

Medição de vazão em tubos de PE em tubulações não enterradas de grandes diâmetros - transferência Rio Grande - Taiaçupeba

RESUMO

A crise hídrica que vivenciamos há poucos anos no sudoeste do país, principalmente na região metropolitana de São Paulo - RMSP e em algumas cidades do interior do Estado, demandou soluções rápidas e eficientes que atendessem as nossas necessidades para garantir o abastecimento de água.

Uma destas soluções rápidas e eficientes foi a instalação de tubulações de grande diâmetro de polietileno (PE) que, em relação ao assentamento convencional de tubulações de aço carbono ou outros materiais apresentou uma relação custo-benefício favorável ao projeto e execução de obras.

Uma vez executada a obra, o grande desafio residia em se medir, de forma confiável, a vazão veiculada na tubulação. Isso porque a tecnologia de medição ultrassônica, embora tenha evoluído muito nos últimos anos, ainda apresenta certa instabilidade e no caso peculiar da medição em tubulações não enterradas, apresenta principalmente restrições físicas.

As medições com o medidor ultrassônico do tipo "*clamp on*"; embora tenham evoluído muito; apresentaram instabilidade, muito provavelmente devido aos aspectos ligados a dificuldade natural de se medir o perímetro da tubulação de forma precisa, da variação dimensional do material em sua fase elástica devido à pressão de trabalho que a adutora é submetida e as dificuldades naturais para instalação dos sensores ultrassônicos em locais abertos em campo.

Começamos então a estudar formas de instalar pontos para utilização do método de medição convencional, que emprega uma técnica que começou com os engenheiros Henri Pitot em 1732, Henry Darcy 1725 e Edward Cole em 1896, após introduzirem a mais confiável técnica de medição existente: a pitometria.

A questão residia em como fazer pitometria em tubulações de materiais termoplásticos, como o polietileno; pois a técnica convencional de pitometria envolve a inserção do tubo de Pitot em uma válvula rosqueada diretamente na tubulação. Do ponto de vista mecânico, tubulações de polietileno não têm resistência mecânica suficiente para a instalação de uma válvula para introdução do tubo de Pitot.

Uma alternativa à instalação de um registro de derivação para instalação do tubo de Pitot seria por meio do processo de eletrofusão. Contudo, mesmo que se utilizasse a instalação de um colar por meio de eletrofusão, ainda assim não conseguiríamos medir o diâmetro interno da tubulação de forma precisa, pois as derivações comercialmente existentes não permitem a utilização do calibre ou galgador, que é o instrumento utilizado em pitometria para se medir o diâmetro interno de tubulações.

Partiu-se então para o desenvolvimento de uma abraçadeira metálica tripartida com um ou mais registros de derivação solidários a mesma e de um ferramental específico para furação da tubulação de polietileno em carga. Sobre o desenvolvimento da abraçadeira, percebeu-se que em pressões de trabalho superiores a 100 mca, a capacidade elástica de dilatação do polietileno é superior ao declarado pelo fabricante em catálogo e, por isso, a mesma deveria ser dotada de um sistema de "ajuste fino" na parte da vedação que fica entre a tubulação e a base da válvula ou registro de derivação. Este "ajuste fino" proporciona condições de compensar a dilatação da tubulação em função dos valores de pressão e temperatura a que a mesma é submetida.

Sobre o desenvolvimento do ferramental específico para furação da tubulação de polietileno em carga, os melhores resultados foram obtidos com o desenvolvimento de uma fresa com duas arestas cortantes acopladas a uma máquina manual de furar tubulações em carga existente no mercado comercializada pela Mecaltec Ind. e Comercio Ltda.

Hoje, podemos dizer, que a medição de vazão em tubos de polietileno não enterradas de grande diâmetro, pode ser realizada com confiabilidade com metodologia que emprega tubo de Pitot, apresentando valores com grau de incerteza aceitável.

PALAVRAS-CHAVE: tubulação de PE, vazão, Rio Grande - Taiaçupeba, medição.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. OBJETIVO.....	3
2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA AVALIADO.....	3
2.1 INSTALAÇÃO GERAL	3
3. METODOLOGIA	4
4. DADOS DOS CONJUNTOS MOTOBOMBAS.....	5
5. AVALIAÇÃO DOS CONJUNTOS.....	13
6. CURVAS DE DESEMPENHO COM INDICAÇÃO DO PONTO DE OPERAÇÃO	13
7. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS.....	15
8. INSTRUMENTOS UTILIZADOS E CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO.....	16
9. EQUAÇÕES UTILIZADAS.....	17
10. CONCLUSÕES	17
11. PROVIDÊNCIAS	18
12. DIVULGAÇÃO.....	18
13. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO TRABALHO	18
13.1 EQUIPE DE CAMPO.....	18
13.2 FOTOS.....	18

1. OBJETIVO

Este relatório objetiva apresentar os resultados do ensaio de campo realizado no dia 21 de setembro de 2016, para levantamento das curvas características dos grupos motobombas instalados na **CAPTAÇÃO AUXILIAR DA EEAB RIO GRANDE - TAIACUPEBA**.

Este ensaio consiste na medição simultânea das vazões e das alturas manométricas no conjunto, traçando-se assim as curvas individuais. A partir de cada curva obtém-se o polinômio que permite, através da altura manométrica total (AMT), determinar a vazão de recalque do cada conjunto. Isto possibilitará traçar a curva de desempenho da bomba para confrontá-la com a do fabricante. O ensaio foi realizado mediante solicitação da Superintendência de Produção de Água (MA). Tal solicitação gerou a Ordem de Serviço n.º 2292059/16 do Sistema de Gerenciamento de Manutenção (SGM).

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA AVALIADO

2.1 INSTALAÇÃO GERAL

A finalidade principal desse sistema é realizar a transposição de água do Rio Grande para a Represa Taiaçupeba-Mirim. O sistema de bombeamento de água bruta do Rio Grande é composto de 2 estações elevatórias em série. A primeira estação elevatória é composta de 4 bombas do tipo flutuante (“Captação Flutuante”), sendo que cada uma das quatro bombas flutuantes tem acoplado no recalque uma tubulação em PE-100, de 1.000 mm de diâmetro e extensão 250 m, que conduz a água captada até uma Chaminé de Equilíbrio construída no continente. A jusante desta estrutura há uma segunda estação elevatória, também composta por 4 conjuntos motobombas (“Captação Auxiliar”). As bombas da Captação Auxiliar, foco desta avaliação, são do tipo centrífugas, de eixo horizontal, de dupla sucção e carcaça bipartida axialmente marca Worthington 16 LN-35, rotor com Ø34” e pás com hidráulica “C”. O recalque dos conjuntos motobombas da Captação Auxiliar é feito por meio de duas adutoras de PE-100 PN 10, de Ø1200mm, com extensão de 10.000 m, que conduz a água até o Rio Taiaçupeba-Mirim. A imagem e localização do sistema avaliado estão demonstrados nas figuras de 1 e 2.

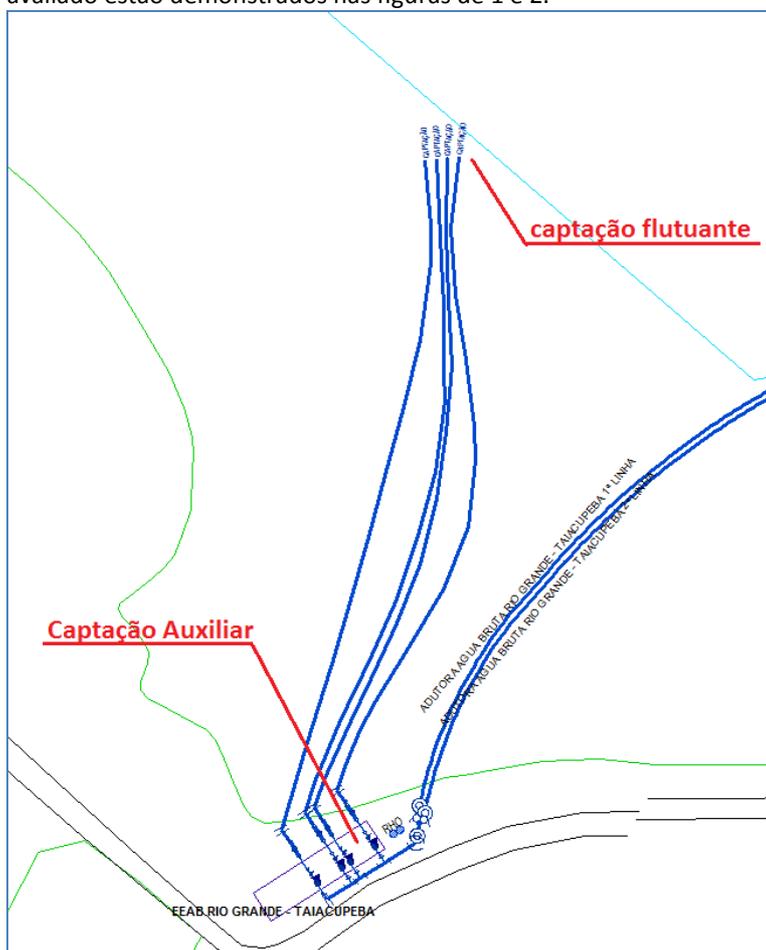


Figura 1 – localização das elevatórias da transposição - fonte Signs

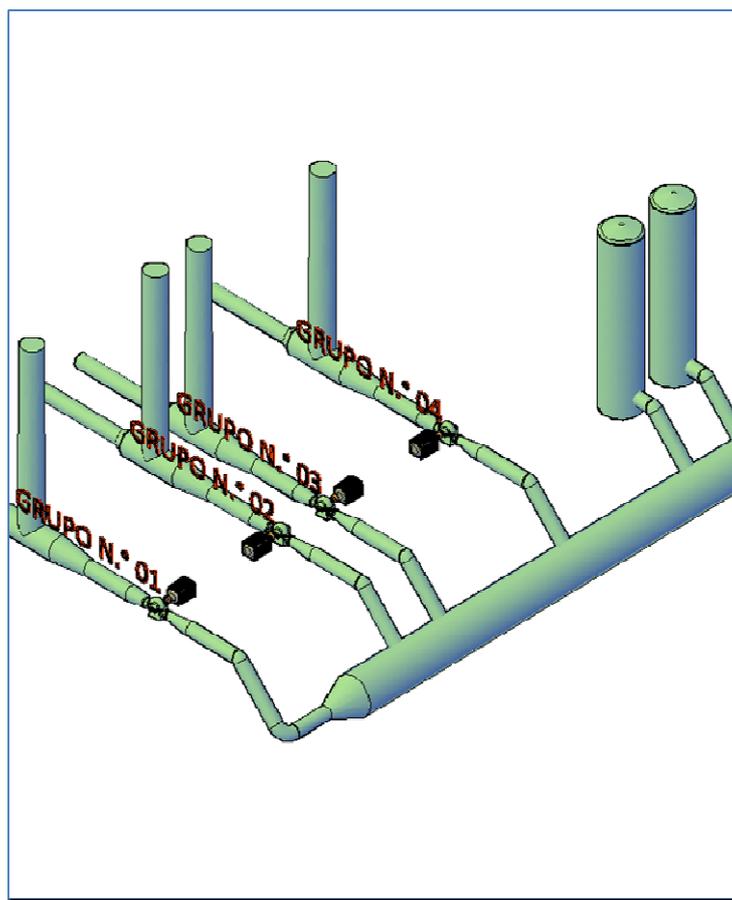


Figura 2 – croqui da Captação Auxiliar da transposição – cadastro MAGG

3. METODOLOGIA

O levantamento em campo das **curvas AMT×Q** e **curvas NPSH×Q** das bombas foi realizado efetuando-se medições das pressões nas tubulações de sucção e recalque individuais dos conjuntos motobombas juntamente com a medição simultânea da vazão para diversos pontos de operação, obtidos mediante a graduação (fechamento) das válvulas instaladas no recalque das bombas.

A vazão foi obtida por meio do tubo de Pitot, associado com o transdutor diferencial de pressão com base na norma **NTS 280**, que recomenda a aplicação do método de mapeamento com tubo de Pitot, baseado numa distribuição de velocidade tipo log-linear.

Seguiu-se a orientação do Departamento de Manutenção Operacional (MMO) de manter a pressão no barrilete em torno de 107 mca e, por isso, a medição das vazões individuais de cada grupo, bem como das diversas associações com dois grupos foi feita unicamente por meio da linha n.º 01, com fechamento total da linha n.º 02. As demais medições de vazão foram feitas com a operação normal da elevatória; com as duas linhas de recalque operando.

O mapeamento da vazão em cada linha foi feito em dois eixos ortogonais, o que confere a medição valores de incerteza menores que a medição de vazão feita em eixo único, pois perfis distorcidos podem alterar a vazão medida através da medição com tubo de Pitot. As medidas de pressão e vazão foram realizadas com o auxílio de transmissores de pressão calibrados com padrões rastreados à Rede Brasileira de Calibração (RBC). A coleta dos dados de vazão e pressão foi realizada por meio de coletores de dados com grande capacidade de armazenamento (*dataloggers*).

Adicionalmente, também foram medidas e registradas algumas variáveis elétricas dos motores durante a realização dos ensaios (corrente, tensão e potência) pela Divisão de Departamento de Engenharia de Manutenção (MME).

O ensaio teve a participação de colaboradores da Divisão de Manutenção da Adução Metropolitana Leste (MAML) e da Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Leste (MARL).

4. DADOS DOS CONJUNTOS MOTOBOMBAS

4.1 CONJUNTO N.º 1:

A localização do grupo n.º 01 é demonstrada na figura 3.

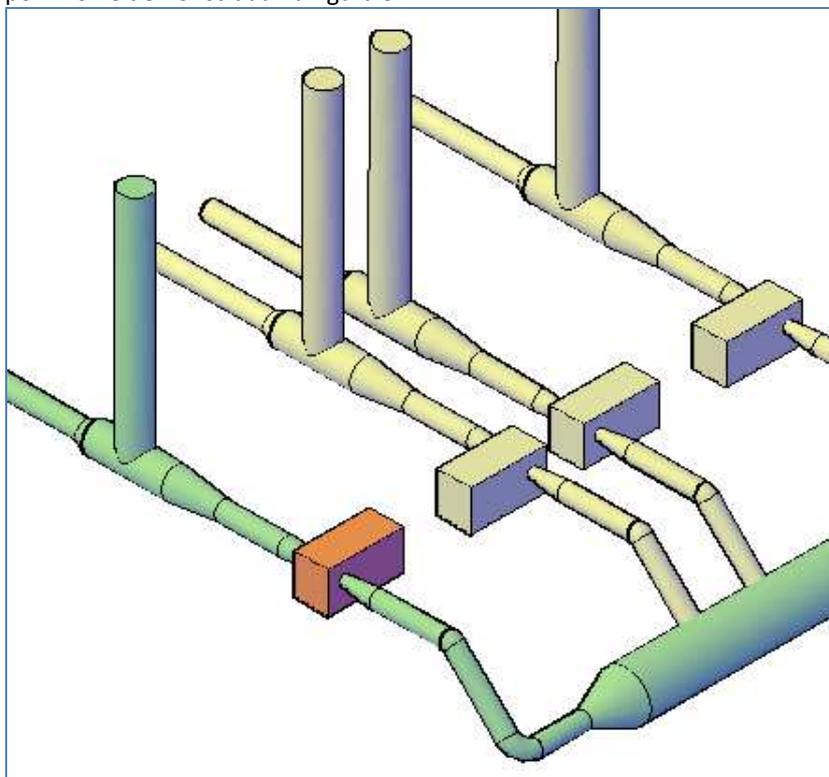


Figura 3 – localização do grupo n.º 01

Os dados do conjunto motobomba 01 são apresentados na tabela 01

BOMBA	
Fabricante:	WORTHINGTON
Modelo:	16 LN 35
Vazão:	3600 M3/H
Altura manométrica:	87 MCA
Diâmetro do rotor:	---
Rotação:	---
N.º de série:	BX 28836
BP:	---
MOTOR	
Fabricante:	TOSHIBA MIKT DCK
Potência:	---
Tensão:	3800 V
Corrente nominal:	171 A
Rotação:	880
Fator de Serviço:	1,0
Ordem de Fabricação:	E70025RM001

Tabela 01 – dados do conjunto motobomba 01 – dados de placa

A curva caracterísitca **AMT x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 01.

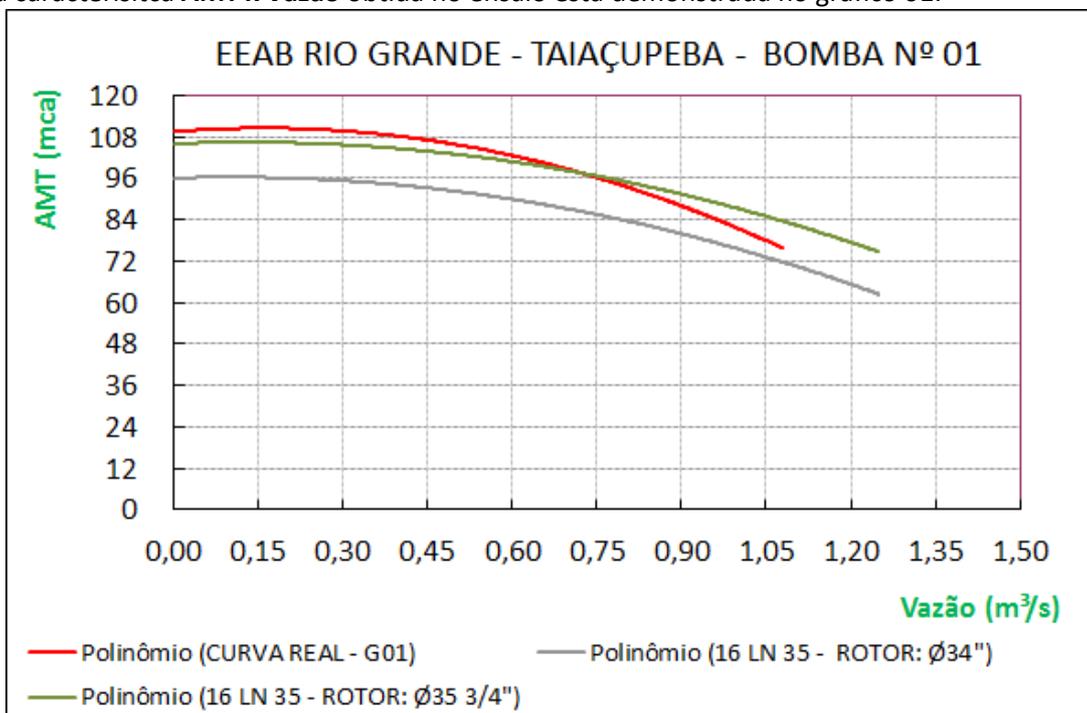


Gráfico 01 – curva AMT x Vazão grupo n.º 01

A curva caracterísitca **NPSH x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 01.

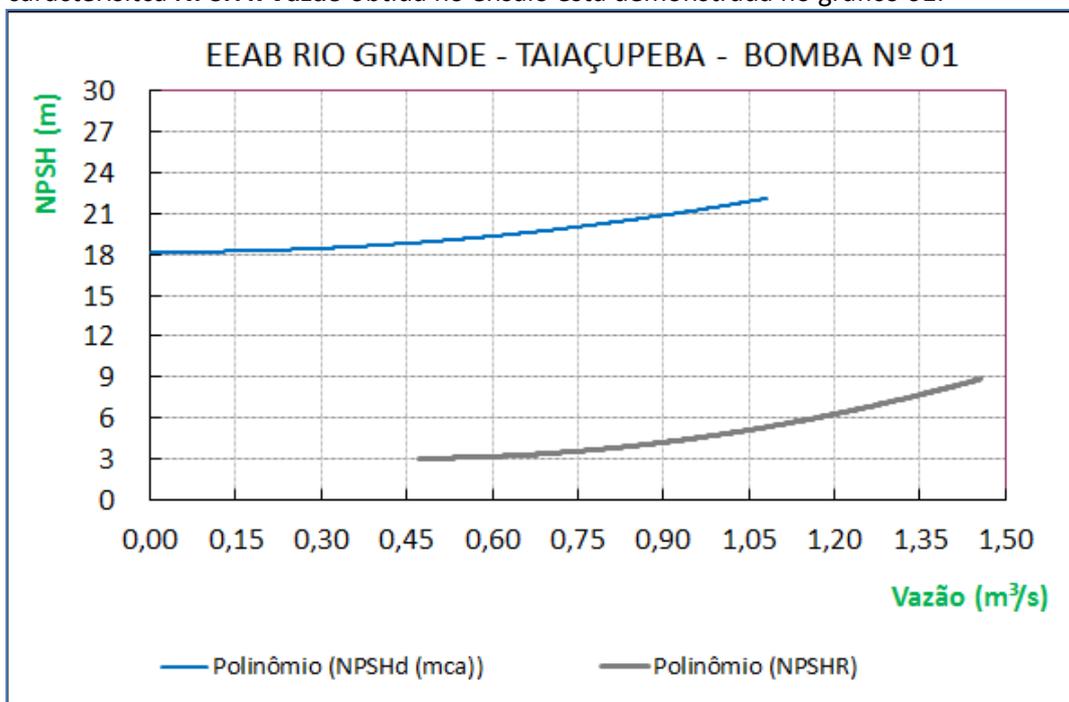


Gráfico 02 – curva NPSH x Vazão grupo n.º 01

4.2 CONJUNTO N.º 2:

A localização do grupo n.º 02 é demonstrada na figura 4.

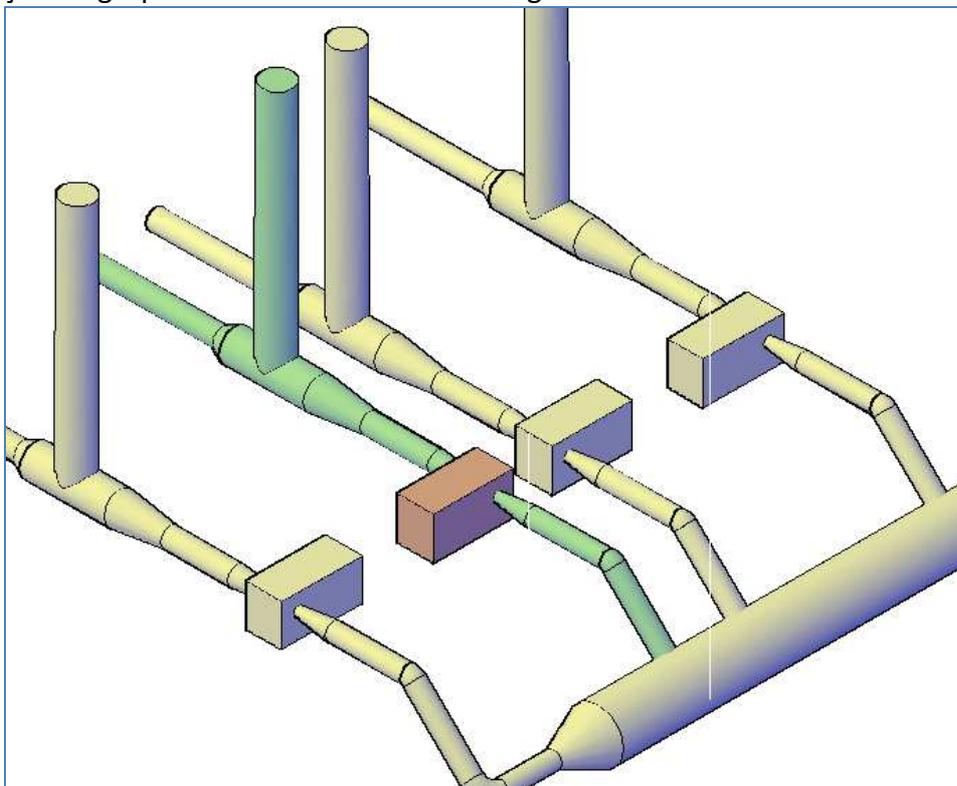


Figura 4 – localização do grupo n.º 02

Os dados do conjunto motobomba 02 são apresentados na tabela 02

BOMBA	
Fabricante:	WORTHINGTON
Modelo:	16 LN 35
Vazão:	3800 M3/H
Altura manométrica:	86 MCA
Diâmetro do rotor:	35,76"
Rotação:	---
N.º de série:	351280301
BP:	2040002
MOTOR	
Fabricante:	TOSHIBA MIKT DCKNN
Potência:	1250 CV
Tensão:	3800 V
Corrente nominal:	171 A
Rotação:	865
Fator de Serviço:	1,15
Ordem de Fabricação:	---

Tabela 02 – dados do conjunto motobomba 02 – dados de placa

A curva caracterísitca **AMT x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 03.

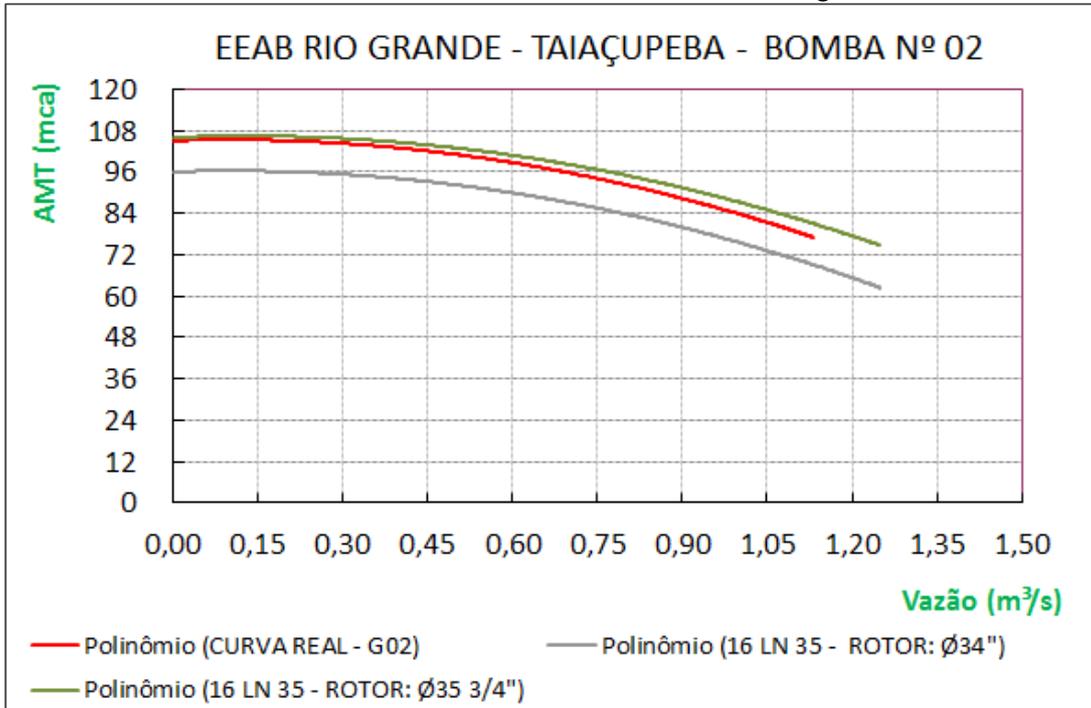


Gráfico 03 – curva AMT x Vazão grupo n.º 02

A curva caracterísitca **NPSH x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 04.

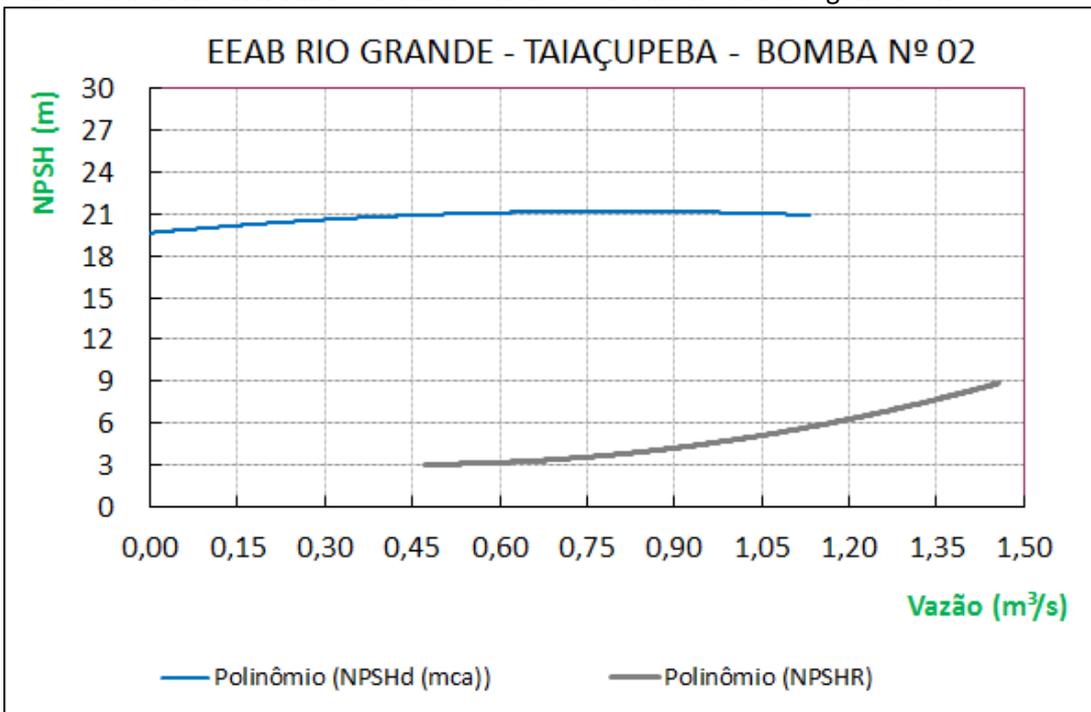


Gráfico 04 – curva NPSH x Vazão grupo n.º 02

4.3 CONJUNTO N.º 3:

A localização do grupo n.º 03 é demonstrada na figura 5.

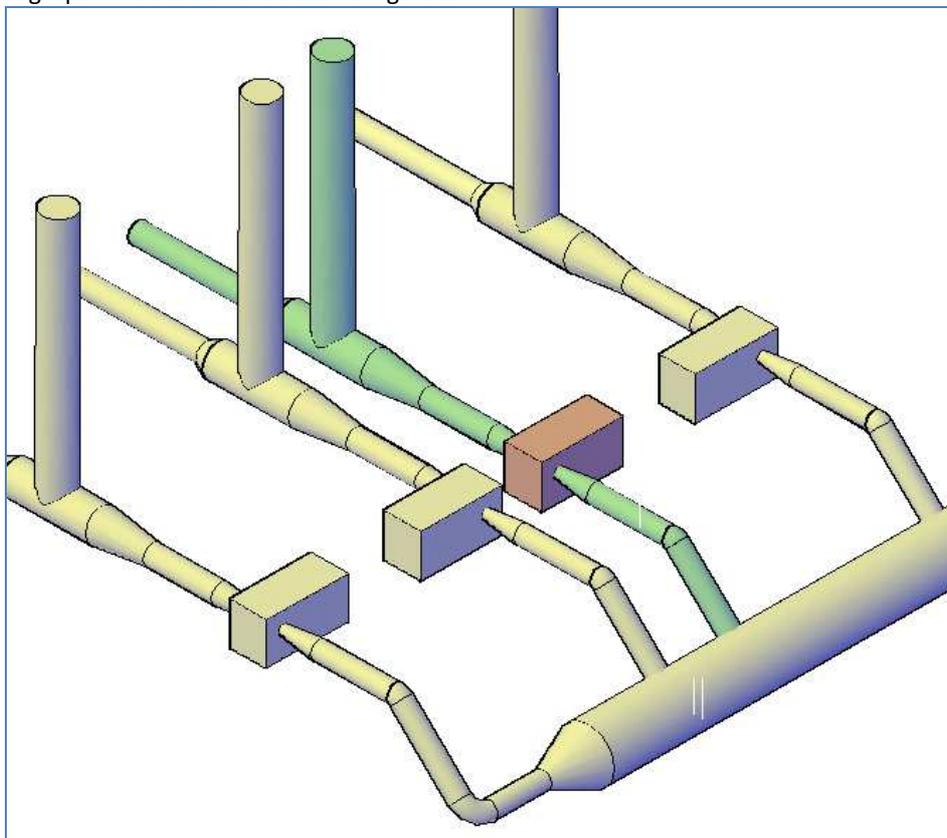


Figura 5 – localização do grupo n.º 03

Os dados do conjunto motobomba 03 são apresentados na tabela 03

BOMBA	
Fabricante:	WORTHINGTON
Modelo:	16 LN 35
Vazão:	3600 M3/H
Altura manométrica:	67 MCA
Diâmetro do rotor:	---
Rotação:	---
N.º de série:	BX 28837
BP:	1622530
MOTOR	
Fabricante:	TOSHIBA MIKT DCKNN
Potência:	1250 CV
Tensão:	3800 V
Corrente nominal:	171 A
Rotação:	865
Fator de Serviço:	1,1
Ordem de Fabricação:	E88079RM001

Tabela 03 – dados do conjunto motobomba 03 – dados de placa

A curva caracterísitca **AMT x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 5.

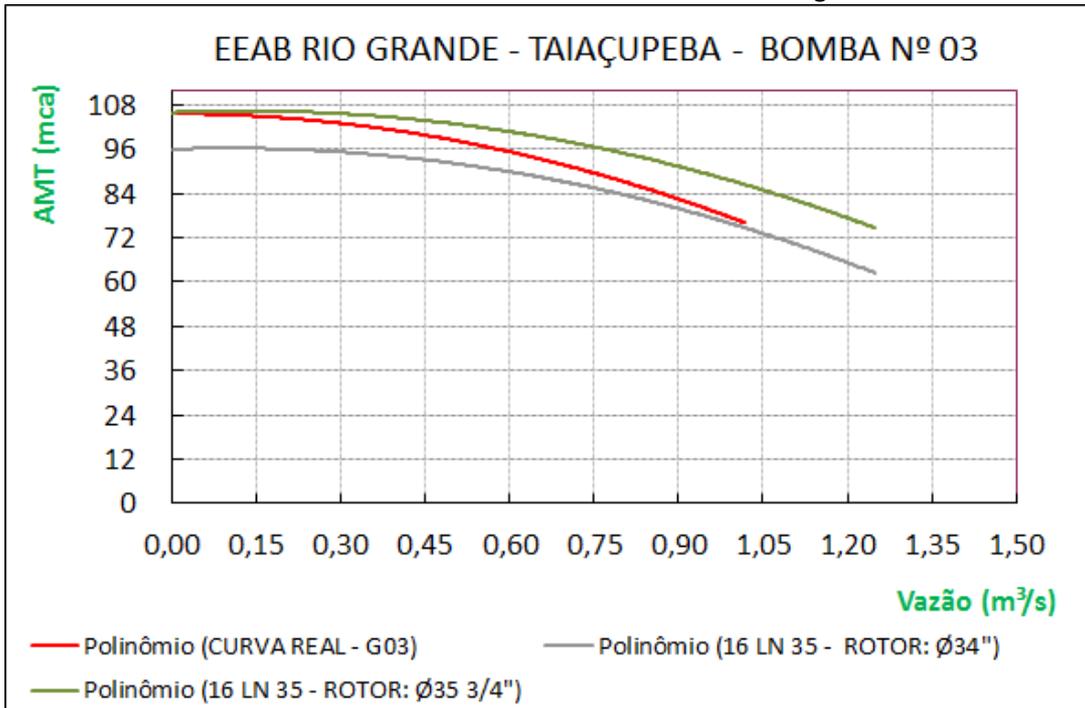


Gráfico 05 – curva AMT x Vazão grupo n.º 03

A curva caracterísitca **NPSH x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 06.

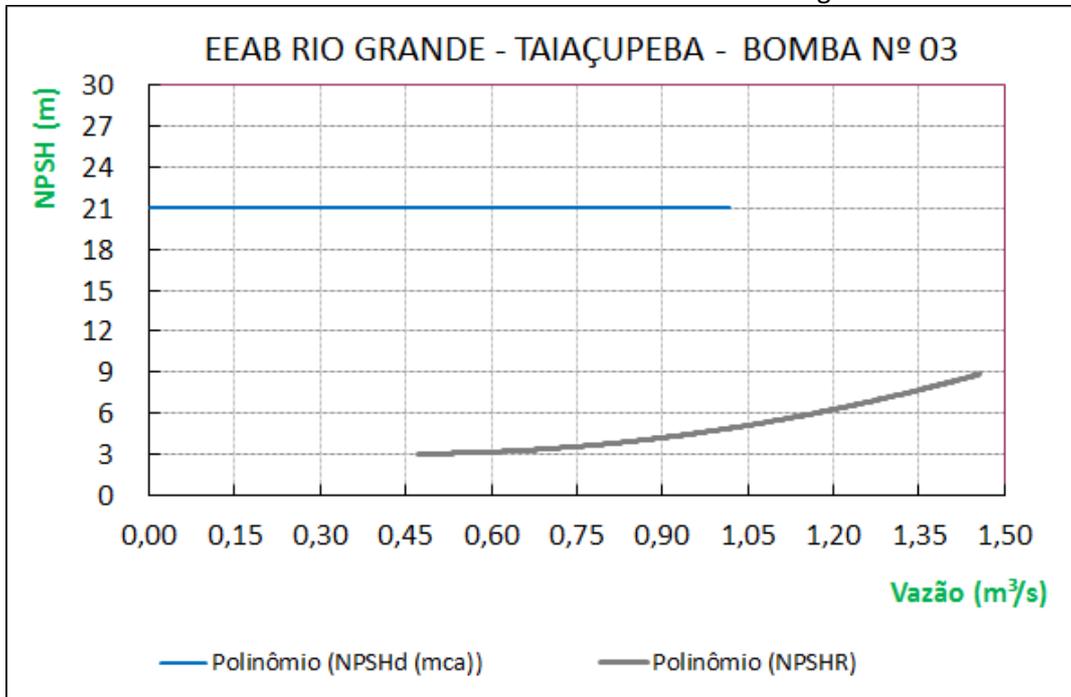


Gráfico 06 – curva NPSH x Vazão grupo n.º 03

4.4 CONJUNTO N.º 4:

A localização do grupo n.º 04 é demonstrada na figura 6.

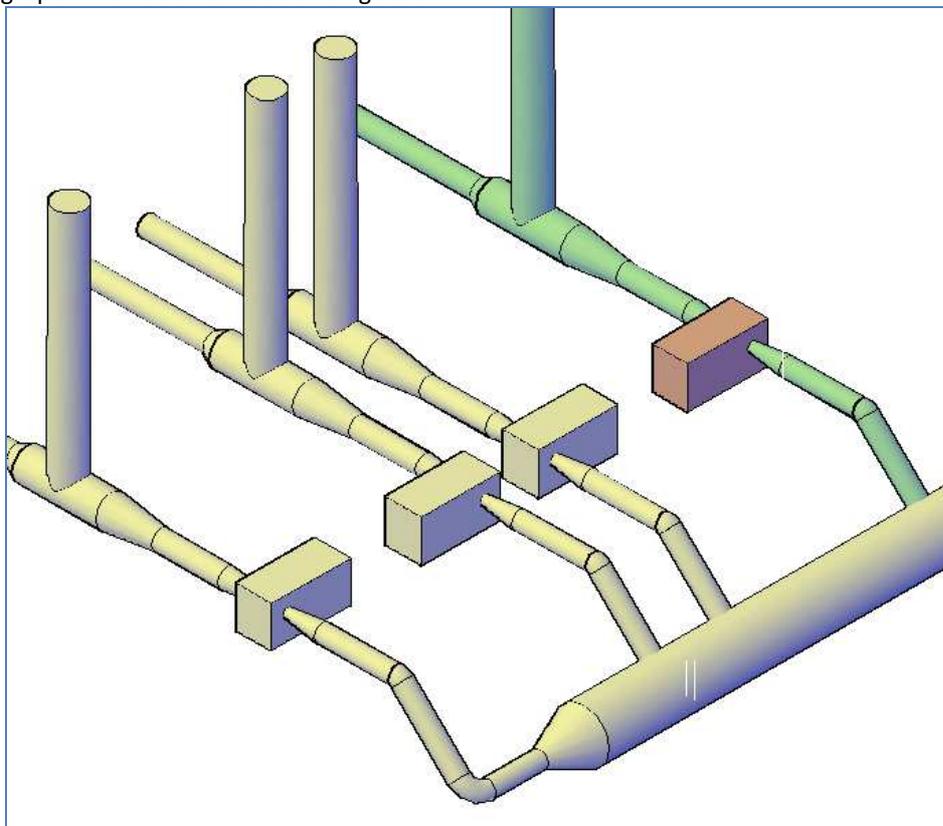


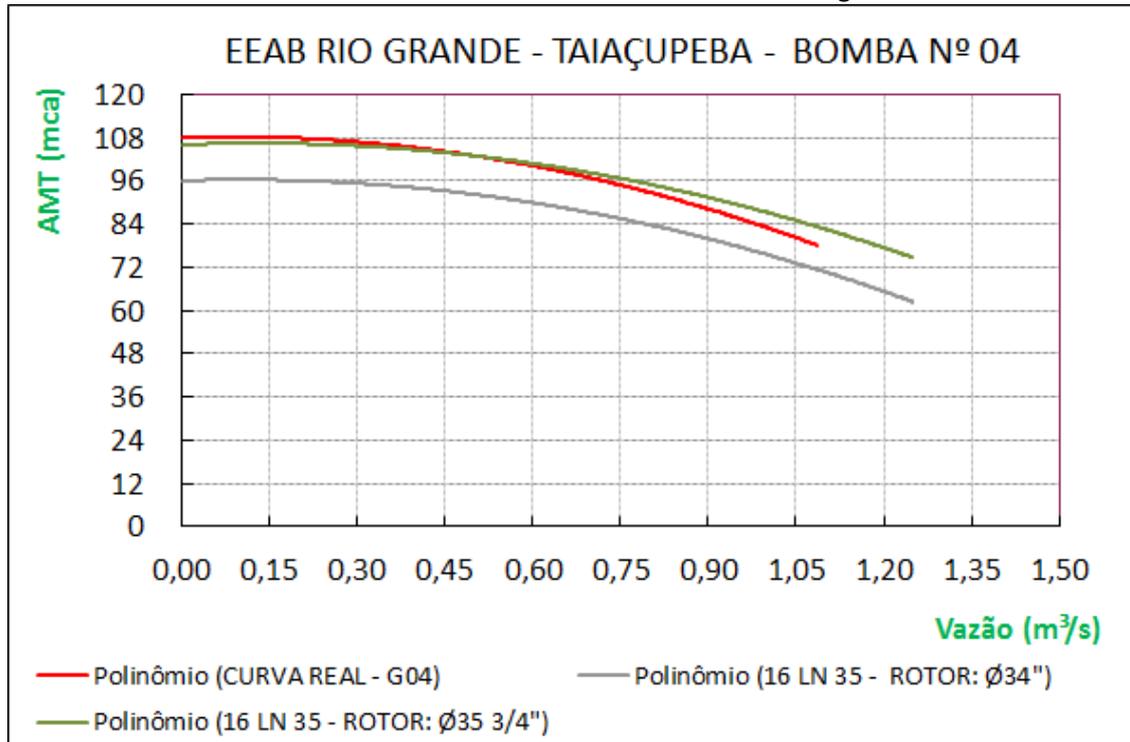
Figura 6 – localização do grupo n.º 03

Os dados do conjunto motobomba 04 são apresentados na tabela 04

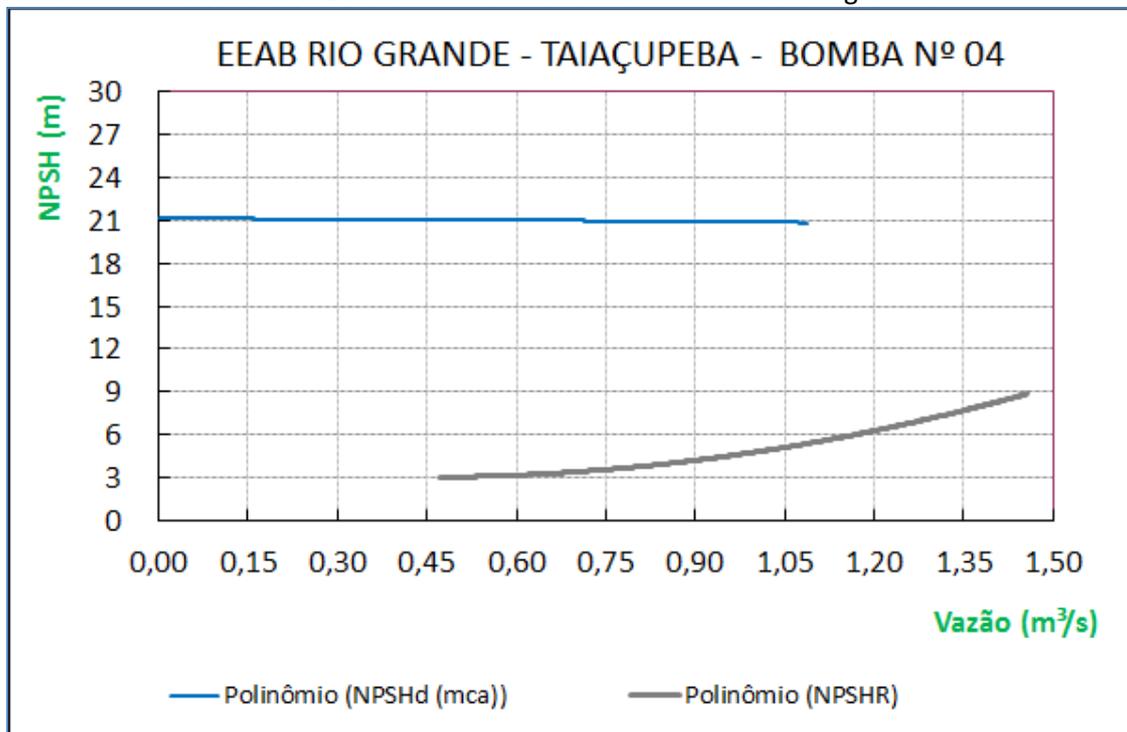
BOMBA	
Fabricante:	---
Modelo:	---
Vazão:	---
Altura manométrica:	---
Diâmetro do rotor:	---
Rotação:	---
N.º de série:	---
BP:	ILEGÍVEL
MOTOR	
Fabricante:	TOSHIBA MIKT DCKNN
Potência:	1250 CV
Tensão:	3800 V
Corrente nominal:	171 A
Rotação:	865
Fator de Serviço:	1,1
Ordem de Fabricação:	E79025RM001

Tabela 04 – dados do conjunto motobomba 04 – dados de placa

A curva caracterísitca **AMT x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 7.



A curva caracterísitca **NPSH x Vazão** obtida no ensaio está demonstrada no gráfico 8.



5. AVALIAÇÃO DOS CONJUNTOS

Na condição de operação foram realizadas as seguintes medições hidráulicas:

- PS_G₁: Pressão na sucção [mH₂O];
- PR_G₁: Pressão no recalque [mH₂O];
- PS_G₂: Pressão na sucção [mH₂O];
- PR_G₂: Pressão no recalque [mH₂O];
- PS_G₃: Pressão na sucção [mH₂O];
- PR_G₃: Pressão no recalque [mH₂O];
- PS_G₄: Pressão na sucção [mH₂O];
- PR_G₄: Pressão no recalque [mH₂O];
- Q: Vazão [m³/s];

A partir dos valores da altura manométrica da bomba, foram calculados os valores de vazão através da equação da curva real de desempenho da referida bomba (equação obtida através de regressão polinomial de 2ª ordem).

Grupo 1: $AMT_{G1} = -41,156 \times (Q_{G1})^2 + 13,19 \times (Q_{G1}) + 109,41$;

Grupo 2: $AMT_{G2} = -26,503 \times (Q_{G2})^2 + 5,254 \times (Q_{G2}) + 105$;

Grupo 3: $AMT_{G3} = -28,303 \times (Q_{G3})^2 - 0,2165 \times (Q_{G3}) + 105,6$ e,

Grupo 4: $AMT_{G4} = -29,445 \times (Q_{G4})^2 + 4,3104 \times (Q_{G4}) + 108,1$.

6. CURVAS DE DESEMPENHO COM INDICAÇÃO DO PONTO DE OPERAÇÃO

A curva de desempenho com indicação do ponto de operação do grupo n.º 01 está demonstrado no gráfico 9

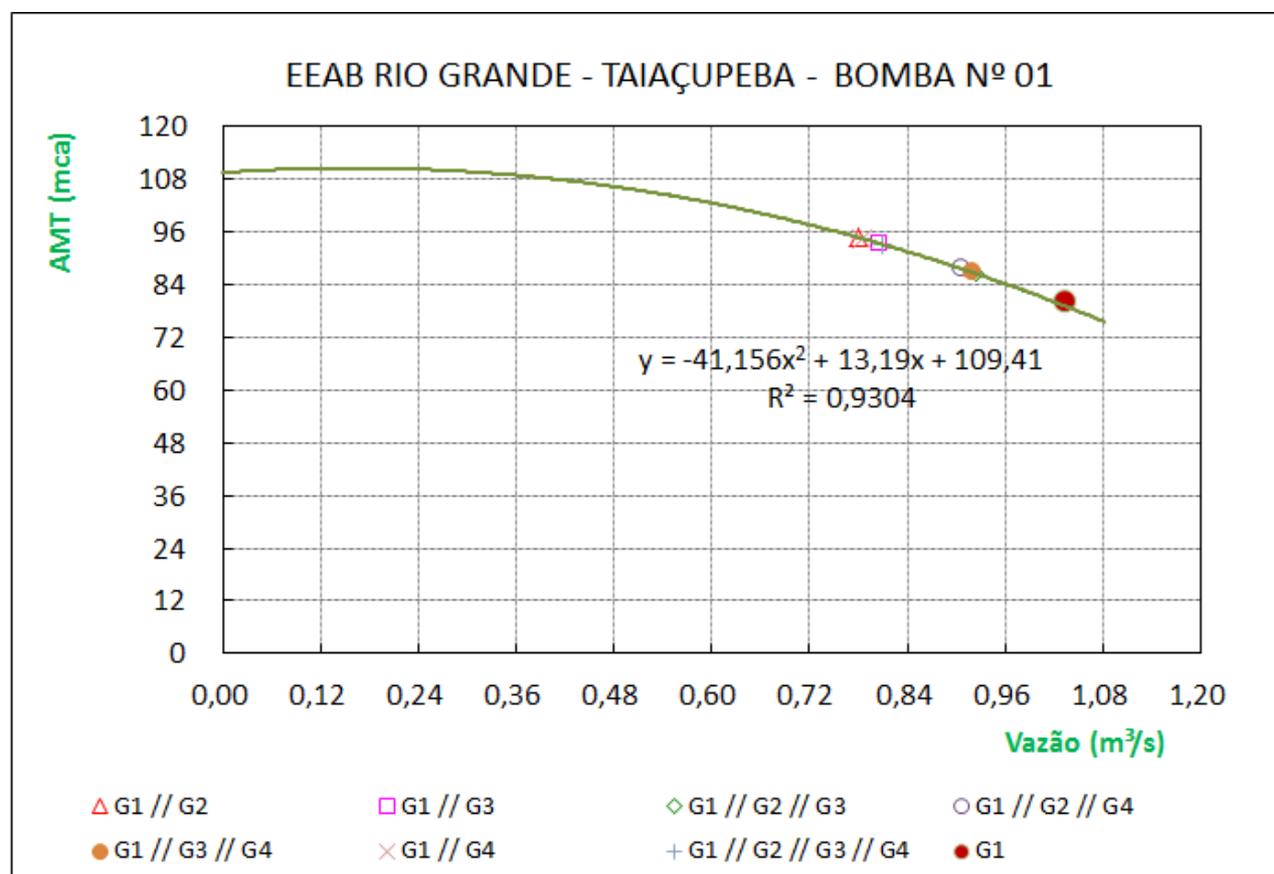


Gráfico 9 – indicação do ponto de operação do grupo n.º 01

A curva de desempenho com indicação do ponto de operação do grupo n.º 02 está demonstrado no gráfico 10

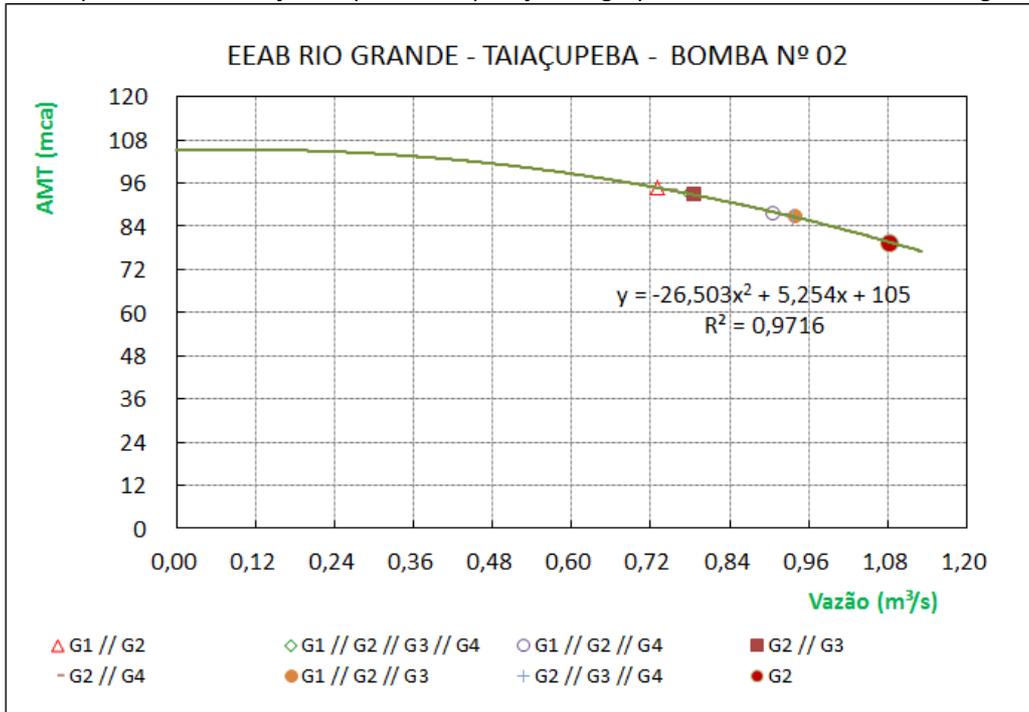


Gráfico 10 – indicação do ponto de operação do grupo n.º 02

A curva de desempenho com indicação do ponto de operação do grupo n.º 03 está demonstrado no gráfico 11

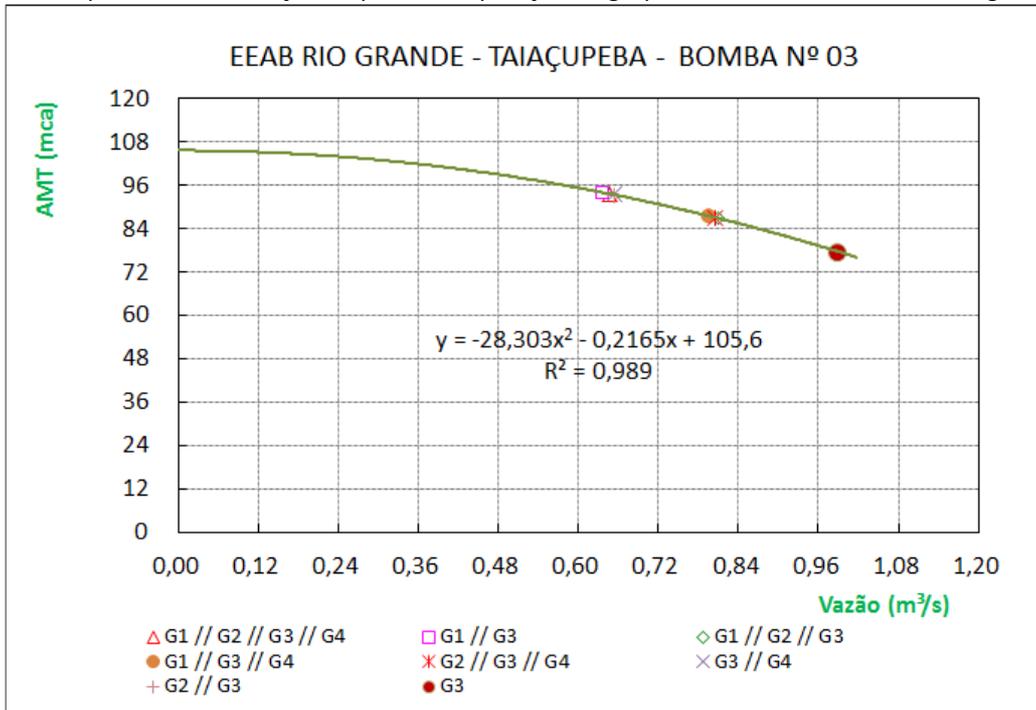


Gráfico 11 – indicação do ponto de operação do grupo n.º 03

A curva de desempenho com indicação do ponto de operação do grupo n.º 04 está demonstrado no gráfico 12

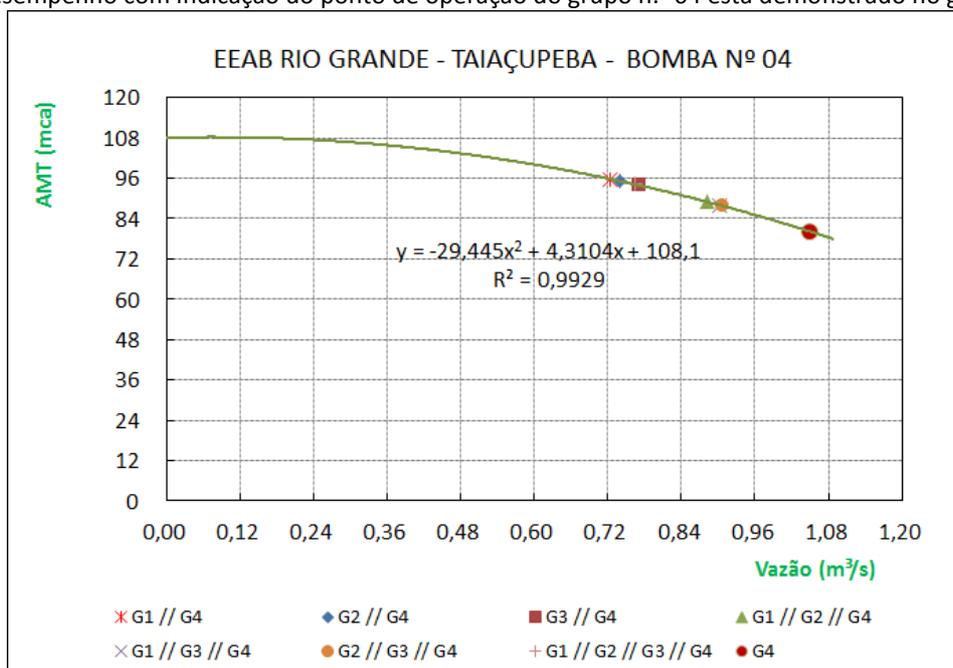


Gráfico 12 – indicação do ponto de operação do grupo n.º 04

7. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES REALIZADAS

A tabela abaixo mostra os valores registrados no ensaio e os valores calculados a partir das equações das curvas de desempenho das bombas:

		G1	G2	G3	G4	G1 // G2	G1 // G3	G1 // G4	G2 // G3	G2 // G4	G3 // G4	G1 // G2 // G3	G1 // G2 // G4	G1 // G3 // G4	G2 // G3 // G4	G1 // G2 // G3 // G4
GRUPO N.º 01	PS_G1 (mca)	11,62				11,72	11,74	11,76				11,58	11,63	11,59		11,55
	PR_G1 (mca)	91,73				105,40	105,04	106,16				98,06	99,16	98,31		104,70
	AMT_G1 (mca)	80,11				94,67	93,31	94,40				86,48	87,53	86,72		93,15
	Q_G1 (m³/s)					0,780	0,806	0,785				0,924	0,907	0,920		0,809
GRUPO N.º 02	PS_G2 (mca)		11,82			11,54			11,55	11,52		11,52	11,49		11,35	11,46
	PR_G2 (mca)		91,33			105,21			104,28	105,51		97,99	99,05		98,02	104,53
	AMT_G2 (mca)		79,51			94,67			92,74	93,99		86,46	87,56		86,67	93,07
	Q_G2 (m³/s)					0,731			0,786	0,751		0,941	0,916		0,937	0,777
GRUPO N.º 03	PS_G3 (mca)			11,77		11,74			11,72		11,70	11,69		11,44	11,69	11,67
	PR_G3 (mca)			89,32		105,73			105,06		105,07	98,58		98,95	98,71	105,30
	AMT_G3 (mca)			77,55		93,99			93,33		93,37	86,89		87,51	87,02	93,63
	Q_G3 (m³/s)					0,637			0,655		0,654	0,809		0,796	0,806	0,647
GRUPO N.º 04	PS_G4 (mca)				11,53			11,52		11,54	11,52		11,31	11,44	11,46	11,48
	PR_G4 (mca)				91,57			107,28		106,74	105,43		100,34	99,50	99,25	105,68
	AMT_G4 (mca)				80,04			95,76		95,20	93,91		89,03	88,06	87,79	94,21
	Q_G4 (m³/s)							0,725		0,739	0,771		0,881	0,901	0,907	0,764
Q		1,032	1,083	0,987	1,049											
ASSOC.	1- Q-TOTAL (m³/s)					1,491	1,451	1,504	1,447	1,493	1,452	2,619	2,649	2,613	2,617	2,978
VERIFIC.	2- SOMA (Q-G) (m³/s)					1,511	1,443	1,510	1,441	1,490	1,425	2,674	2,705	2,617	2,650	2,997
	DIF. = (1)-(2) (m³/s)					(0,020)	0,008	(0,006)	0,006	0,003	0,027	(0,055)	(0,056)	(0,004)	(0,033)	(0,019)
	(%)					-1,32	0,58	-0,40	0,44	0,19	1,88	-2,10	-2,11	-0,14	-1,26	-0,64

Legenda:

Valores medidos em campo

Valores calculados a partir da equação de cada bomba

Comparando-se os valores das vazões medidas observamos um pequeno desvio em relação à soma das vazões parciais de cada bomba (calculadas a partir das respectivas equações das curvas de desempenho). O desvio é decorrente das incertezas envolvidas nas medições.

8. INSTRUMENTOS UTILIZADOS E CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO

- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D1-03, n.º de série U190388;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D1-05, n.º de série U190386;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D3-12, n.º de série PH/1770;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D3-13, n.º de série PH/1766;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D3-14, n.º de série PH/1784;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º D3-15, n.º de série PH/1776;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º M4-02, n.º de série U189378;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º M4-09 n.º de série U189358;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º M4-14, n.º de série U189364;
- ✓ Transdutor de pressão Smar, ID n.º M4-16, n.º de série U131996;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-06 – BP – 2035202;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-08 – BP - 2035204;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-24 – BP - 2091506;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-25 – BP - 2091503;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-28 – BP – 2091510;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-29 – BP - 2091496;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-30 – BP - 2091507;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-31 – BP - 2091502;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-32 – BP - 2091504;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-34 – BP - 2091495;
- ✓ Coletor de dados (*datalogger*) DL-35 – BP - 2091497;
- ✓ Tubo de Pitot Cole, ID n.º 527, certificado n.º 127916-101;
- ✓ Tubo de Pitot Cole, ID n.º 601, certificado n.º 141136-101;
- ✓ Escala de aço, ID n.º 1003, certificado n.º 75C0JH13;
- ✓ Escala de aço, ID n.º 1004, certificado n.º BWPYPK13;
- ✓ Escala de aço, ID n.º 1502, certificado n.º 9WT7B313 e,
- ✓ Escala de aço, ID n.º 1503, certificado n.º 2A8DG1113.

9. EQUAÇÕES UTILIZADAS

As equações 1 e 2, abaixo apresentadas, foram utilizadas para medição da vazão com de tubo de Pitot.

$$V_c = (4,43473 \times C_d) \times \left(\frac{\Delta p_{\text{pressão}}}{1000}\right)^{0,5} \quad (1)$$

$$Q = \text{Área} \times F_v \times V_c \quad (2)$$

Onde:

V_c = velocidade ponto central da tubulação (m/s);

C_d = coeficiente de descarga do tubo de Pitot obtido mediante calibração em túnel de vento;

$\Delta p_{\text{pressão}}$ = diferencial de pressão (mmH₂O);

F_v = fator de velocidade;

Área = área da tubulação no ponto de medição (m²);

Q = vazão (m³/s);

10. CONCLUSÕES

Com base nas medições efetuadas conclui-se:

- **Curva de Desempenho (AMT×Vazão)**

Grupo n.º 1, 2 e 4: Observa-se que as curvas de desempenho levantadas no ensaio possuem características semelhantes à curva teórica de rotor Ø35 3/4" (Vide itens 4.1 a 4.4 – Gráfico: "AMT x Vazão"), sendo praticamente coincidentes com a mesma.

Grupo n.º 3: Observa-se que individualmente este grupo tem capacidade de recalque ligeiramente inferior aos demais e a curva de desempenho levantada no ensaio situa-se entre as curvas teóricas de rotor Ø35 3/4" e teórica de rotor Ø34" (Vide itens 4.1 a 4.4 – Gráfico: "AMT x Vazão").

- **Curva de NPSH**

Grupo n.º 1, 2, 3 e 4: O NPSH disponível na instalação manteve-se superior ao valor do NPSH requerido em toda a faixa de operação (Vide itens 4.1 a 4.4 – Gráfico: "NPSH x Vazão").

- **Avaliação das grandezas elétricas medidas**

Grupo n.º 1: As medições das grandezas elétricas podem ser consideradas satisfatórias (Vide item 14.1 – "MEDIÇÕES ELÉTRICAS REALIZADAS PELA MME – RT MME 2447/16") dos ANEXOS.

- **Operação dos grupos associados**

Grupo n.º 1, 2, 3 e 4: Na operação dos grupos associados observa-se que a vazão de recalque de contribuição do grupo n.º 03 é ligeiramente menor que os demais grupos. (Vide item 7 RESULTADO DAS MEDIÇÕES REALIZADAS).

11. PROVIDÊNCIAS

Sugere-se melhorias no ponto de medição de vazão em ambas as linhas. A sugestão é que a unidade responsável pela instalação contate a Metrologia para analisarmos em conjunto o que pode ser feito visando termos melhores condições de medição e de segurança ao efetuarmos os próximos ensaios.

12. DIVULGAÇÃO

Departamento de Planej., Gestão e Operação da Produção (MAG);
Divisão de Manutenção da Adução Metropolitana Leste (MAML);
Divisão de Recursos Hídricos Metropolitanos Leste (MARL);
Divisão de Manutenção da Adução Metropolitana Sul (MAMS);
Divisão de Manutenção Elétrica e Instrumentação (MMOE);
Departamento de Engenharia da manutenção (MME);
Departamento de Manutenção Operacional (MMO) e,
Cadastro Técnico (MAG11).

13. EQUIPE RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DO TRABALHO

13.1 EQUIPE DE CAMPO

Adauto Luiz De Souza Da Silva - Técnico em Sist. de Saneamento
Adelmo De Souza Araujo - Técnico em Sistemas de Saneamento
André Luiz Dos Santos - Técnico em Sistemas de Saneamento
Edmilson André Dis Santos - Agente de Saneamento Ambiental
Marcelo Yuzo Takahashi - Técnico em Sist. de Saneamento
Marisa Nogueira - Agente de Saneamento Ambiental
Rafael Chimielski Silva - Técnico em Sist. de Saneamento
Olavo A. Prates Sachs - Engenheiro

13.2 FOTOS



Foto 01 - detalhe da instalação das abraçadeiras em trecho alagado



Foto 02 - detalhe das válvulas das abraçadeiras