

Motores Eléctricos

Medição e Verificação de Performance

Mário Ramos

INTRODUÇÃO

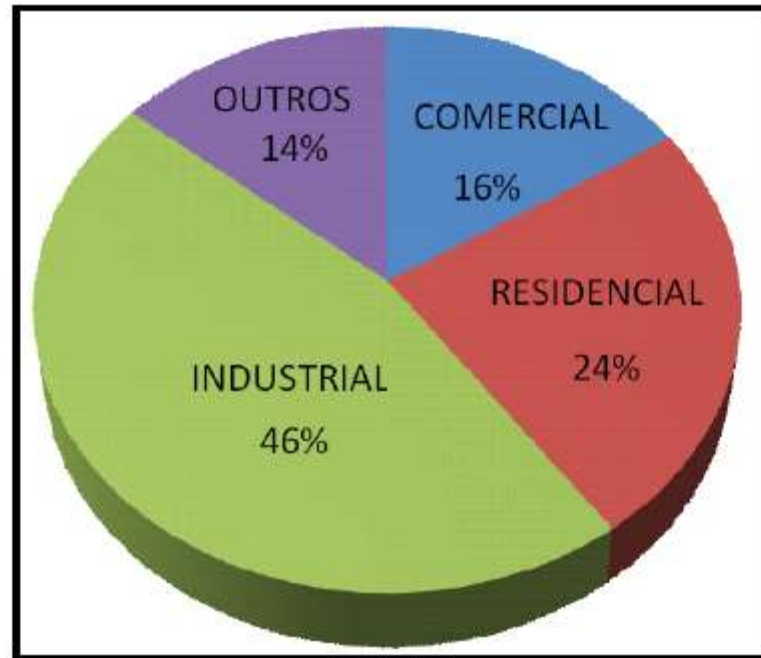


Figura 1.1 - Consumo de energia elétrica por setor no Brasil.

Fonte: (EPE, 2008).

A eficiência energética é um conjunto de políticas e ações que tem por objetivo a redução dos custos da energia efetivamente utilizada ou ainda, o aumento da quantidade de energia oferecida sem aumento de geração (AUGUSTO JR, 2001).

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

Dados de medições antes e após implementações de motores elétricos

Seleção da Energy Service Company

Satisfação dos clientes

Programas de Eficiência Energética da ANEEL

5 empresas elegíveis

Análise de 266 substituições

Segmentos industriais – Têxtil e Alimentício

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

Empresa 1 - 76 motores Weg AR (Vargem Grande Pta) 2005

Empresa 2 - 70 motores Weg AR (Osasco) 2005

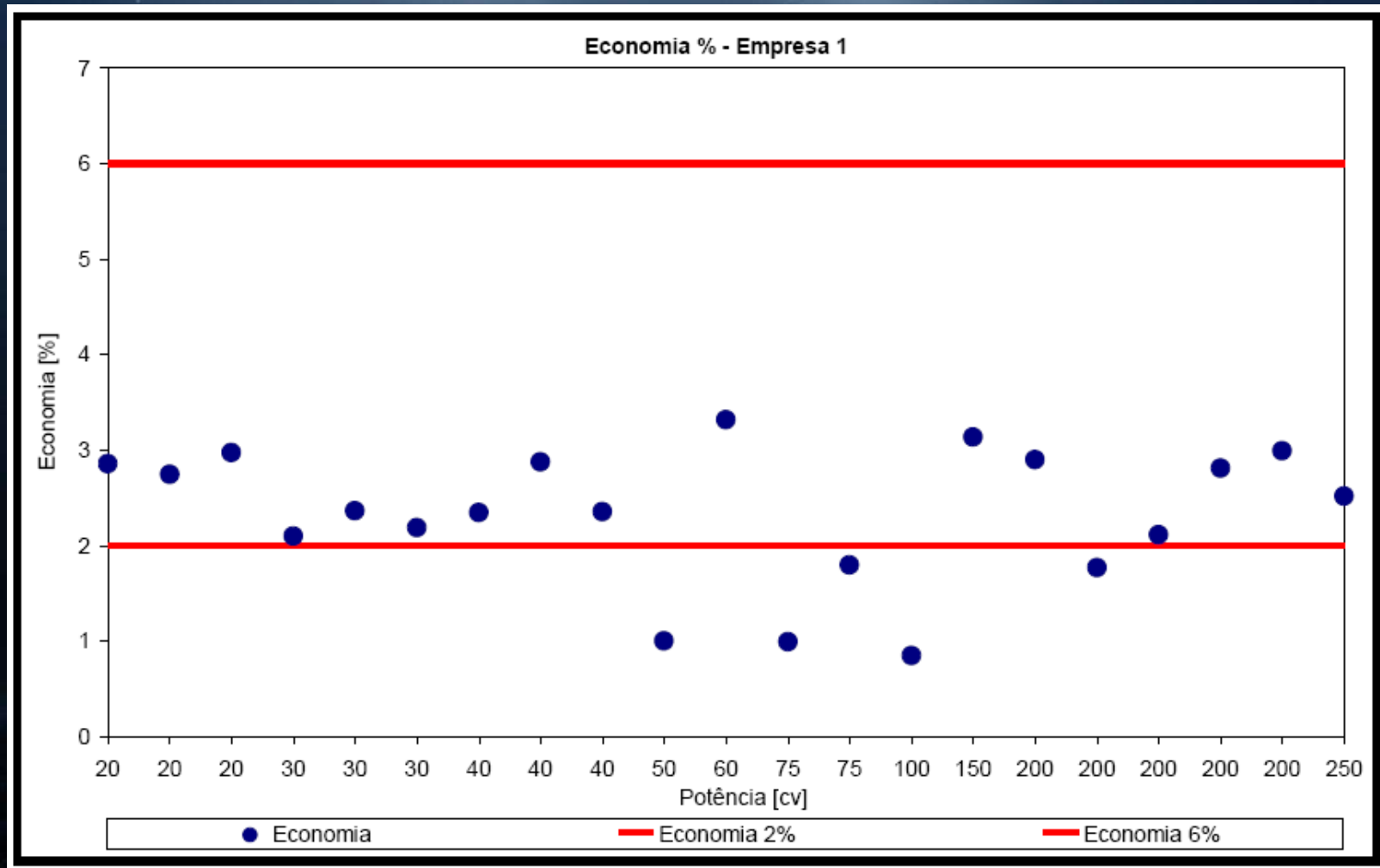
Empresa 3 - 30 motores Weg AR (Araras) 2004

Empresa 4 - 40 motores Weg AR (Araçatuba) 2004

Empresa 5 - 50 motores Weg AR (S. J. Rio Pardo) 2005

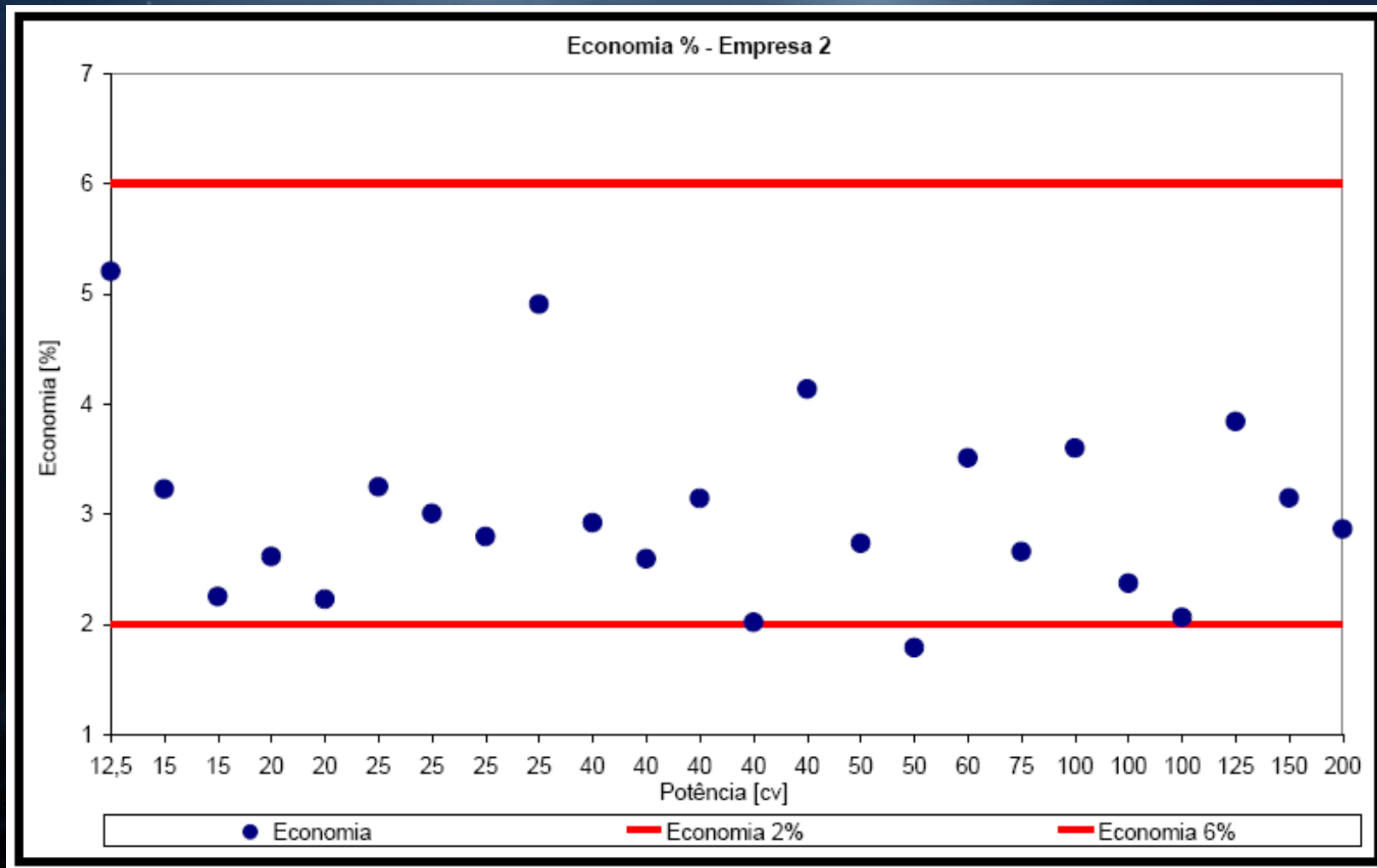
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

ANÁLISE DOS DADOS
EMPRESA 1 (2005)



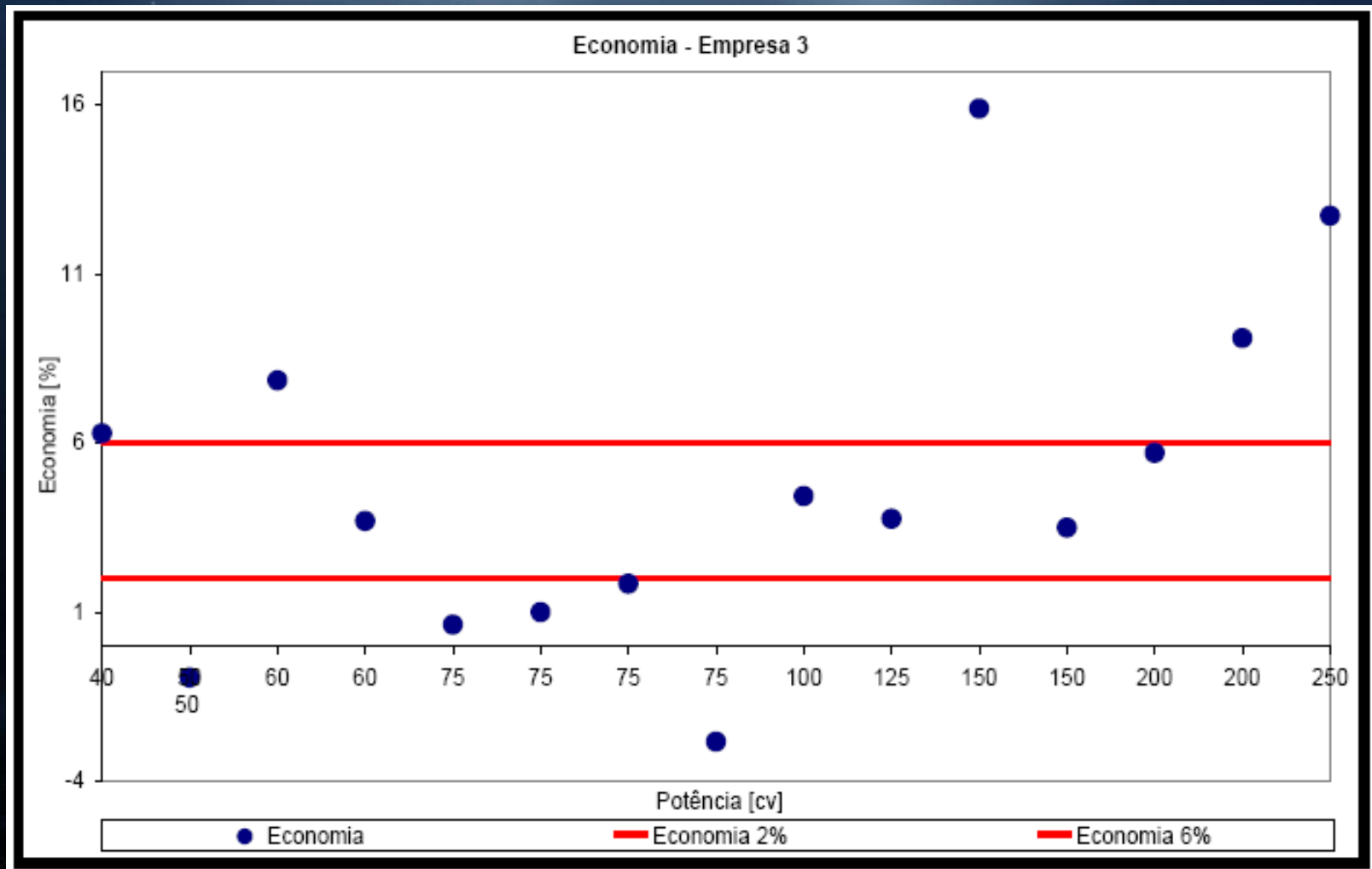
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

ANÁLISE DOS DADOS
EMPRESA 2 (2005)



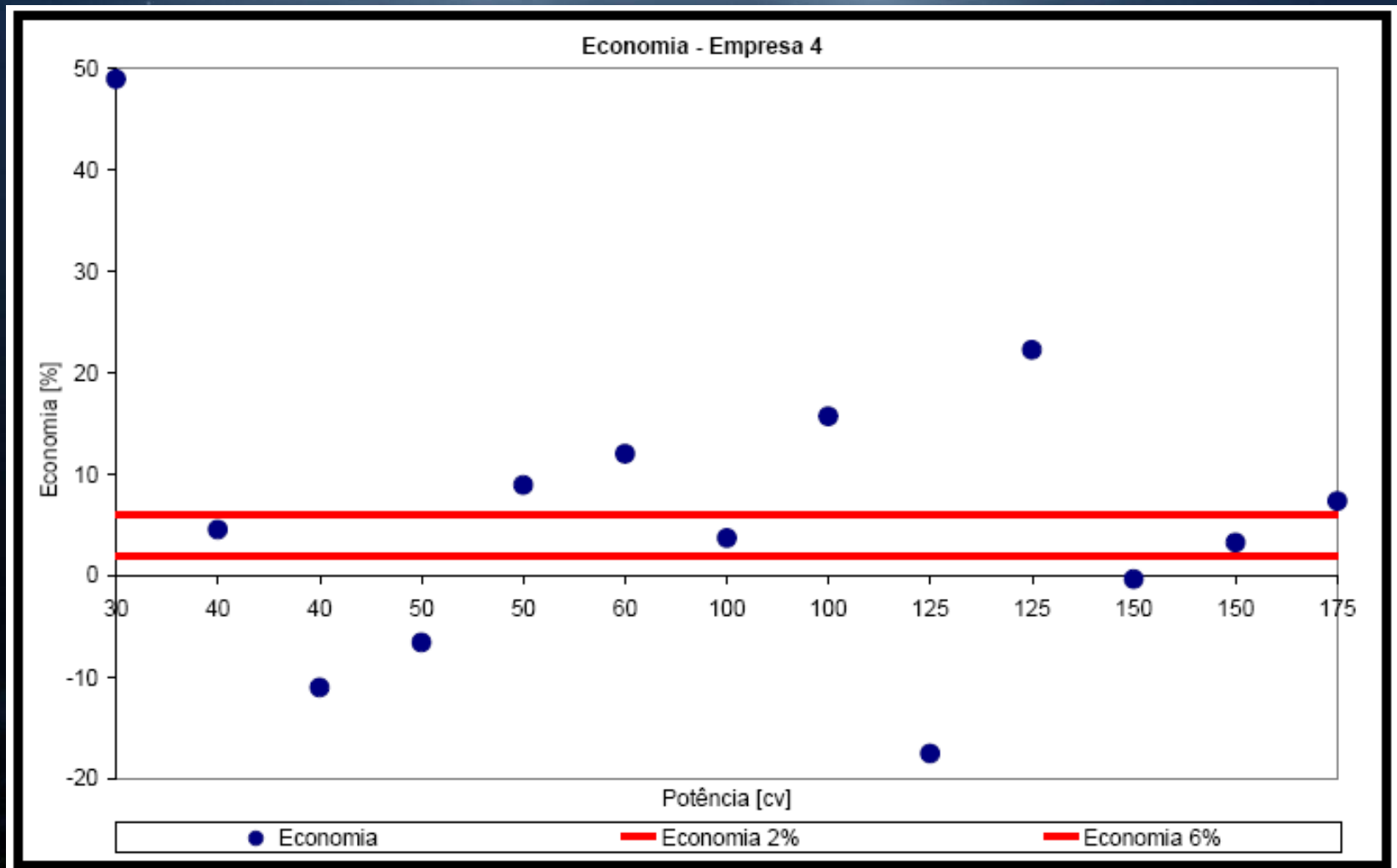
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

ANÁLISE DOS DADOS
EMPRESA 3 (2004)



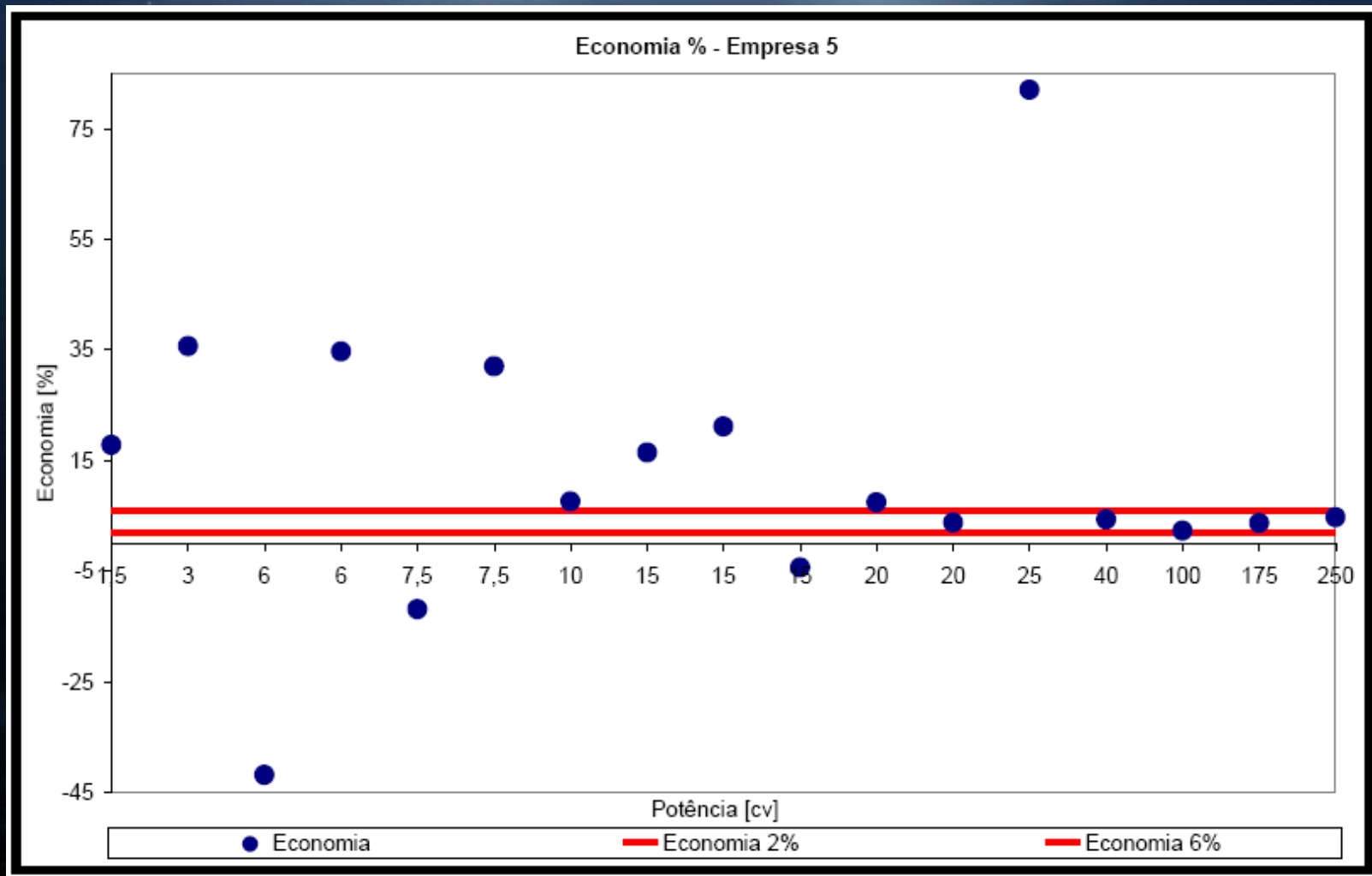
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

ANÁLISE DOS DADOS
EMPRESA 4 (2004)



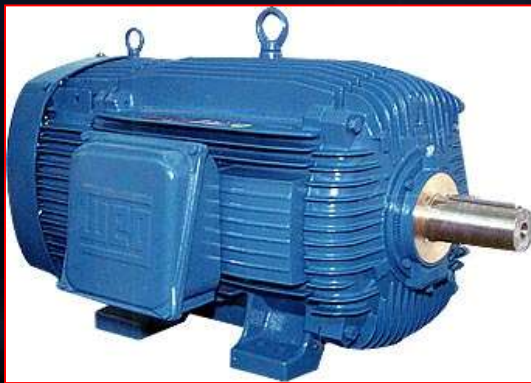
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM SISTEMAS MOTRIZES

ANÁLISE DOS DADOS
EMPRESA 5 (2005)



MOTOR ELÉTRICO

Introdução



MOTOR ELÉTRICO

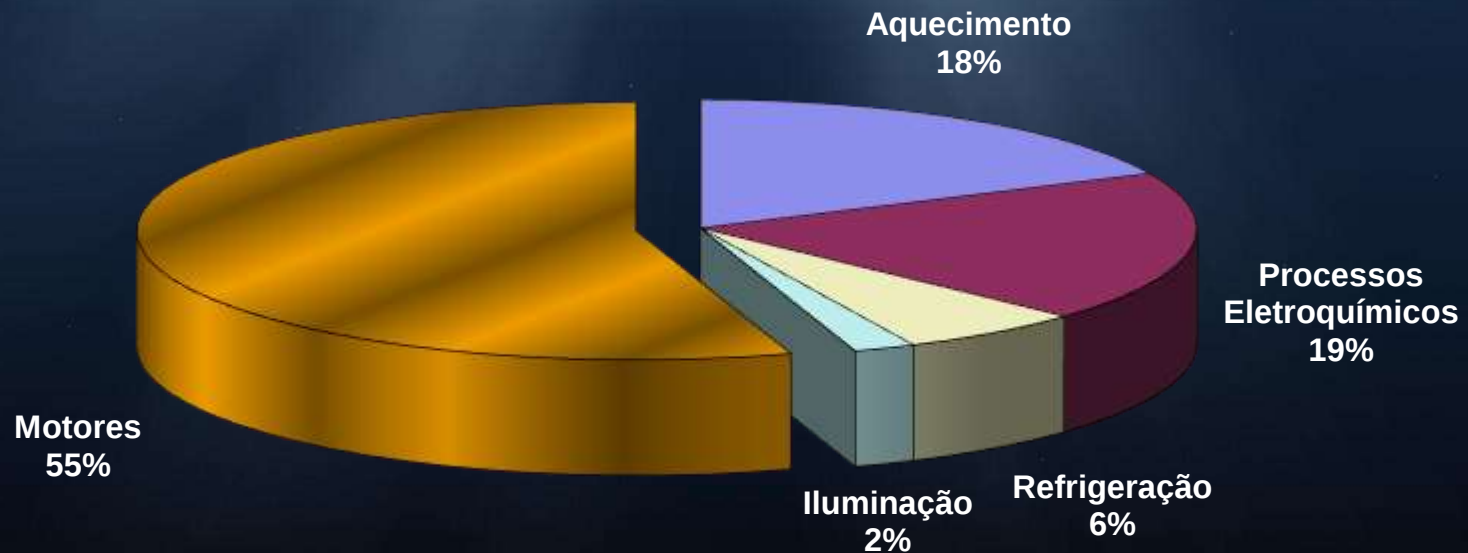
Introdução



Relação massa / potência de um motor elétrico ao longo dos anos.

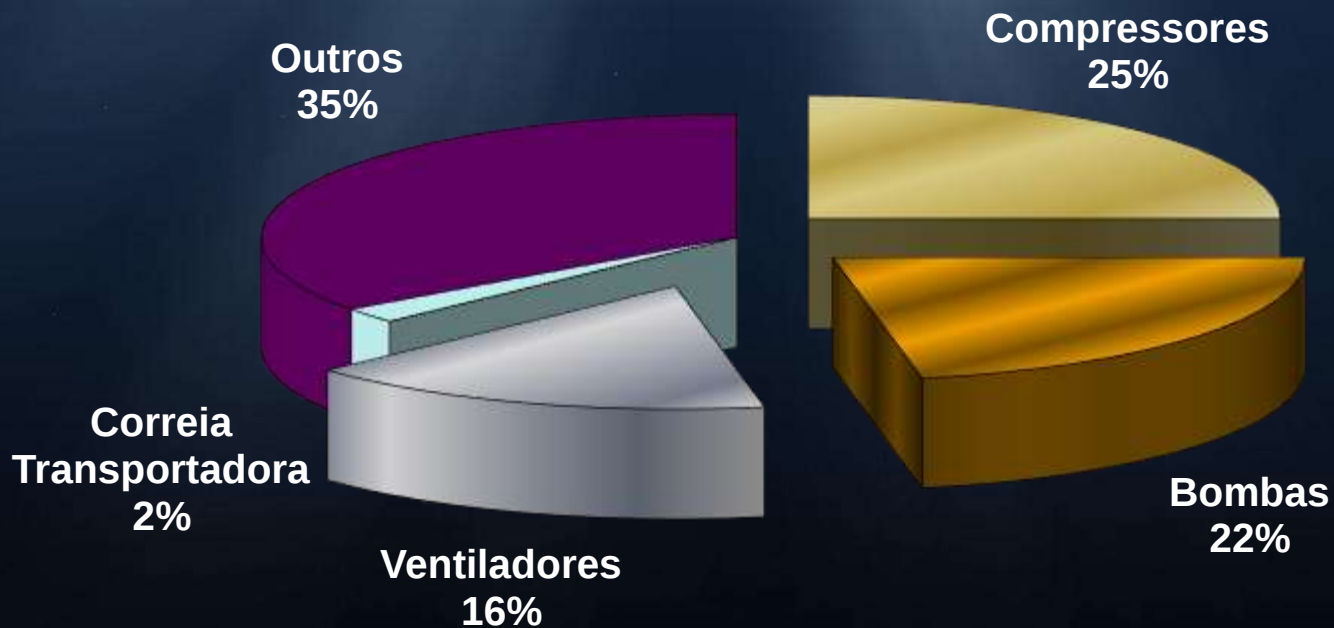
Fonte: Adaptado de (ELETROBRÁS, 2003).

MOTOR ELÉTRICO



Participação percentual dos motores elétricos no ambiente industrial brasileiro.
Fonte: Adaptado de (WEG, 2010).

MOTOR ELÉTRICO



Participação dos motores elétricos nos acionamentos industriais.
Fonte: Adaptado de (WEG, 2010).

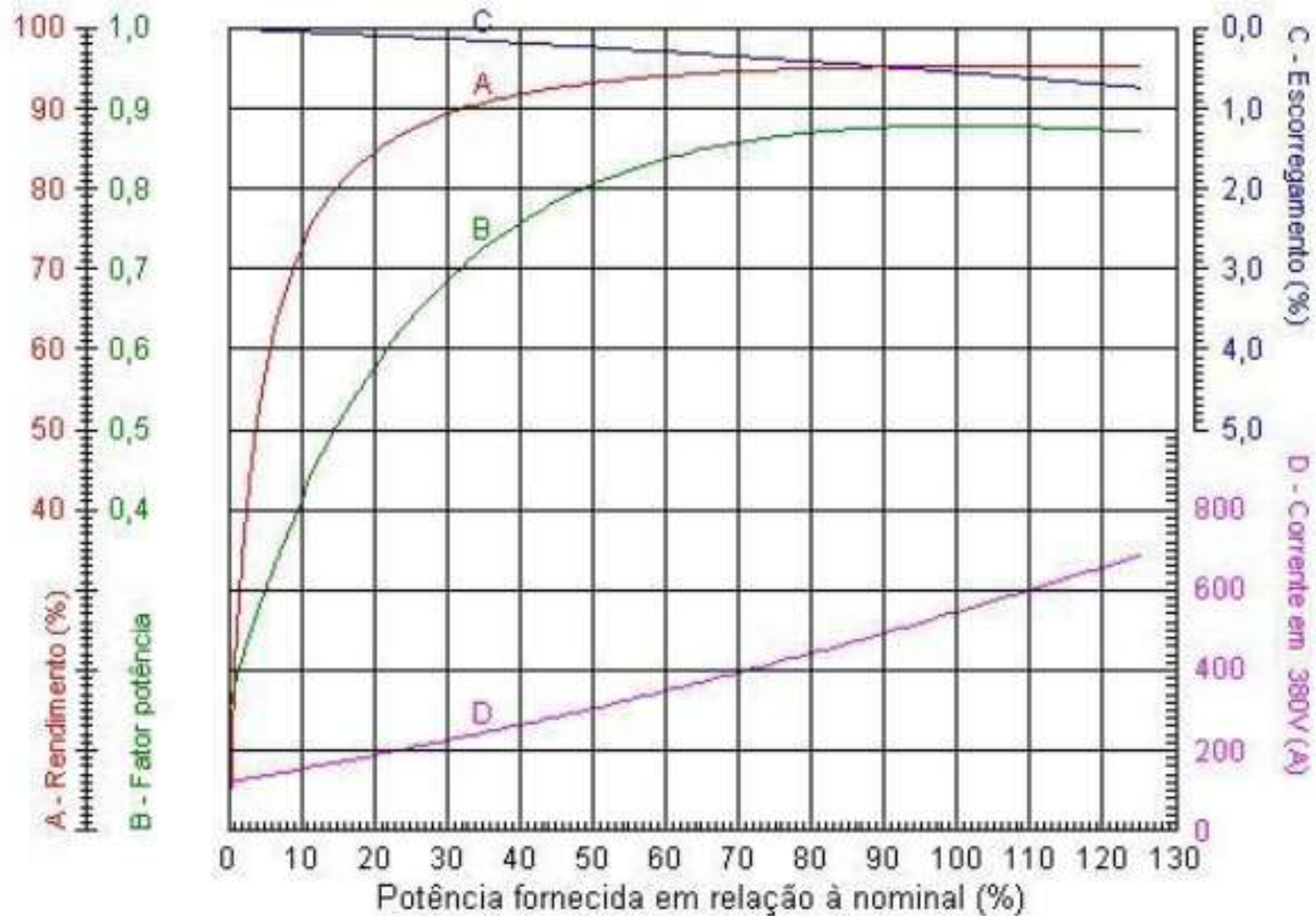
MOTOR ELÉTRICO

Principais perdas em um motor elétrico de indução

PERDAS	[%]
Estator	40,0
Rotor	20,0
Ferro	20,0
Mecânicas	7,5
Suplementares	12,5

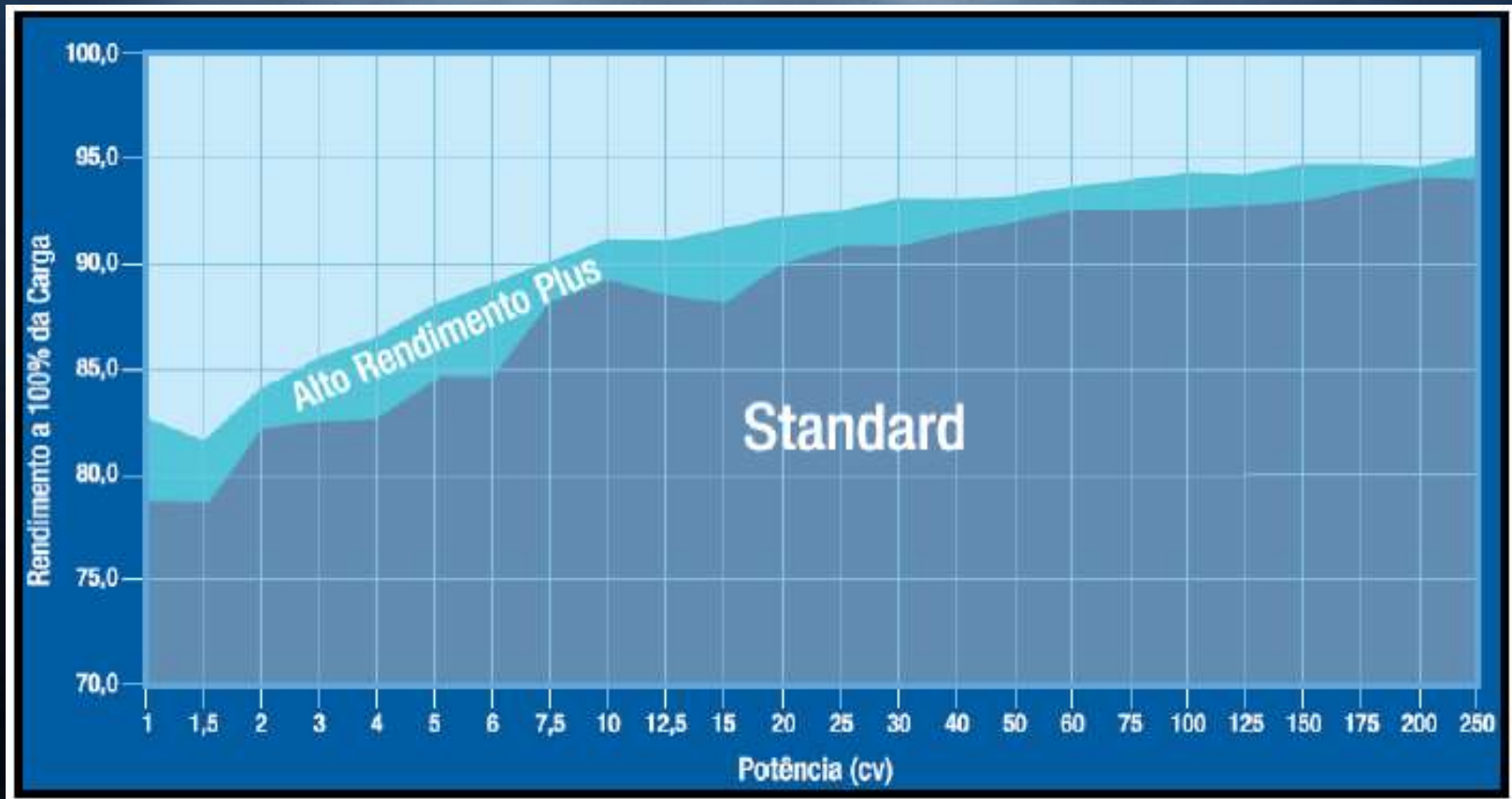
Fonte: (ELETROBRÁS, 2003).

MOTOR ELÉTRICO



MOTOR ELÉTRICO

MOTOR DE ALTO RENDIMENTO

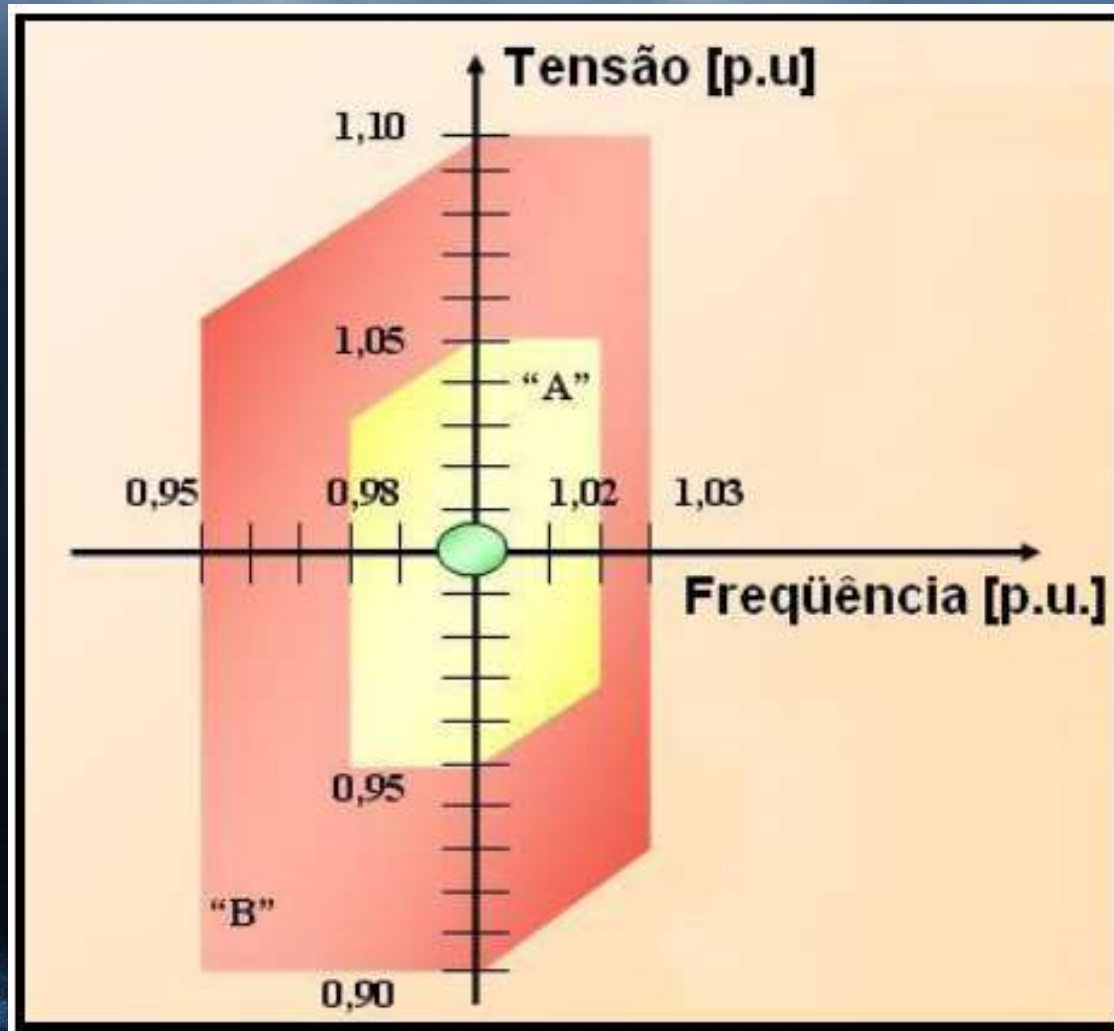


Comparação entre motores do tipo padrão e alto rendimento.

Fonte: (WEG, 2009).

MOTOR ELÉTRICO

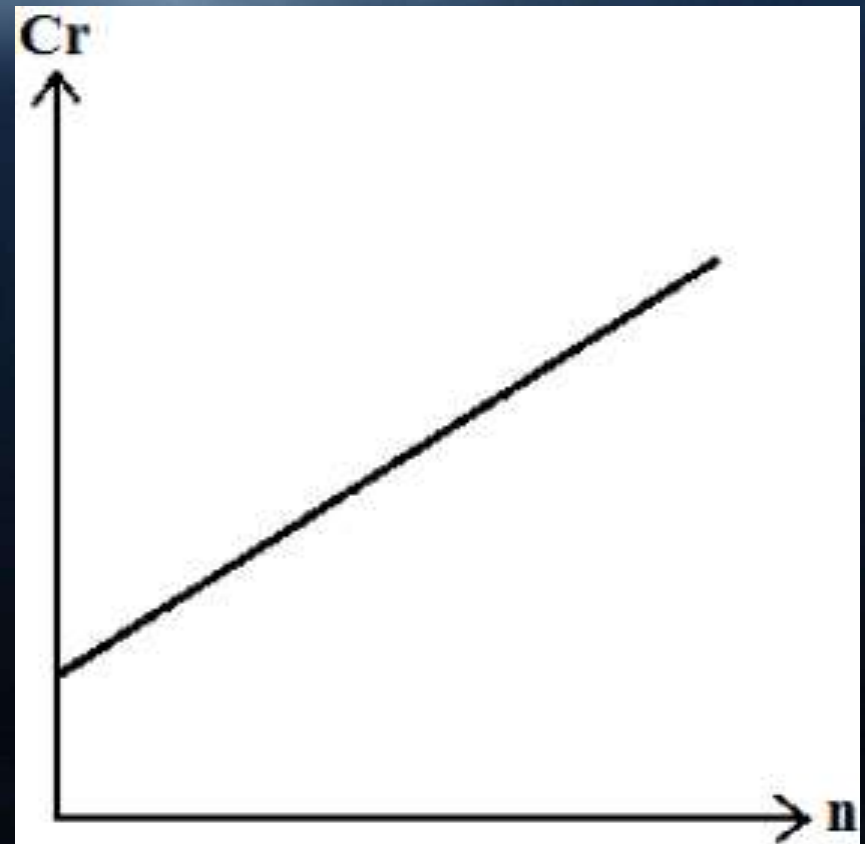
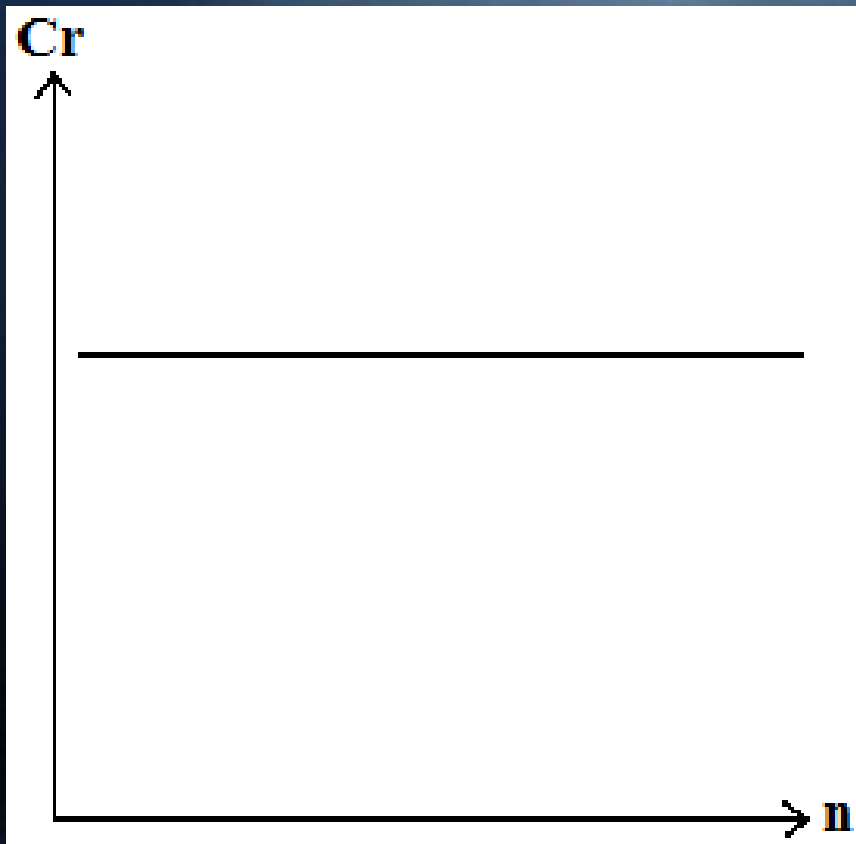
QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA



Fonte: Adaptado de (ABNT NBR 17094-1, 2008).

MOTOR ELÉTRICO

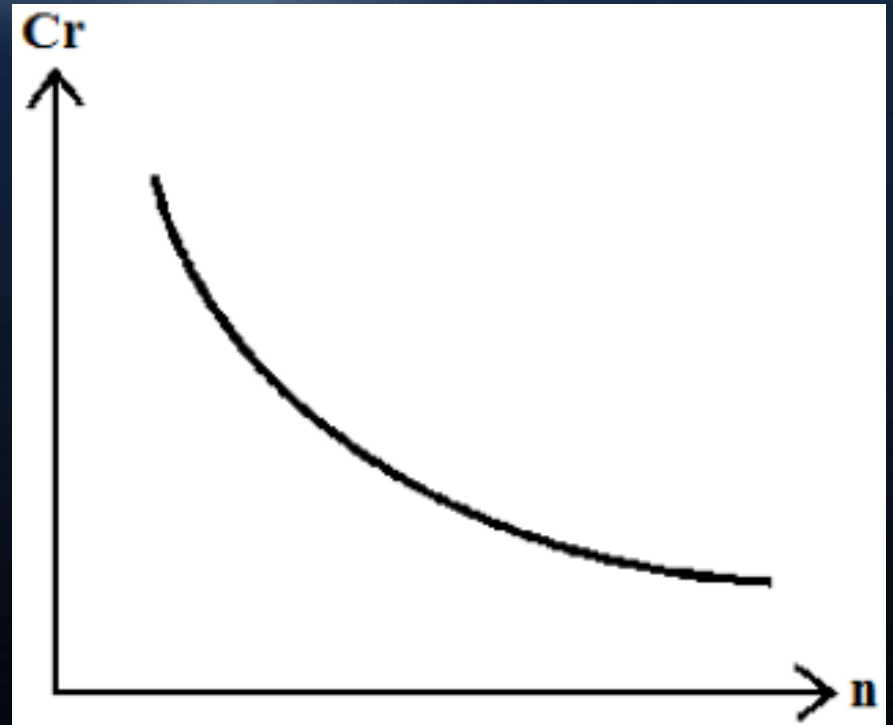
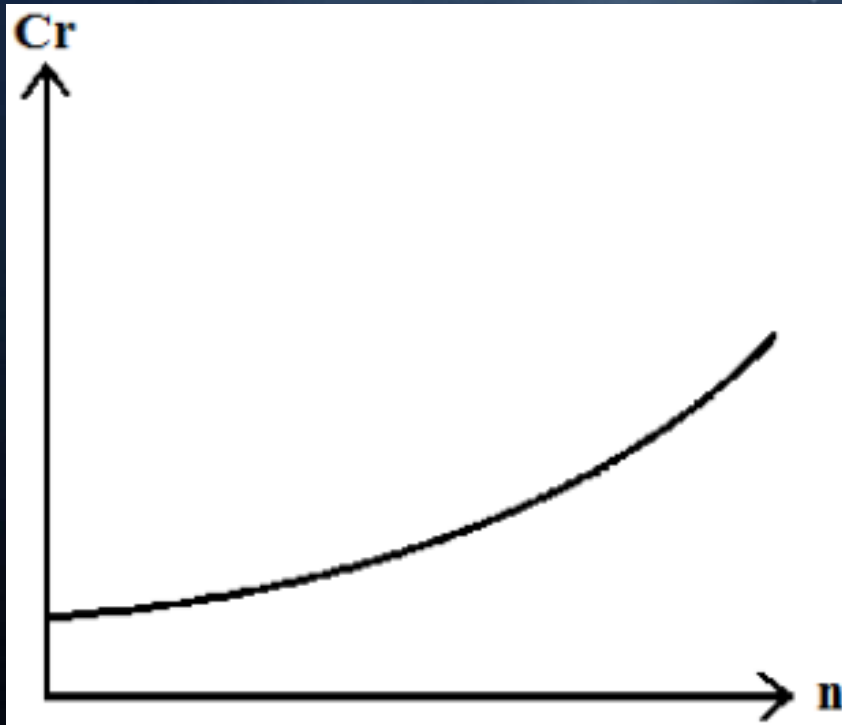
SISTEMA MECÂNICO



Fonte: Adaptado de (LOBOSCO; DIAS, 1988).

MOTOR ELÉTRICO

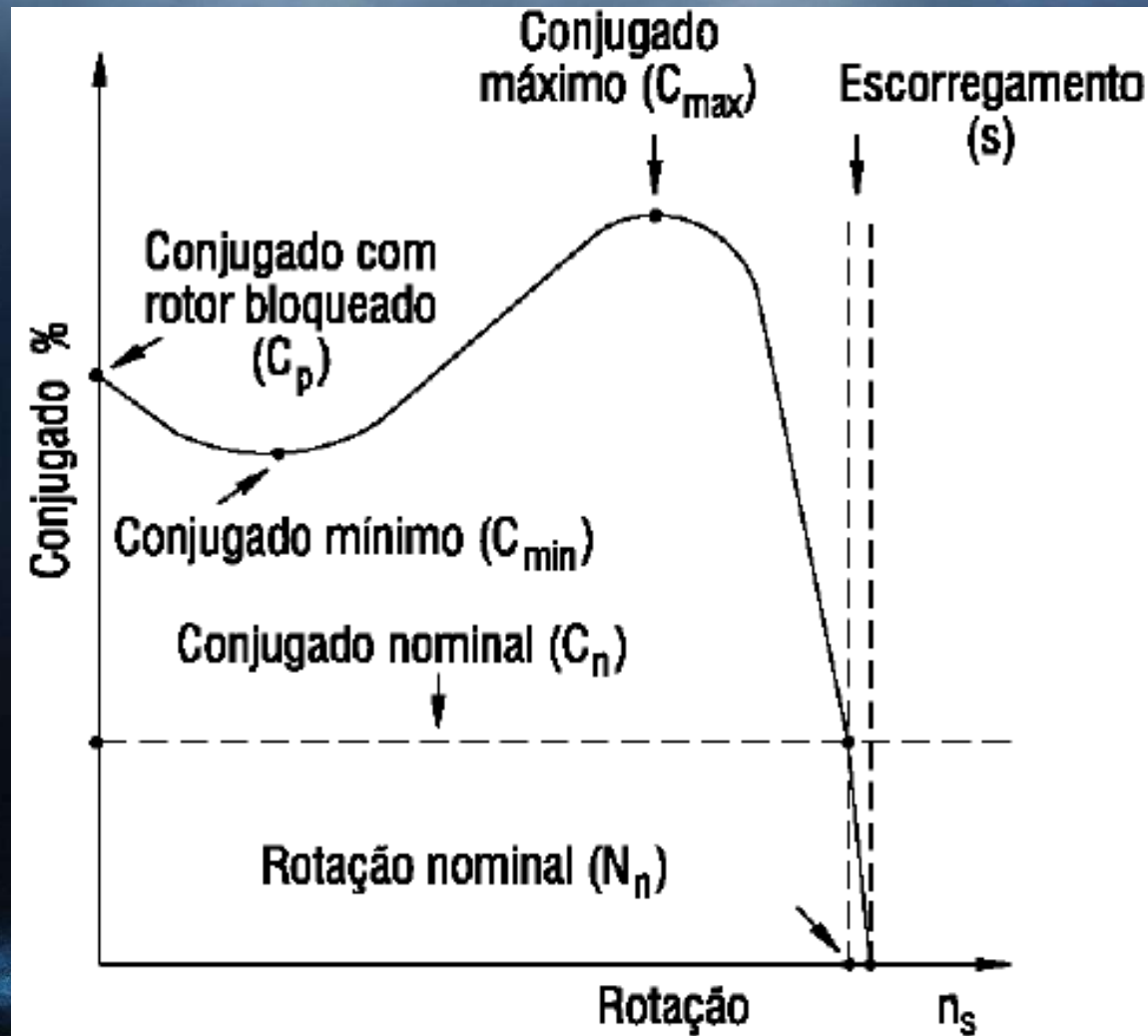
SISTEMA MECÂNICO



Fonte: Adaptado de (LOBOSCO; DIAS, 1988).

MOTOR ELÉTRICO

TIPOS DE CONJUGADOS DOS MOTORES ELÉTRICOS



MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE

PROTOCOLO INTERNACIONAL PARA MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE

Fornece uma visão geral das práticas atualmente utilizadas para a verificação de resultados obtidos em projetos de eficiência energética (DOE).

- a) Aumento das economias com energia.
- b) Redução do custo de financiamentos de projetos.
- c) Realização de bons projetos de engenharia.
- d) Redução da emissão de gases de efeito estufa.
- e) Gerenciamento de energia.
- f) Eficiência nos recursos e objetivos ambientais.

MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO



X



METODOLOGIAS EXISTENTES

BD MOTOR

CADASTRO DE MOTORES => 1989 Motores Cadastrados.

Sigla do Fabricante	Tipo	RPM	Grau de Proteção	Fabricante
EBERLE	Alto Rendimento	900	IP55	Cadastrar >>

Num. 1989

Potencia(CV)	150	Rendimento 50%	93.5	Momento de Inércia (kgm²)	23
Caixa	315S/M	Rendimento 75%	94.8	Tempo com Rotor Bloqueado (s)	10
RPM Assinc.	890	Rendimento 100%	94.9	Nível de Ruído (dB)	74
Corrente Nominal (A)	398.6	Fator de Potência 50%	0.69	Peso(kg)	1149
Corrente Rotor Bloqueado	6.67	Fator de Potência 75%	0.75	Preço (R\$)	18385.9
Conjugado Nominal (kgfm)	121	Fator de Potência 100%	0.77	Garantia (Anos)	2
Conjugado Rotor Bloqueado	2	Fator de Serviço	1.15	Ano de Fabricação	2003
Conjugado Máximo	2.5				

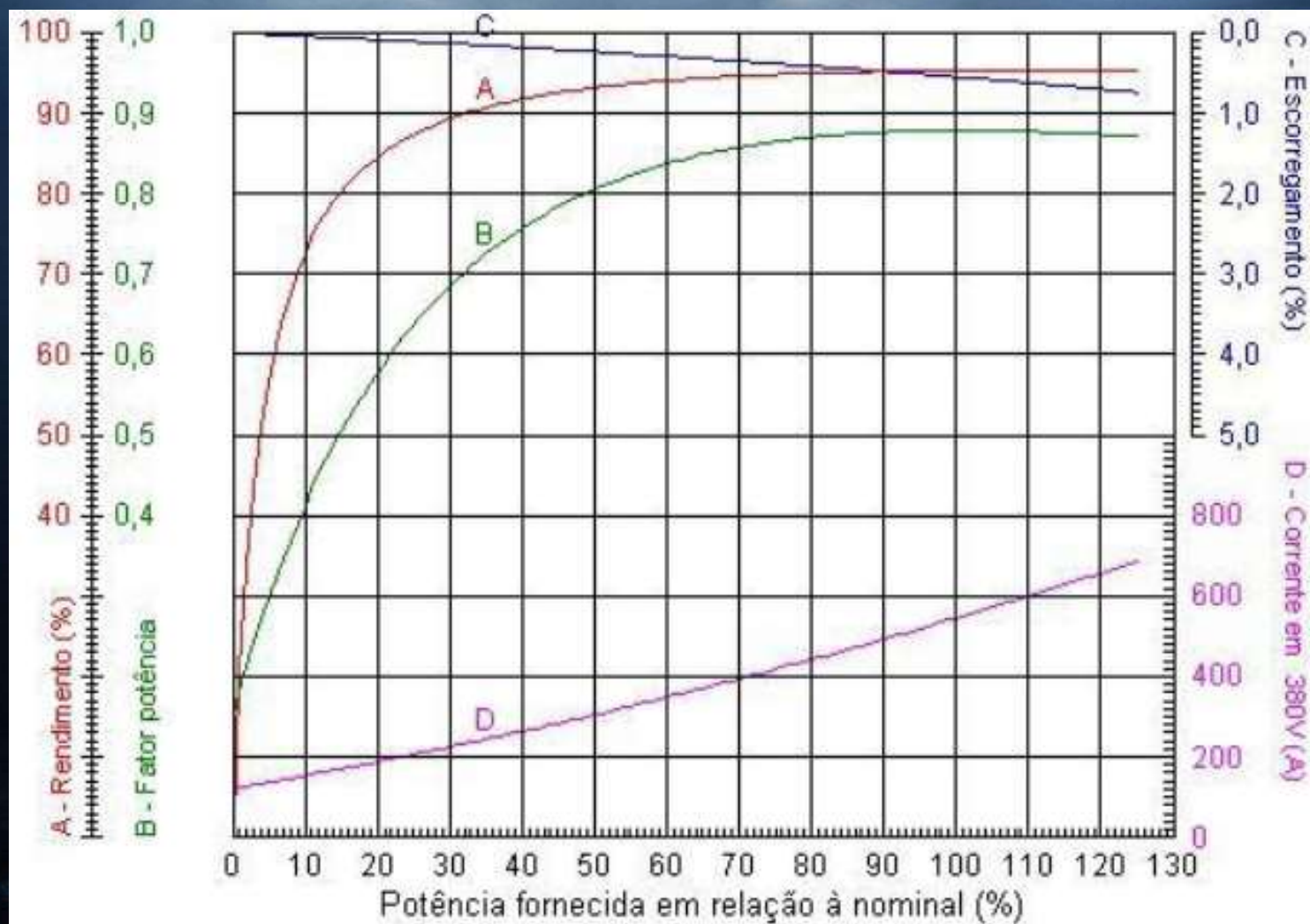
METODOLOGIAS EXISTENTES

BD MOTOR

Motor 1398 - WEG		Motor 1506 - WEG		
Potência (cv)	100	Potência (cv)	100	
Carga (%)	75	Carga (%)	75	
Rendimento (%)	92.5	Rendimento (%)	94.2	
Perda Rend. (%)	3	Preço (R\$)	8422.67	
Total Horas (Ano)	8000	Desconto (%)	0	
		Total Horas (Ano)	8000	
Tarifa média de energia		Carga Centrífuga		Execute
0.200 (R\$/kWh)		☒ Sim ☐ Não		
				Fecha
Consumo Ativo no Ano (kWh - R\$)				
493407.82 kWh		471756.82 kWh		
98681.56 R\$		94351.36 R\$		
Retorno da diferença do investimento (Payback) - Motor 1506				
23 meses				
Diferença Invest. :		Economia por Ano :		
8422.67 R\$		21651.00 Kwh 4330.20 R\$		Imprime

METODOLOGIAS EXISTENTES

CONVENCIONAL



METODOLOGIAS EXISTENTES

MARK IV



Identificação do Motor

Motor Exemplo

Dados de Placa

Marca	Produção
Tensão [V]	440
Corrente Nominal (In) [A]	19
Potência Nominal (Pn)	15
Unidade da Potência	cv
Fases	Trifásico
Rotação [rpm]	1755
Fator de Serviço [pu]	1.15

METODOLOGIAS EXISTENTES

MARK IV



Motores

Rendimento pela Carga

A 100% de Carga [%]	93.2
A 75% de Carga [%]	92.5
A 50% de Carga [%]	91.5

Fator de Potência pela Carga

A 100% de Carga	0.87
A 75% de Carga	0.83
A 50% de Carga	0.74

Característica da Carga

Funcionamento	Permanente
Tipo	Bombas, Ventiladores, Com

METODOLOGIAS EXISTENTES

MARK IV



The screenshot shows a software window titled "Motores" (Motors) on the left side, which features a vertical orange gradient bar with the word "Motores" in white, a small image of a motor, and a smiley face icon. The main area of the window is divided into three sections: "Medições" (Measurements), "Funcionamento" (Operation), and "Horas por Dia" (Hours per Day). Each section contains input fields for specific data points.

Medições	
Tensão no Motor [V]	380
Medida Escolhida	Rotação com Carga [rpm]
Valor da Medição	1770

Funcionamento	
Dias por Mês [dias]	30

Horas por Dia	
Fora de Ponta [horas]	21
Na Ponta [horas]	3

At the bottom of the window, there are two buttons: "< Retornar" (Return) and "Salvar" (Save).

METODOLOGIAS EXISTENTES

MARK IV

Relatório

Motor Atual

Potência: 100,00 cv(HP) ou 73.500 W

Carregamento: 100,00 cv(HP) ou 73.500 W

Rendimento: 93,5 %

Fator de potência: 0,87

Perdas Totais: 5.110 W

Situação do Carregamento do motor: Adequado.

METODOLOGIAS EXISTENTES

MOTOR MASTER



METODOLOGIAS EXISTENTES

MOTOR MASTER

Prev		Next		Notes...						Exit	
Manufacturer WEG Electric Motors				Efficiency (%)				Power Factor (%)			
Model Tru Metric - Cast Iron				Full Load 94.1				Full Load 88.0			
Catalog 05518EP3E250S				75% Load 94.1				75% Load 84.0			
Motor type IEC (Metric)				50% Load 93.0				50% Load 75.0			
Size (kW - HP) 55 - 75		Full load speed (RPM) 1780		25% Load				25% Load			
Speed (RPM) 1800											
Enclosure type TEFC		Frame No. 250S/M		Torque (ft-lbs)				Amperage (amps)			
Voltage rating 230/460 volts				Full Load 218.2				Full Load 83.4			
Definite purpose				Breakdown 763.7				Idle 31.0			
				Locked Rotor 676.4				Locked Rotor 683.9			
U-Frame ☐		C-Face ☐		Stalled rotor time (sec.)				Peak voltage			
Vertical shaft ☐		D-Flange ☐		Hot 20.0				@ 0 ms.			
Service factor 1.15		Insulation Class F		Cold 44.0				@ 5 ms.			
Weight (lbs.) 1063.0		List Price (\$) 5286									
Winding resistance (mOhms@25C)		Warranty (yrs) 2.0		Rotor bars 0				Stator slots 0			

METODOLOGIAS EXISTENTES

MOTOR MASTER

☐ New ☐ Rewind ☒ Replace Existing		Savings		?		Exit	
Utility *User-defined		Existing <Avg Std Efficiency>		Premium Efficiency <Avg Premium Efficiency>			
Rate Schedule 		Motor Description and Features					
Facility <none>		Size/Speed		50	hp	1800	RPM
Energy price (\$/kWh) 0.1000		Enclosure/Voltage		TEFC		440	Volts
Demand charge (\$/kW)		Hours use/yr		8760	Inventory		
		Load (%)		75.0	Catalog		
		Efficiency (%)		91.6	Copy Values		
		Full load RPM					
		Old Motor Effic Loss					
		Dealer discount (%)			25.0		
		Purchase Price (\$)			3183		
		Installation Cost (\$)			200		
		Motor Rebate (\$)					
		Peak Months					

METODOLOGIAS EXISTENTES

MOTOR MASTER

Savings Tracker Reports

Query Reports Help

Search New Action Form EIA-1605 Graph [Printer Icon] [Help Icon] Exit

Select Report

☒ Monthly Billing Summary

☐ Energy Conservation Summary

☐ Reduction in Consumption Report

Facility [Dropdown]

From [Date] [Calendar Icon]

Thru 10/2005 [Calendar Icon]

yrs [Spin]

Mth/Yr	Energy Use	Energy Cost	Production	Units	Energy Use per Unit	Rolling Average	

ENSAIOS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS

DADOS DISPONIBILIZADOS

Relatório 1 – Motor Weg 100 cv

Relatório 2 – Motor Arno 200 cv

Relatório 3 – Motor GE 75 cv

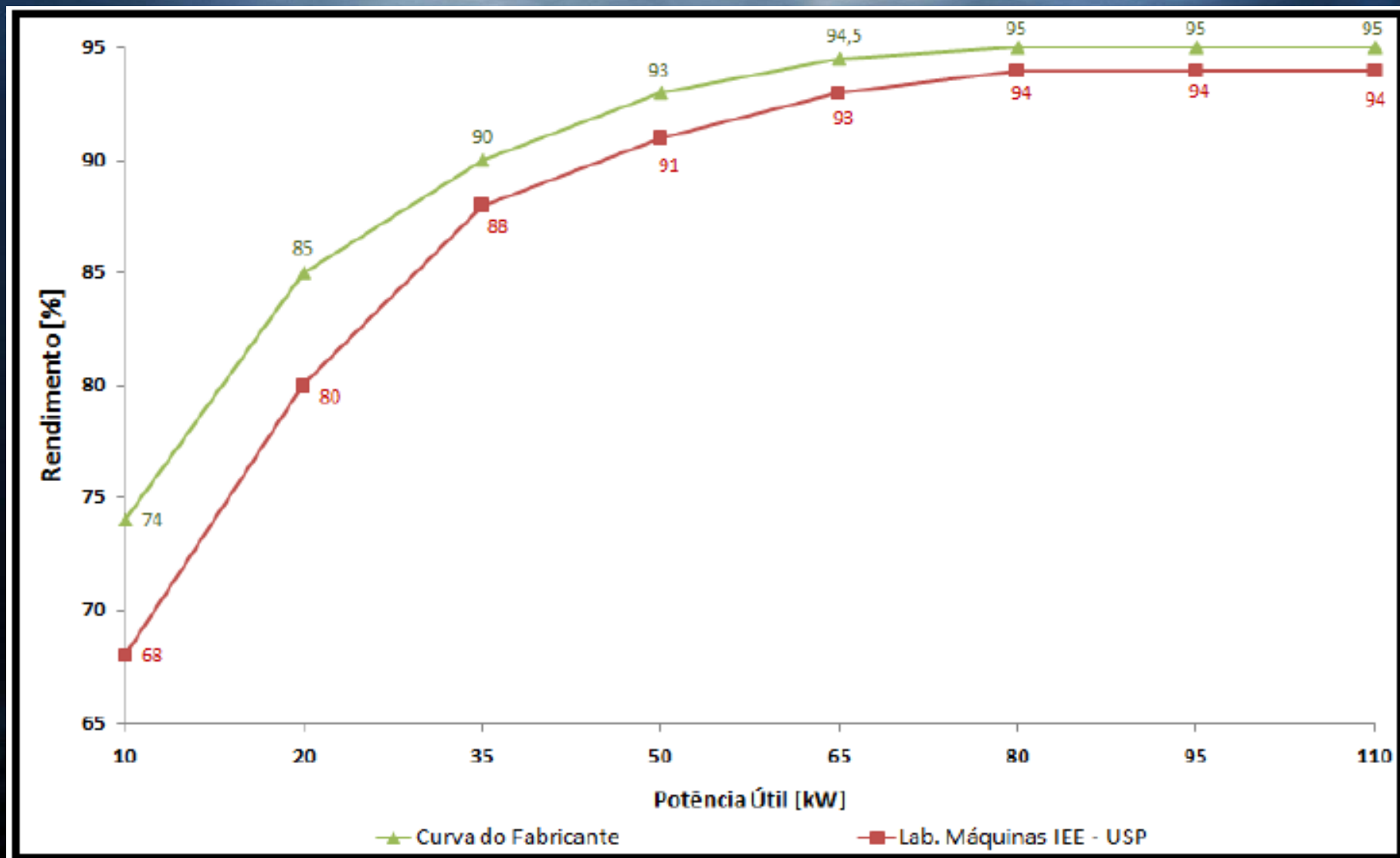
Relatório 4 – Motor Siemens 150 cv

Relatório 5 – Motor Bardela 100 cv

Relatório 6 - Motor Toshiba 450 cv

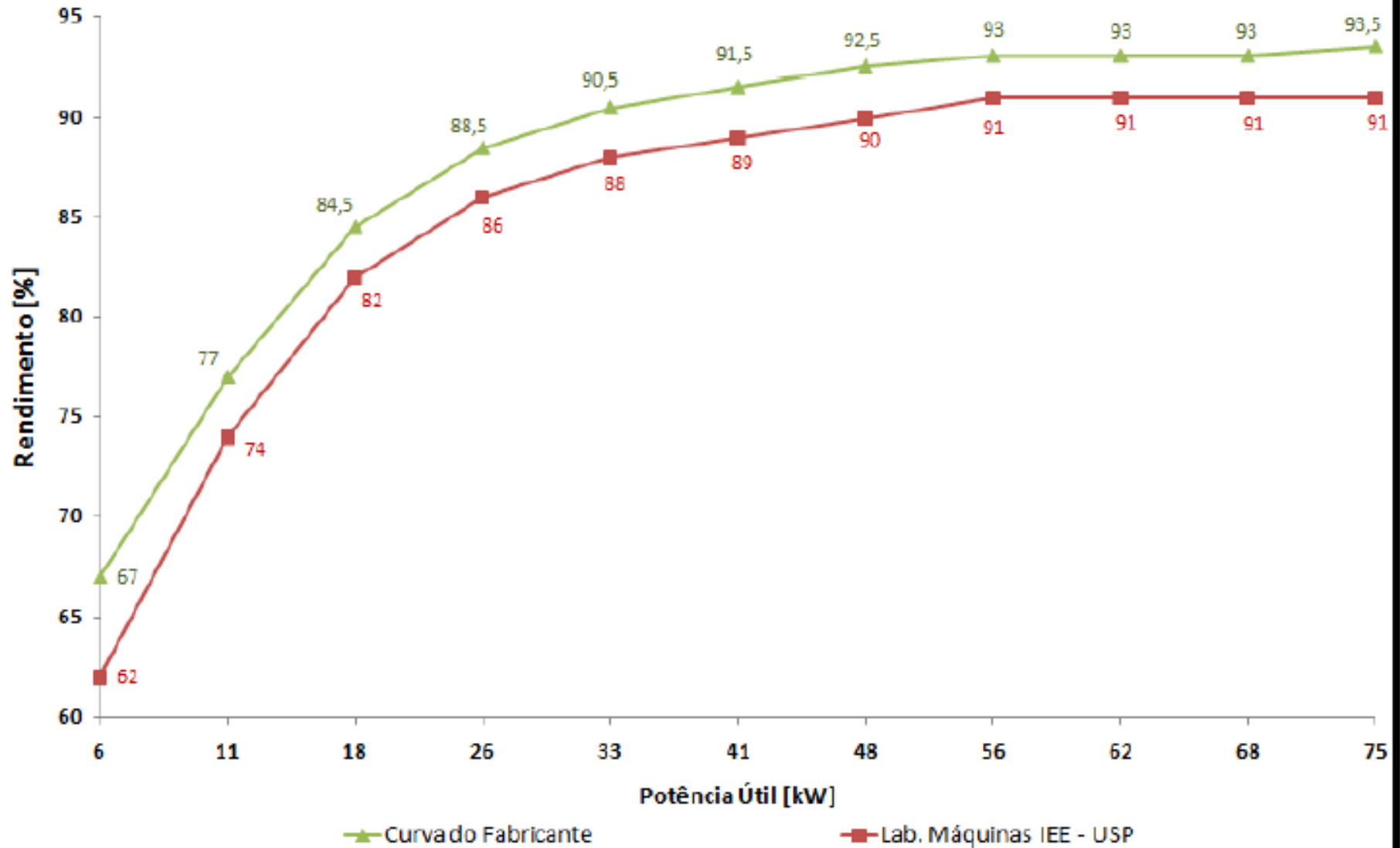
ENSAIOS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS

SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS DISPONIBILIZADOS – **WEG 100 cv (3 anos uso)**



ENSAIOS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS

SISTEMATIZAÇÃO DOS DADOS DISPONIBILIZADOS – **WEG 100 cv (4 anos uso)**



METODOLOGIA MHmit

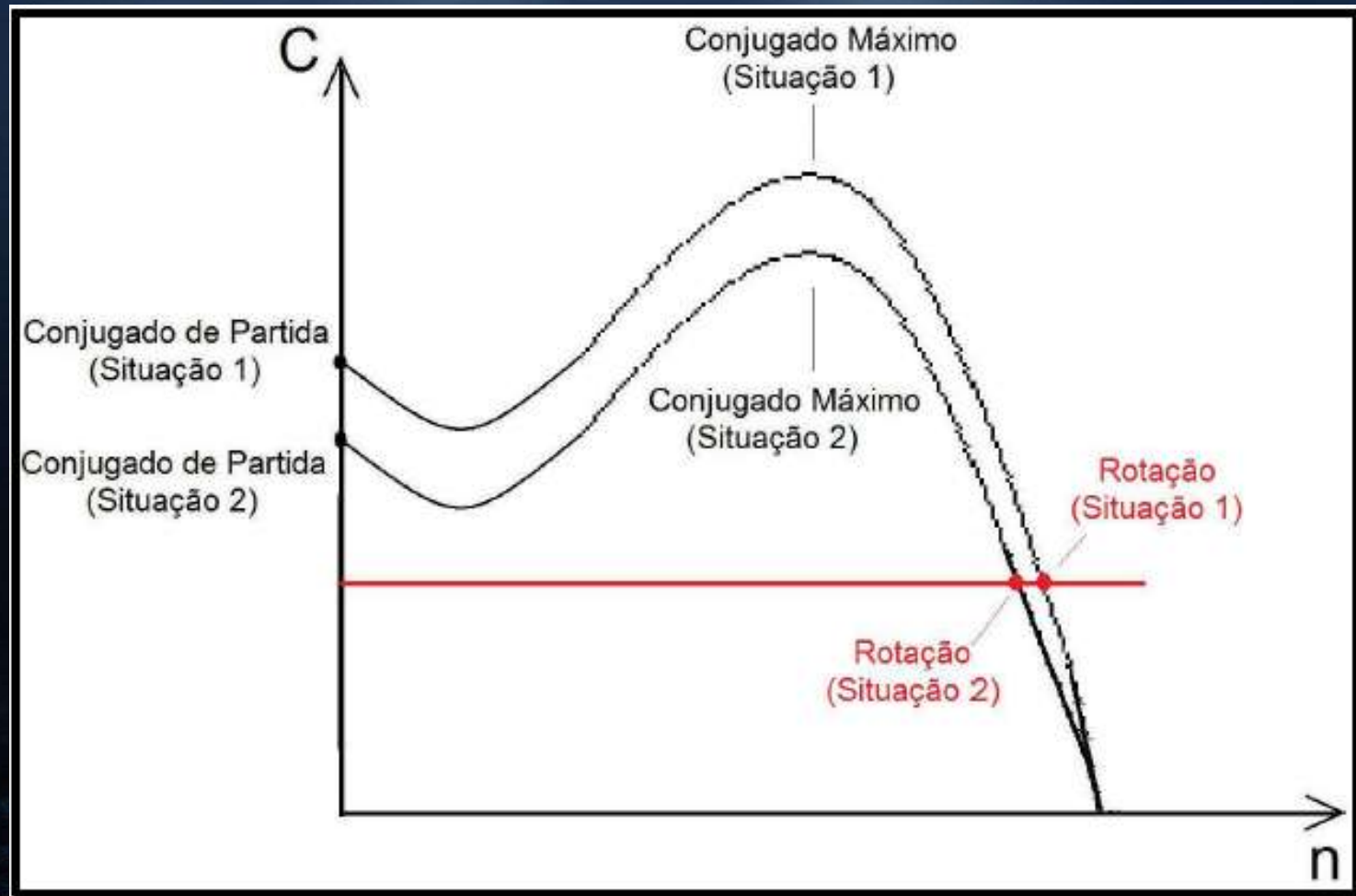
INTRODUÇÃO



METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO CONSTANTE:



METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO CONSTANTE:

$$\eta_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \cdot \eta_1$$

Onde:

η_2 = rendimento (motor antigo).

η_1 = rendimento (motor novo).

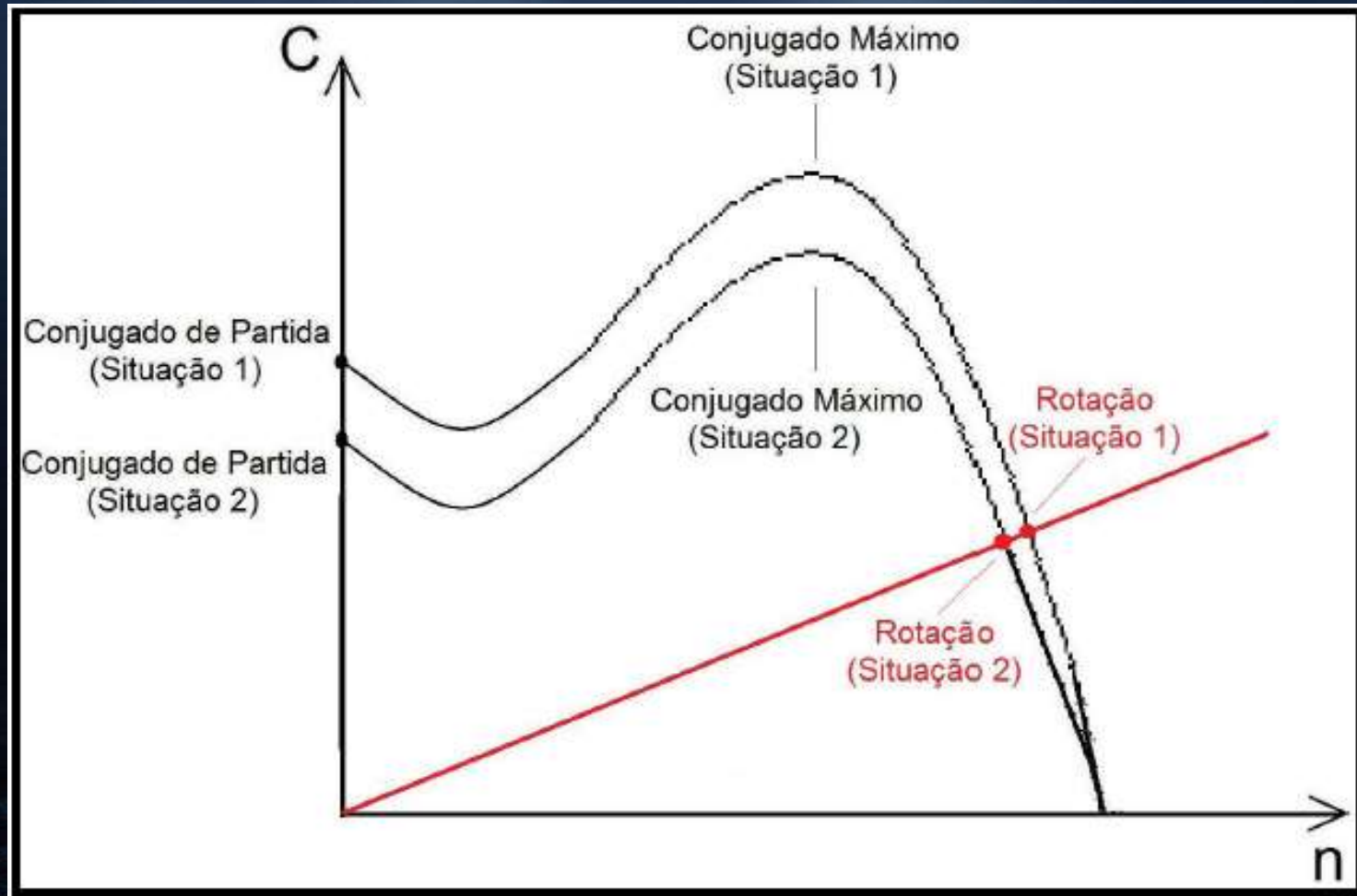
n_1 = rotação a plena carga (motor novo).

n_2 = rotação a plena carga (motor antigo).

METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO LINEAR:



METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO LINEAR:

$$\eta_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot \eta_1$$

Onde:

η_2 = rendimento (motor antigo).

η_1 = rendimento (motor novo).

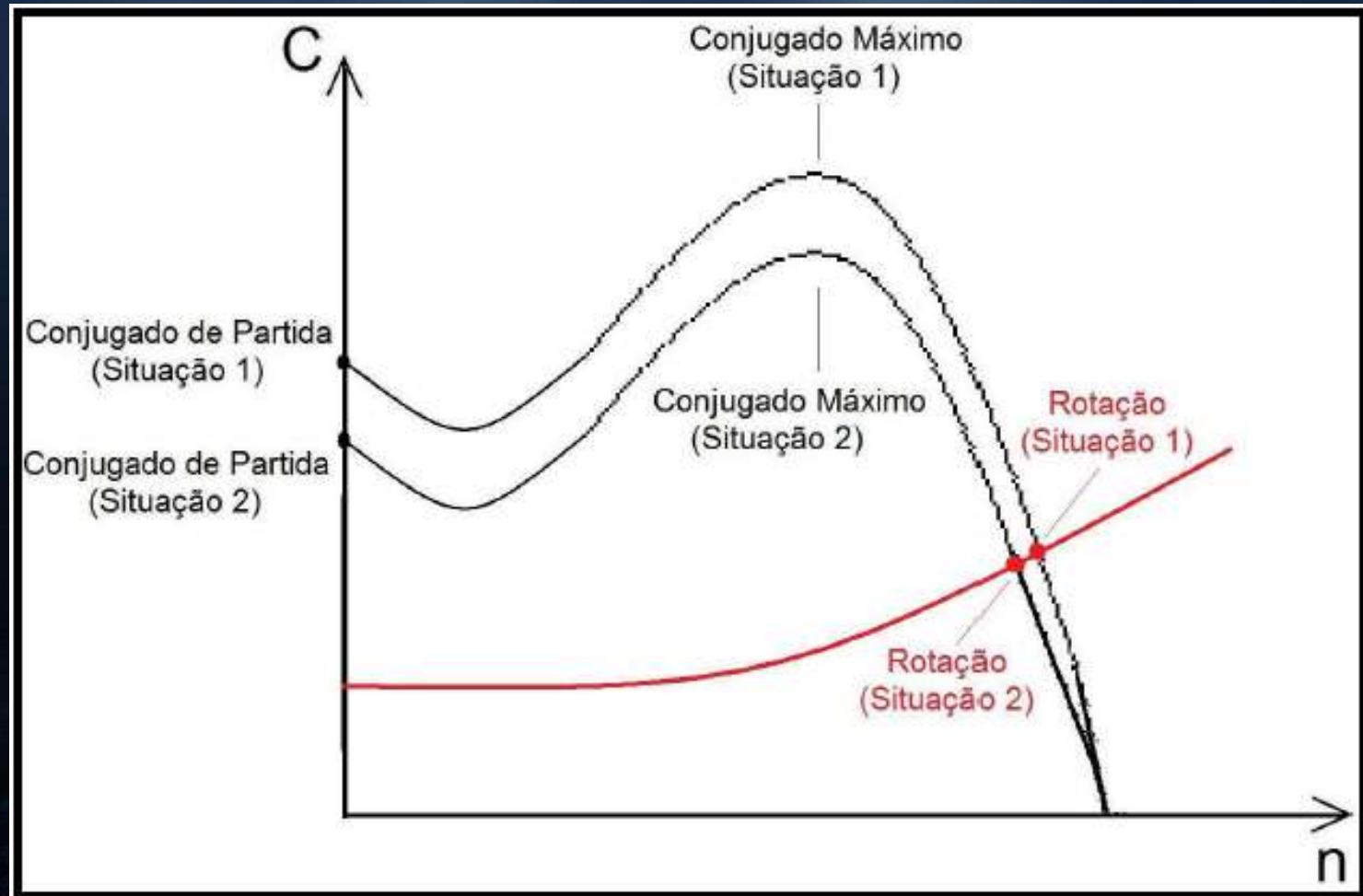
n_1 = rotação a plena carga (motor novo).

n_2 = rotação a plena carga (motor antigo).

METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO PARABÓLICO:



METODOLOGIA MHmit

DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO PARABÓLICO:

$$\eta_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \cdot \eta_1$$

Onde:

η_2 = rendimento (motor antigo).

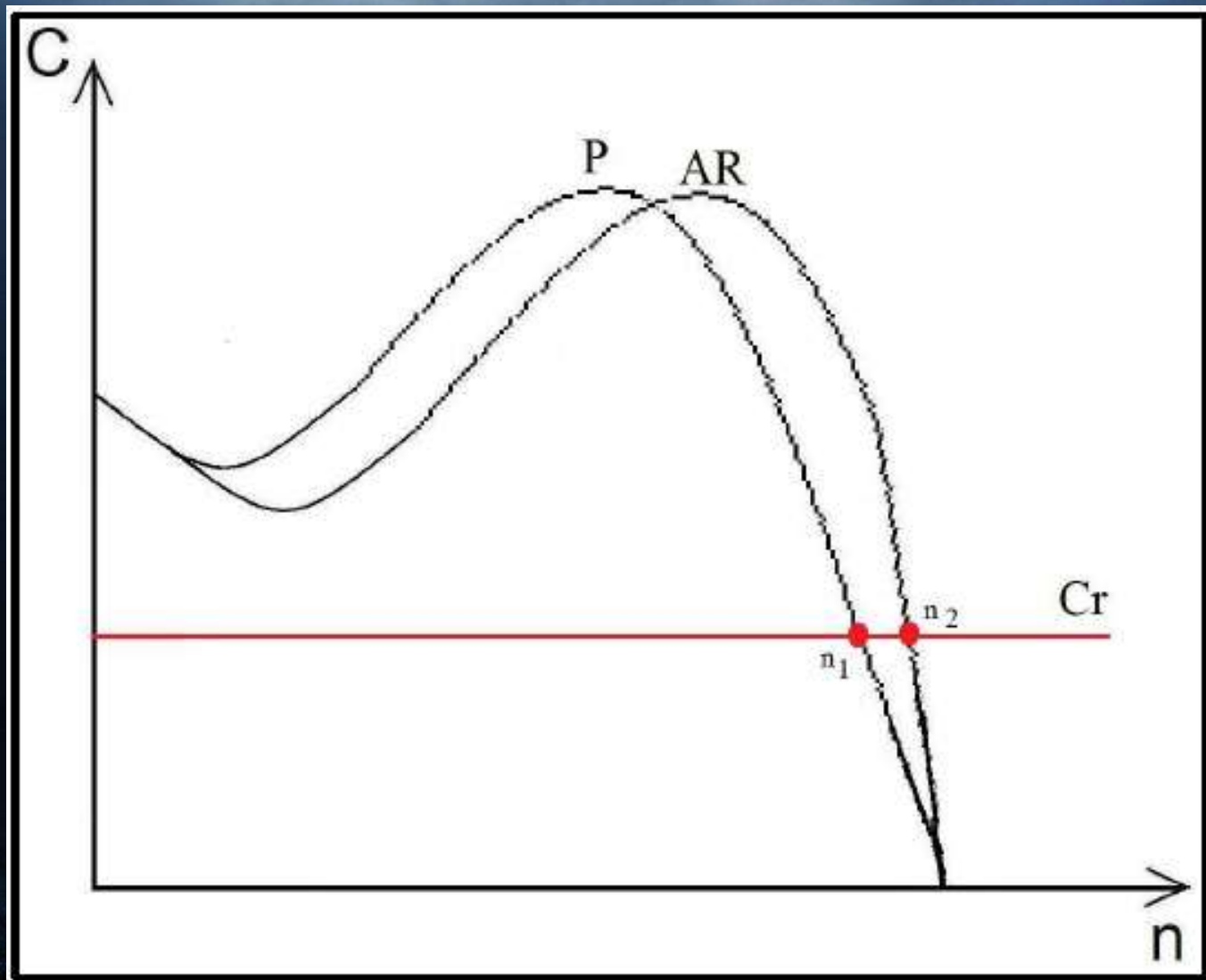
η_1 = rendimento (motor novo).

n_1 = rotação a plena carga (motor novo).

n_2 = rotação a plena carga (motor antigo).

METODOLOGIA MHmit

IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO



METODOLOGIA MHmit

IMPORTÂNCIA DA MEDIÇÃO DA ROTAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO

$$t_{AR} = \frac{n_P}{n_{AR}} \cdot t_P$$

Onde:

t_{AR} = número de horas de funcionamento (motor novo alto rendimento).

t_P = número de horas de funcionamento (motor antigo padrão).

n_P = rotação (motor antigo padrão).

n_{AR} = rotação (motor novo alto rendimento).

METODOLOGIA MHmit

APLICATIVO MHmit



METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE CADASTRO DO CLIENTE



MÓDULO DE CADASTRO DO CLIENTE

Empresa

Endereço

Fone

Fax

Responsável Técnico

Celular

E-mail

Segmento

() PEE

() Contrato de Performance

() Outros

Concessionária

Modalidade Tarifária

Gerente de Contas

Fone

E-mail

Número de Motores

Número de Motores de Indução Trifásicos

Empresa Contratada - M&V

Responsável 1

Responsável 2

METODOLOGIA MHmit

IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO ORIGINALMENTE INSTALADO



IDENTIFICAÇÃO - MOTOR ELÉTRICO ORIGINALMENTE INSTALADO

MARCA		FATOR DE SERVIÇO	
ANO DE FABRICAÇÃO		MOMENTO DE INÉRCIA	[kgm ²]
TIPO		TEMPO COM ROTOR BLOQUEADO	[s]
N. POLOS		MASSA	[kg]
POTÊNCIA	[cv]	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	
CARCAÇA		ROLAMENTO DIANTEIRO	
ROTAÇÃO	[rpm]	ROLAMENTO TRASEIRO	
TENSÃO	[V]		
CORRENTE	[A]		
I_p / I_n			
CONJUGADO	[kgfm]		
RENDIMENTO	[%]		
FATOR DE POTÊNCIA			

METODOLOGIA MHmit

IDENTIFICAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO PROPOSTO



IDENTIFICAÇÃO - MOTOR ELÉTRICO PROPOSTO

MARCA		FATOR DE SERVIÇO	
ANO DE FABRICAÇÃO		MOMENTO DE INÉRCIA	[kgm ²]
TIPO		TEMPO COM ROTOR BLOQUEADO	[s]
N. POLOS		MASSA	[kg]
POTÊNCIA	[cv]	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	
CARCAÇA		ROLAMENTO DIANTEIRO	
ROTAÇÃO	[rpm]	ROLAMENTO TRASEIRO	
TENSÃO	[V]	PREÇO	[R\$]
CORRENTE	[A]		
I_p / I_n			
CONJUGADO	[kgfm]		
RENDIMENTO	[%]		
FATOR DE POTÊNCIA			

	SIMULAÇÃO
CARREGAMENTO	[%]
CORRENTE	[A]
FATOR DE POTÊNCIA	
POTÊNCIA ELÉTRICA TRIFÁSICA	[kW]

METODOLOGIA MHmit

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO



CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Tipo de Acionamento: ☐ Bomba ☐ Compressor ☐ Ventilador ☐ Exaustor ☐ Outros: _____

Dados do Acionamento / Condições de Operação:

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE ENTRADA DE DADOS - MEDIÇÃO



MÓDULO DE ENTRADA DE DADOS - MEDIÇÃO

Condição de Funcionamento: Plena Carga

TENSÃO

A [V]
B [V]
C [V]

GDT

[%]

CORRENTE

A [A]
B [A]
C [A]

TEMPERATURA AMBIENTE

[°C]

ALTITUDE

[m]

FUNCIONAMENTO

[horas/ano]

FP

A
B
C

POTÊNCIA ELÉTRICA TRIFÁSICA

[kW]

FHT

[%]

POTÊNCIA MECÂNICA

[kW]

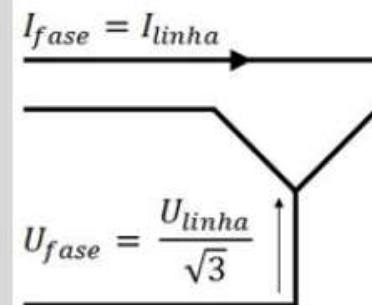
ROTAÇÃO

[rpm]

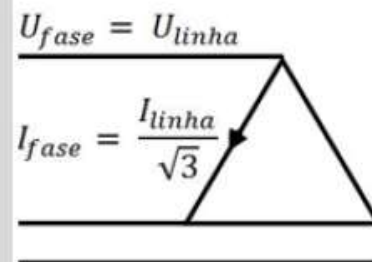
CARREGAMENTO

[%]

Ligação Estrela



Ligação Triângulo



METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE ENTRADA DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA



MÓDULO DE ENTRADA DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA

RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA N.

Baixa Tensão

Consumo R\$/MWh

Convencional

Demanda R\$/kW
Consumo R\$/MWh

Horo-Sazonal Azul

Demanda Ponta R\$/kW
Demanda F. Ponta R\$/kW
Consumo Ponta Seca R\$/MWh
Consumo Ponta Úmida R\$/MWh
Consumo F. Ponta Seca R\$/MWh
Consumo F. Ponta Úmida R\$/MWh

Horo-Sazonal Verde

Demanda R\$/kW
Consumo Ponta Seca R\$/MWh
Consumo Ponta Úmida R\$/MWh
Consumo F. Ponta Seca R\$/MWh
Consumo F. Ponta Úmida R\$/MWh

Cliente Livre

Demanda Ponta - TUSD R\$/kW
Demanda F. Ponta - TUSD R\$/kW
Encargos R\$/MWh
Energia R\$/MWh

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO PARA DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO A PLENA CARGA



MÓDULO PARA DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO A PLENA CARGA DO MOTOR ELÉTRICO ORIGINALMENTE INSTALADO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO CONSTANTE

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO PARABÓLICO

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO LINEAR

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO HIPERBÓLICO

Rendimento (Motor Novo) [%]
Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Novo) [A]
Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Antigo) [A]
Fator de Potência (Motor Novo)
Fator de Potência (Motor Antigo)

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE REDIMENSIONAMENTO MOTRIZ



MÓDULO PARA ESTUDOS DE REDIMENSIONAMENTO MOTRIZ

Tipo de Conjugado:

MOTOR ORIGINALMENTE INSTALADO

1. Conjugado Nominal [N.m]

Potência Mecânica [kW]

Rotação [rpm]

2. Conjugado Exigido Carga [N.m]

Potência Mecânica [kW]

Rotação [rpm]

3. Conjugado Médio Acelerador [N.m]

Conjugado de Partida [N.m]

Conjugado Máximo [N.m]

Conjugado Resistente [kgfm]

Rotação da Carga [rpm]

Rotação Nominal do Motor [rpm]

4. Momento de Inércia Total [kgm²]

Conjugado Médio Acelerador [N.m]

Tempo de Aceleração [s]

Rotação [rpm]

5. Momento de Inércia da Máquina [kgm²]

Momento de Inércia Total [kgm²]

Momento de Inércia do Rotor [kgm²]

MOTOR PROPOSTO

6. Conjugado Nominal [N.m]

Potência Mecânica [kW]

Rotação [rpm]

7. Conjugado Médio Acelerador [N.m]

Conjugado de Partida [N.m]

Conjugado Máximo [N.m]

Conjugado Resistente [kgfm]

Rotação da Carga [rpm]

Rotação Nominal do Motor [rpm]

8. Momento de Inércia Total [kgm²]

Conjugado Médio Acelerador [N.m]

Rotação [rpm]

9. Tempo de Aceleração [s]

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE ENTRADA DE DADOS - VERIFICAÇÃO



MÓDULO DE ENTRADA DE DADOS - VERIFICAÇÃO

Condição de Funcionamento: Plena Carga

TENSÃO

A [V]
B [V]
C [V]

GDT

[%]

CORRENTE

A [A]
B [A]
C [A]

TEMPERATURA AMBIENTE

[°C]

ALTITUDE

[m]

FUNCIONAMENTO

[horas/ano]

FP

A
B
C

POTÊNCIA ELÉTRICA TRIFÁSICA

[kW]

FHT

[%]

POTÊNCIA MECÂNICA

[kW]

ROTAÇÃO

[rpm]

CARREGAMENTO

[%]

Ligação Estrela

$$I_{fase} = I_{linha}$$

$$U_{fase} = \frac{U_{linha}}{\sqrt{3}}$$

Ligação Triângulo

$$U_{fase} = U_{linha}$$

$$I_{fase} = \frac{I_{linha}}{\sqrt{3}}$$

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE ANÁLISE ECONÔMICA



MÓDULO DE ANÁLISE ECONÔMICA

PERÍODO DE ANÁLISE

 [anos]

CAPEX

 [R\$]

OPEX

 [R\$/ano]

i a.a.

 [%]

REDUÇÃO DE DEMANDA

 [R\$/ano] [kW]

ECONOMIA DE ENERGIA

 [R\$/ano] [MWh]

RECEITA

 [R\$/ano]

TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

 [anos]

VALOR PRESENTE LÍQUIDO

 [R\$]

TAXA INTERNA DE RETORNO

 [%]

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE AVALIAÇÃO DE DESVIOS



MÓDULO DE AVALIAÇÃO DE DESVIOS

MEDIÇÃO

[MWh/ano]

SIMULAÇÃO

[MWh/ano]

VERIFICAÇÃO

[MWh/ano]

DESVIO

[%]

METODOLOGIA MHmit

MÓDULO DE CADASTRO DE FOTOS



MÓDULO DE CADASTRO DE FOTOS

Data: _____ Local: _____



Data: _____ Local: _____



METODOLOGIA MHmit

BANCO DE DADOS

Os dados cadastrados para motores de 2, 4, 6 e 8 pólos, dos tipos padrão e alto rendimento, são os seguintes:

Ano de Fabricação.

Tipo.

Número de pólos.

Potência nominal do motor [cv].

Potência nominal do motor [kW].

Carcaça.

Rotação [rpm].

Corrente nominal [A].

Corrente com rotor bloqueado.

Conjugado nominal [kgf.m].

Conjugado com rotor bloqueado.

Conjugado máximo.

Rendimento [%] (carregamentos 50, 75 e 100%).

Fator de potência (carregamentos 50, 75 e 100%).

Fator de serviço.

Momento de inércia [kgm^2].

Tempo máximo com rotor bloqueado [s].

Massa [kg].

Índice de proteção.

Rolamento dianteiro [mm].

Rolamento traseiro [mm].

METODOLOGIA MHmit

BANCO DE DADOS

Ano	Tipo	Nº Pólos	Potência		Carcaça	RPM	Corrente		Ip/In	Cn	Cp/Cn	Cmax./Cn	Rendimento 100%
			cv	kW			220V	380 V					
1979	P	2	0.33	0.25	71	3520	1.5	0.85	3.0		3.0	3.5	61%
1979	P	2	0.5	0.37	71	3520	2.0	1.2	3.1		3.0	3.0	65
1979	P	2	0.75	0.55	71	3510	3.0	1.7	5.9		3.0	3.0	65
1979	P	2	1	0.75	80	3520	3.6	2.0	6.2		3.0	3.0	67
1979	P	2	1.5	1.1	80	3520	5.0	2.8	7.8		3.0	2.8	72
1979	P	2	2	1.5	90S	3520	6.4	3.6	6.6		3.0	2.6	74
1979	P	2	3	2.2	9oL	3510	9.0	5.2	6.6		2.8	2.5	78
1979	P	2	4	3	100L	3500	11	6.3	7.6		3.0	3.0	82
1979	P	2	5	3.7	112M	3520	15	8.5	7.4		3.0	3.0	79
1979	P	2	7.5	5.5	112M	3520	21	12	8.7		3.0	3.2	80
1979	P	2	10	7.5	132S	3520	28	16	7.2		2.5	2.8	80
1979	P	2	15	11	132M	3530	40	23	8.5		2.5	3.5	84
1979	P	2	20	15	160M	3530	52	30	6.3		2.5	3.0	84
1979	P	2	25	18.5	160L	3540	65	38	6.8		2.5	2.8	84
1979	P	2	30	22	180M	3540	78	45	6.8		2.5	2.5	84
1979	P	2	40	30	200L	3550	105	60	6.5		2.4	2.1	84
1979	P	2	50	37	200L	3550	130	75	6.5		2.4	2.1	84
1979	P	2	60	45	225S/M	3570	145	85	6.5		3.0	2.8	89
1979	P	2	75	55	225S/M	3570	185	105	7.0		3.0	3.0	88
1979	P	2	100	75	250M	3570	240	140	7.5		3.0	3.0	89
1979	P	2	125	90	280S/M	3550	300	175	7.5		2.8	3.0	92
1979	P	2	150	110	280S/M	3570	350	200	7.5		2.4	3.0	90
1979	P	2	200	150	315S/M	3570	480	280	8.5		2.5	2.9	90
1979	P	4	0.33	0.25	71	1720	1.6	0.90	4.3		3.0	3.1	60
1979	P	4	0.5	0.37	71	1720	2.2	1.2	4.0		3.0	3.1	63
1979	P	4	0.75	0.55	80	1725	3.0	1.7	5.7		3.0	3.2	69
1979	P	4	1	0.75	80	1720	4.2	2.5	5.6		3.0	3.1	66

METODOLOGIA MHmit

RELATÓRIO EXECUTIVO



Motor Original



Motor Proposto



Equipamento Utilizado



RELATÓRIO EXECUTIVO

Empresa / Unidade

Endereço

Fone

Fax

Responsável Técnico

Celular

E-mail

Segmento

() PEE () Contrato de Performance

Concessionária

Modalidade Tarifária

Gerente de Contas

Fone

E-mail

Número de Motores

Número de Motores de Indução Trifásicos

Empresa Contratada - M&V

Responsável

Motor Originalmente Instalado:

Motor Proposto:

Tipo de Acionamento:

REDIMENSIONAMENTO MOTRIZ

Motor Originalmente Instalado:

Conjugado Nominal

[N.m]

Potência Mecânica

[kW]

Rotação

[rpm]

Motor Proposto:

Conjugado Nominal

[N.m]

Potência Mecânica

[kW]

Rotação

[rpm]

Tempo de Aceleração

[s]

MEDICÃO

Data:

Condição de Funcionamento: Plena Carga

TENSÃO

Fase A [V]

GDT

[%]

Fase B [V]

Fase C [V]

CORRENTE

Fase A [A]

TEMP. AMBIENTE

[°C]

Fase B [A]

ALTITUDE

[m]

Fase C [A]

FUNCIONAMENTO

[horas/ano]

FHT

[%]

ROTAÇÃO

[rpm]

VERIFICAÇÃO

Data:

Condição de Funcionamento: Plena Carga

TENSÃO

Fase A [V]

GDT

[%]

Fase B [V]

Fase C [V]

CORRENTE

Fase A [A]

TEMP. AMBIENTE

[°C]

Fase B [A]

ALTITUDE

[m]

Fase C [A]

FUNCIONAMENTO

[horas/ano]

FHT

[%]

ROTAÇÃO

[rpm]

DESVIO

[%]

RENDIMENTO A PLENA CARGA

CONJUGADO CONSTANTE

Rendimento (Motor Novo)

[%]

Rotação a Plena Carga (Motor Novo)

[rpm]

Rotação a Plena Carga (Motor Antigo)

[rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado)

[%]

CONJUGADO LINEAR

Rendimento (Motor Novo)

[%]

Rotação a Plena Carga (Motor Novo)

[rpm]

Rotação a Plena Carga (Motor Antigo)

[rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado)

[%]

CONJUGADO PARABÓLICO

Rendimento (Motor Novo)

[%]

Rotação a Plena Carga (Motor Novo)

[rpm]

Rotação a Plena Carga (Motor Antigo)

[rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado)

[%]

CONJUGADO HIPERBÓLICO

Rendimento (Motor Novo)

[%]

Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Novo)

[A]

Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Antigo)

[A]

Fator de Potência (Motor Novo)

Fator de Potência (Motor Antigo)

Rendimento (Motor Originalmente Instalado)

[%]

ANÁLISE ECONÔMICA

Redução de Demanda

[R\$/ano]

Economia de Energia

[R\$/ano]

Receita

[R\$/ano]

Tempo de Retorno do Investimento

[anos]

Valor Presente Líquido

[R\$]

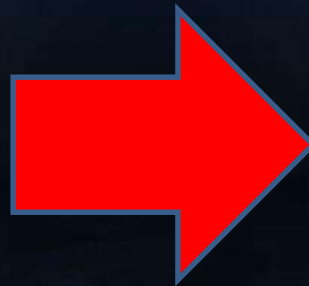
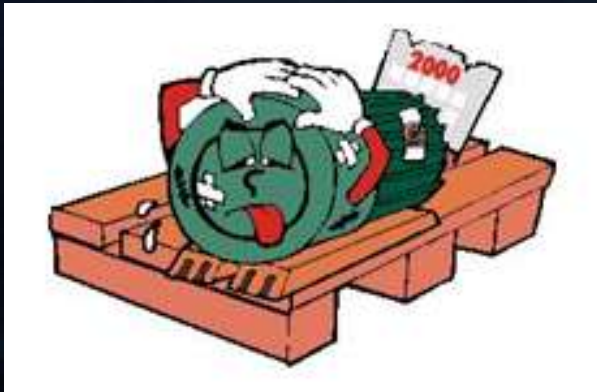
Taxa Interna de Retorno

[%]

ESTUDO DE CASO

INTRODUÇÃO

O estudo de caso contempla a substituição de um motor antigo do tipo padrão, fabricado no ano de 1979, por um motor de alto rendimento, fabricado em 2006, ambos da marca WEG, 100 cv, 4 pólos, 440 V. O motor aciona um ventilador utilizado em processo industrial e funciona 8640 horas por ano.



ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

Tabela 8.1 – Dados de placa do motor originalmente instalado.

Grandeza	Valor
Tensão	440 V
Intensidade de Corrente	120 A
Rendimento	90 %
Fator de Potência	0,9
Rotação	1780 rpm

ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

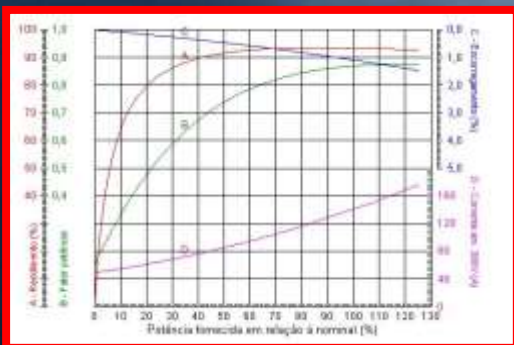
CARREGAMENTO = 100 %

Tabela 8.2 – Medições realizadas no motor originalmente instalado.

Grandeza	Valor
Tensão	440 V
Intensidade de Corrente	120 A
Fator de Potência	0,8
Rotação	1750 rpm

ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO



ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

METODOLOGIA MHmit



IDENTIFICAÇÃO - MOTOR ELÉTRICO ORIGINALMENTE INSTALADO

MARCA	Weg	FATOR DE SERVIÇO	1
ANO DE FABRICAÇÃO	1979	MOMENTO DE INÉRCIA	1,06 [kgm ²]
TIPO	Padrão	TEMPO COM ROTOR BLOQUEADO	[s]
N. POLOS	4	MASSA	430 [kg]
POTÊNCIA	100 [cv]	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	
CARCAÇA	250M	ROLAMENTO DIANTEIRO	6314
ROTAÇÃO	1780 [rpm]	ROLAMENTO TRASEIRO	6314
TENSÃO	440 [V]		
CORRENTE	120 [A]		
I_p / I_n	7,1		
CONJUGADO	[kgfm]		
RENDIMENTO	90 [%]		
FATOR DE POTÊNCIA	0,9		

ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

METODOLOGIA MHmit



MÓDULO DE ENTRADA DE DADOS - MEDIÇÃO

Condição de Funcionamento: Plena Carga

TENSÃO

A	440	[V]
B	439	[V]
C	441	[V]

GDT

0,23 [%]

CORRENTE

A	69,90	[A]
B	68,80	[A]
C	69,40	[A]

TEMPERATURA AMBIENTE

32 [°C]

ALTITUDE

3 [m]

FUNCIONAMENTO

8640 [horas/ano]

FP

A	0,81
B	0,79
C	0,80

POTÊNCIA ELÉTRICA TRIFÁSICA

73,16 [kW]

FHT

1,5 [%]

POTÊNCIA MECÂNICA

62,57 [kW]

ROTAÇÃO

1750 [rpm]

CARREGAMENTO

85 [%]

Ligação Estrela

$$I_{fase} = I_{linha}$$

$$U_{fase} = \frac{U_{linha}}{\sqrt{3}}$$

Ligação Triângulo

$$U_{fase} = U_{linha}$$

$$I_{fase} = \frac{I_{linha}}{\sqrt{3}}$$

ESTUDO DE CASO

DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

METODOLOGIA MHmit



MÓDULO PARA DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO A PLENA CARGA DO MOTOR ELÉTRICO ORIGINALMENTE INSTALADO

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO CONSTANTE

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO PARABÓLICO

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO LINEAR

Rendimento (Motor Novo) [%]
Rotação a Plena Carga (Motor Novo) [rpm]
Rotação a Plena Carga (Motor Antigo) [rpm]

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

PARA CARGAS DO TIPO CONJUGADO HIPERBÓLICO

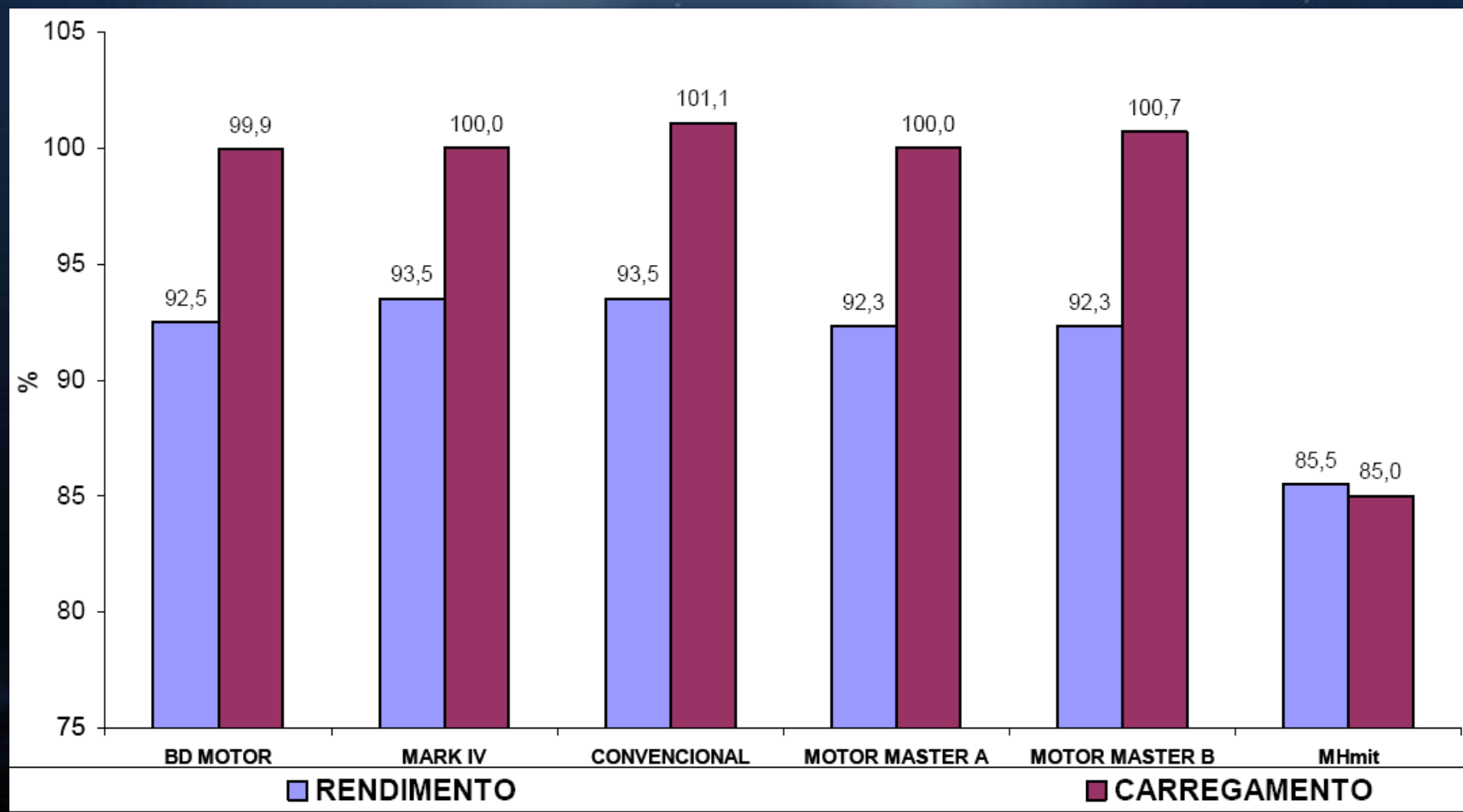
Rendimento (Motor Novo) [%]
Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Novo) [A]
Intensidade de Corrente Elétrica (Motor Antigo) [A]
Fator de Potência (Motor Novo)
Fator de Potência (Motor Antigo)

Rendimento (Motor Originalmente Instalado) [%]

ESTUDO DE CASO

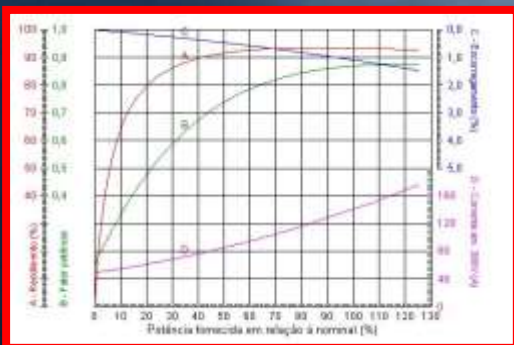
DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

RESULTADOS OBTIDOS:



ESTUDO DE CASO

ESTUDOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO MOTOR ORIGINAL



ESTUDO DE CASO

ESTUDOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO MOTOR ORIGINAL



IDENTIFICAÇÃO - MOTOR ELÉTRICO PROPOSTO

MARCA	WEG	FATOR DE SERVIÇO	1,15
ANO DE FABRICAÇÃO	2006	MOMENTO DE INÉRCIA	1,155 [kgm ²]
TIPO	AR	TEMPO COM ROTOR BLOQUEADO	10 [s]
N. POLOS	4	MASSA	510 [kg]
POTÊNCIA	100 [cv]	ÍNDICE DE PROTEÇÃO	IP55
CARCAÇA	250S/M	ROLAMENTO DIANTEIRO	6314-C3
ROTAÇÃO	1780 [rpm]	ROLAMENTO TRASEIRO	6314-C3
TENSÃO	440 [V]	PREÇO	8.500,00 [R\$]
CORRENTE	121 [A]	SIMULAÇÃO	
I_p / I_n	8,4		
CONJUGADO	40,22 [kgfm]		
RENDIMENTO	94,5 [%]		
FATOR DE POTÊNCIA	0,85		
		CARREGAMENTO	85 [%]
		CORRENTE	108 [A]
		FATOR DE POTÊNCIA	0,83
		POTÊNCIA ELÉTRICA TRIFÁSICA	68,63 [kW]

ESTUDO DE CASO

ESTUDOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO MOTOR ORIGINAL



MÓDULO DE ANÁLISE ECONÔMICA

PERÍODO DE ANÁLISE

15

[anos]

CAPEX

8.500,00

[R\$]

OPEX

0,00

[R\$/ano]

i a.a.

10

[%]

REDUÇÃO DE DEMANDA

2.737,56

[R\$/ano]

4,53

[kW]

ECONOMIA DE ENERGIA

5.990,88

[R\$/ano]

39,10

[MWh/ano]

RECEITA

8.728,44

[R\$/ano]

TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

1,03

[anos]

12,32

[meses]

VALOR PRESENTE LÍQUIDO

52.626,55

[R\$]

TAXA INTERNA DE RETORNO

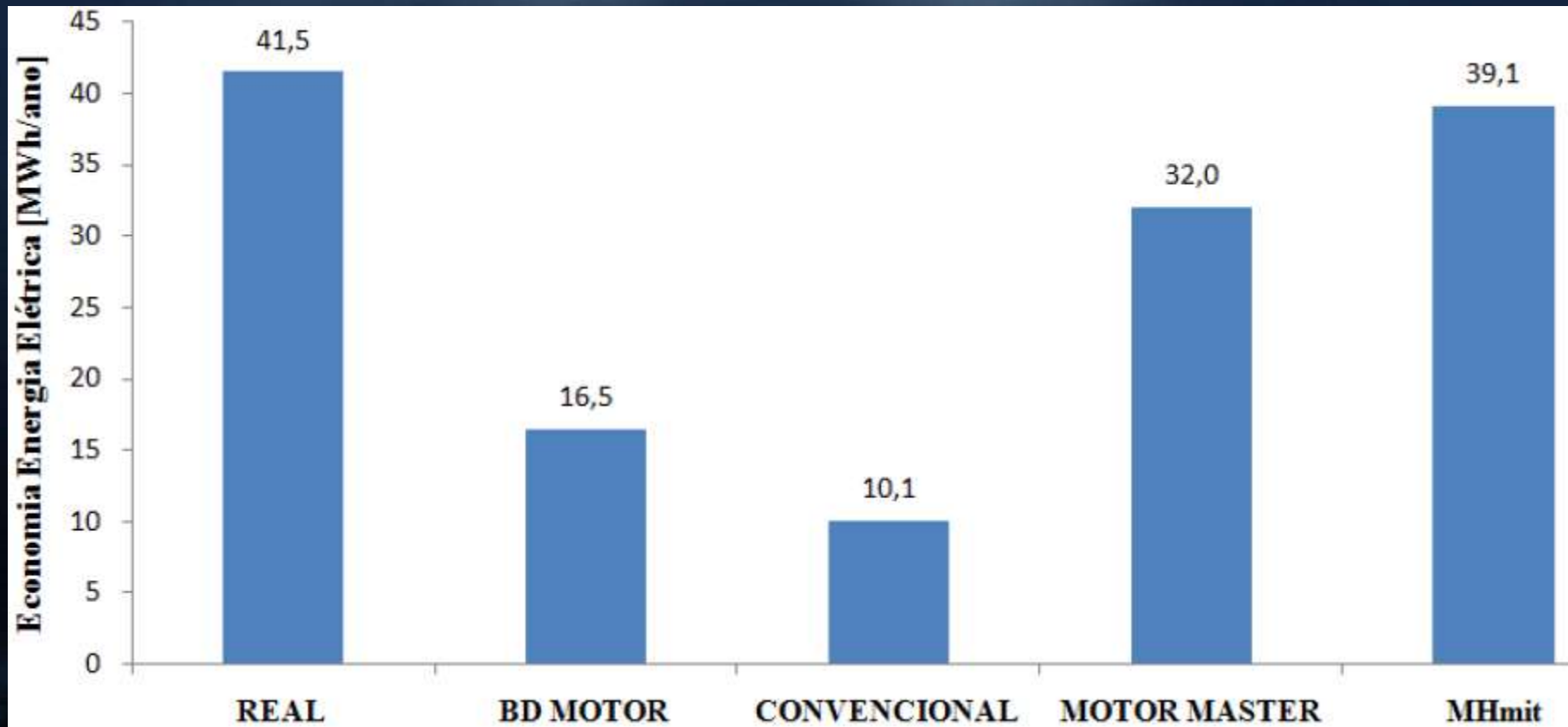
102,68

[%]

ESTUDO DE CASO

SUBSTITUIÇÃO POR MOTOR DE ALTO RENDIMENTO

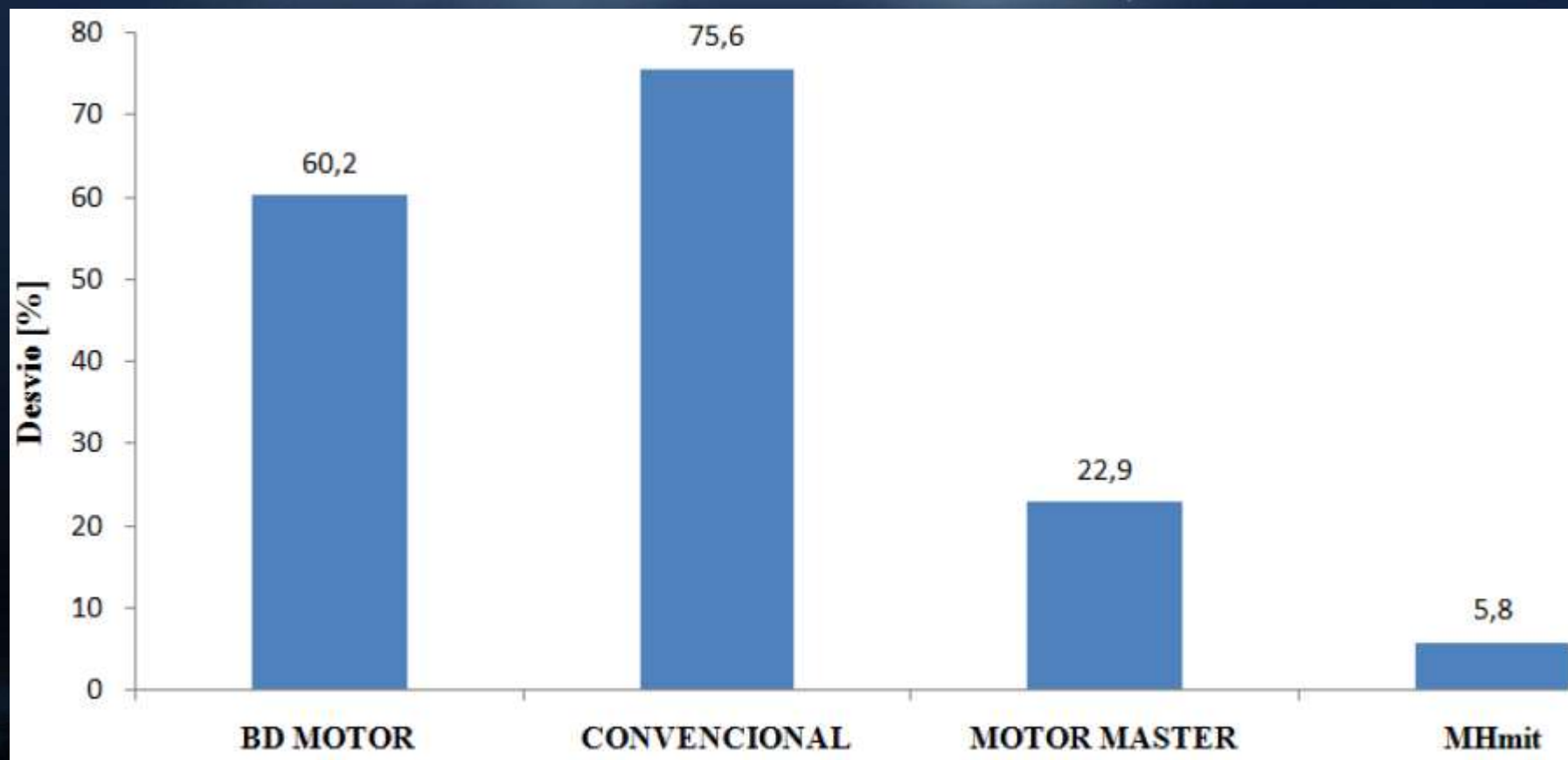
VALORES DE ECONOMIA ANUAL [MWh]



ESTUDO DE CASO

SUBSTITUIÇÃO POR MOTOR DE ALTO RENDIMENTO

DESVIOS %



ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE 1

APRESENTAÇÃO DOS DADOS

ANÁLISE ECONÔMICA

	Ano 0	Ano 1 ao 15
Potência Instalada [cv]	3.870	3.870
Redução de Demanda [kW]	0	121
Benefício Redução de Demanda [R\$]	0	73.123
Economia de Energia [kWh]	0	720.320
Benefício Economia de Energia [R\$]	0	110.209
Receita [R\$]	0	183.332
CAPEX [R\$]	-420.000	0
Depreciação [R\$]	0	28.000
OPEX [R\$]	0	0
Fluxo de Caixa Líquido [R\$]	-420.000	183.332
i [%]	10%	
VPL	885.850	
Tempo de Retorno do Investimento [meses]	27	
TIR	43%	

ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE 2

APRESENTAÇÃO DOS DADOS

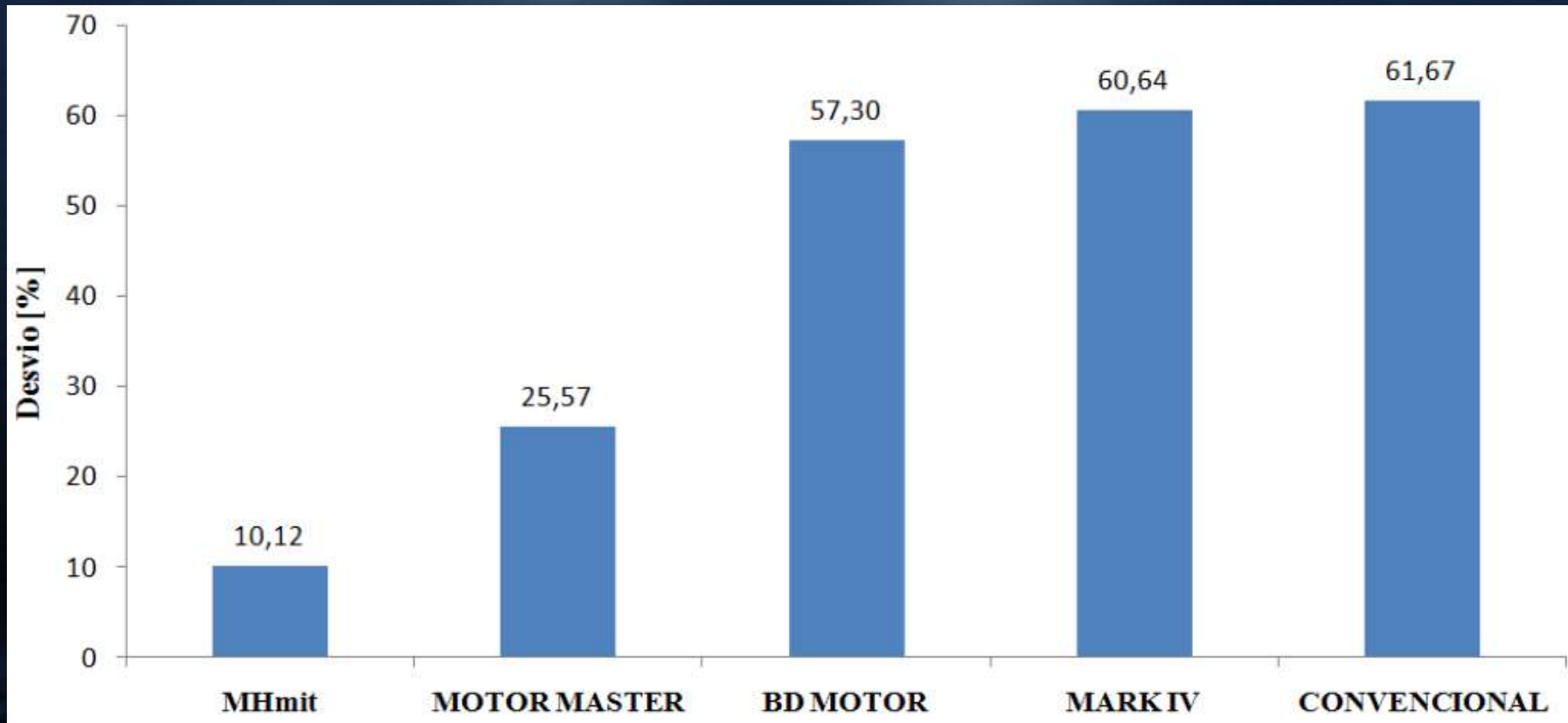
ANÁLISE ECONÔMICA

	Ano 0	Ano 15
Potência Instalada [cv]	16.889	16.889
Redução de Demanda [kW]	0	443.92
Tarifa de Demanda [R\$/kW]	39.52	39.52
Benefício Redução de Demanda [R\$]	0	210.525
Economia de Energia [kWh]	0	3.131.386
Tarifa de Energia [R\$/kWh]	0.189	0.189
Benefício Economia de Energia [R\$]	0	591.832
Receita [R\$]	0	802.357
CAPEX [R\$]	-1.386.825	0
Depreciação [R\$]	0	92.455
OPEX [R\$]	0	0
Fluxo de Caixa Líquido [R\$]	-1.386.825	802.357
i [%]	6%	
VPL (6%)	6.405.866	
Tempo de Retorno do Investimento [meses]	23	
TIR	58%	

ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE

APRESENTAÇÃO DOS DADOS

CLASSIFICAÇÃO DAS METODOLOGIAS PROPOSTAS



ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE

SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS



ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE

SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Bombas de água gelada – grupo 4.



ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE

SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Compressor de ar



ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PEE

SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES ELÉTRICOS



mcesr@usp.br

