

## XI-001 - SISTEMAS DE BOMBEAMENTO COM ACIONAMENTO POR MOTORES À GÁS NATURAL: VANTAGENS TÉCNICAS E ECONÔMICAS

**Marcio Barbeto Menezes<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade Paulista – Unip; Tecnólogo – Processos de Produção pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC; Engenheiro da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. do Estado, 681 – Bom Retiro – São Paulo - SP - CEP: 01107-000 - Brasil - Tel: (11) 3388-6695 - e-mail: mbmenezes@sabesp.com.br

### RESUMO

A energia elétrica é um dos principais insumos e também um dos principais custos de qualquer empresa de saneamento básico. 90% desse gasto energético são destinados aos diversos sistemas de bombeamento espalhados pela área de atuação dessas empresas.

Nesse cenário, é natural que as empresas busquem soluções de eficiência energética, das mais variadas, para reduzir essa despesa.

A proposta desse trabalho é apresentar uma solução inédita no mundo, que substitui a matriz energética de bombeamento, da forma atual, elétrica, para o acionamento a gás natural.

O conceito é bastante simples e tem potencial de aplicação, de forma geral, a qualquer instalação que disponha de redes de gás natural em seu entorno.

Será apresentada toda a fundamentação teórica e as vantagens técnicas, incluindo as melhorias de eficiência operacional e o aumento da confiabilidade do processo de bombeamento.

Também é apresentado um estudo de caso, contendo a análise econômico-financeira. Os resultados demonstram uma economia energética de 60% em horário de ponta e taxa interna de retorno (TIR) de 29%. Nesse exemplo, o payback descontado ficou em 5 anos.

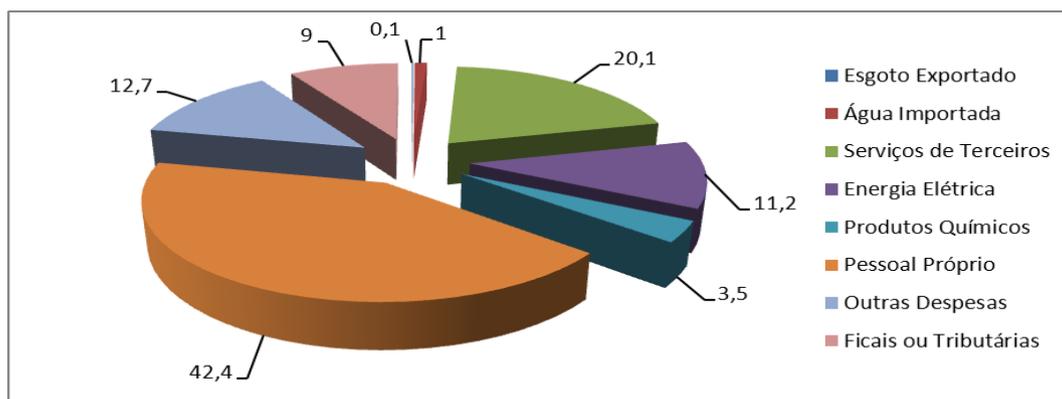
**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética, Redução de Custos, Sistemas de Bombeamento, Gás Natural, Empresas de Saneamento Básico

### OBJETIVO

A energia elétrica é um dos principais insumos utilizados pelas companhias de saneamento. O ciclo da água, desde a captação da água bruta, passando pelo seu tratamento, adução, reservação, distribuição, coleta e tratamento de esgotos, exige uma quantidade enorme de energia, a qual se configura como um dos principais custos operacionais.

Dentro dos processos de água e esgoto, a energia elétrica tem as mais diversas aplicações, desde o acionamento de motores elétricos, até o funcionamento de aparelhos de ar-condicionado, computadores e iluminação. Entretanto, o consumo mais significativo é, sem dúvida, o devido aos sistemas de bombeamento, que representa algo em torno de 90% do total do gasto energético.

Conforme relatório referente ao ano de 2014 do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) com amostragem de 5.114 municípios, a energia elétrica representa, em média, 11,2% das despesas dessas empresas, o que a configura como o terceiro maior gasto, perdendo apenas para custos com mão-de-obra própria e serviços de terceiros, conforme pode ser verificado no gráfico abaixo:



**Gráfico 1: Despesas das empresas de saneamento brasileiras. Fonte: SNIS 2014**

Diante do exposto, é natural que as empresas de saneamento se preocupem com a questão energética como um todo, vendo com bons olhos as ações voltadas à eficiência energética.

Por outro lado, além do viés financeiro, a qualidade e a regularidade do suprimento de energia elétrica precisam ser acompanhadas de perto. As interrupções no fornecimento de energia elétrica via concessionária são inevitáveis. O caminho da energia, desde sua geração nas diversas usinas, passando pela transmissão, elevações e rebaixamentos de tensão até a chegada ao consumidor é bastante complexo e está sujeito à falhas de diversas ordens, como fenômenos naturais, falhas em equipamentos, manutenções preventivas e corretivas, etc. Caso não haja um sistema de contingência, essas interrupções podem parar totalmente um processo, como por exemplo, uma estação de bombeamento, comprometendo severamente o abastecimento de água na região atendida.

O objetivo deste artigo é apresentar uma solução tecnológica que traz melhorias significativas para as duas principais questões energéticas enfrentadas pelas empresas de saneamento, ou seja, a questão financeira e a questão da regularidade. Essa solução é baseada no uso de motores a gás natural, acoplados diretamente às bombas de recalque. Será descrito o embasamento teórico da solução, mercado nacional de fornecedores da tecnologia, análise técnica e econômica e um estudo de caso.

## METODOLOGIA

O acionamento de bombas via motores à combustão interna não é uma novidade para o mercado. Esse tipo de arranjo é bastante comum em sistemas de combate a incêndio. Com efeito, é comum observarmos nas linhas de montagem dos grandes fabricantes de bombas, alguns conjuntos na cor vermelha, os quais normalmente são destinados a esse tipo de uso. Na imagem abaixo, temos um exemplo desse tipo de equipamento:



**Figura 1: Conjunto moto-bomba de combate a incêndio acionado por motor à combustão interna.**

O acoplamento direto do motor à bomba torna o acionamento extremamente simplificado e também mais eficiente que outras configurações de equipamentos para bombeamento, inclusive se comparado com o próprio sistema mais comum que utiliza motores elétricos, pois nesse último, a energia percorre um longo caminho, havendo perdas significativas em cada etapa desse percurso.

Para exemplificar, imaginemos uma bomba que demande 100 kW de energia. Se eu tenho um motor elétrico acionando essa bomba, ele certamente não consumirá a mesma quantidade de energia. Nessa hipótese, seria dizer que o motor elétrico estaria consumindo 100 kW de energia elétrica, transformando toda essa energia em energia mecânica e entregando esses 100 kW mecânicos à bomba. Em suma, seria dizer que esse motor elétrico teria eficiência de 100%, o que é fisicamente impossível. Na prática, mesmo considerando um motor elétrico novo, essa eficiência gira em torno de 95%, o que representa, no mínimo, 5% de perdas. Assim, para que o motor elétrico forneça os 100 kW que a bomba precisa, ele consumirá algo em torno de 105 kW elétricos.

Entretanto, o motor é apenas o último componente de um longo caminho que a energia elétrica percorre numa instalação de bombeamento convencional. Tipicamente, após percorrer os mecanismos de medição de energia, a energia elétrica passa por cabine, transformador, disjuntores, painéis, inversores, cabos, conexões, etc. Conforme literatura e experiência de mercado, podemos estimar que contabilizando as perdas no motor elétrico, mais as perdas acumuladas em todos esses demais componentes mencionados, alcançamos algo em torno de 17% de perda energética, mesmo numa instalação bem dimensionada e conservada. Em instalações antigas, com equipamentos desgastados ou mal dimensionados, esse número certamente será bem maior. De qualquer forma, para efeito desse estudo, consideraremos o número mais conservador de 17%.

Com vistas a esses problemas, uma solução já adotada há bastante tempo no mercado, que permite reduzir custos e também funcionar como contingência em casos de falhas é a instalação de geradores de energia de emergência. Normalmente, esses geradores são acionados diariamente nos horários de ponta, que é um período de 3 horas quando a energia tem a tarifa mais elevada, gerando economia, e também são acionados nos casos de interrupção no fornecimento de energia. Combate-se assim, o alto custo da energia elétrica, especialmente nos horários de ponta e o risco de parada da instalação por conta de falta de energia.

A solução aqui proposta é semelhante, porém mais adequada para estações de bombeamento: Utiliza o motor à combustão ligado diretamente à bomba. Para melhor entendimento das vantagens, vejamos uma comparação entre o sistema de geração de energia convencional e o sistema de acionamento com motor acoplado diretamente à bomba, do ponto de vista do fluxo da energia:

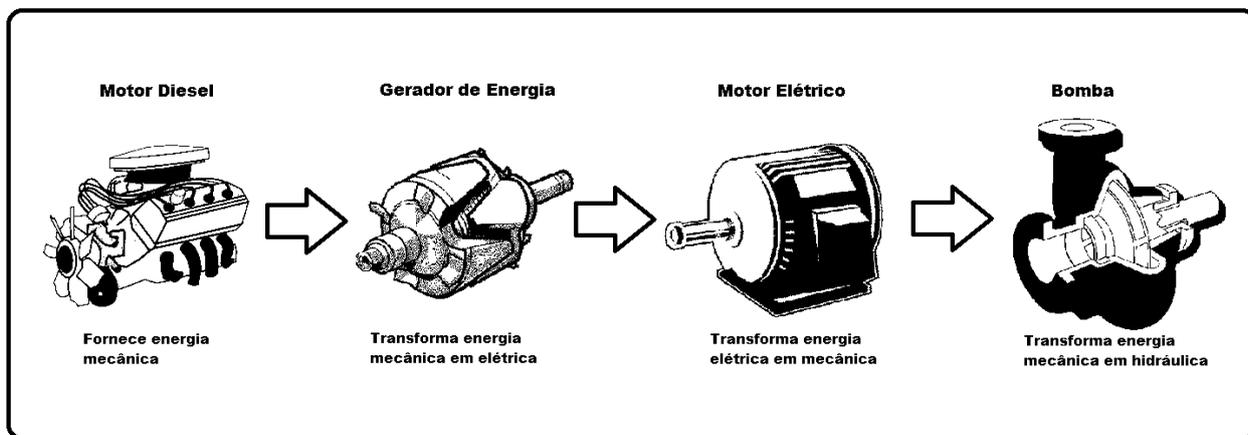
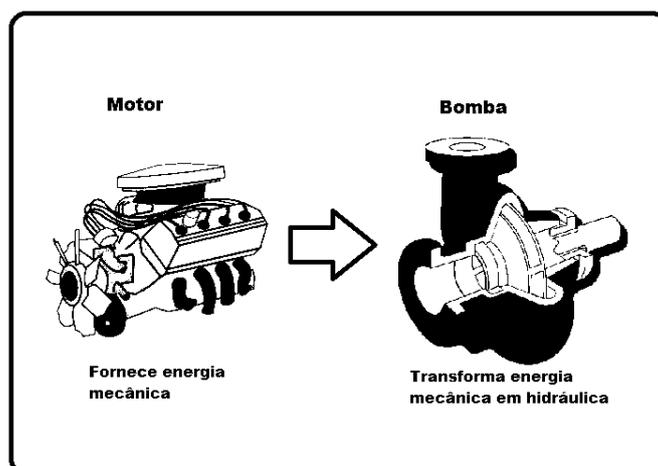


Figura 2: Fluxo da energia no sistema convencional utilizando geradores.



**Figura 3: Fluxo da energia no sistema de acoplamento direto**

Nota-se a partir das duas figuras acima que no acoplamento direto do motor à bomba, eliminam-se duas fases intermediárias de transformação da energia, melhorando sensivelmente a eficiência global do bombeamento. Numa estimativa conservadora, adotando-se 5% de perdas no gerador elétrico e mais 5% no motor elétrico, já temos um ganho de 10%.

Outro fator que deve ser levado em conta, no caso da implantação de gerador, é que o mesmo deve ser dimensionado de forma a suportar a corrente de partida do motor elétrico, que pode chegar a 5 ou 6 vezes a corrente nominal. De modo geral, no entanto, com a utilização de partidas não simultâneas dos grupos e outros dispositivos elétricos e eletrônicos de partida, podemos dizer que o gerador de energia é dimensionado com uma folga de pelo menos 30 a 50%. Ou seja, se você tem a potência total de suas bombas em 100 kW, o gerador seria dimensionado em algo como 130 ou 150 kW.

Conclusão: no caso do motor acoplado diretamente à bomba, o dimensionamento dos equipamentos é bastante reduzido, resultando em um valor de investimento sensivelmente menor.

## **ESTUDO DE CASO**

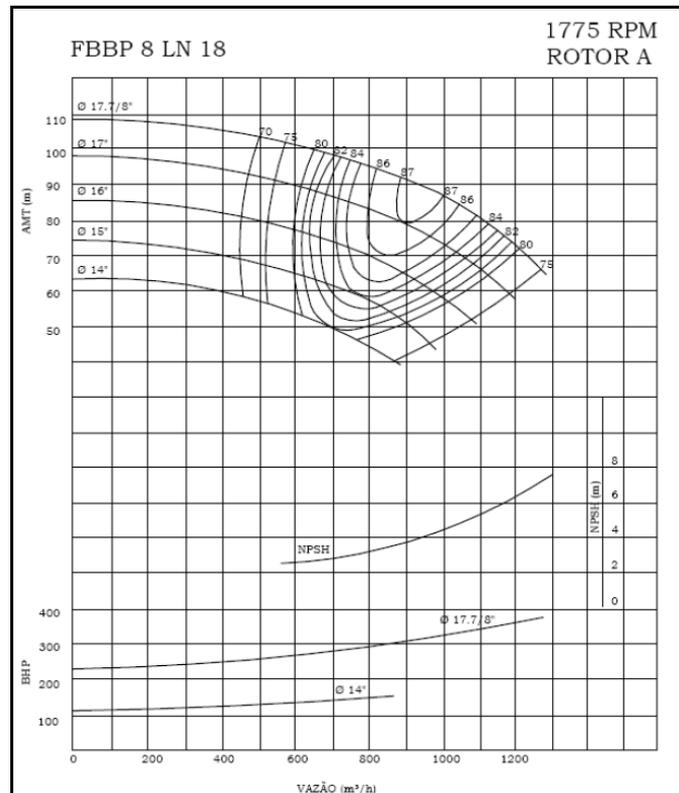
A seguir será apresentado um estudo técnico-econômico para a aplicação dessa solução numa estação de bombeamento real, onde a proposta de projeto piloto em andamento é a substituição de um dos conjuntos moto-bomba convencionais, acionados por motor elétrico, por um acionamento via motor à gás natural.

A estação em questão conta com 3 conjuntos moto-bomba, sendo as bombas do modelo 8-LN-18 com rotores de 14,2" de diâmetro, acionadas por motores elétricos de 200 cv. O ponto de trabalho nominal desses conjuntos é de 720 m<sup>3</sup>/h à 53 mca. Abaixo, uma visão interna geral da estação:



**Figura 4: Estação de Bombeamento – Visão interna dos conjuntos moto-bomba**

O cálculo da potência demandada pela bomba é efetuado com base na curva característica fornecida pelo fabricante, conforme abaixo:



**Figura 5: Curva característica – Bomba modelo 8-LN-18**

Com base nos dados técnicos levantados, é possível fazer o cálculo do gasto energético em horário de ponta via acionamento convencional elétrico, conforme abaixo:

Tarifa Ponta (Modalidade A4 – Verde):

<b>Tarifa de energia elétrica</b>						
AES Eletropaulo > Poder Público > Prazos e tarifas > Tarifa de energia elétrica						
TARIFAS PARA O FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.214 DE 28/03/2017 DA ANEEL - VÁLIDAS A PARTIR DE 01/04/2017.						
Tarifas aplicadas às unidades consumidoras atendidas em Alta e Média Tensão de fornecimento - Grupo A de acordo com o Sistema de Bandeiras Tarifárias, observadas as disposições com as premissas da REN ANEEL nº 626 de 30 de setembro de 2014						
Tarifas aplicadas a clientes em Alta e Média Tensão de fornecimento - Grupo A						
MODALIDADE TARIFÁRIA	SUBGRUPOS					
	A4 (2,3 a 25kV)			AS (Subterrâneo)		
	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa Energia (TE)	Tarifa de uso do Sistema de Distribuição (TUSD)		Tarifa de Energia (TE)
	Demanda (R\$/kW)	Energia (R\$/kWh)	Energia (R\$/kWh)	Demanda (R\$/kW)	Energia (R\$/kWh)	Energia (R\$/kWh)
<b>TARIFA HORÁRIA AZUL</b>						
PONTA	12,82	0,05815	0,26786	26,25	0,07303	0,26786
FORA PONTA	8,01	0,05815	0,15927	16,39	0,07303	0,15927
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA PONTA	25,64	-	-	52,50	-	-
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA FORA PONTA	16,02	-	-	32,78	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,16832	-	-	0,16832
<b>TARIFA HORÁRIA VERDE</b>						
PONTA	8,01	0,36894	0,26786	16,39	0,70932	0,26786
FORA PONTA		0,05815	0,15927	0,07303	0,07303	0,15927
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA	16,02	-	-	32,78	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,16832	-	-	0,16832
<b>TARIFA CONVENCIONAL BINÔMIA</b>						
INTEGRAL	-	-	-	-	-	-
ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA	-	-	-	-	-	-
ENERGIA REATIVA EXCEDENTE	-	-	0,16832	-	-	0,16832

**Figura 6: Tabela tarifária – energia elétrica – cidade de São Paulo**

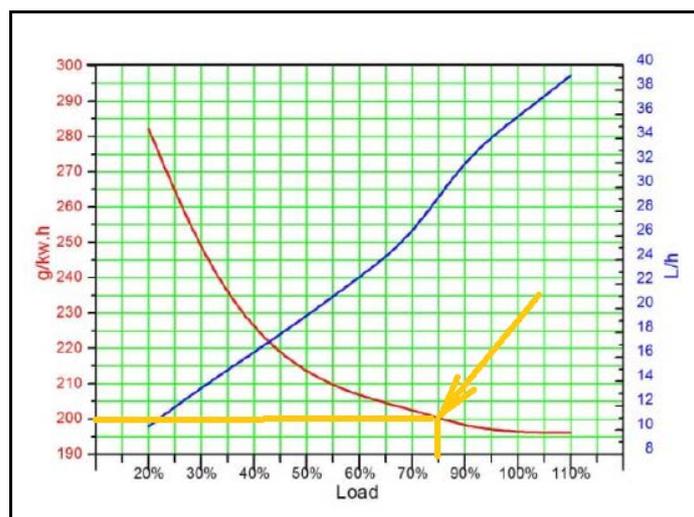
R\$ 0,36894 + R\$ 0,26786 = R\$ 0,6368 / kW.h

– 15% (Desconto Tarifa para Saneamento) = R\$ 0,54128 / kW.h

+ 31% (Impostos) = R\$ 0,709 / kW.h

+ 17% (perdas elétricas – Transformador, Painéis, cabos, conexões, etc.) = **R\$ 0,83 / kW.h**

Para o cálculo do gasto energético via acionamento via gás natural, precisamos inicialmente estipular o consumo do motor, o qual é determinado a partir do gráfico fornecido pelo fabricante:



**Figura 7: Gráfico de Consumo – Motor à Gás Natural**

Dessa forma, o cálculo do gasto energético via gás natural fica da seguinte forma:

$200 \text{ g/kW.h}$  (consumo específico do motor) /  $769 \text{ g/m}^3$  (densidade do gás natural) x R\$ 1,28 /  $\text{m}^3$  (tarifa do gás natural) = **R\$ 0,33 / kW.h**

Comparando-se o preço do kW.h entre as duas fontes (Eletricidade x Gás), temos:

$$0,33 / 0,83 = 0,4$$

Ou seja:

Economia de 60% em relação ao acionamento convencional elétrico

Na potência requerida de 120 kW, temos:

Horário de ponta: 60 h / mês

Economia gerada:  $(0,83 - 0,33) \times 120 \times 60 = \text{R\$ } 3.600,00$  / mês ou R\$ 43 mil / ano

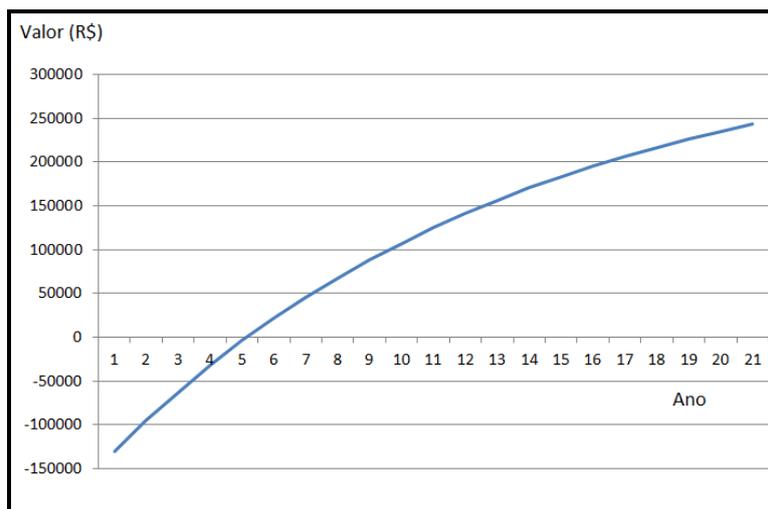
Gasto com manutenção do motor = R\$ 5 mil / ano

Economia final = R\$ 38 mil / ano.

Investimento para instalação do motor a gás = R\$ 130 mil.

### **Cálculos Financeiros: Payback / TIR / VPL**

O payback descontado do projeto é de 5 anos, utilizando-se uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 8% a.a., conforme fluxo de caixa abaixo:



**Figura 8: Fluxo de Caixa**

A TIR (Taxa Interna de Retorno) é de 29% e o VPL (Valor Presente Líquido) R\$ 225 mil.

### **Análise Dos Resultados / Conclusões**

O acionamento de bombas por motores a gás natural se mostra vantajoso tanto na questão técnica como na questão econômica. Tecnicamente, o sistema é muito mais simples, portanto menos sujeito a falhas. Alia-se a isso, o fato de que o fornecimento de gás natural é historicamente muito mais estável do que o fornecimento de energia elétrica. Ainda assim, em instalações críticas, pode-se prover um sistema de contingência por meio da simples instalação de um tanque auxiliar de gás, ou contar com o fornecimento provisório de gás via caminhões tanque.

Economicamente, temos economias da ordem de 60% em horário de ponta. Caso seja feita a opção de substituir todos motores elétricos pelo acionamento à gás, os ganhos são maiores, pois se deixa de pagar também os valores de demanda.

A TIR em torno de 29% e o payback descontado próximo de 5 anos são números amplamente favoráveis à mudança do acionamento para o gás natural.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Serviço Nacional De Informações Sobre Saneamento – SNIS – disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>
2. Tsutiya, Milton T. Abastecimento de Água. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3ª - Edição, 2006.
3. Azevedo Netto, J. M. de. Manual de Hidráulica. São Paulo, Ed. Blucher. 8ª Edição.
4. THOMPSON, PHIL., Standby Power Generation: A Key Part Of An Emergency Plan. American Water Works Association - AWWA Journal - jan/2012 – disponível em: <<http://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/29218760/issueid/33355884.aspx?getfile=%5C%5Cpers75appcr%5Cpersonify%5Cserverfiles%5Cdcdfiles%5C29218760%5Cwaternet.0075214.pdf>>