

O MAIOR
EVENTO DE
SANEAMENTO
DA AMÉRICA
LATINA



18 A 20
SETEMBRO 2018
EXPO CENTER
NORTE
SÃO PAULO - SP

9588 – COMPARATIVO DE MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE RENDIMENTO DE BOMBAS TERMODINÂMICO E CONVENCIONAL – CASE CRAT INTERLAGOS

Autor: **Alexandre Balbino Machado**⁽¹⁾ - Analista de Sistema pelo Centro Universitário Estácio de Sá.
Coautor: **Agostinho Jesus Gonçalves Geraldes**⁽²⁾ - Engenheiro Civil pela universidade Anhembí Morumbi
Coautor: **Marco Antônio de Oliveira**⁽³⁾ - Tecnólogo em Civil pelo Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa IPEP.
Coautor: **Andre Vizioli**⁽⁴⁾ - Engenheiro.
Coautor: **Robert Hale**⁽⁵⁾ - Engenheiro.



Gestão de Energia - MS

Setembro/2018



GOVERNO DO ESTADO
DE SÃO PAULO



PERFIL DA MS



Área Territorial	1.597 km ²
População Atendida	4,3 milhões
Número municípios	7 + zona sul SP
Atendimento Água %	Tende à universalização
Atendimento Esgoto	89,3 %
Ligações Água (A/AE)	1.207.176
Ligações Esgoto (E/AE)	962.555
Área de proteção de Mananciais	77%
Extensão de rede de água (km)	9.203
Extensão de rede de esgoto (km)	6.371
Nº funcionários MS	918



ÁREA DE ATUAÇÃO





Comparativo

TERMODINÂMICO X CONVENCIONAL



Alexandre Balbino Machado

Eletromecânica Sul - MSEL





Medição de eficiência de conjuntos moto-bomba por método Termodinâmico





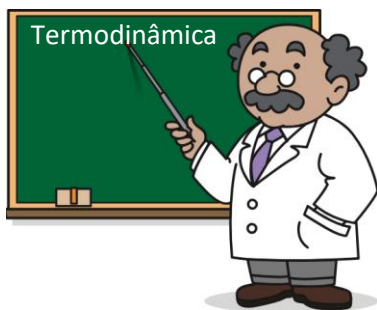
INOVAÇÃO?





Década

1960



*Universidade de Glasgow e na
Universidade de Strathclyde*



*Laboratório Nacional de Eng. na
França (Electricité de France)*



Austin Whillier (Câmara de Minas, Joanesburgo, África do Sul)
*Publicação "Determinação da eficiência da bomba a partir
de medições de temperatura" na edição de outubro de
1967 do The South African Mechanical Engineer*



Pump Centre 69527

ANNEX C - PARTICIPATING ORGANISATIONS

This Code of Practice was written as part of a project on the thermodynamic method of pump testing. The members of consortium which undertook the project were:

- Advanced Energy Monitoring Systems Limited
- Anglian Water Services Limited
- British Steel Swinden Laboratory
- Development Engineering International
- Engineered Products (Manchester) Limited
- Ingersoll-Dresser Pumps (UK) Limited
- Kvaerner Boving Limited
- National Engineering Laboratory
- Scottish Hydroelectric PLC
- Southern Water Services Limited
- SPP Limited
- Sulzer (UK) Pumps Limited
- UK Department of Trade and Industry
- Welsh Water
- Yorkshire Water Services Limited



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



MEDIÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS CONJUNTOS MOTO BOMBA



BS EM ISO 9906:2012
ISO 5198
ISO 5199



IEC 60041



Pump Centre 69527



$$P_e \cdot \eta_p \cdot \eta_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

P_e = Potência Elétrica (kW)

η_p = Rendimento Bomba

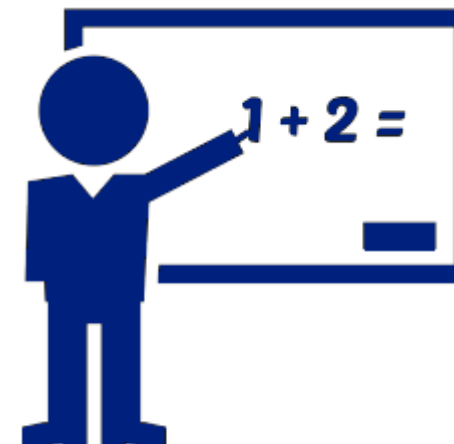
η_m = Rendimento Motor

ρ = Coeficiente da água

g = Coeficiente de gravidade

Q = Vazão (m³/h)

H = Altura Manométrica (mca)





MEDIÇÃO DA **EFICIÊNCIA** DOS CONJUNTOS MOTO BOMBA

MÉTODO **CONVENCIONAL**

$$P_e \cdot \eta_p \cdot \eta_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Vazão Medida (m³/h)

Precisão
+/- 97%

$$\eta_p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_m \cdot P_e}$$

Rendimento Cálculado (%)

P_e = Potência Elétrica (kW)

η_p = Rendimento Bomba

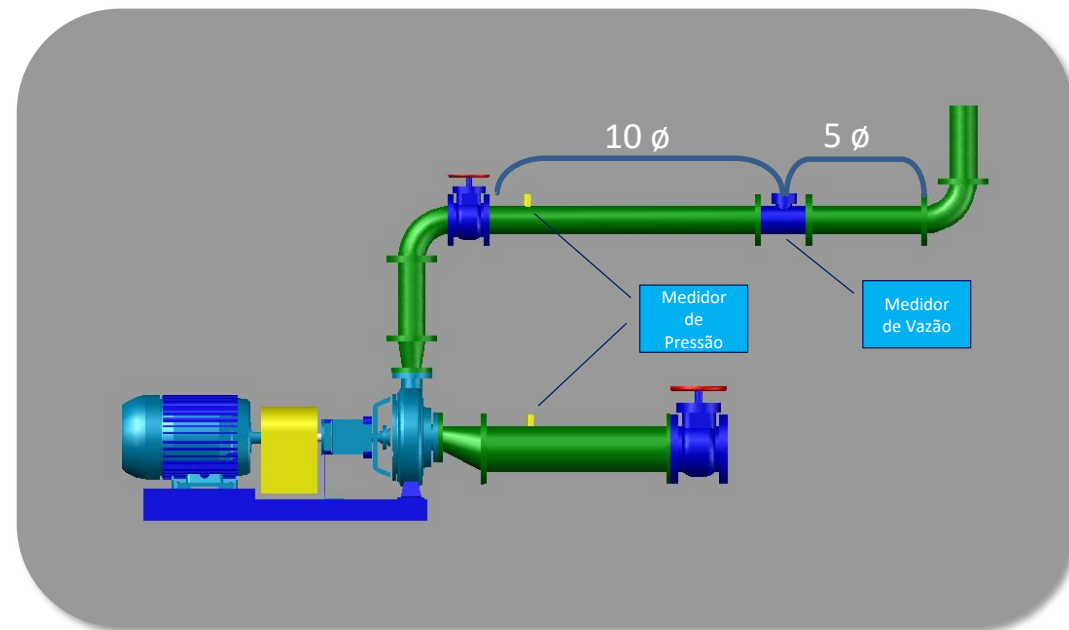
η_m = Rendimento Motor

ρ = Coeficiente da água

g = Coeficiente de gravidade

Q = Vazão (m³/h)

H = Altura Manométrica (mca)





MEDIÇÃO DA **EFICIÊNCIA** DOS CONJUNTOS MOTO BOMBA

MÉTODO **TERMODINÂMICO**

$$P_e \cdot \eta_p \cdot \eta_m = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

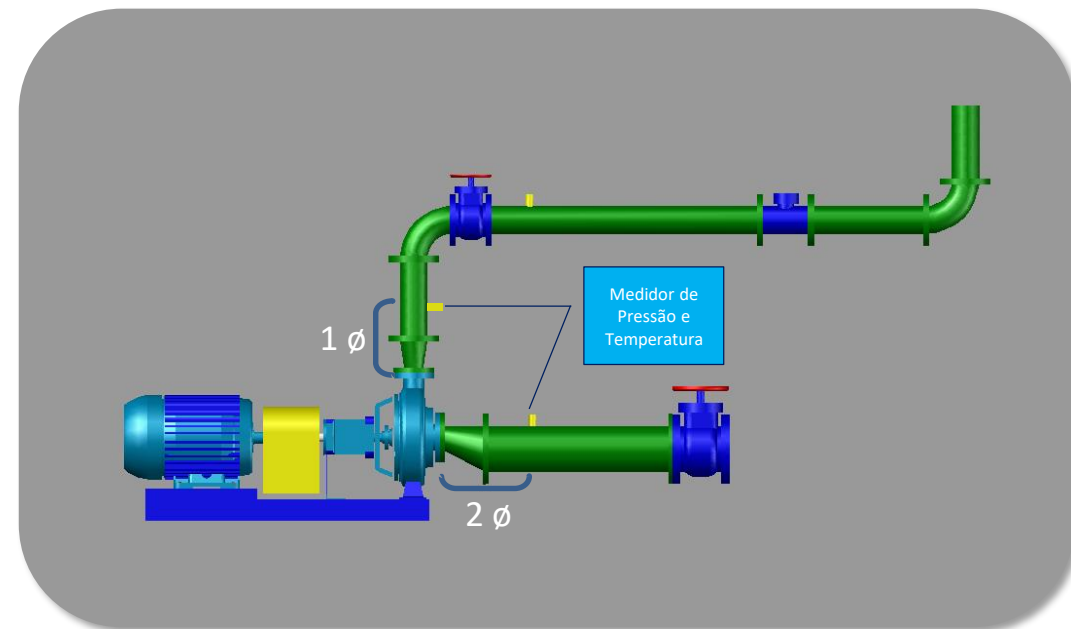
Rendimento Medido (%)



- P_e = Potência Elétrica (kW)
- η_p = Rendimento Bomba
- η_m = Rendimento Motor
- ρ = Coeficiente da água
- g = Coeficiente de gravidade
- Q = Vazão (m³/h)
- H = Altura Manométrica (mca)

$$Q = \frac{P_e \cdot \eta_p \cdot \eta_m}{\rho \cdot g \cdot H}$$

Vazão Cálculada (m³/h)





Como é a **MEDIÇÃO DO RENDIMENTO** da bomba?

$dT = \text{Delta Temperatura (}^\circ\text{)}$

$$\eta_p = \frac{\text{Energia de saída}}{\text{Energia de entrada} + \text{Perdas}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H + \text{Perdas}} = \frac{\cancel{\rho} \cdot \cancel{g} \cdot \cancel{Q} \cdot H}{\cancel{\rho} \cdot \cancel{g} \cdot \cancel{Q} \cdot H + \cancel{\rho} \cdot \cancel{Q} \cdot C_p \cdot dT} = \frac{\cancel{g} \cdot H / \cancel{g} \cdot H}{\cancel{g} \cdot H + \frac{C_p \cdot dT}{g \cdot H}} = \boxed{\frac{1}{1 + \frac{C_p \cdot dT}{g \cdot H}}}$$

$C_p = \text{Calor Específico da Água}$

$P_e = \text{Potência Elétrica (kW)}$

$\eta_p = \text{Rendimento Bomba}$

$\rho = \text{Coeficiente da água}$

$g = \text{Coeficiente de gravidade}$

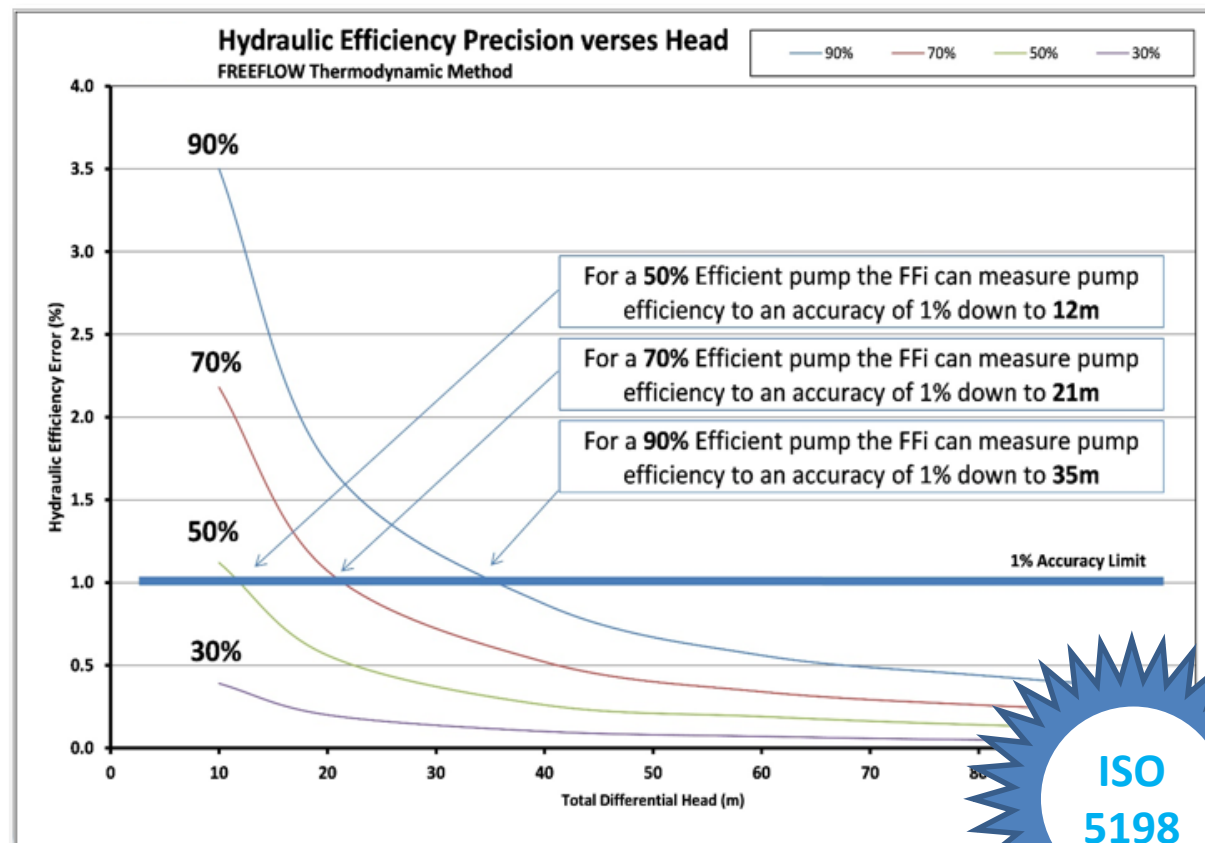
$Q = \text{Vazão (m}^3\text{/h)}$

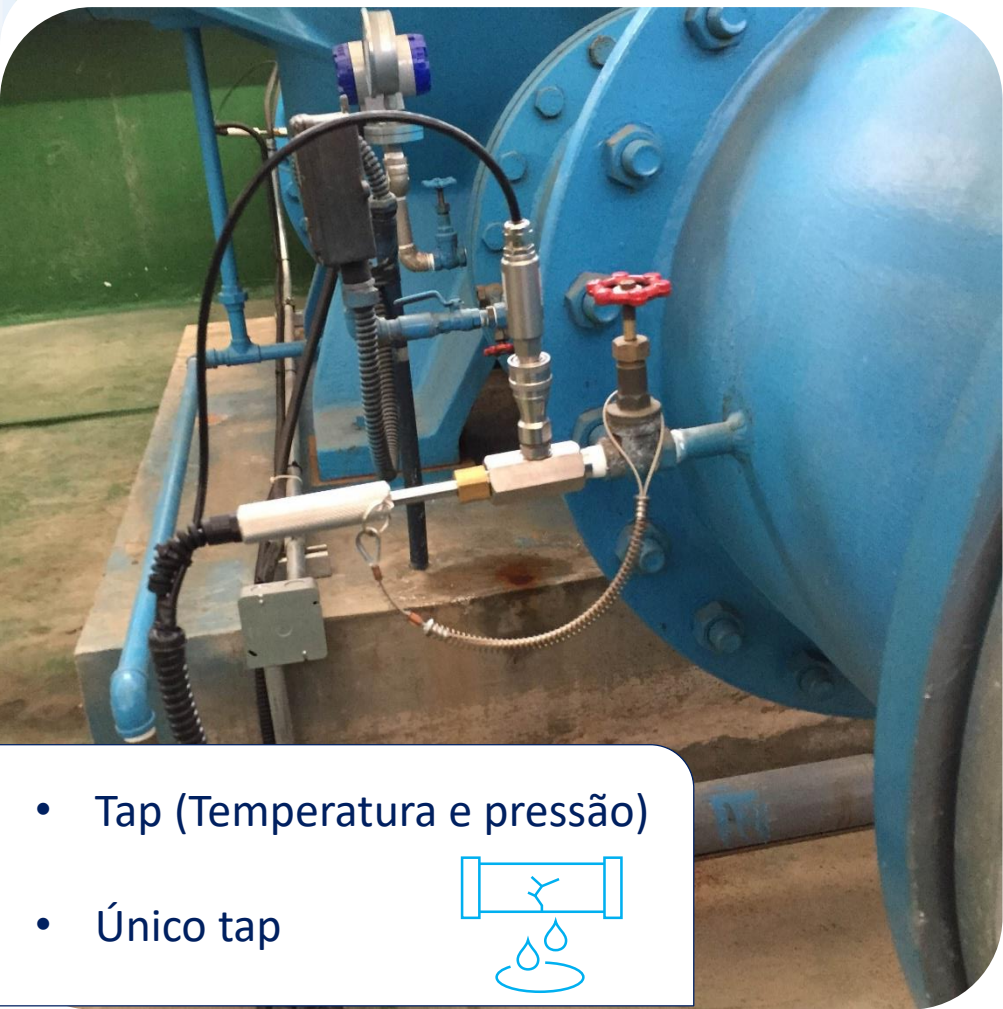
$H = \text{Altura Manométrica (mca)}$





- Rapidez nos ensaios
- Não necessita paradas demoradas do sistema
- Precisão no valor de vazão por grupo (mesmo em associações)
- Menor custo operacional
- MAIOR PRECISÃO NA MEDIÇÃO**



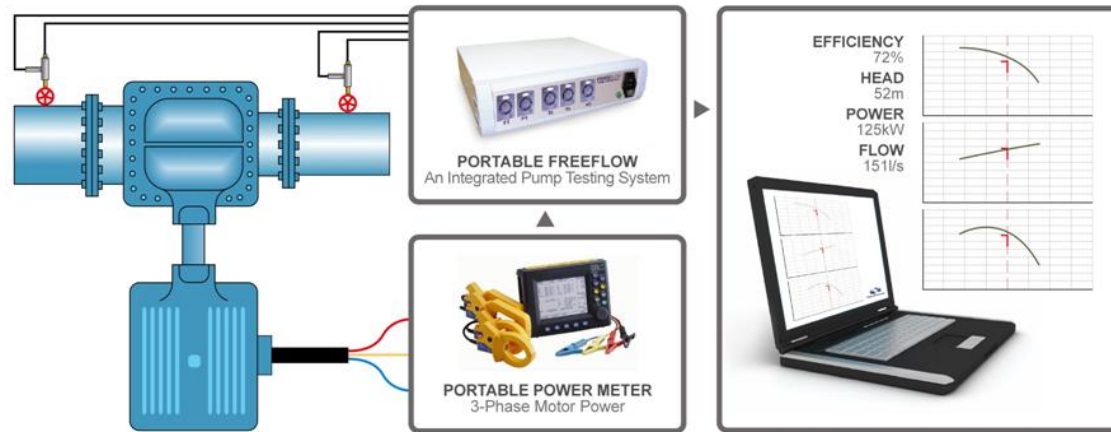
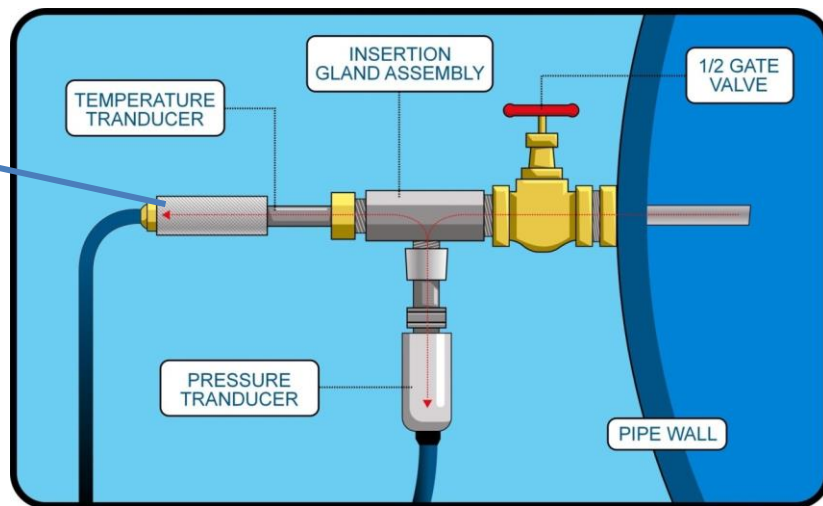


• Tap (Temperatura e pressão)

• Único tap

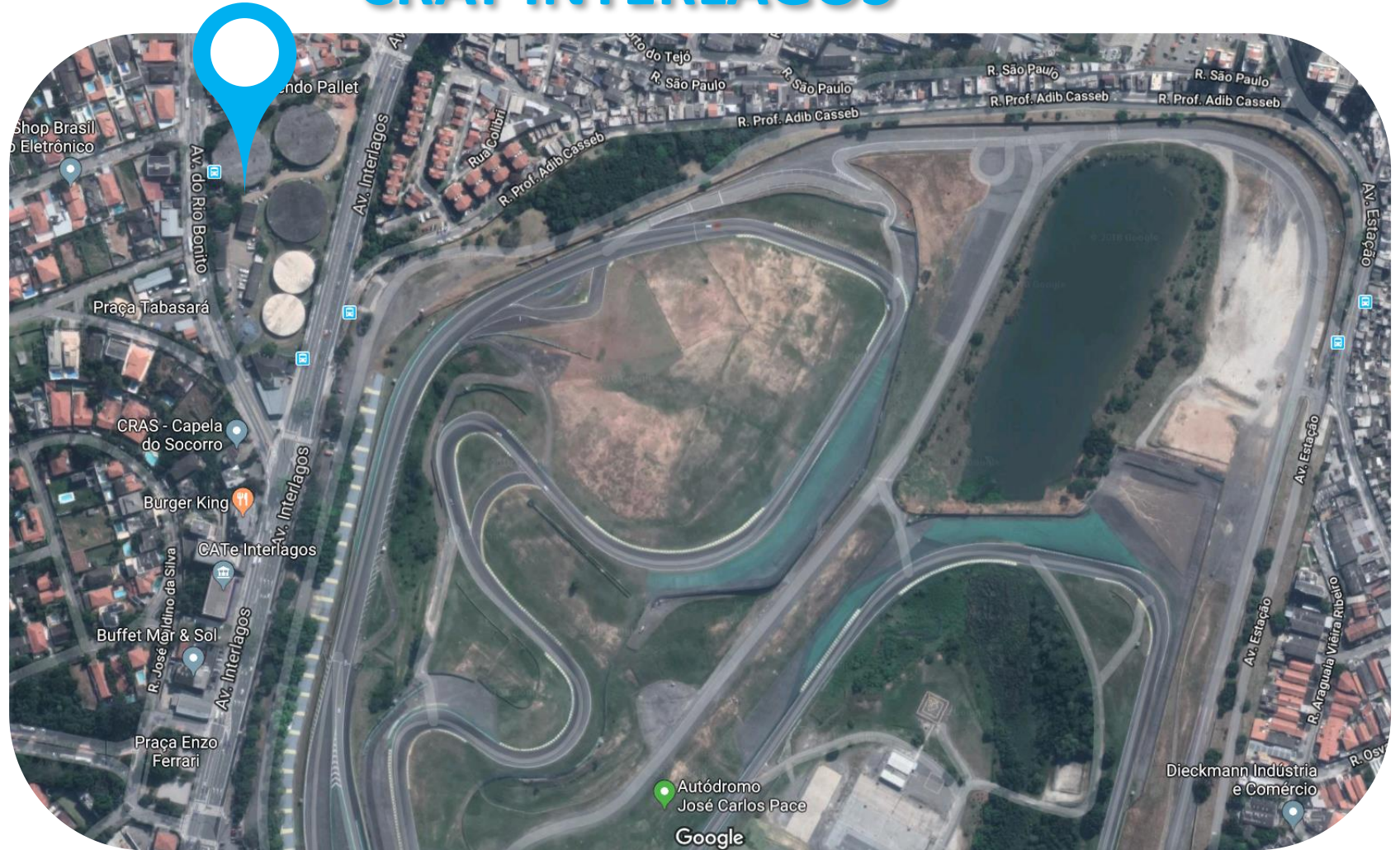


Precisão
0,001°C





CRAT INTERLAGOS







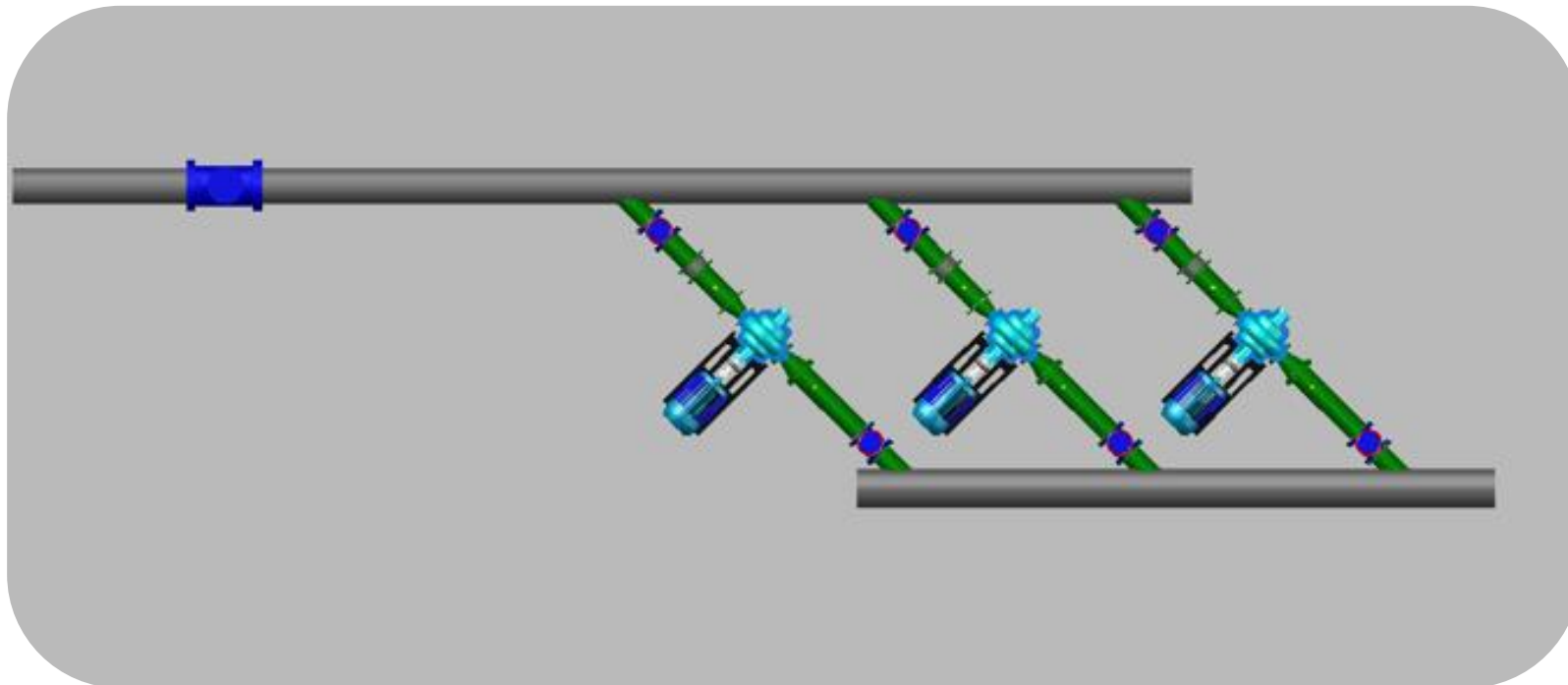
03 CONJUNTOS

Modelo: RDGL 400-850

Vazão: 1380 m³/h

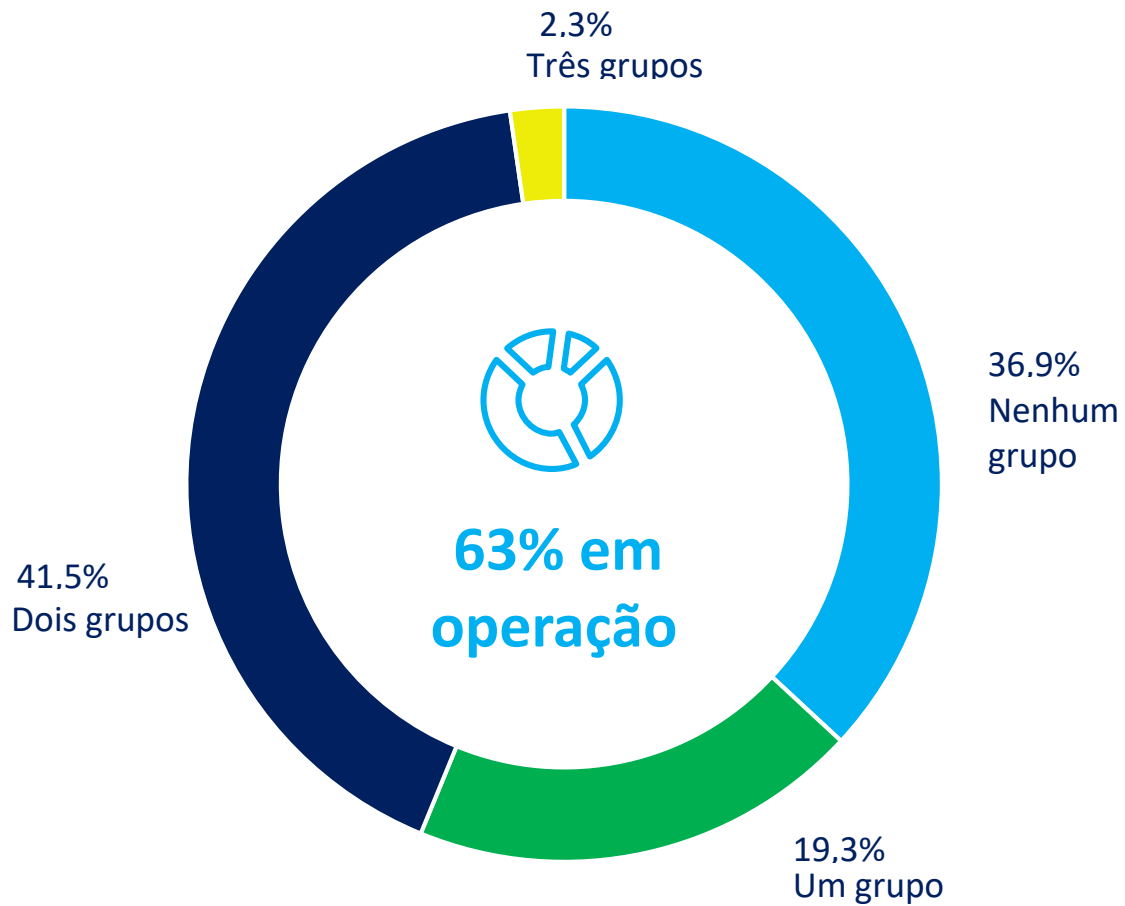
Pressão: 92 mca

Potência: 700 cv





Histórico de Operação (abr – set17)



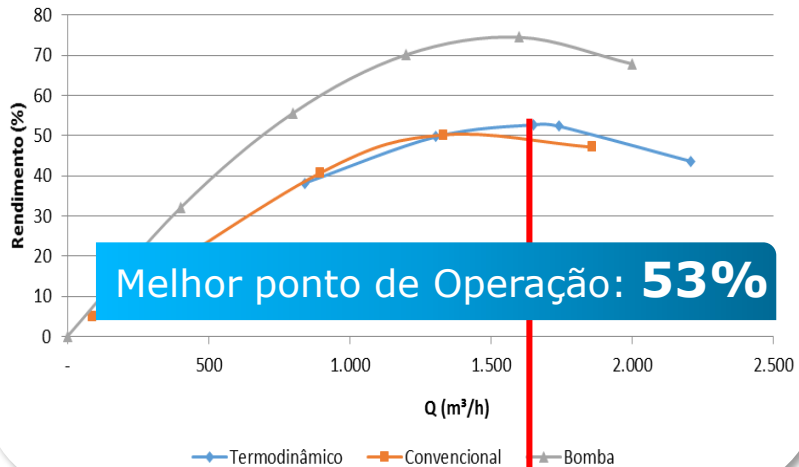
58%

41%

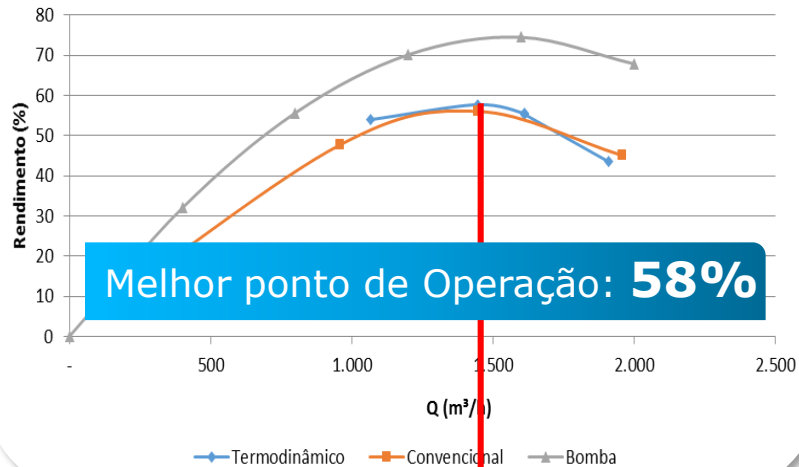
10%



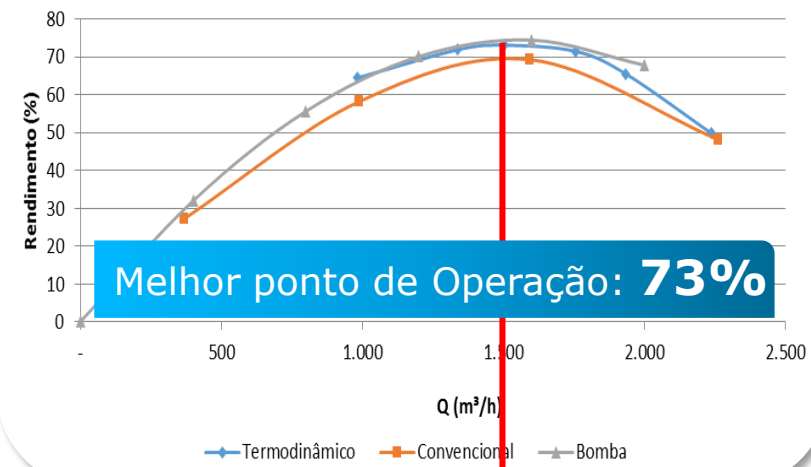
G06 - Rendimento



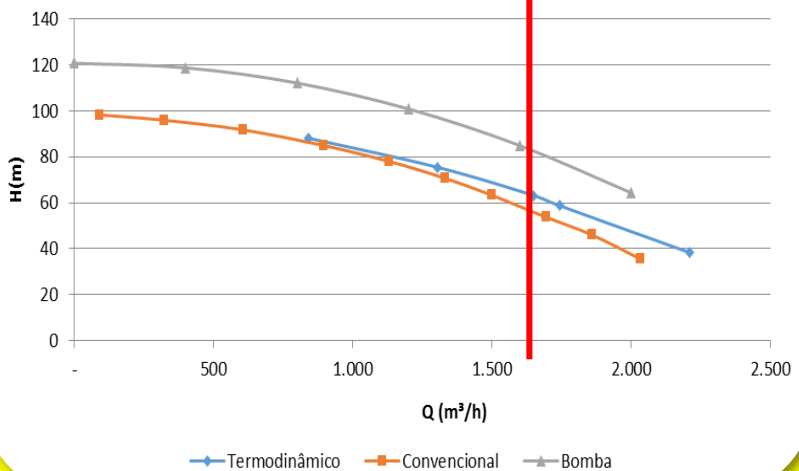
G07 - Rendimento



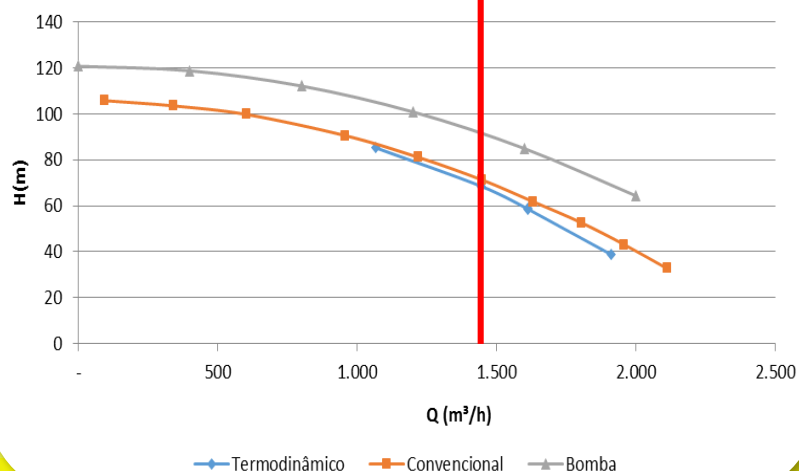
G08 - Rendimento



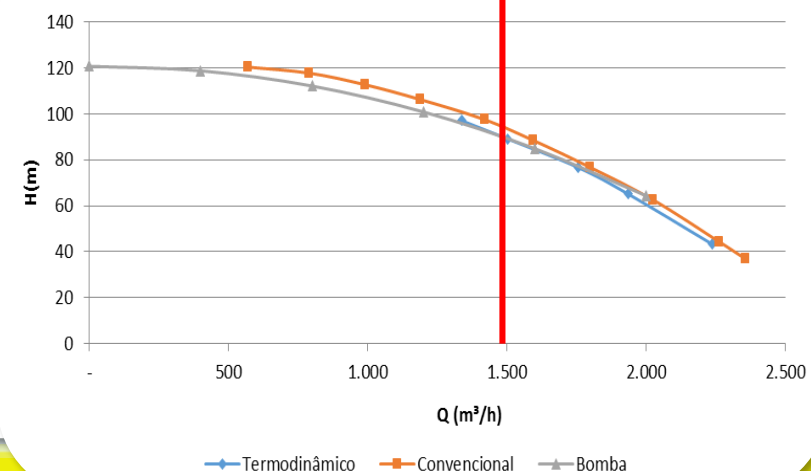
G06 - Curva da Bomba

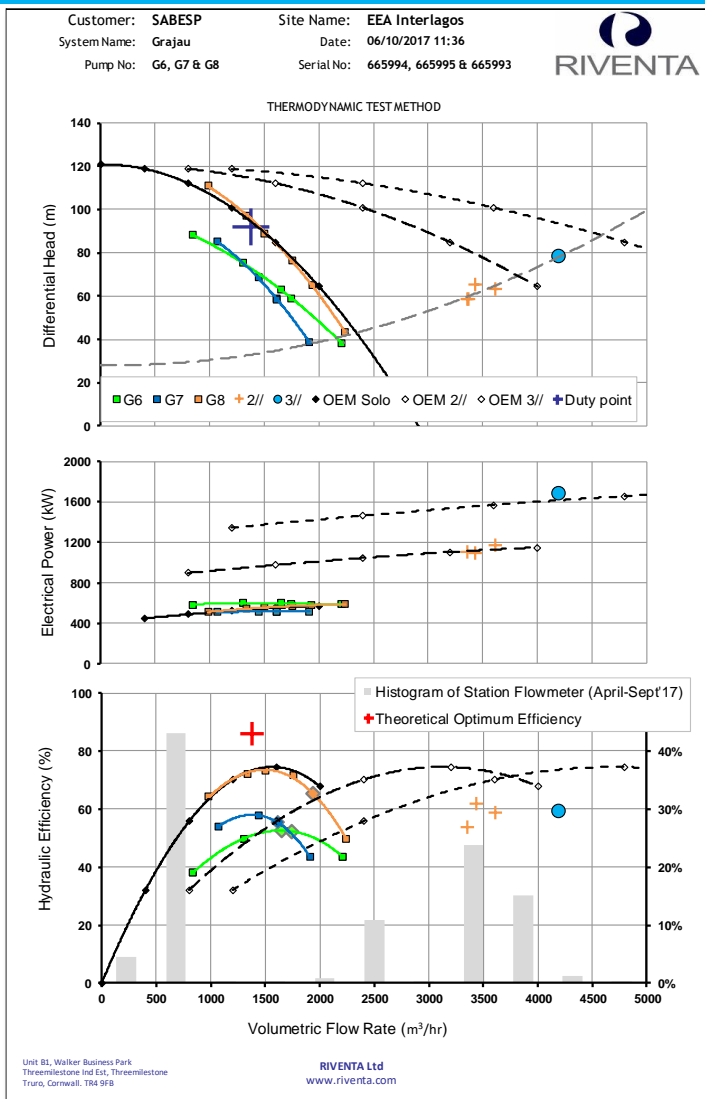


G07 - Curva da Bomba

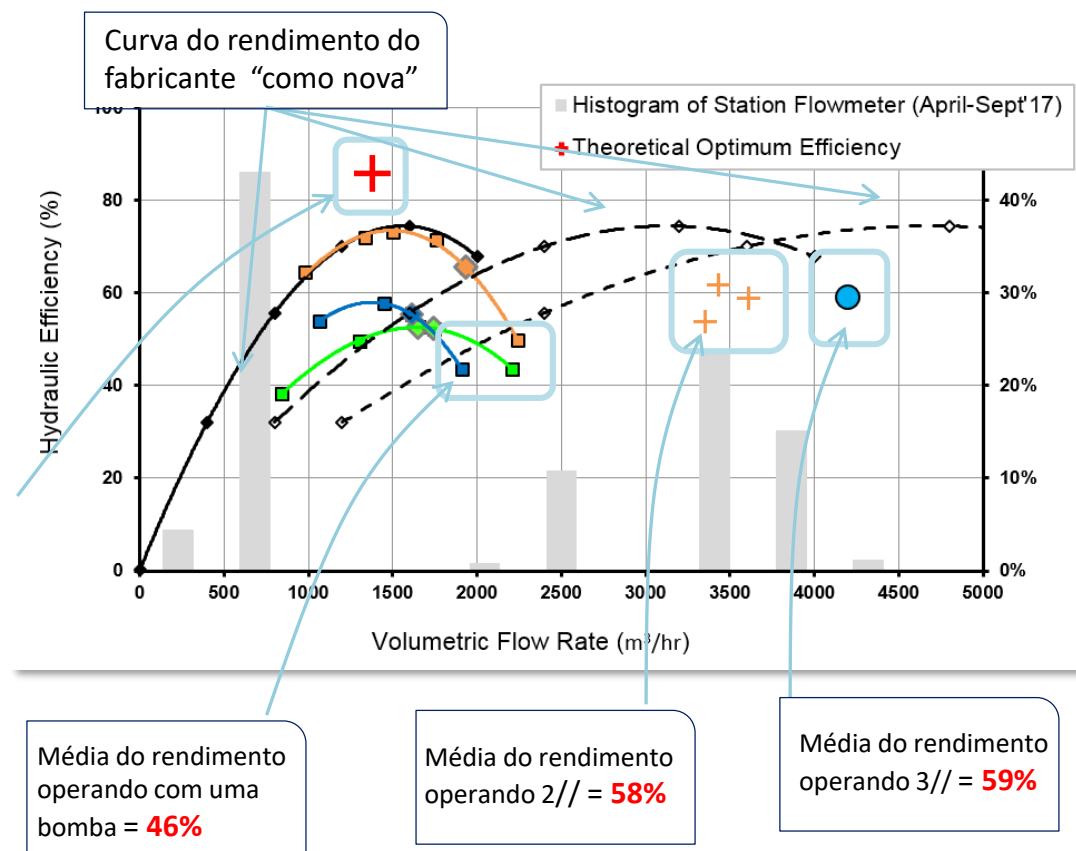


G08 - Curva da Bomba



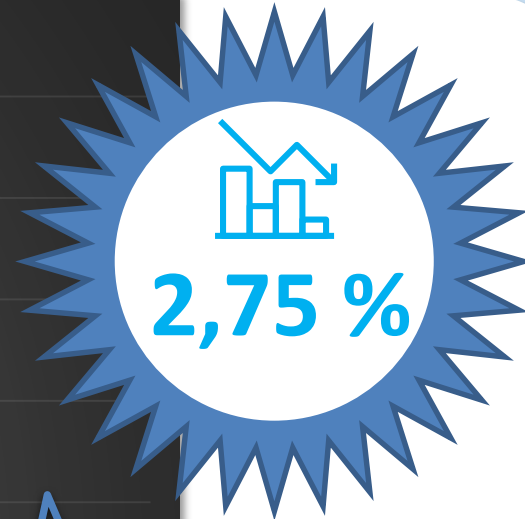
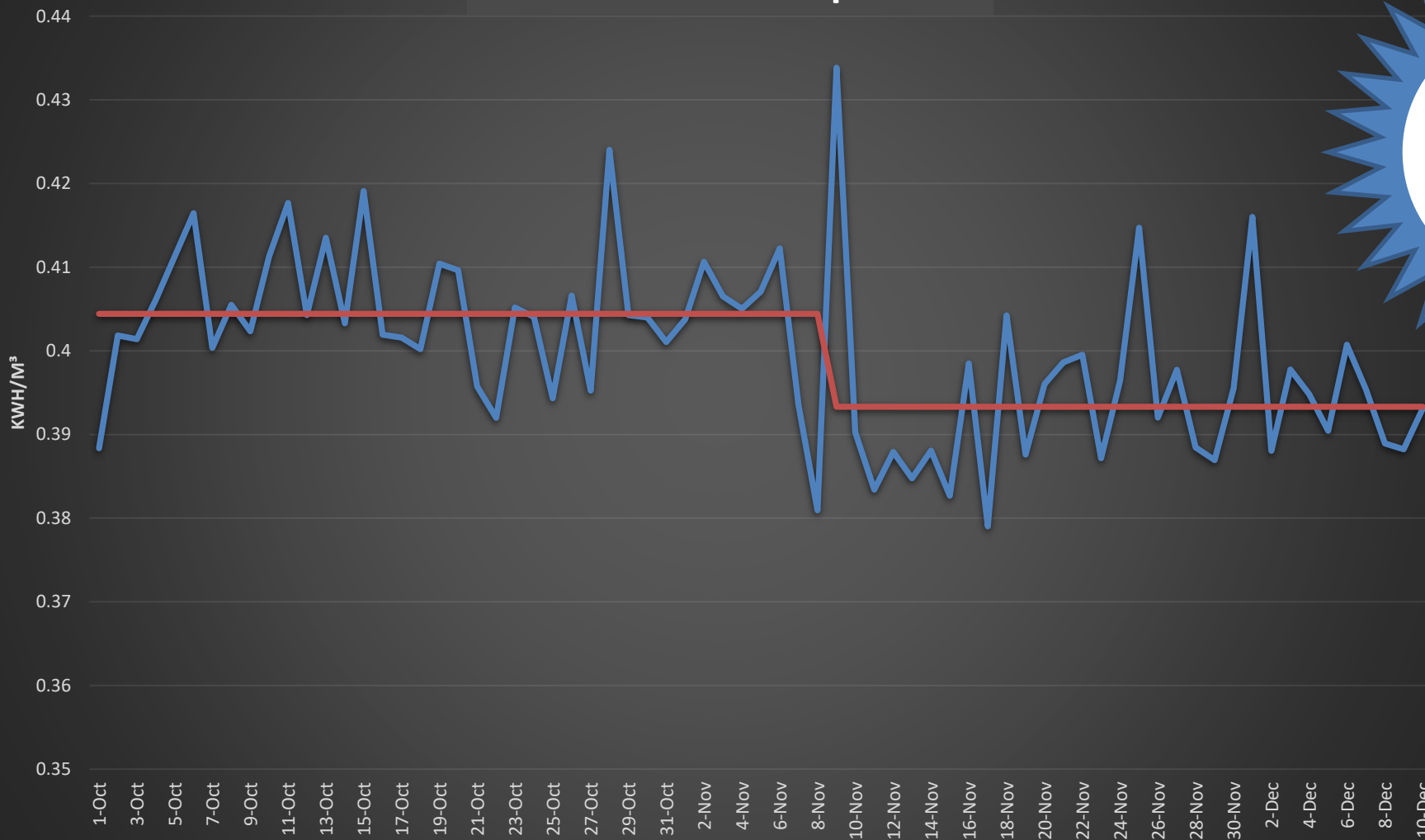


Melhor ponto de rendimento teórico (Bomba Nova) = **86%**





Consumo médio específico





Eletropaulo

Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A
 Av Dr. Marcos Pentead de Uilhoa Rodrigues, 939, Torre II
 Sítio Tamboré - Barueri/SP 06460-040
 CNPJ: 61.695.227/0001-93 - Inscrição Estadual:206.165.226.110
 Regime Especial Proc. N° 1000635-686924/2005

DOC. IMPRESSÃO 620204515754

CONTRATO N° 1001402

APRESENTAÇÃO 07 MAI 2018

NOTA FISCAL A / FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA

N° 000054779

Página 1/2

DADOS PARA ENTREGA

CIA DE SANEAMENTO BASICO DO ESTADO DE SA
 R GRAHAM BELL 647 ALTO BOA V
 SANTO AMARO
 04737-030 SAO PAULO/SP

DADOS DO CLIENTE/UNIDADE CONSUMIDORA

CIA DE SANEAMENTO BASICO DO ESTADO DE SA
 AV RIO BONITO DO 2133
 SOCORRO
 04776-003 SAO PAULO/SP
 CNPJ: 43.776.517/0001-80 INSCRIÇÃO ESTADUAL:

LEITURA

Anterior 03.04.2018

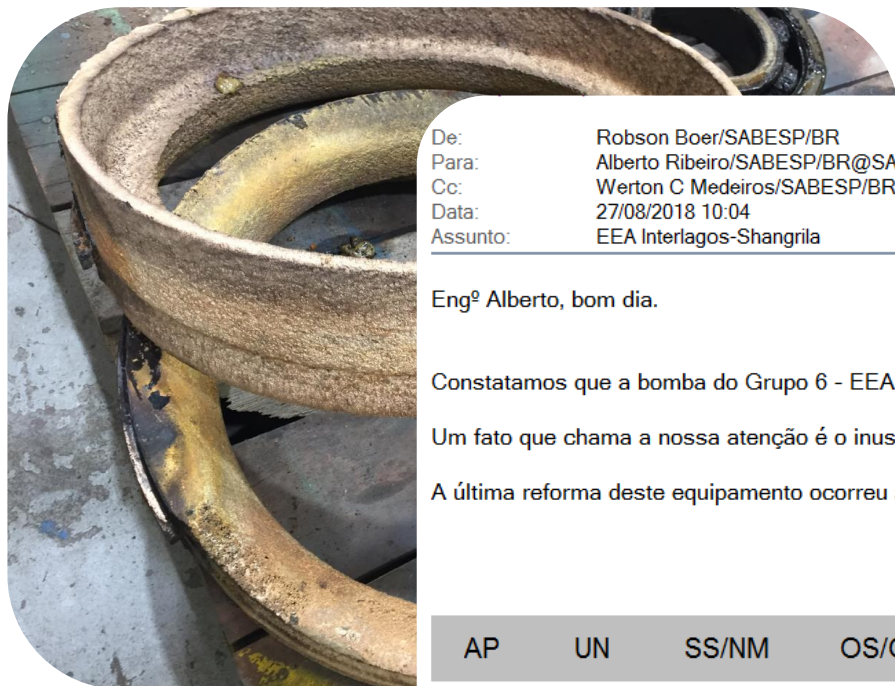
Atual 03.05.2018

Próxima 04.06.2018

R\$ 6.200,00 / mês

N° DA INSTALACAO	N° DO CLIENTE	N° DO MEDIDOR	CONTA REFERENTE A	DATA DE EMISSÃO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR (R\$)
MTE0007159	10003668	12614662	MAI 2018	03 MAI 2018	11 JUN 2018	248.129,75

0602	DEMANDA			2.079,0	11,29507	23.482,44	4.226,84	18%	23.482,44	9,15450
0605	CONSUMO ATIVO PONTA TUSD			77.623,6	0,46132	35.808,95	6.445,61	18%	35.808,95	0,37389
0601	CONSUMO ATIVO PONTA TE			77.623,6	0,36600	28.410,39	5.113,86	18%	28.410,39	0,29664
0605	CONSUMO ATIVO F. PONTA TUSD			497.918,8	0,03856	19.198,29	3.455,69	18%	19.198,29	0,03125
0601	CONSUMO ATIVO F. PONTA TE			497.918,8	0,24000	119.502,49	21.510,45	18%	119.502,49	0,19452
0601	UFER PONTA TE			1.007,6	0,25051	252,40	45,43	18%	252,40	0,20304
0601	UFER FORA PONTA TE			7.039,6	0,25051	1.763,53	317,43	18%	1.763,53	0,20304
0698	ADICIONAL BANDEIRA AMARELA FP					386,99	69,65	18%	386,99	
0698	ADICIONAL BANDEIRA AMARELA PT					94,16	16,95	18%	94,16	
0699	PIS/PASEP (0,90%)					2.168,94	390,41	18%	2.168,94	
0699	COFINS (4,12%)					9.929,07	1.787,24	18%	9.929,07	
0807	COSIP LEI 13.479/02								25,78	
0899	RESSARC.FINANC. ICMS-SUBVENÇÃO								7.314,29	
0999	PENAL. DIC, DMIC, FIC E DICRI								207,97-	



De: Robson Boer/SABESP/BR
Para: Alberto Ribeiro/SABESP/BR@SABESP
Cc: Werton C Medeiros/SABESP/BR@SABESP, Fernando Barbosa Trindade/SABESP/BR@SABESP, Weber Luiz Dos Santos/SABESP/BR@SABESP
Data: 27/08/2018 10:04
Assunto: EEA Interlagos-Shangrila

Engº Alberto, bom dia.

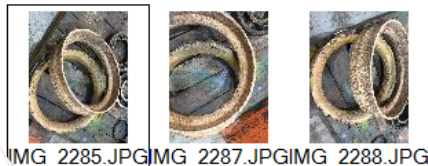
Constatamos que a bomba do Grupo 6 - EEA Interlagos-Shangrila está com 14 mm de folga entre anéis de desgaste.

Um fato que chama a nossa atenção é o inusitado desgaste no diâmetro externo no anel de carcaça.

A última reforma deste equipamento ocorreu anterior a 2004.

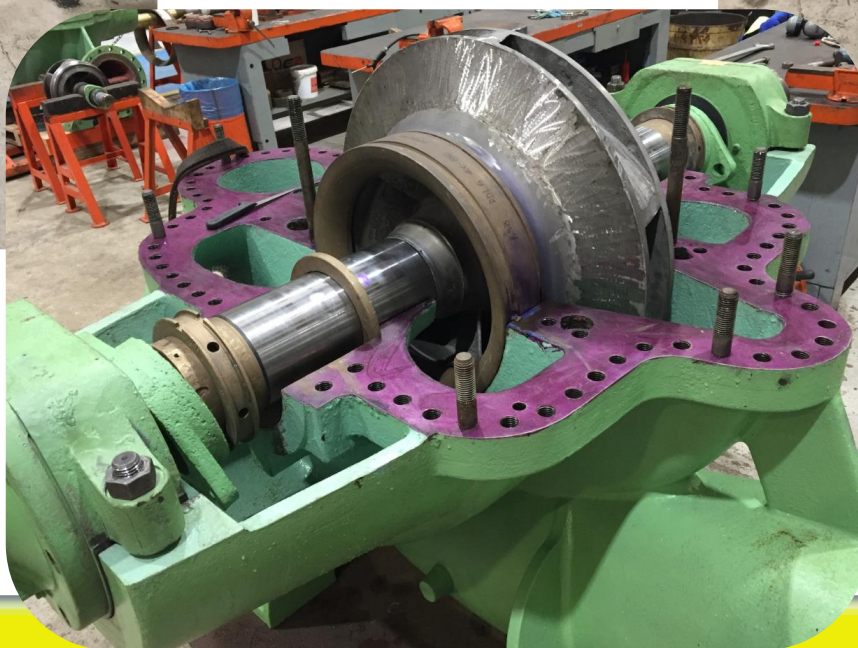
14 mm FOLGA

AP	UN	SS/NM	OS/OM	LOCAL	MARCA	MODELO	BP/INVENTÁRIO	DATA DE ENTRADA
6469	MSEL	10145632	8000135288	INTERLAGOS - SHANGRI LÁ	KSB	RDLG 400-850	160984/1668398	22/8/18



IMG_2285.JPG IMG_2287.JPG IMG_2288.JPG







Reforma dos Conjuntos



Mesmo modo operação

R\$ 161.571,00 /ano

Operação 2 conjuntos

R\$ 123.027,00 /ano

Operação 1 conjunto

R\$ 470.520,00 /ano

Troca dos Equipamentos

Troca do motor e reforma da bomba

R\$ 276.381,00 /ano

Adequar potência e curva

R\$ 604.797,00 /ano





ESTUDO DE
EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA



Alexandre Balbino Machado
energia.ms@sabesp.com.br

