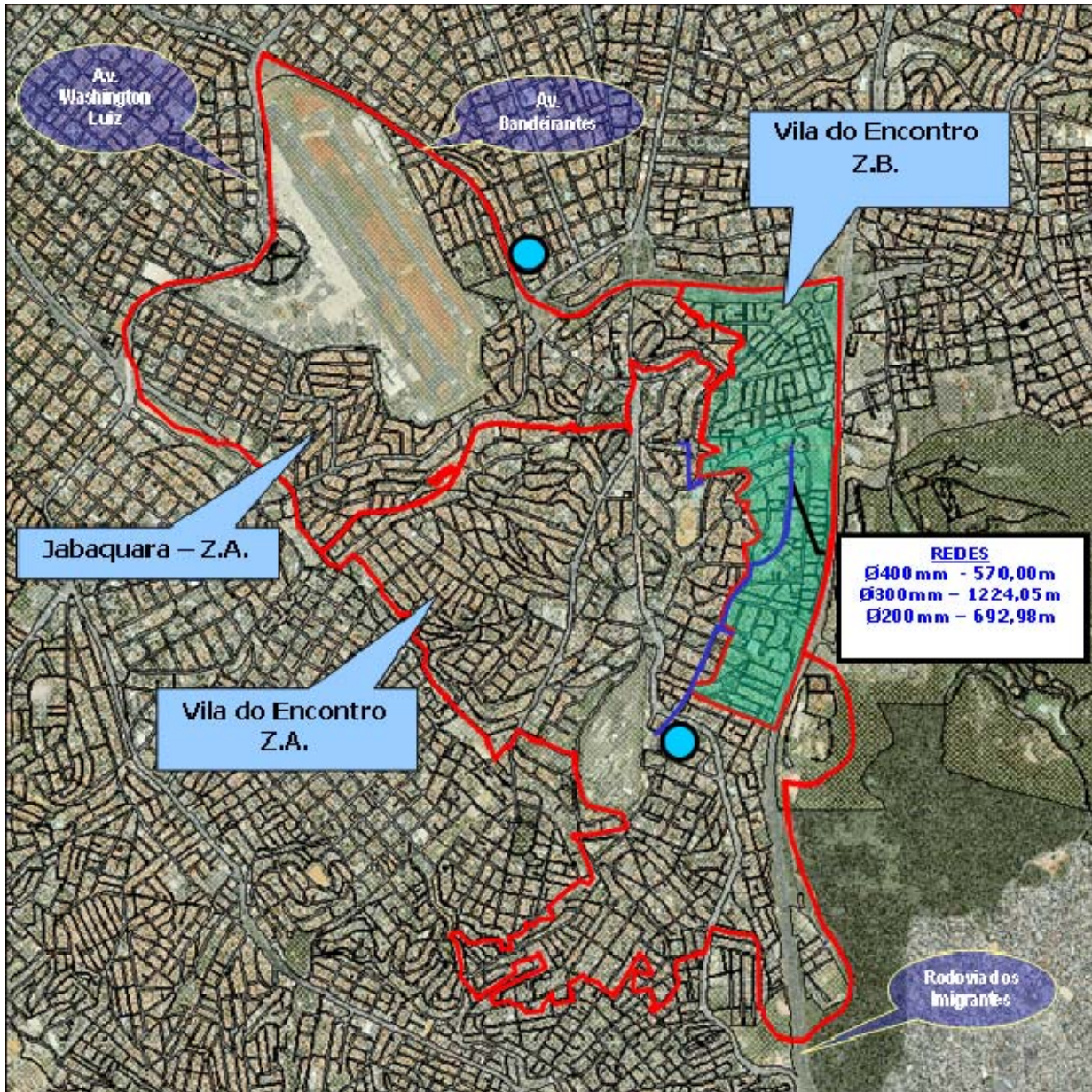


Figura 2: Conformação da Setorização Depois das Intervenções

A elevatória EEAT Vila do Encontro apresentou o maior impacto das ações do projeto. Nela as seguintes ações foram implantadas: i) a modernização das partidas dos motores, que passaram a ser feita por conversores e *softstart*; ii) troca de motores; *by-pass* do reservatório elevado (torre); e iii) criação de uma nova zona de abastecimento, atendida por gravidade.

Os investimentos realizados tiveram a seguinte composição:



Tabela 3: Composição dos Investimentos

Investimentos	Valor	%
Aquisição de Tubulações	753.275,02	34,89
Aquisição dos Painéis	165.819,19	7,68
Aquisição dos motores	37.170,00	1,72
Aquisição do Medidor de Energia	15.950,00	0,74
Aquisição e Troca de Hidrômetros	230.000,00	10,65
Projeto de assentamento de rede	25.192,80	1,17
Assentamento de Rede	704.950,64	32,65
Obras de Assentamento de Rede	226.925,60	10,51
<b>Total</b>	<b>2.159.283,25</b>	<b>100,0</b>

Deste total, R\$ 700.000,00 foram financiados pela Eletrobrás e o restante foi contrapartida da empresa.

### RESULTADOS ALCANÇADOS

Para mensuração dos resultados do projeto, foram definidos, preliminarmente, indicadores, que foram obtidos a partir da campanha de medições elétricas e hidráulicas.

A comparação dos indicadores iniciais e finais resultou nas seguintes conclusões:

- Consumo Específico para bombeamento: este indicador é utilizado para determinar o gasto de energia para cada m<sup>3</sup> bombeado. O projeto atingiu uma economia de 6%;
- Consumo Específico Normalizado: indicador que compara diversas estações de bombeamento, equalizando, por meio de compensação matemática, a altura manométrica que a elevatória recalca. O projeto atingiu uma economia de 30,44% para este indicador;
- Custo Médio para o Bombeamento: utilizado para definir o custo em R\$ para cada m<sup>3</sup> bombeado. O projeto atingiu uma economia média de 4,95%.

Os resultados globais do projeto foram:

- redução no Consumo de Energia de 201,50 MWh/ano e redução da Demanda na Ponta de 203,04 kW;
- redução no Consumo Específico de Energia de 7,09%, ou seja, aproximadamente, 27.226 KWh médios/mês;
- redução do Índice de Perdas Totais – IP em 6,05 %, o que corresponde a aproximadamente 111 mil m<sup>3</sup>/mês;
- redução do Índice de Perdas Específico – IPE em 14,65%, o que corresponde a aproximadamente 207 l/ligxdia;
- aumento da precisão da micromedição em 7,15%, com recuperação de perdas comerciais de aproximadamente 34.263 m<sup>3</sup>/mês.

Ao final, as economias de energia e de água nos setores envolvidos no projeto resultaram em ganhos de R\$ 7.558,87 e R\$ 170.524,76, respectivamente.

Adicionalmente, a análise econômico-financeira do projeto, sob a ótica do prestador de serviço, gerou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 62,67%, superior ao custo de capital de 15% a.a., e Relação Custo-Benefício (RCB) de 0,20, tornando o projeto, ao final, muito atrativo em relação a alternativas similares.

Outros benefícios não quantificados do projeto foram:

- melhoria e regularização do abastecimento de água. A transferência de parte do Setor Jabaquara ZA para o Setor Vila do Encontro ZA, melhorou o IRA - Índice de Regularidade do Abastecimento Médio do Setor Jabaquara ZA remanescente;





- aumento da confiabilidade e flexibilização operacional. A incorporação de parte do Setor Jabaquara ZA e Derivação Sacomã pelo Setor Vila do Encontro ZA e ZB respectivamente, aumentam a flexibilidade operacional do Sistema de Distribuição, possibilitando manobras de direcionamento;
- aumento da população atendida. Na área de influência do projeto, localizada nas proximidades da Av. dos Bandeirantes, ocorre verticalização da área residencial e alteração da categoria de uso residencial para uso comercial. As áreas atualmente atendidas com deficiência terão melhorias no abastecimento;
- redução dos custos operacionais e de manutenção. O desligamento do conjunto motobomba G05 da EEAT Jabaquara-Sacomã e a integração do Setor Derivação Sacomã à Vila do Encontro, permite que a tubulação da rede de distribuição de diâmetro 900 mm, que atende a área remanescente, o setor Sacomã, tenha menor possibilidade de rompimento, reduzindo perdas reais, desabastecimento, gastos de manutenção e transtornos à população local.

## CONCLUSÕES

A iniciativa da Eletrobrás, por meio do Procel Sanear, foi pioneira ao convergir os conceitos de combate às perdas de água e ao desperdício de energia elétrica, além de garantir recursos financeiros para um setor que, de modo geral, é carente de investimentos públicos e privados e no qual se gasta muito devido a pouca eficiência das estações de bombeamento.

A partir da implantação do projeto em estudo, perceberam-se dificuldades, mesmo em uma concessionária de grande porte, como a SABESP, em estabelecer metodologia, monitoramento e controle das medições elétricas e hidráulicas, evidenciando a falta de disseminação da cultura de medição no setor de abastecimento de água e esgoto do País.

Não obstante, os resultados das ações da parceria entre a Eletrobrás/Procel Sanear e a SABESP extrapolaram os ganhos financeiros e operacionais. Um de seus desdobramentos foram os treinamentos internos promovido pela SABESP, que objetivou conscientizar e capacitar seu corpo técnico em temas relacionados à eficiência energética e redução de perdas de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ELETROBRÁS. PROCEL. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/procel>>. Acesso em: 27 ago. 2008.
2. ELETROBRÁS. PROCEL. Eficiência Energética no Saneamento Básico: projeto demonstrativo na região da Vila do Encontro. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2008.
3. ELETROBRÁS. PROCELINFO. Disponível em: <[www.eletronbras.com/elb/procelinfo](http://www.eletronbras.com/elb/procelinfo)>. Acesso em: 27 ago. 2008.
4. SABESP. Relatório Final de Projeto: projeto de conservação e uso racional de energia elétrica e água no sistema de distribuição de água da cidade de São Paulo compreendido pela região da Vila do Encontro, Vila Guarani, Cidade Vargas, Jabaquara, Jardim Oriental e Cidade Leonor. São Paulo: SABESP, 2008.
5. TSUTIYA, M. T. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. São Paulo: ABES, 2005.