

## XI-007 - UTILIZAÇÃO DE CURVA DE CONSUMO ESPECÍFICO PARA AUXÍLIO NA DEFINIÇÃO DE CONJUNTO MOTOR-BOMBA PARA ELEVATÓRIA DE ÁGUA DO TIPO “BOOSTER”

### **Romulo Ruiz Gasparini<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Especialista em Gestão e Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e em Gestão Empresarial pelo Centro Universitário Unifae (UNIFAE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Engenheiro de Desenvolvimento Operacional da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Higienópolis, nº 1.527 – Centro, Londrina – Paraná – Brasil. CEP: 86.015-010. Tel: +55 (43) 3373-4133. E-mail: romulorg@sanepar.com.br.

### **RESUMO**

A definição do conjunto motor-bomba a ser utilizado em elevatórias de água o tipo “booster”, apenas com base no rendimento hidráulico a partir dos dados dos fabricantes, poderá não ser um critério adequado. Para o presente trabalho, que foi desenvolvido para atendimento ao Sistema de Abastecimento de Apucarana, o conjunto que apresentou o 2º melhor rendimento hidráulico a 60 Hz, demonstrou o 2º pior consumo específico médio dentre as opções analisadas. O conjunto que apresentou o pior rendimento hidráulico a 60 Hz, apresentou o 2º melhor consumo específico médio dentre as opções analisadas. Desta forma, evidencia-se a necessidade de o projetista, quando necessita especificar um bombeador que atenderá diretamente à rede de distribuição de água, conhecer o perfil de demanda da área de influência a ser contemplada com este tipo de unidade operacional, para que, assim, possa analisar o comportamento do consumo específico em função da sazonalidade do consumo, o que permitirá menores despesas operacionais com energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consumo específico de energia elétrica, elevatórias do tipo “booster”, perfil de demanda.

### **INTRODUÇÃO**

A cidade de Apucarana, localizada na Região Norte do Estado do Paraná, está a 366 km de Curitiba. Conforme estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2016, a população municipal é de 131.571 hab.

O abastecimento com água tratada e o esgotamento sanitário, do núcleo urbano, é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar. Atualmente, os índices de atendimento com água tratada e de atendimento com esgotamento sanitário estão em 100% e em 73%, respectivamente.

Nos últimos 10 anos, a região leste do núcleo urbano de Apucarana apresentou significativa expansão habitacional e populacional, conforme pode ser evidenciado pela Figura 01.



**Figura 01: Evolução do adensamento urbano da região leste da cidade de Apucarana nos últimos 10 anos.**

Esta expansão é motivada pela região ser vetor de crescimento urbano, conforme diretrizes do Plano Diretor Municipal, além de ter recebido um polo educacional de ensino superior. Este cenário tem proporcionado desafios operacionais para o Sistema de Abastecimento, principalmente para a gestão de pressões da rede de distribuição de água e de atendimento da demanda.

Para a aprovação de novos empreendimentos que necessitem de projetos hidrossanitários, a Sanepar exige, conforme preconizado pela NBR 12.218/1994, uma pressão estática máxima e uma pressão dinâmica mínima de 50 m.c.a. e de 10 m.c.a., respectivamente, em redes de distribuição. Para os locais onde não haja esta possibilidade, far-se-á a necessidade de implantação de válvulas redutoras de pressão e de estações elevatórias.

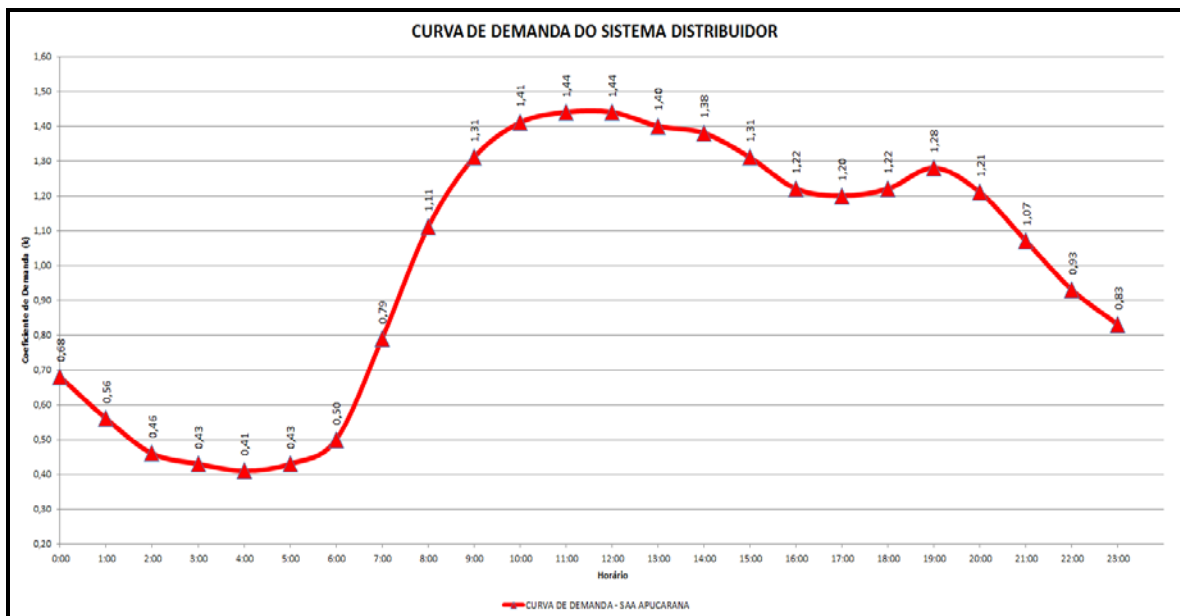
Nos últimos 05 anos, em períodos de demanda máxima horária, os pontos de cotas mais elevadas da região leste do núcleo urbano têm apresentado dificuldades operacionais para o atendimento a pressão mínima exigida, o que exige atenção para a operação do sistema. Desta forma, desenvolveu-se um estudo para a alteração do processo de abastecimento da região, a qual exigirá a implantação de uma estação elevatória de água do tipo “booster”. O critério utilizado para a definição do conjunto motor-bomba deste “booster”, através da utilização de curvas de consumo específico, é o motivo deste presente trabalho.

## DESCRIÇÃO

Conforme Azevedo Netto (1998) e Porto (1999), a futura área de influência da elevatória do tipo “booster” a ser implantado na região leste do núcleo urbano, possui sua curva característica conforme a Equação 01 a seguir:

$$H_m = 42 + 4,28 \times 10^{-2} \cdot Q + 3,10 \times 10^{-3} \cdot Q^2 \quad \text{Equação (01)}$$

Onde  $Q$  é a vazão expressa em  $[m^3/h]$ . Esta curva característica foi determinada através da energia hidráulica necessária, da futura elevatória, para a manutenção da pressão no ponto de cota mais elevada, considerando a atual estrutura da rede de distribuição. De acordo com os dados do Centro de Controle Operacional, o Sistema Distribuidor de Apucarana possui curva de demanda conforme apresentado na Figura 02:



**Figura 02: Curva de demanda média horária unitária do Sistema Distribuidor.**

Desta forma, pode-se observar a característica de sazonalidade de demanda da rede de distribuição, com coeficientes de consumo mínimo noturno e máximo diário variando entre 0,41 e 1,44, respectivamente. Para a operação de estação elevatória de água do tipo “booster” que atenderá diretamente à rede de distribuição, faz-se a necessidade de instalação de um inversor de frequência. Nestes diferentes cenários de consumo, o rendimento do conjunto motor-bomba e, em consequência, o consumo específico de energia elétrica, serão variáveis.

O consumo específico, que é a relação entre consumo de energia elétrica e a vazão recalçada pela elevatória de água para atendimento da demanda de sua área de influência, definirá o dispêndio financeiro necessário para a operação deste tipo de unidade. Para a elaboração das curvas de consumo específico dos conjuntos motor-bomba estudados, adotou-se os seguintes cenários, conforme apontado pela Tabela 01:

**Tabela 01: Cenários de demandas analisados para a elaboração da curva de consumo específico.**

CENÁRIO	COEFICIENTE DE DEMANDA
Demanda Máxima Horária no Dia de Maior Consumo	1,71
Demanda Máxima Horária	1,44
Demanda Máxima Diária	1,19
Demanda Média	1,00
Demanda as 7:00 h	0,79
Demanda Mínima Noturna Teórica	0,50
Demanda Mínima Noturna	0,41

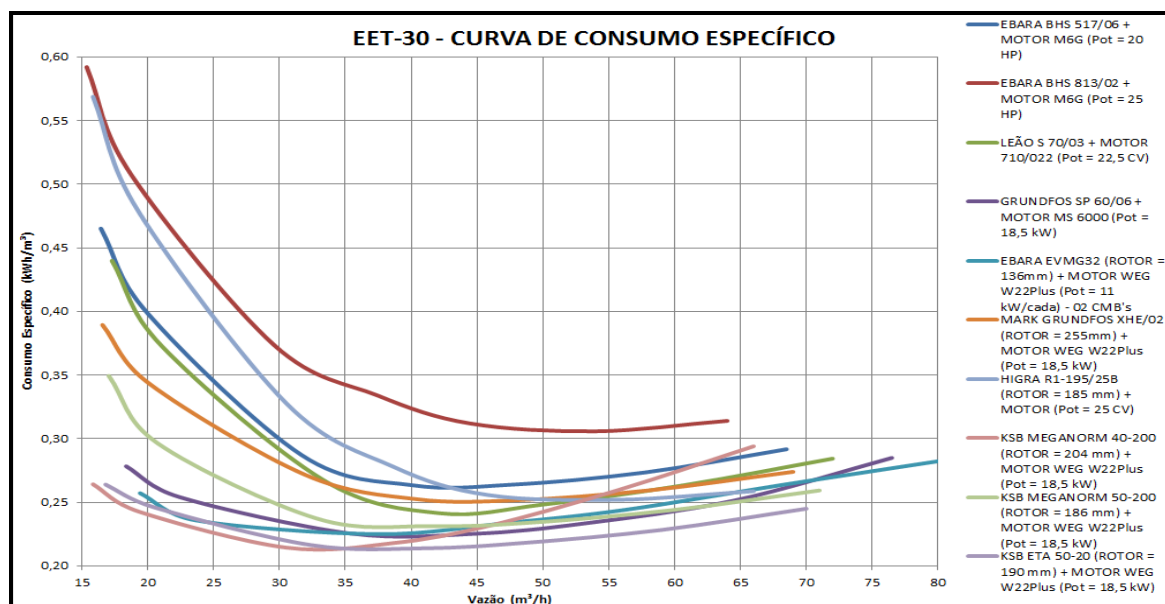
Foram estudados 10 diferentes conjuntos motor-bomba para a definição do equipamento da elevatória do tipo “booster”. Com base nos dados dos catálogos destes equipamentos, através das informações referente a rendimento elétrico, número de rotações a 60 Hz, curva de rendimento hidráulico e curva de performance, elaborou-se uma análise para cada conjunto motor-bomba estudado, para estabelecer a relação entre a vazão e o consumo específico de acordo com os cenários de demanda, conforme pode ser observado na Tabela 02 a seguir:

**Tabela 02: Elaboração de relação entre a vazão e o consumo específico dos conjuntos motor-bomba estudados.**

<b>ANÁLISE DE CENÁRIOS DE DEMANDA PARA O CONJUNTO MOTOR-BOMBA ESTUDADO</b>							
<b>CENÁRIO</b>	<b>COEFICIENTE DE DEMANDA (k)</b>	<b>VAZÃO (m³/h)</b>	<b>ALTURA MANOMÉTRICA (m.c.a.)</b>	<b>FREQUÊNCIA APROXIMADA (Hz)</b>	<b>RENDIMENTO APROXIMADO (%)</b>	<b>POTÊNCIA ELÉTRICA CALCULADA (kW)</b>	<b>CONSUMO ESPECÍFICO (kWh/m³)</b>
Demanda Máxima Horária no Dia de Maior Consumo	1,71	70	60	60	73%	17	0,24
Demanda Máxima Horária	1,44	59	55	57	72%	13	0,23
Demanda Máxima Diária	1,19	49	51	53	70%	11	0,22
Demanda Média	1,00	41	49	51	68%	9	0,21
Demanda as 7:00 h	0,79	32	47	49	64%	7	0,22
Demanda Mínima Noturna Teórica	0,50	20	44	47	54%	5	0,25
Demanda Mínima Noturna	0,41	17	44	47	49%	4	0,26

A vazão para o cenário de demanda máxima horária no dia de maior consumo foi determinada pela sobreposição da curva característica do sistema e da curva de performance do equipamento estudado, pois será a maior a ser entregue pelo conjunto motor-bomba. Para os diferentes cenários, utilizou-se das equações de semelhança para sistemas elevatórios. O rendimento hidráulico foi determinado pela leitura a partir da vazão calculada dos diferentes cenários.

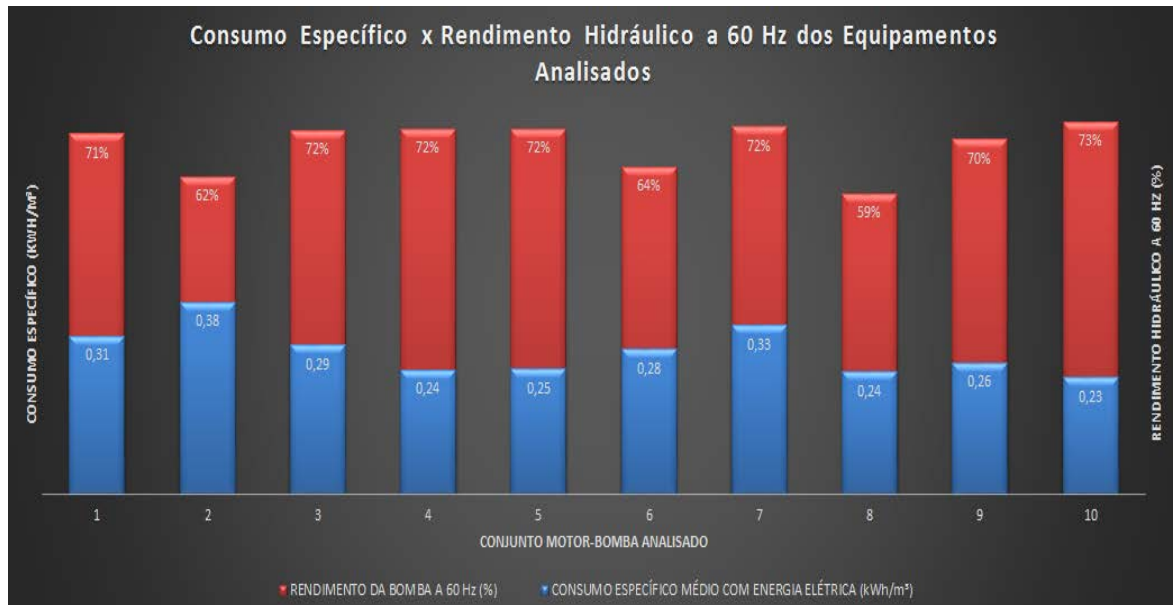
A Figura 03 apresenta as curvas de consumo específico dos 10 diferentes conjuntos motor-bomba analisados, em relação a vazão. Integrando-se a curva de consumo específico com a curva de demanda média, conforme apresentado na Figura 02, determinou-se o consumo específico médio do equipamento analisado, parâmetro este utilizado para auxílio do equipamento a ser utilizado na elevatória do tipo “booster”.



**Figura 03: Curvas de consumo específico dos bombeadores analisados.**

Observa-se que, na maior parte das curvas de consumo específico dos conjuntos motor-bomba estudados, o menor consumo específico estava no centro da curva, ou seja, para cenários de vazões intermediárias. Caso não haja o perfil de demanda da área de influência a ser contemplada com uma elevatória do tipo “booster”, este poderá ser um critério a ser utilizado para a definição do equipamento.

A Figura 04 apresenta uma comparação entre o consumo específico médio, obtido a partir da integração das curvas de consumo específico com a curva de demanda média e o rendimento hidráulico a 60 Hz, parâmetro este obtido a partir dos dados do fabricante do conjunto motor-bomba e que é utilizado, normalmente, pelos projetistas, para definição do equipamento a ser utilizado em estações elevatórias.



**Figura 04: Comparação entre o consumo específico médio e o rendimento hidráulico a 60 Hz dos 10 conjuntos motor-bomba analisados.**

Desta forma, observa-se que, para definição do conjunto motor-bomba, no que se refere consumo de energia elétrica, apenas com base no rendimento hidráulico a partir do ponto obtido para as curvas à 60 Hz, poderá não ser um critério adequado. Conforme a Figura 04, o conjunto 07 que possui o 2º melhor rendimento hidráulico a 60 Hz, possui o 2º pior consumo específico médio dentre as opções analisadas. A escolha deste equipamento acarretaria em despesas operacionais desnecessárias. Já com relação ao conjunto 08, que apresentou o pior rendimento hidráulico a 60 Hz, apresentou o 2º melhor consumo específico médio. Apenas considerando o critério do rendimento hidráulico, esta opção seria, inicialmente, descartada.

Desta forma, evidencia-se a necessidade de o projetista, quando necessita especificar um conjunto motor-bomba que atenderá diretamente à rede de distribuição de água, conhecer o perfil de demanda da área de influência a ser contemplada com este tipo de unidade operacional, para que, assim, possa analisar o comportamento do consumo específico em função da sazonalidade do consumo.

## CONCLUSÕES

A gestão de pressão nas redes de distribuição de água é uma das tarefas de extrema complexidade aos gestores de um Sistema de Abastecimento de Água, em função do dinamismo que envolve este tipo de atividade. Para locais com pressões inferiores a 10 m.c.a., faz-se a necessidade de implantação de estações elevatórias. Há de se considerar, também, as variações de consumo desta rede de distribuição, o que demonstra a importância de se conhecer o perfil de demanda do sistema.

Neste contexto, as elevatórias destinadas para reforço de pressão em redes de distribuição, do tipo “booster”, deverão ser projetadas para atender estas variações de consumo. Por isso, a utilização de inversores de

frequência. Porém, para a definição do conjunto motor-bomba adequado para este tipo de alternativa, apenas informações dos fabricantes não serão suficientes para a melhor escolha.

Desta forma, com o perfil de demanda, juntamente com a curva característica da área de influência a ser contemplada, além das informações técnicas do conjunto motor-bomba obtido junto ao fabricante, pode-se elaborar a curva de consumo específico. Integrando-se esta curva de consumo específico em relação ao perfil de demanda, pode-se determinar o consumo específico médio esperado para a operação deste tipo de unidade operacional, parâmetro este determinante para o consumo de energia elétrica esperado.

A definição do conjunto motor-bomba, no que se referente consumo de energia elétrica, apenas com base no rendimento hidráulico a partir dos dados dos fabricantes, poderá não ser um critério adequado. O conjunto que apresentou o 2º melhor rendimento hidráulico a 60 Hz, demonstrou o 2º pior consumo específico médio dentre as opções analisadas. O conjunto que apresentou o pior rendimento hidráulico a 60 Hz, apresentou o 2º melhor consumo específico médio.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de hidráulica. José Martiniano de Azevedo Netto; coordenação Roberto de Araujo; co-autores Miguel Fernandes y Fernandes, Acácio Eiji. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.
2. PORTO, R. M. Hidráulica Básica. Rodrigo de Melo Porto. 2ª edição. São Carlos: EESC-USP, 1999.
3. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) – Site Oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.