



Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia Elétrica

**Ações de Conservação de Energia Aplicadas a
Uma Planta Industrial Composta de Motores de Indução**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Candidato: **JOSÉ HENRIQUE FACCO**

Orientador: **Prof. Dr. Diógenes Pereira Gonzaga**

São Carlos, Fevereiro de 2006.

Em memória de minhas eternas avós :
Odília Ângelo Diamantino e
Alexandrina Donadon dos Santos e,

Meus eternos avôs:
Vicente Facco e,
Otacílio Veríssimo

À minha avó:
Rosa da Conceição Fernandes Facco

À minha inestimável mãe
Maria Helena Diamantino Facco e,

Meu inestimável pai: José Facco Neto

À minha sogra:
Ana Zaira dos Santos e,

Meu sogro:
Pedro Luis Costa

As minhas irmãs:
Joseane Ap. Facco, Josemeire Ap. Facco e,

Meu irmão:
José Adriano Facco

Minhas cunhadas:
Luciana Cristina Costa e,
Márcia Regina Costa

À minha estimada esposa pela compreensão:
Claudia Patrícia Costa Facco

E ao nosso filho:
Willian Henrique Costa Facco

Agradeço a Deus, forte rochedo em que me abrigo, pela capacidade concedida para vencer mais um obstáculo e pela saúde.

Ao Prof. Dr. Diógenes Pereira Gonzaga, pela orientação nesta dissertação, sempre apresentando comentários e observações oportunas agregando valor a este trabalho e pela oportunidade concedida em dar-me o privilégio de sua orientação.

A Escola de Engenharia de São Carlos por disponibilizar aos cidadãos a oportunidade de adquirir conhecimento e aperfeiçoamento em suas dependências.

Aos amigos:

Leandro Lima e Paulo Prado, pelo apoio prestado durante o mestrado.

Ruy Alberto Pisani Altafim, pela intensa ajuda na edição do texto.

Colombianos(as) que incentivaram-me para vencer este desafio.

À empresa:

Elétrica Re-Voltis Ltda

Sumário

Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Lista de Gráficos	xi
Lista de Abreviaturas	xiii
Lista de Símbolos	xv
Resumo	xvii
Abstract	xviii
1 Introdução	1
2 Lei da eficiência energética	4
2.1 Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência de Energia – CGIEE	5
2.2 A Regulamentação de motores	5
2.3 O mercado de motores elétrico no Brasil.....	5
2.4 Os índices de eficiência energética	6
3 Uso de energia na indústria	8
3.1 Consumo de energia por setor	8
3.2 Uso da eletricidade na indústria	10

3.3	Potencial de conservação de energia.....	11
3.4	Tariffa aplicada	12
3.5	Estrutura tarifária	12
3.5.1	Definições	13
3.5.2	Tensões de fornecimento	14
3.5.3	Classes de consumidores.....	15
3.5.4	Modalidades tarifárias.....	16
3.6	Faturamento Horo-Sazonal	17
3.7	Faturamento de energia elétrica	18
3.7.1	Tarifa convencional - consumidores do grupo B.....	18
3.7.2	Tarifa binomial convencional	18
3.7.3	Tarifa azul.....	19
3.8	Ultrapassagem de demanda.....	21
3.9	Aplicação da demanda de ultrapassagem.....	22
3.9.1	Demanda de ultrapassagem - tarifa azul	22
4	Revisão bibliográfica	24
4.1	Motores elétricos de indução na indústria	24
4.2	Considerações sobre motores elétricos de indução	25
4.3	Estrutura física de um motor elétrico de indução.....	26
4.4	Princípio de funcionamento	27
4.5	Características de aceleração	29
4.6	Perdas.....	30
4.6.1	Perdas variáveis	31
4.7	Causas de baixa eficiência	31
4.8	Seleção de motores de indução	34
4.9	O motor de alto rendimento	35

5	Conservação de energia elétrica	38
5.1	Considerações sobre a conservação de energia.....	38
5.2	Fator de potência	45
5.3	Conservação de energia elétrica em motores elétricos de indução ...	46
6	Equipamentos e métodos de medição	48
6.1	Materiais utilizados	48
6.1.1	Características dos motores elétricos analisados.....	48
6.2	Método de medição	66
6.2.1	Considerações gerais	66
6.2.2	Método da medição em campo da corrente elétrica nos motores	66
6.3	Modelo matemático de um motor de indução trifásico	67
7	Resultados e discussões	73
7.1	Tabelas dos motores elétricos por setores	74
7.2	Consumo de energia entre motores elétricos de indução trifásicos	116
7.2.1	Conservação de energia elétrica utilizando os motores de alto rendimento	118
7.2.2	Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) utilizando motores de alto rendimento	120
7.3	Resultados comparativos do motor de indução Standard com o motor de Alto Rendimento	121
7.3.1	Análise dos valores das potências útil e nominal	122
7.3.2	Análise dos valores médios do fator de potência	124
7.3.3	Análise dos valores médios do rendimento	125
7.3.4	Análise dos valores do fator de utilização	126
7.4	Análise da troca por motores de alto rendimento para o setor PGA	128

7.4.1	Potencial de economia de energia elétrica em KWh/ano	129
7.4.2	Análise do investimento em motores de alto rendimento para o setor PGA	131
7.4.3	Análise do retorno do investimento em motores de alto rendimento	132
7.5	Análise do investimento (R\$) e do retorno do Investimento (anos) em motores de alto rendimento por setor	133
8	Conclusão	135
	ReferênciasBibliográficas	138

Lista de Figuras

1	Diagrama de bloco dos setores de produção.....	3
4.3	Motor elétrico de indução trifásico.....	26
4.4	Polaridade de um motor de indução.....	28
4.8	Limites de variações de tensão e frequência.....	35
5.3	Comportamento entre métodos de partida.....	47
6.1.1	Diagrama unifilar da indústria de papel e cosméticos.....	49

Lista de Tabelas

Tabela 01.	Rendimentos nominais mínimos conforme a Lei de Eficiência de energia.....	6
Tabela 02.	Classificação de demandas e definições	13
Tabela 03.	Limites de tensão de fornecimento.....	14
Tabela 04.	Opções de tarifa para o grupo A.....	16
Tabela 05.	Partes fundamentais do motor de indução	26
Tabela 06.	Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil (GWh).....	39
Tabela 07.	Relação de motores no setor CAD, tensão 380v	50
Tabela 08.	Relação de motores no setor CEM, tensão 380v	50
Tabela 09.	Relação de motores no setor CLG, tensão 380v.....	51
Tabela 10.	Relação de motores no setor DEE, tensão 220v.....	52
Tabela 11.	Relação de motores no setor FER, tensão 380v.....	53
Tabela 12.	Relação de motores no setor MCE, tensão 380v	54
Tabela 13.	Relação de motores no setor MAM, tensão 380v.....	54
Tabela 14.	Relação de motores no setor MEG, tensão 380v	55
Tabela 15.	Relação de motores no setor MMC, tensão 380v.....	56
Tabela 16.	Relação de motores no setor MML, tensão 380v	57
Tabela 17.	Relação de motores no setor PBR, tensão 380v.....	58

Tabela 18.	Relação de motores no setor PGR, tensão 380v	59
Tabela 19.	Relação de motores no setor PGA, tensão 380v	60
Tabela 20.	Relação de motores no setor PML, tensão 380v.....	62
Tabela 21.	Relação de motores no setor POT, tensão 380v.....	62
Tabela 22.	Relação de motores no setor PRG, tensão 380v	63
Tabela 23.	Relação de motores no setor PRP, tensão 380v	64
Tabela 24.	Relação de motores no setor VAC, tensão 380v	65
Tabela 25.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor CAD	75
Tabela 26.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor CEM.....	76
Tabela 27.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor CLG	79
Tabela 28.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor DEE	83
Tabela 29.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor FER	84
Tabela 30.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor MCE.....	85
Tabela 31.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor MAM	87
Tabela 32.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor MEG	89
Tabela 33.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor MCM.....	91
Tabela 34.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor MML.....	93
Tabela 35.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PBR	95
Tabela 36.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PGR.....	98
Tabela 37.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PGA.....	101
Tabela 38.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PML	105
Tabela 39.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor POT	108
Tabela 40.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PRG.....	111
Tabela 41.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor PRP	113
Tabela 42.	Motores elétricos com FU < 75%, instalados no setor VAC	115

Tabela 43.	Resultados comparativos entre potências nominais e úteis para as situações atuais e dimensionadas	123
Tabela 44.	Resultados comparativos entre os fatores de potência	124
Tabela 45.	Resultados comparativos entre os rendimentos.....	125
Tabela 46.	Resultados comparativos entre os fatores de utilização.....	127
Tabela 47.	Potencial de conservação de energia elétrica	129
Tabela 48.	Custo do investimento	131
Tabela 49.	Retorno do investimento.....	132

Lista de Gráficos

3.1	Participação dos setores no consumo de energia (2001).....	9
3.1.1	Energéticos utilizados na indústria (2001).....	10
3.2	Evolução do consumo de eletricidade na indústria e no país.....	11
4.5	Curva do conjugado x rotação.....	30
4.7	Desbalanceamento x aumento de perdas	33
4.9	Evolução dos motores (Kg/kW)	36
5.1	Projeção do consumo em função da energia disponível	39
7.2a	Consumo de energia elétrica dos motores standard e de alto rendimento	116
7.2b	Consumo de energia elétrica dos motores standard e de alto rendimento	117
7.2.1a	Conservação de energia elétrica com motores elétricos de alto rendimento	118
7.2.1b	Conservação de energia elétrica com motores elétricos de alto rendimento	119
7.2.2a	Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) com motores de alto rendimento	120
7.2.2b	Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) com motores de alto rendimento	121

7.5a	Análise do investimento e do retorno de investimento por setor	133
7.5b	Análise do investimento e do retorno de investimento por setor	134

Lista de Abreviaturas e Siglas

ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S/A
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
MME	Ministério das Minas e Energia
MCT	Ministério de Ciências e Tecnologia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BEN	Balanco Energético Nacional
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
CA	Consumo ativo
NBR	Normas Técnicas Brasileira
EFEI	Escola Federal de Engenharia de Itajubá
PIB	Produto Interno Bruto
GCPS	Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos
GEFAE	Grupo de Estudos Sobre Fontes Alternativas de Energia
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
NEPET	Núcleo de Estudos e Pesquisa em Educação Tecnológica
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
CCM	Centro de Comando de Motores
CESP	Companhia Elétrica do Estado de São Paulo
PB	Preço Bruto
P.L.U	Preço Líquido Unitário

ECO	Economia
Ref.	Referência
ST	Standard
ARP	Alto Rendimento Plus
Bba	Bomba

Lista de Símbolos

cv	cavalo vapor
Hp	horse power
η	rendimento
ω	velocidade do motor (rad/s)
ω_s	velocidade síncrona do motor (rad/s)
Z_{fm}	impedância de fase do motor
U_{fm}	tensão de fase do motor
I_{fm}	corrente de fase do motor
N	pólo norte
S	pólo sul
N	velocidade em rotações por minuto (rpm)
N_s	velocidade síncrona
N_n	velocidade nominal
W	potência
P_n	potência nominal
I_n	corrente nominal
I_{op}	corrente de operação
V_L	tensão de linha
I_l	corrente de linha
P_u	potência útil
P_n	potência nominal
F_u	fator de utilização
FP	fator de potência

$S_{100\%}$	escorregamento do motor a 100%
C	conjugado do motor
P	quantidade de pólos do motor

Resumo

O presente trabalho objetiva, a partir de dados coletados dos motores elétricos em regime de trabalho, dar sua contribuição ao estudo de conservação de energia elétrica numa planta industrial.

Apresenta-se o motor elétrico trifásico de indução e as diversas questões relativas ao seu uso industrial, para então, demonstrarem os parâmetros elétricos obtidos. Elaborou-se um trabalho de campo, que possibilita à análise da eficiência energética no uso de motores elétricos em uma fábrica de papel e cosméticos. A partir de medidas dos parâmetros elétricos como: corrente e tensão, mais os dados de catálogos do fabricante, chegaram-se aos valores de rendimento, fator de potência e fator de utilização, para diversas condições de carga dos motores. Caso o fator de utilização seja inferior a 75%, um estudo comparativo permitirá as decisões de substituição dos motores super dimensionados. Os dados são usados para as seguintes análises: qual a possível conservação de energia elétrica para cada setor, se os motores fossem substituídos por unidades de alto rendimento?; qual a viabilidade de cada setor realizar as trocas imediatas por motores de alto rendimento?; qual a economia de energia elétrica por setores em (R\$/dia), utilizando motores de alto rendimento?; em quanto tempo obteríamos o retorno desse investimento? Alguns recursos de informática foram utilizados nos cálculos realizados.

Os resultados indicam que o potencial de conservação de energia elétrica em motores deve ser melhor explorado e de forma mais consciente.

Palavras-Chave: Conservação de energia elétrica, motor de indução, motor de alto rendimento, potência nominal, fator de potência, fator de utilização e rendimento.

Abstract

The objective of the present research, from a data set of electric motor collected in a regimen of work, give its contribution to the study on industrial electrical motors' energy saving.

It present the three-phase induction motor, the various issues of its industrial use and the electric parameter set collected are then presented. Field of work was elaborated, wich allowed the analysis of the energy efficiency in the use of electric engines in industry of paper and cosmetics.

Given the measurements of current and tension, plus the data from the manufacturer's catalogs, values of efficiency were obtained, power factor and utilization factor, for diverse conditions of engine load. But in case the utilization factor is less than 75%, a comparative study allowed the decisions of substitution of the poorly dimensioned engines.

The data are analyzed in ways:

- 1) What would be the energy save to each sector, if motors were changed for high efficient units?
- 2) What would be the viable to each sector to replace immediately the existing motors for high efficient?
- 3) What would be the energy save to each sector in (R\$/day), using high efficient motors?
- 4) How much time would be the return of the investment?

Some resources of computer technology were used in the calculations.

The results showing the electric energy saving potential in motor would be better use to advantage and more conscientions form.

Key-Words: Energy saving potential, induction motor, high efficiency motor, nominal power, power factor, utilization factor and efficiency.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A economia de energia pode ser obtida através de atitudes, que visam à redução dos gastos com o consumo, pela sociedade como um todo. Em consequência, possibilita postergar a necessidade da ampliação da rede geradora de energia, canalizando tais recursos para outras finalidades e, também, colaborando na preservação ambiental, segundo a ELETROBRÁS (1998).

Devido à perspectiva de “apagões” e racionamentos no sistema elétrico de energia nacional, problemas esses que nem sempre são de origem climática, constata-se a necessidade de uma avaliação das instalações elétricas como instrumento de potencial de conservação de energia elétrica, evitando desperdícios em sua utilização.

Como fato, encontra-se uma recente avaliação realizada pelo PROCEL (1995), constatou-se que 50% das cargas elétricas industriais são compostas por motores de indução, chegando a 70% em determinadas regiões.

A parcela de motores dimensionados além do recomendado ou que acionam cargas inferiores à sua capacidade, apresentam-se em números elevados. Esses problemas muitas vezes são ocasionados pelos fabricantes que desenvolvem novos equipamentos e não levam em consideração o correto dimensionamento do conjunto máquina-motor, ou então, utilizam fatores de

segurança exagerados, ambos ocasionando superdimensionamento e consumo de energia elétrica excessivo.

Os motores elétricos de indução da linha Standard é o mais utilizado de todos os tipos de motores, devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo. Apesar de serem motores elétricos com bom desempenho, atualmente encontramos no mercado motores que apresentam um potencial de conservação de energia elétrica maior, que são os motores elétricos de indução da linha de alto rendimento.

Pelo exposto, na presente pesquisa, serão analisados os comportamentos dos motores elétricos em funcionamento em uma indústria de papel e cosméticos, cuja planta do setor de produção apresenta-se atualmente distribuída como: Caldeiraria (CAD), Célula de empacotamento (CEM), Célula de lápis e grafite (CLG), Desenvolvimento de embalagem (DEE), Ferramentaria (FER), montagem hidrográfica e marcadores (MCE), Montagem de lapiseiras (MAM), Montagem esferográfica (MEG), Manutenção mecânica central (MMC), Manutenção mecânica de linha (MML), Produção de brindes (PBR), Produção gráfica (PGR), Produção galvanoplastia (PGA), Produção de meio lápis (PML), Pontas e tornos (POT), Produção de grafite (PRG), Produção de retifica e plaina (PRP), Veículo de ar comprimido (VAC), conforme a Figura 1. Uma grande quantidade de motores elétricos, particularmente de indução, que apresentam a necessidade de uma ação de conservação de energia.

Através dessa pesquisa será possível a análise dos parâmetros elétricos relacionados ao funcionamento do motor, possibilitando avaliar o seu dimensionamento. Essa pesquisa propicia condições para a análise de outras plantas industriais, cujos motores elétricos necessitem de avaliação.

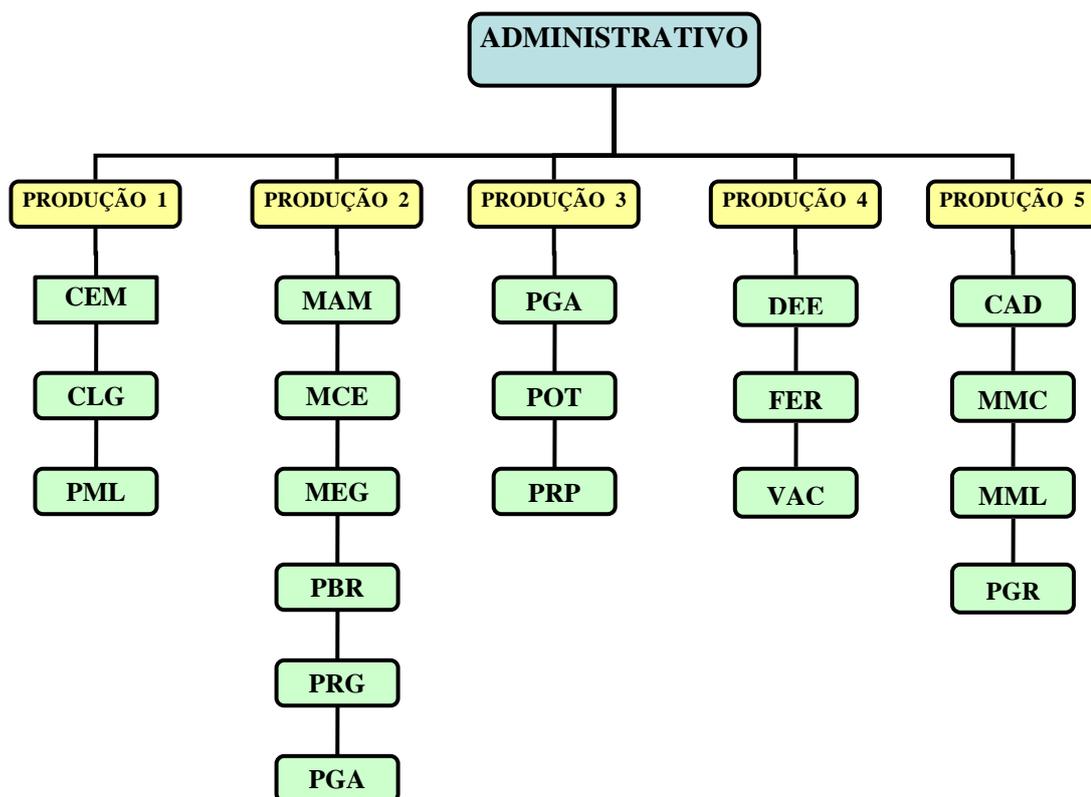


Figura 1 – Diagrama de bloco dos setores de produção

Capítulo 2

LEI DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Após vários anos de tramitação no Congresso Nacional, a Lei de Eficiência Energética foi finalmente promulgada a 17 de outubro de 2001, na esteira do racionamento de energia.

A Lei apenas estabelece a decisão de prever níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no País (BRASIL, 2001). A lei, portanto, vale para equipamentos nacionais e importados. Os comerciantes têm até 30 dias para atender à lei, ou estarão sujeitos a multas de até 100% do preço de venda. Antes da divulgação dos índices, deverão ser ouvidas em audiência pública, com divulgação antecipada das propostas, entidades representativas de fabricantes e importadores de máquinas, aparelhos consumidores de energia, projetistas e construtores de edificação.

2.1 Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência de Energia – CGIEE

Para regulamentar a lei, foi promulgada em 19 de dezembro de 2001 o Decreto 4.059 (BRASIL, 2001), que para tal tarefa, criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, constituído dos ministérios MME (minas e energia), MCT (ciência e tecnologia) e MDIC (desenvolvimento, indústria e comércio exterior), as agências ANEEL e ANP, um representante de universidade e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em energia.

2.2 A regulamentação de motores

Um ano após a sua constituição legal, o CGIEE fez aprovar o Decreto 4.508/2002, que regulamentou a eficiência energética dos motores elétricos de indução de rotor de gaiola de esquilo (BRASIL, 2002). Esses motores, constituem seguramente mais de 90% da energia motriz produzida por eletricidade na indústria nacional. É usado também nos setores residencial, público, comercial e agropecuário, acionando diversos tipos de cargas, chegando a representar um consumo de quase um terço da energia elétrica do país.

2.3 O mercado de motores elétricos no Brasil

O mercado de fabricação é dominado por três fábricas brasileiras:

- 1) A Weg domina cerca de 75% do mercado, é líder no setor na América Latina, figura entre os cinco maiores fabricantes do mundo, exporta para mais de 50 países e conta com filiais e assistência técnica nos cinco continentes (Fazendo o Mundo Girar: Weg Motores Ltda. Mercosul Magazine 2003).

Em 2002, fabricou 7.619.000 motores (WEG, 2003). Com sede em Jaraguá do Sul, em Santa Catarina, onde surgiu em 1961, domina o fornecimento de motores de baixa tensão na indústria.

2) A Eberle com sede em Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul, fabrica motores elétricos desde 1939.

3) A Kohlbach, também situada em Jaraguá do Sul, em Santa Catarina, fabrica motores e geradores.

No entanto, ainda se encontram funcionando motores de fabricação GE, que dominou o mercado até os anos 70, e outras marcas como: Búfalo e Brasil, que não são mais fabricados. Dos motores de fabricação estrangeira, o que mais se encontra são os de fabricação SEW, geralmente acoplados a dispositivos de variação de velocidade, como moto-redutores e acionamentos eletrônicos.

2.4 Os índices de eficiência energética

O Decreto 4.508 estabelece, no Art. 3º, que o indicador de eficiência energética a ser utilizado é o rendimento nominal (BRASIL, 2002). Foram estabelecidos os valores de rendimentos nominais mínimos, para os motores padrão e para os motores de alto rendimento, conforme Tabela 01.

Tabela 01: Rendimentos nominais mínimos conforme a Lei de Eficiência de Energia.

Potência nominal		Padrão				Alto Rendimento			
		Pólos				Pólos			
cv ou Hp	kW	2	4	6	8	2	4	6	8
1,0	0,75	77,0	78,0	73,0	66,0	80,0	80,5	80,0	70,0
1,5	1,1	78,5	79,0	75,0	73,5	82,5	81,5	77,0	77,0
2,0	1,5	81,0	81,5	77,0	77,0	83,5	84,0	83,0	82,5
3,0	2,2	81,5	83,0	78,5	78,0	85,0	85,0	83,0	84,0
4,0	3,0	82,5	83,0	81,0	79,0	85,0	86,0	85,0	84,5
5,0	3,7	84,5	85,0	83,5	80,0	87,5	87,5	87,5	85,5
6,0	4,5	85,0	85,5	84,0	82,0	88,0	88,5	87,5	85,5

Tabela 01: Rendimentos nominais mínimos conforme a Lei de Eficiência de Energia.

7,5	5,5	86,0	87,0	85,0	84,0	88,5	89,5	88,0	85,5
10,0	7,5	87,5	87,5	86,0	85,0	89,5	89,5	88,5	88,5
12,5	9,2	87,5	87,5	87,5	86,0	89,5	90,0	88,5	88,5
15	11	87,5	88,5	89,0	87,5	90,2	91,0	90,2	88,5
20	15	88,5	89,5	89,5	88,5	90,2	91,0	90,2	89,5
25	18,5	89,5	90,5	90,2	88,5	91,0	92,4	91,7	89,5
30	22	89,5	91,0	91,0	90,2	91,0	92,4	91,7	91,0
40	30	90,2	91,7	91,7	90,2	91,7	93,0	93,0	91,0
50	37	91,5	92,4	91,7	91,0	92,4	93,0	93,0	91,7
60	45	91,7	93,0	91,7	91,0	93,0	93,6	93,6	91,7
75	55	92,4	93,0	92,1	91,5	93,0	94,1	93,6	93,0
100	75	93,0	93,2	93,0	92,0	93,6	94,5	94,1	93,0
125	90	93,0	93,2	93,0	92,5	94,5	94,5	94,1	93,6
150	110	93,0	93,5	94,1	92,5	94,5	95,0	95,0	93,6
175	132	93,5	94,1	94,1		94,7	95,0	95,0	
200	150	94,1	94,5	94,1		95,0	95,0	95,0	
250	185	94,1	94,5			95,4	95,0		

Fonte: Decreto 4.508 (BRASIL, 2002)

Analisando a Tabela 01, verifica-se que os motores de alto rendimento apresentam uma eficiência maior com relação ao seu rendimento, através disso, conseguimos melhorar a conservação de energia elétrica.

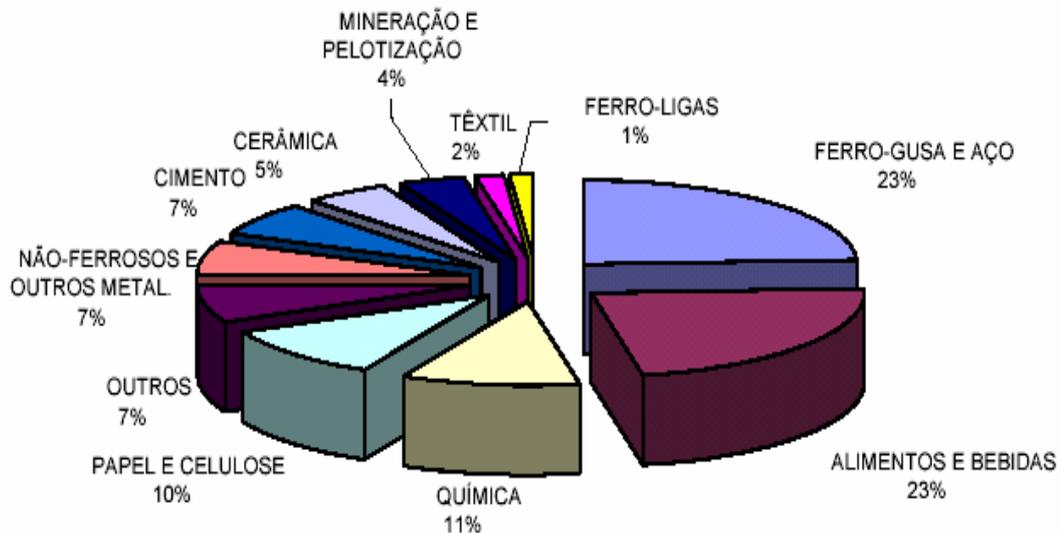
Capítulo 3

USO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA

Este capítulo nos dará uma visão do uso da energia elétrica na indústria brasileira, para nela situarmos a participação e a importância dos motores elétricos com relação ao potencial de conservação de energia e os esforços que tem sido feito para alcançá-lo.

3.1 Consumo de energia por setor

O Gráfico 1, nos mostra o consumo de energia dos setores por atividade desenvolvida na indústria brasileira.

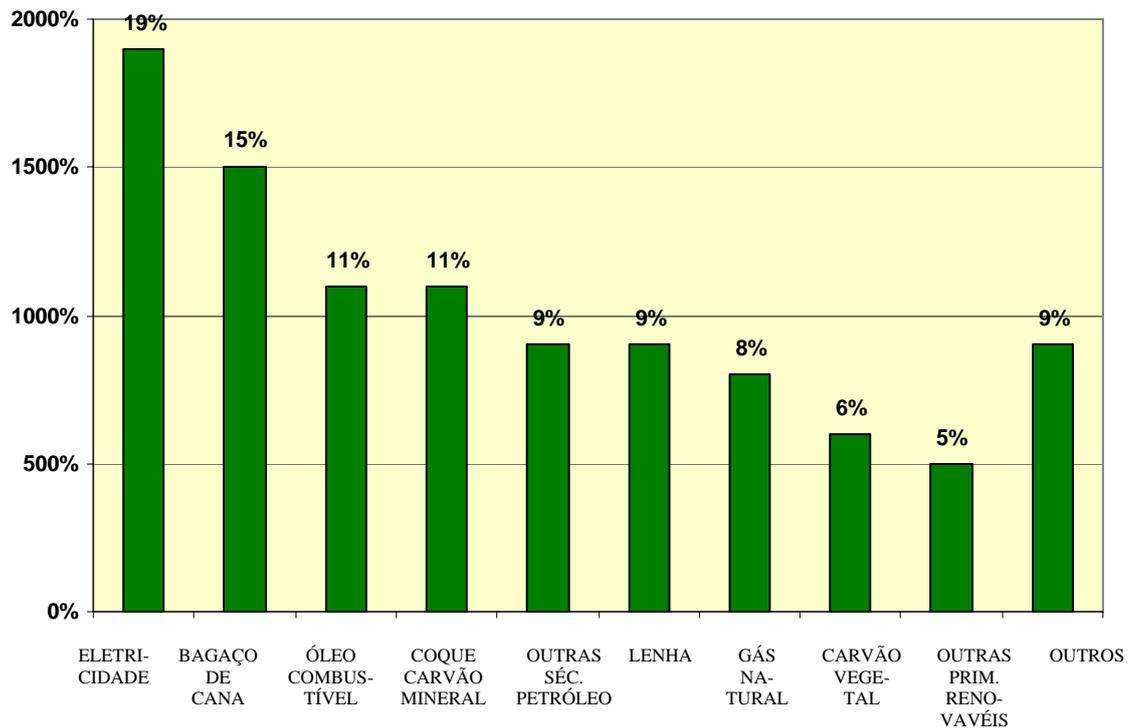


Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do BEN 2002 para 2001 (MME, 2002).

Gráfico 3.1: Participação dos setores no consumo de energia (2001)

Os setores ferro-gusa e aço utilizam preponderantemente coque de carvão mineral e carvão vegetal, como observam Tolmasquim e Szklo (2000), representando 65% da energia consumida (BEN, MME, 2002, Tabela 3.7.2.b). No setor de alimentos e bebidas, destaca-se o consumo de bagaço de cana, responsável por 2/3 da energia consumida (dados de 2001 – BEN, MME, 2002, Tabela 3.7.8.b).

Em termos de fontes de energia, a participação relativa para o consumo da indústria está no Gráfico 2. A eletricidade é a principal fonte, com 1/5 de contribuição, seguida do bagaço de cana, com maiores consumos que os combustíveis fósseis.

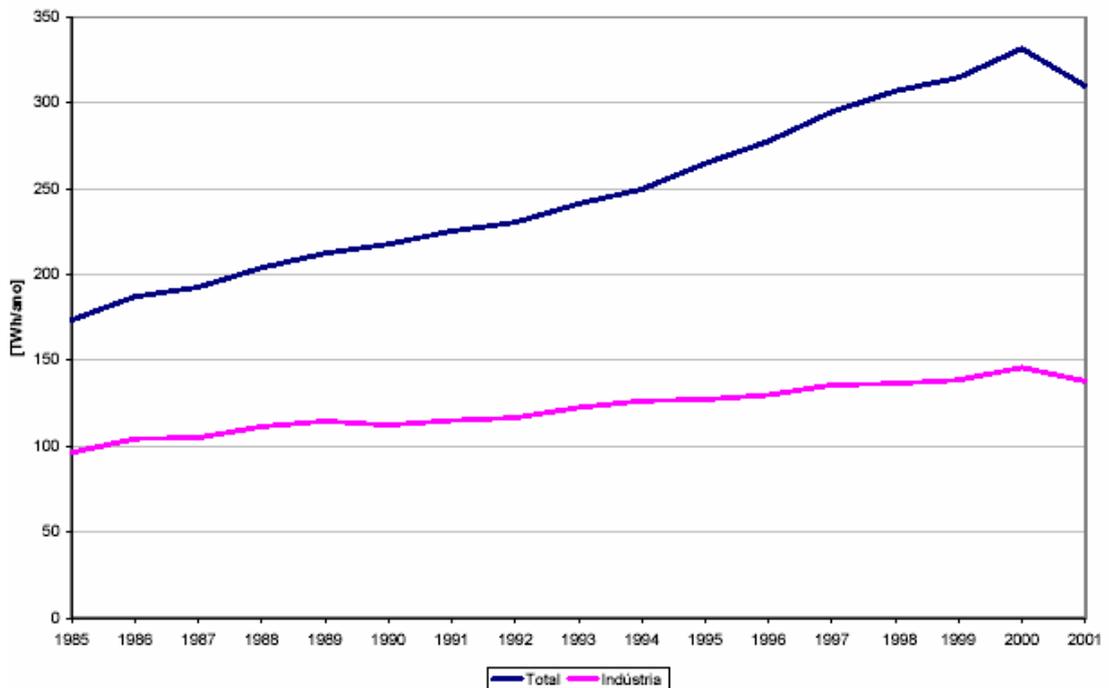


Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do BEM (MME, 2002)

Gráfico 3.1.1: Energéticos utilizados na indústria (2001)

3.2 Uso da eletricidade na indústria.

O consumo de eletricidade na indústria brasileira vem crescendo a taxas bem menores que o consumo total, como mostra o Gráfico 3. Considerando-se o período compreendido entre os anos de 1991 a 2001, a indústria vem aumentando o seu consumo a uma razão de 2% ao ano, enquanto que o conjunto do país o faz a 4%.



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados do BEM (MME, 2002)

Gráfico 3.2: Evolução do consumo de eletricidade na indústria e no país

3.3 Potencial de conservação de energia

Não há dúvidas que existe um bom potencial de conservação de energia na indústria brasileira. Segundo Geller et al. (2003), o Brasil teve algum sucesso em aumentar a eficiência no uso da eletricidade, porém muitas indústrias ainda desperdiçam energia por causa de processos industriais ineficientes e equipamentos. Por exemplo, alguns motores utilizados no Brasil são ineficientes pelos padrões internacionais, assim como sobredimensionados e mal operados em muitos casos.

No entanto, números exatos não estão disponíveis. O Procel, segundo Lopes e Lisboa (2001), está desenvolvendo um amplo Projeto de Eficiência Energética, onde uma das atividades será a criação de um centro de referência em eficiência energética, com a estruturação e manutenção de um banco de dados sobre eficiência energética, incluindo a identificação do potencial de conservação de energia nos estados.

3.4 Tarifa aplicada

A tarifa aplicada para a indústria de papel e cosmético em estudo é a tarifa azul para a classe de consumidores do grupo A e subgrupo A4, com uma demanda contratada para o horário de ponta de 1500kW e para o horário fora de ponta de 1700kW.

3.5 Estrutura tarifária

O sistema tarifário de energia elétrica é um conjunto de Normas e Regulamentos que tem por função estabelecer o custo da eletricidade para os diferentes tipos de consumidores. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (1996), além de suas atribuições específicas incorpora também as funções de Órgão Regulamentador em substituição ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE (1985).

O governo Federal, através do decreto nº 86463 de 13/10/1983, definiu a estrutura tarifária para a energia elétrica no país com base nos custos marginais do setor. Este processo foi iniciado em 1979, com o patrocínio do Banco Mundial e da assistência técnica da Electricité de France – EDF.

Na nova estrutura tarifária, há dois tipos básicos a saber:

- Monômia – faturamento sobre o consumo efetivo de energia (KWh).
- Binômia – além do faturamento sobre o consumo efetivo de energia, acrescenta-se um outro componente que remunera a capacidade colocada à disposição dos consumidores e incorpora preços diferenciados da energia, dependendo do horário de funcionamento e da época do ano.

O preço final de energia elétrica paga pelo consumidor inclui:

- Energia propriamente utilizada
- Impostos referente à política tributária
- Encargos referentes às despesas de atendimento aos consumidores e independentes do consumo.

Os consumidores de energia elétrica são enquadrados nestas estruturas tarifárias de suas características predominantes de consumo.

3.5.1 Definições

A legislação que regulamenta a tarifação de energia elétrica no Brasil é baseada nos conceitos e definições apresentadas abaixo:

➤ Demanda (kW) – média das potências instantâneas solicitadas pela unidade consumidora integralizada em intervalos de 15 minutos. Na Tabela 02 apresentam-se as classificações das demandas e definições.

Tabela 02: Classificação das demandas e definições

Demanda registrada DR (kW)	É o maior valor da demanda efetivamente registrada em intervalos de 15 minutos, durante o período de funcionamento.
Demanda faturada DF (kW)	É o valor da demanda efetivamente utilizada para efeito de faturamento.
Demanda contratada DC (kW)	É o valor da demanda que a concessionária se compromete através de contrato de fornecimento, a manter disponível ao consumidor.
Consumo – CA (KWh)	É a quantidade de energia elétrica ativa, efetivamente medida no período de faturamento.
Horário de ponta (p)	É o intervalo de três horas, compreendido entre 17:00 e 22:00 horas de cada dia, exceto sábados e domingos, e é definido segundo as características da carga e do sistema elétrico da concessionária.

Tabela 02: Classificação das demandas e definições

Horário fora de ponta (f)	É o intervalo formado pelas horas complementares às três horas do horário de ponta, bem como pelas 24 horas dos sábados e domingos.
Período úmido (u)	É o período de cinco meses compreendido entre dezembro de um ano à abril do ano seguinte.
Período seco (s)	É o período de sete meses consecutivos complementares ao período úmido, correspondendo ao período de maio a novembro de um mesmo ano.

3.5.2 Tensões de fornecimento

O nível da tensão de fornecimento para um consumidor é determinado em função de sua carga instalada. Na Tabela 03, apresenta-se esta correspondência em função da Demanda Contratada (DC).

Tabela 03: Limites de tensão de fornecimento

CARGA INSTALADA	TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO
DC = 50kW	Tensão secundária de distribuição
50kW < DC = 2500kW	Tensão primária de distribuição
DC > 2500kW	Tensão de transmissão

Os limites podem ser alterados desde que homologados pelo órgão regulador.

3.5.3 Classes de consumidores

A legislação determina categorias de fornecimento conforme o tipo de estrutura tarifária aplicado e a tensão entregue à consumidora. As Unidades Consumidoras são classificadas da seguinte forma:

▪ **Grupo A:** Unidades consumidoras atendidas em tensão igual ou superior a 2,3kV, ou atendidas em tensão inferior a 2,3kV através de sistema subterrâneo de distribuição, e faturadas neste grupo, caracterizadas pela estruturação tarifária binômia e dividido nos seguintes subgrupos:

- 1) **Subgrupo A1:** Tensão de fornecimento igual ou superior a 230kV
- 2) **Subgrupo A2:** Tensão de fornecimento de 88kV a 138kV
- 3) **Subgrupo A3:** Tensão de fornecimento de 69kV
- 4) **Subgrupo A3a:** Tensão de fornecimento de 30kV a 44kV
- 5) **Subgrupo A4:** Tensão de fornecimento de 2,3kV a 25kV
- 6) **Subgrupo AS:** Tensão de fornecimento abaixo de 2,3kV, atendida pelo sistema subterrâneo de distribuição, e faturada nesse grupo em caráter opcional.

▪ **Grupo B:** Unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 2,3kV, ou ainda atendidas em tensão superior a 2,3kV e faturadas neste grupo, caracterizadas pela estruturação tarifária monômia e dividido nos seguintes subgrupos:

- 1) **Subgrupo B1 – Residencial**
- 2) **Subgrupo B1 – Residencial Baixa Renda**
- 3) **Subgrupo B2 – Rural**

- 4) **Subgrupo B2** – Cooperativa de Eletrificação Rural
- 5) **Subgrupo B2** – Serviço Público de Irrigação
- 6) **Subgrupo B3** – Demais Classes
- 7) **Subgrupo B4** - Iluminação Pública

A demanda também é utilizada para classificação dos consumidores e para efeito de tarifação.

3.5.4 Modalidades tarifárias

Os consumidores do grupo A são faturados com tarifa convencional ou horo-sazonal, dependendo da tensão de fornecimento e da demanda. A Tabela 04 mostra as opções tarifárias para este grupo.

Tabela 04: Opções de tarifa para o grupo A

CONSUMIDOR	TARIFA
Tensão de fornecimento = 69kV (qualquer demanda)	Azul
Tensão de fornecimento < 69kV (demanda = 500kW)	Azul ou Verde
Tensão de fornecimento < 69kV (50kW = demanda < 500kW)	Azul, Verde ou Convencional

Cada uma destas modalidades tarifárias possui características próprias e são apresentadas a seguir.

3.6 Faturamento Horo-Sazonal

Trata-se de uma modalidade de faturamento de energia que diferencia valores de demanda contratada e de energia consumida conforme o horário de utilização e o período do ano. Nesta modalidade, a dia fica dividido em dois períodos: o Horário de Ponta , composto por três horas consecutivas definidas pela concessionária de acordo com as características e seu sistema elétrico e situadas no intervalo compreendido entre 17h e 22h, exceto de sábados, domingos e feriados nacionais ou outros feriados definidos por Lei Federal, e o Horário Fora de Ponta, composto pelas 21 horas diárias complementares ao horário de Ponta. Sábados e domingos são considerados horários Fora de Ponta.

O ano divide-se em dois períodos, o intervalo de cinco meses consecutivo compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte passa a ser conhecido como período úmido, e o intervalo de sete meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro, passa a ser denominado período seco, em alusão à condição pluviométrica dos meses considerados.

As unidades consumidoras alimentadas em tensão igual ou superior a 69kV, ou que apresentem contrato de demanda superior a 300kW, são obrigadas a se enquadrarem no regime de faturamento horo-sazonal, podendo escolher uma das duas modalidades oferecidas: a tarifa azul ou a tarifa verde. Os consumidores alimentados por tensão primária de distribuição que não se enquadram nos requisitos acima podem solicitar a tarifação horo-sazonal desde que pelo menos um dos valores de demanda contratada (de ponta ou fora de ponta) seja superiores a 30kV.

3.7 Faturamento de energia elétrica

A energia é faturada conforme a classe onde se enquadra a unidade consumidora e o contrato de fornecimento que eventualmente é celebrado entre a concessionária e o cliente. No caso de fornecimentos baseados em contrato, o faturamento pode ainda incluir cobranças relativas ao descumprimento de cláusulas contratuais.

3.7.1 Tarifa Convencional – Consumidores do Grupo B

Nos consumidores enquadrados no Grupo B, apenas o consumo de energia é faturado, não existindo cobrança relativa à demanda de potência. O faturamento de consumo é obtido pelo produto entre o consumo medido e a respectiva tarifa.

$$FC = C \cdot TC \quad (3.1)$$

Onde:

FC – valor relativo ao faturamento de consumo

C – consumo durante a ciclo medido

TC – tarifa de consumo

3.7.2 Tarifa Binomial Convencional

É aplicada às unidades consumidoras do Grupo A, atendidas em tensão inferior a 69kV e com demanda menor do que 300kW. Para este tipo de contrato de fornecimento, o valor da demanda faturada será o maior entre os valores abaixo:

a) Demanda contratada ou a demanda medida, exceto se a unidade consumidora for classificada como rural ou reconhecida como sazonal;

b) Demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos onze ciclos completos de faturamento anteriores, no caso de unidade consumidora classificada como rural ou reconhecida como sazonal.

A demanda faturada é calculada pela equação:

$$FD = D_{fat} \cdot TD \quad (3.2)$$

onde:

FD – valor relativo ao faturamento de demanda

D_{fat} - demanda faturável

TD – tarifa de demanda

O faturamento de consumo será obtido pelo produto do consumo medido pela respectiva tarifa:

$$FC = C \cdot TC \quad (3.3)$$

Onde:

FC – valor relativo ao faturamento de consumo

C – consumo durante a ciclo medido

TC – tarifa de consumo

3.7.3 Tarifa Azul

A estrutura tarifária conhecida como tarifa azul é aplicada às unidades consumidoras do Grupo A, segundo os seguintes critérios:

- Compulsoriamente às unidades consumidoras atendidas em tensão igual ou superior a 69kV;

- Compulsoriamente às unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 69kV, com demanda de potencial igual ou superior a 300kW, desde que não façam opção pela tarifa verde
- Opcionalmente às unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 69kV, com demanda de potência inferior a 300kW, mas com demanda contratada superior a 30kW em pelo menos um dos segmentos horários (ponta ou fora de ponta).

São valores aplicados na composição da tarifa azul:

- 1) Demanda de potência (kW).
 - a) Um preço para horário de ponta (P).
 - b) Um preço para horário fora de ponta (F).

- 2) Consumo de energia (KWh).
 - a) Um preço para horário de ponta em período úmido (PU).
 - b) Um preço para horário fora de ponta em período úmido (FU).
 - c) Um preço para horário de ponta em período seco (PS).
 - d) Um preço para horário fora de ponta em período seco (FS).

Para os consumidores de fornecimento baseados na tarifa azul, o valor empregado no faturamento da demanda atende os seguintes critérios:

- a) Demanda contratada ou demanda medida, exceto se anuidade consumidora for classificada como rural ou reconhecida como sazonal.
- b) Demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da demanda contratada, no caso de unidade consumidora classificada como rural ou reconhecida como sazonal.

A expressão abaixo permite melhor visualização do critério de faturamento da demanda:

$$FD = (D_{fat_p} \cdot TD_p) + (D_{fat_{fp}} \cdot TD_{fp}) \quad (3.4)$$

onde:

FD – valor relativo ao faturamento da demanda

D_{fat_p} - demanda faturável no horário de ponta

TD_p - tarifa de demanda de ponta

$D_{fat_{fp}}$ - demanda faturável no horário de fora de ponta

TD_{fp} - tarifa de demanda fora de ponta

O faturamento do consumo total será obtido pela soma dos produtos dos consumos medidos em cada segmento horo-sazonal, pelas respectivas tarifas do segmento:

$$FC = (C_p \cdot TC_p) + (C_{fp} \cdot TC_{fp}) \quad (3.5)$$

onde:

FC – valor relativo ao faturamento do consumo

C_p - consumo médio no horário de ponta

TC_p - tarifa de consumo de ponta

(C_{fp}) - consumo medido no horário de fora de ponta

TC_{fp} - tarifa de consumo fora de ponta

3.8 Ultrapassagem de demanda

A tarifa horo-sazonal tem como princípio básico a disciplina do mercado, permitindo um uso racional do sistema de distribuição de energia. Para que esta disciplina seja mantida, o consumidor deverá zelar para que os valores de demanda medido nos respectivos segmentos horários e sazonais sejam compatíveis com os valores estabelecidos em contrato. Na hipótese dos

valores medidos excederem os valores contratados, será aplicada a tarifa de ultrapassagem sobre o excedente. Esta penalidade, todavia, não será aplicada se o excesso se encontrar dentro dos limites de tolerância estabelecidos abaixo:

- 5% para a unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69kV (tarifa azul).
- 10% para unidade consumidora atendida extensão de fornecimento inferior a 69kV.

3.9 Aplicação da demanda de ultrapassagem

Havendo ultrapassagem de demanda medida em relação ao valor contratado e estando excedidos os limites permitidos pelo contrato, caberá aplicação da tarifa de ultrapassagem à totalidade da parcela que exceder o valor de contrato, cobrada com valor igual a três vezes a tarifa normalmente aplicada sobre o kW de demanda para o segmento horário referente.

3.9.1 Demanda de ultrapassagem - tarifa azul

A aplicação do faturamento de ultrapassagem de demanda para consumidores sob contrato de tarifa azul é realizada de acordo com as equações a seguir, onde o valor total é referente à ultrapassagem de demanda fora de ponta e demanda na ponta.

$$FD = Fd_p + Fd_{fp} \quad (3.6)$$

Faturamento de demanda relativo ao horário de ponta:

$$Fd_p = (DC_p \cdot TD_p) + (DM_p - DC_p) \cdot TU_p \quad (3.7)$$

Faturamento de demanda relativo ao horário fora de ponta:

$$Fd_{fp} = (DC_{fp} \cdot TD_{fp}) + (DM_{fp} - DC_{fp}) TU_{fp} \quad (3.8)$$

onde:

Fd_p - valor relativo ao faturamento da demanda na ponta

Fd_{fp} - valor relativo ao faturamento da demanda fora da ponta

DC_p - demanda contratada no horário de ponta

DC_{fp} - demanda contratada no horário fora de ponta

TD_p - tarifa de demanda de ponta

TD_{fp} - tarifa de demanda fora de ponta

DM_p - demanda medida no horário de ponta

DM_{fp} - demanda medida no horário fora de ponta

TU_p - tarifa de ultrapassagem para o segmento de ponta

TU_{fp} - tarifa de ultrapassagem para o segmento fora de ponta

Capítulo 4

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Motores elétricos de indução na indústria

As atividades fabris requerem, em princípio, um motor robusto, de alta confiabilidade, boa eficiência, que reaja bem às variações de carga e com baixo custo. Alguns processos de variação de velocidade com bom controle. Além disso, áreas de riscos, exigem um equipamento que não provoque centelhas.

Algumas máquinas que existem em praticamente qualquer segmento da indústria: bombas para movimentação de líquidos, compressores e ventiladores para gases. Fábricas de alimentos e bebidas que possuem máquinas operatrizes, que movimentam e executam operações com latas, garrafas e outros objetos. Geralmente são motores pequenos, algumas vezes de construção específica para sua aplicação. A indústria têxtil também possui máquinas dedicadas tanto para a fiação como para a tecelagem, de tecnologia secular. Os setores de cimento, químico, papel e celulose têm uma grande quantidade de bombas, compressores, ventiladores, esteiras transportadoras, moinhos, agitadores e peneiras compostos por motores de grande potência. Cerâmicas possuem grandes misturadores, sopradores e muitas esteiras transportadoras. Mineração, siderurgia e fabricação de metais em geral, além das bombas, compressores e ventiladores, também têm moinhos, transportadores em grande quantidade e máquinas específicas para atividades de laminação, por exemplo: para puxar, dobrar e cortar.

Dentre os vários tipos de motores, o que melhor tem se adaptado a estes tipos de segmento é o motor de indução trifásico com rotor em gaiola de esquilo. De construção bastante robusta, sem partes faiscantes, não exigindo quase manutenção, baixo custo e apresentando poucas desvantagens: não

varia a velocidade, operação degradada em baixa carga (alterando rendimento e fator de potência), alta corrente de partida relata (AMÉRICO, 2003).

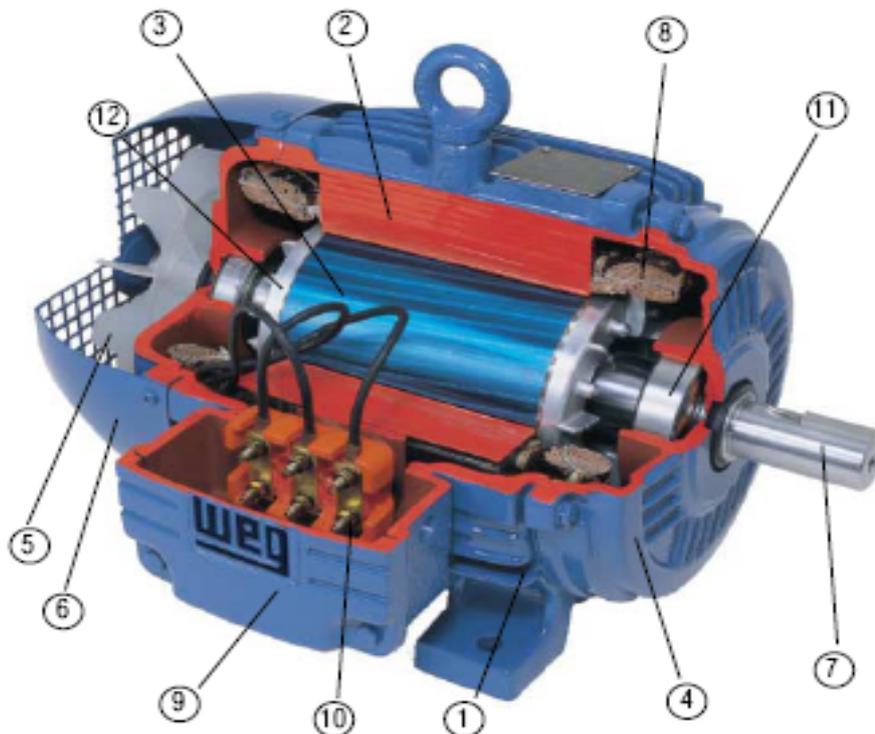
Este tipo de motor não tem comutador, nem anéis coletores, nem quaisquer contatos móveis entre o rotor e o estator, sendo sua aplicação bastante diversificada e o seu regime de operação apto para atuar em situações onde o intemperismo e outros materiais abrasivos sejam fatores a serem considerados, segundo (KOSOW, 1982).

4.2 Considerações sobre motores elétricos de indução

O acionamento de máquinas e equipamentos mecânicos por motores é um assunto de extrema importância econômica. Estima-se que o mercado mundial de motores de todos os tipos seja da ordem de uma dezena de bilhões de dólares por ano. No campo de acionamentos industriais, avalia-se que de 70% a 80% da energia elétrica consumida pelo conjunto de todas as indústrias seja transformada em energia mecânica através de motores elétricos, conforme apresentado por Lobosco e Dias (1988). Nestes, admitindo-se um rendimento médio da ordem de 80% em aplicações industriais, cerca de 15% da energia elétrica consumida pela indústria, transforma-se em perdas nos motores e 5% em perdas na linha de transmissão.

4.3 Estrutura física de um motor elétrico de indução

Sua estrutura básica é apresentada na Figura 2, onde foi feito um corte para a visualização das partes interiores que estão descritas na Tabela 05.



Fonte: WEG – Catálogo de motores elétricos, Jaraguá do Sul – SC, 2003

Figura 4.3: Motor elétrico de indução trifásico

Tabela 05: Partes fundamentais do motor de indução.

Ref.	Descrição	Característica
Estató		
1	Carcaça	É a estrutura suporte do conjunto; de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e com aletas.
2	Núcleo de chapas	As chapas são de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro.

Tabela 05: Partes fundamentais do motor de indução.

8	Enrolamento trifásico	Três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação
Rotor		
3	Núcleo de chapas	As chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
7	Eixo	Transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga.
12	Barras e anéis de curto-circuito	São de alumínio injetado sob pressão numa única peça.
Outras partes do motor de indução		
4	Tampa	
5	Ventilador	
6	Tampa defletora	
9	Caixa de ligação	
10	Terminais	
11	Rolamento	

Fonte: Elaboração própria com base no catálogo de motores elétrico da WEG, Jaraguá do Sul – SC, 2003

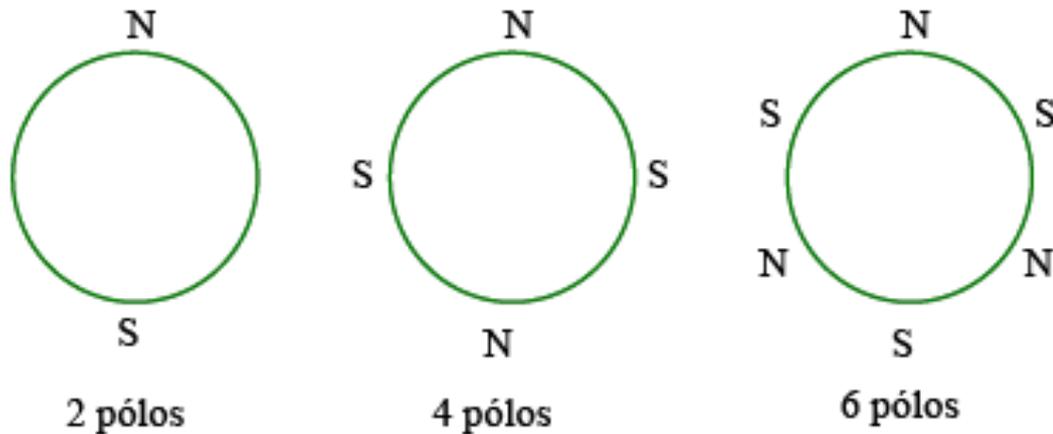
4.4 Princípio de funcionamento

Quando uma bobina é percorrida por uma corrente elétrica, cria-se um campo magnético dirigido conforme o eixo da bobina e de valor proporcional ao da bobina.

O motor trifásico é alimentado por correntes trifásicas que criam um “campo girante” no estator, como se houvesse um único par de pólos girantes, de intensidade constante. Este campo girante, induz tensões nas barras do rotor (linhas de fluxo que cortam a barra do rotor) as quais geram correntes, e

conseqüentemente, um campo no rotor, de polaridade oposta à do campo girante. Como campos opostos se atraem e o campo do estator é rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação deste campo. Desenvolve-se então, no rotor, um conjugado motor que faz com que ele gire, acionando a carga, como explica a (WEG, 2000).

Dependendo da forma como são dispostas as bobinas do estator, podem-se constituir um ou mais pares de pólos conforme a Figura 3, sendo os mais comuns: dois pólos, quatro pólos, seis pólos e oito pólos, que se distribuem alternadamente (um norte e um sul) ao longo da periferia do núcleo magnético.



Fonte: Catálogo de motores elétrico da WEG, Jaraguá do Sul – SC, 2003

Figura 4.4: Polaridade de um motor de indução

Então, quando a corrente de alimentação completa um ciclo ($1/60 \text{ Hz} = 16,7 \text{ ms}$), o campo vai de "norte a norte". Em um segundo, o campo do motor de 2 pólos dá 60 voltas, no motor de 4 pólos dá 30 voltas, no motor de 6 pólos dá 20 voltas e assim por diante, que corresponde em rotações por minuto (rpm), a: 3600, 1800 e 1200, conforme (KOSOW, 1982, p. 298-299).

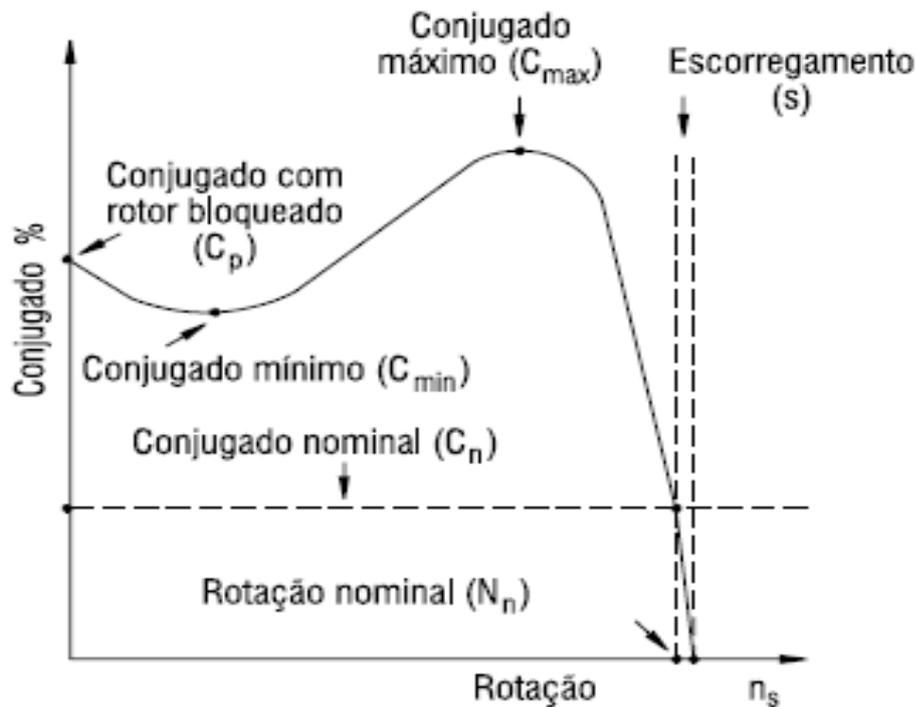
4.5 Características de aceleração

O ciclo de operação dos motores elétricos, em função de suas características e das solicitações das cargas, flutua de forma sensível, desde a partida até o seu desligamento, relata (GODINHO, 1987).

TEIXEIRA (1991), observa que estes itens implicam numa maior facilidade para a máquina ser levada da situação de rotor bloqueado até à velocidade nominal, em função das características do conjugado de partida do motor e do ciclo de carga que este atenderia.

O motor deve satisfazer os seguintes critérios citados por (LOPES, 1977): fornecer o máximo conjugado exigido pela carga, não atingir temperaturas inadmissíveis quando em operação contínua e acelerar a carga em um tempo suficientemente curto, para que o aquecimento não venha a danificar as propriedades físicas dos materiais isolantes.

O motor de indução tem conjugado igual a zero à velocidade síncrona. À medida que a carga vai aumentando, a rotação do motor vai caindo gradativamente, até um ponto em que conjugado atinge o valor máximo que o motor é capaz de desenvolver em rotação normal. Se o conjugado da carga aumentar mais, a rotação do motor cai bruscamente, podendo chegar a travar o rotor. Representando no Gráfico 4, a variação do conjugado com a velocidade para um motor normal.



Fonte: WEG – Catálogo de motores elétricos, Jaraguá do Sul – SC, 2003

Gráfico 4.5: Curva do conjugado x rotação

4.6 Perdas

O motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. Apesar de ser uma máquina de grande utilidade, apresentam vários tipos de perda que de acordo com a ELETROBRÁS (1996), podem ser apresentadas como:

a. Perdas no ferro (núcleo) – são as perdas devido à circulação do campo magnético, por histerese e correntes parasitas. Dependem da frequência da rede que no Brasil é de 60 Hz, da densidade do campo (quanto menos ferro, mais denso), da qualidade do aço (o aço silício é mais suscetível ao campo magnético), da espessura e isolamento das chapas, que representam de 15 a 20% do total das perdas estando em operação.

b. Perdas mecânicas – perdas por atrito, nos mancais e ventilação que representam 5 a 15%.

4.6.1 Perdas variáveis

a. Perdas no estator – são devidas ao efeito Joule (é o aquecimento do condutor, devido a passagem da corrente elétrica), a circulação da corrente no enrolamento do estator, significa uma parcela de perda em condição nominal de 25 a 40%, dependendo da seção nominal dos condutores e do comprimento das bobinas.

b. Perdas no rotor – também são provocadas pelo efeito Joule nas barras e anéis do rotor, que representa uma perda entre 15 a 25%. Dependendo do tipo de material, que em geral é de alumínio para motores em baixa tensão, da seção e comprimento das barras.

c. Perdas suplementares – são devidas a várias imperfeições na distribuição dos fluxos magnéticos e de corrente, geralmente medidas por subtração das demais perdas, que representam uma parcela menor entre 10 a 20% nos motores de baixa tensão.

4.7 Causas de baixa eficiência

As características de desempenho dos motores de indução são influenciadas pelas condições de operação da carga. Podem-se apontar quatro causas principais de operação em baixo rendimento:

a. Motor sobredimensionado – apresentam uma queda no rendimento, quando operam com carga baixa, normalmente menores que 50%

da sua capacidade nominal. Este é um dos pontos principais deste trabalho, a faixa ideal de operação esta entre 75% e 100% de carga.

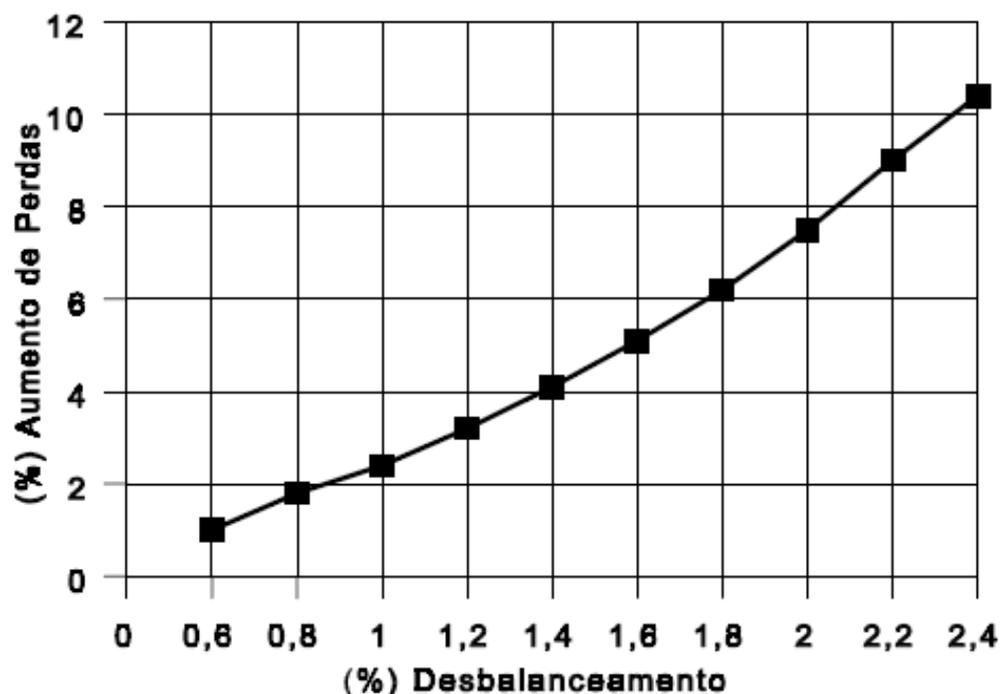
b. Motor rebobinado – é proveniente de um defeito comum chamado “queima”, isto é, quando ocorre a degradação do isolante entre as espiras de uma mesma bobina, entre duas bobinas de diferentes fases ou entre uma bobina e o núcleo. Tecnicamente diz-se que houve um curto-circuito entre espiras, entre fases, entre fase e terra ou carcaça. A elevação de temperatura provoca o rompimento do dielétrico do material isolante, seja ele: esmalte do fio condutor, papel ou espaguetes, levando-os a carbonização, exalando um odor característico. Normalmente, recupera-se o motor através do processo de rebobinamento, ou seja, substituindo as bobinas e isolação danificadas por outras. É importante ressaltar um rigor técnico neste procedimento, para que o motor retome suas características originais. Algumas práticas, porém, podem afetar o seu desempenho: retirar as bobinas queimadas do estator do motor, fazendo-se uso de maçarico ou lança chamas à gás, isso pode danificar a isolação entre as chapas do núcleo, aumentando as perdas no ferro. Utilizar fios de seção diferente da original, pode aumentar as perdas no cobre e alterar o número de espiras das bobinas. A análise e a conclusão do desempenho de diversos motores, antes e depois do reparo, esta na qualidade da oficina, relata Bortoni et al. (1999). Pode haver uma melhora da eficiência energética, através da manutenção nos motores e rotinas de limpeza.

c. Instalação – trata-se aqui das condições mecânicas de instalação do motor: fixação, alinhamento, vibração, temperatura e tipo de ambiente. Apesar de serem máquinas robustas, estas condições, infelizmente nem sempre são adequadas e afeta o seu desempenho.

d. Alimentação elétrica – são dois os principais problemas: desequilíbrio entre fases e harmônicos. Desequilíbrios podem provir da rede distribuidora ou da diferença de indutância entre os cabos que alimentam o motor, que é comum, quando não são feitos com cabos tripolares. Harmônicos, são distorções na forma de onda senoidal da rede de alimentação, provocados

hoje na sua maioria por equipamentos eletrônicos. Um estudo realizado pela WEG (2000), estima as perdas em função do desbalanceamento de fases, conforme a Gráfico 5.

e. Manutenção – além das condições de instalação e alimentação elétrica, a manutenção também influencia no rendimento do motor, segundo (ALMEIDA, 2001). Uma inspeção periódica quanto a níveis de isolação, elevação de temperatura, desgastes excessivos, correta lubrificação dos rolamentos e eventuais exames no ventilador, para verificar o correto direcionamento do fluxo de ar são fundamentais para garantir a operação adequada do motor, segundo a WEG (2000).



Fonte: Weg – Pesquisas. Disponível em <http://www.weg.com.br/>. Acessado em: 20 de Julho, 2005.

Gráfico 4.7: Desbalanceamento x Aumento de Perdas

4.8 Seleção de motores de indução

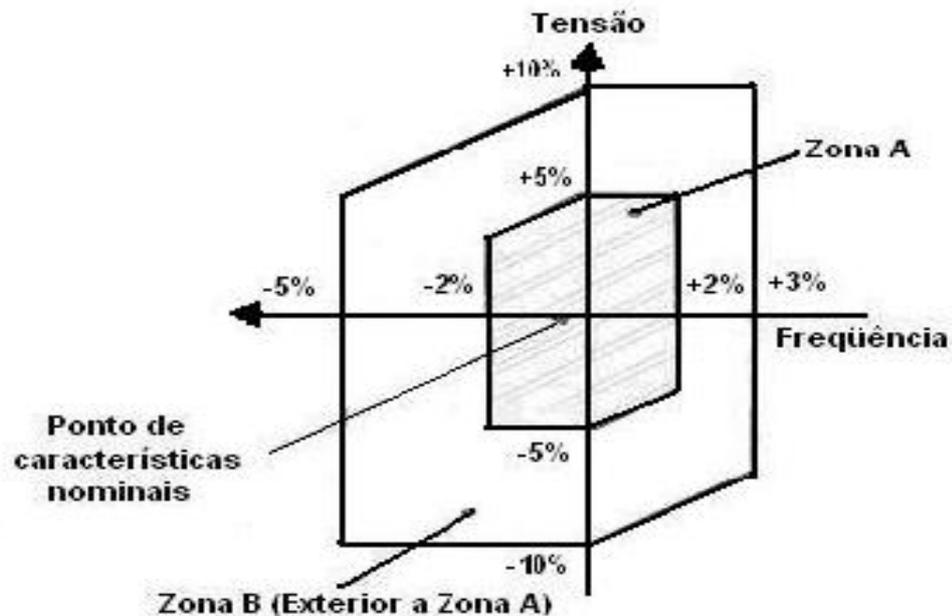
Existem muitas aplicações que podem ser corretamente acionadas por mais de um tipo de motor, e a seleção de um determinado tipo, nem sempre exclui o uso de outros tipos. Os motores de baixa e média tensão, encontram um vasto campo de aplicação, notadamente nos setores de siderúrgica, mineração papel e celulose, saneamento, químico e petroquímico, cimento entre outros, tornando-se cada vez mais importante o tipo adequado para cada aplicação.

Na seleção de motores para acionamentos de máquinas, devem ser utilizados critérios técnicos para que o mesmo não seja sobredimensionado, funcionando com carga parcial, que segundo (KUSNETSOV, 1979), resulta em baixo fator de potência, devido a quase toda corrente ser absorvida para a magnetização do motor. Este também não deve ser subdimensionado, a ponto de uma sobrecarga momentânea exceder seu torque máximo, saindo de seu ponto de melhor desempenho e estabilidade.

A escolha e a utilização de motores elétricos para (MARTIGNONI, 1978), obedecem aos critérios: tipo de ligação do estator, tensão de alimentação, elevação de temperatura que o motor pode alcançar quando com carga normal, classe de isolamento que indica qual a elevação de temperatura que o motor pode suportar, e o tipo de regime para o qual foi construído.

Conforme norma NBR 7094/1996 “Máquinas elétricas girantes - motores de indução”, as combinações das variações de tensão e frequência são classificadas como Zona A ou Zona B, conforme Figura 5. Um motor deve ser capaz de desempenhar sua função principal continuamente na Zona A, mas pode não atender completamente às suas características de desempenho à tensão e frequência nominais, apresentando alguns desvios. As elevações de temperatura podem ser superiores àquelas à tensão e frequência nominais. Um motor deve ser capaz de desempenhar sua função principal na Zona B, mas pode apresentar desvios superiores àqueles da Zona A no que se refere às características de desempenho à tensão e frequência nominais. As elevações de temperatura podem ser superiores às verificadas com tensão e frequência

nominais e muito provavelmente superiores às da Zona A. O funcionamento prolongado na periferia da Zona B não é recomendado.

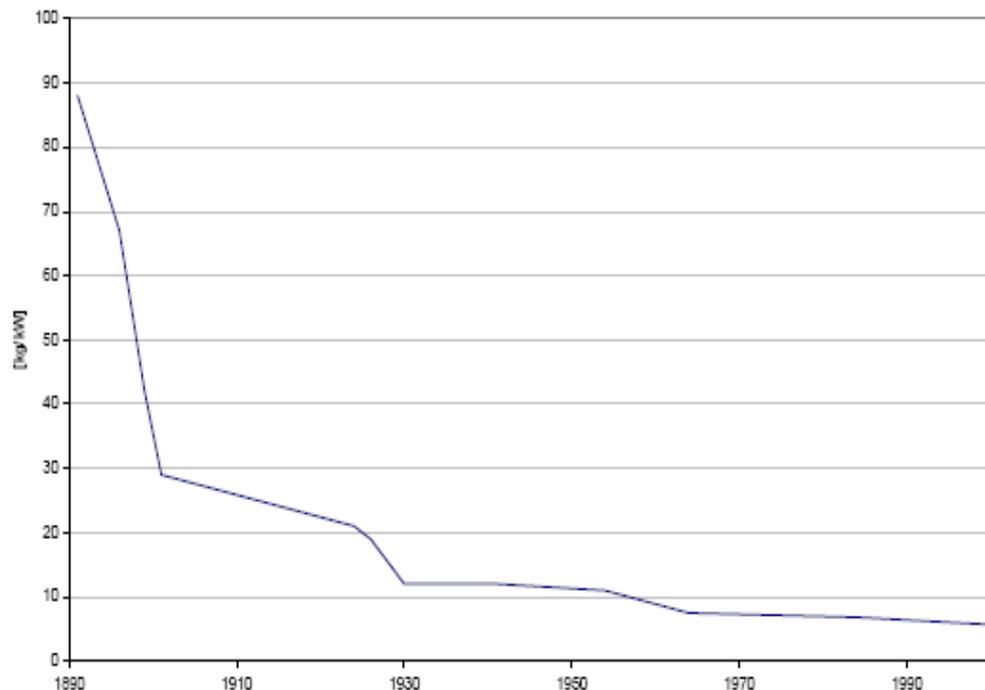


Fonte: WEG – Catálogo de motores elétrico, Jaraguá do Sul – SC, 2003

Figura 4.8: Limites das variações de tensão e freqüência

4.9 O motor de alto rendimento

Os motores elétricos existem há pouco mais de um século, quando surgiram, eram grandes, pesados e custavam caro. Com o passar do tempo, reduziram-se o custo de fabricação devido a evolução dos fios condutores, dos filmes isolantes, das chapas de aço, das ligas de alumínio e das técnicas de projeto, cita BORTONI (In: EFEI/PROCEL, 2001). O resultado foi uma redução do peso e do tamanho do motor elétrico, como pode ser observado no Gráfico 6, o peso de um motor de mesma potência no decorrer do século XX, foi reduzido aos dias atuais a 8% do seu peso de seu antecessor em 1890.



Fonte: EFEI/PROCEL, (2001)

Gráfico 4.9: Evolução dos motores (Kg/kW)

Os motores considerados de alto rendimento, segundo a WEG (2000), são especialmente projetados para fornecerem a mesma potência útil (na ponta do eixo) que outros tipos de motores, consumindo no entanto, menos energia elétrica da rede. As características construtivas dos motores de alto rendimento são: chapas magnéticas de melhor qualidade (aço silício); maior volume de cobre, que reduz a temperatura de operação; enrolamentos especiais, que produzem menos perdas no estator; rotores tratados termicamente, reduzindo as perdas no rotor; altos fatores de enchimento das ranhuras, que provêm melhor dissipação de calor gerado; anéis de curto circuito dimensionados para reduzir as perdas Joule e projetos de ranhuras do motor otimizadas para incrementar o rendimento.

Com todas essas melhorias, é natural que o motor de alto rendimento custe mais caro (cerca de 20 a 30%). A sua utilização em lugar de um motor padrão ou até mesmo a troca por um motor em operação, pode ser economicamente viável em função do custo de energia economizada ao longo

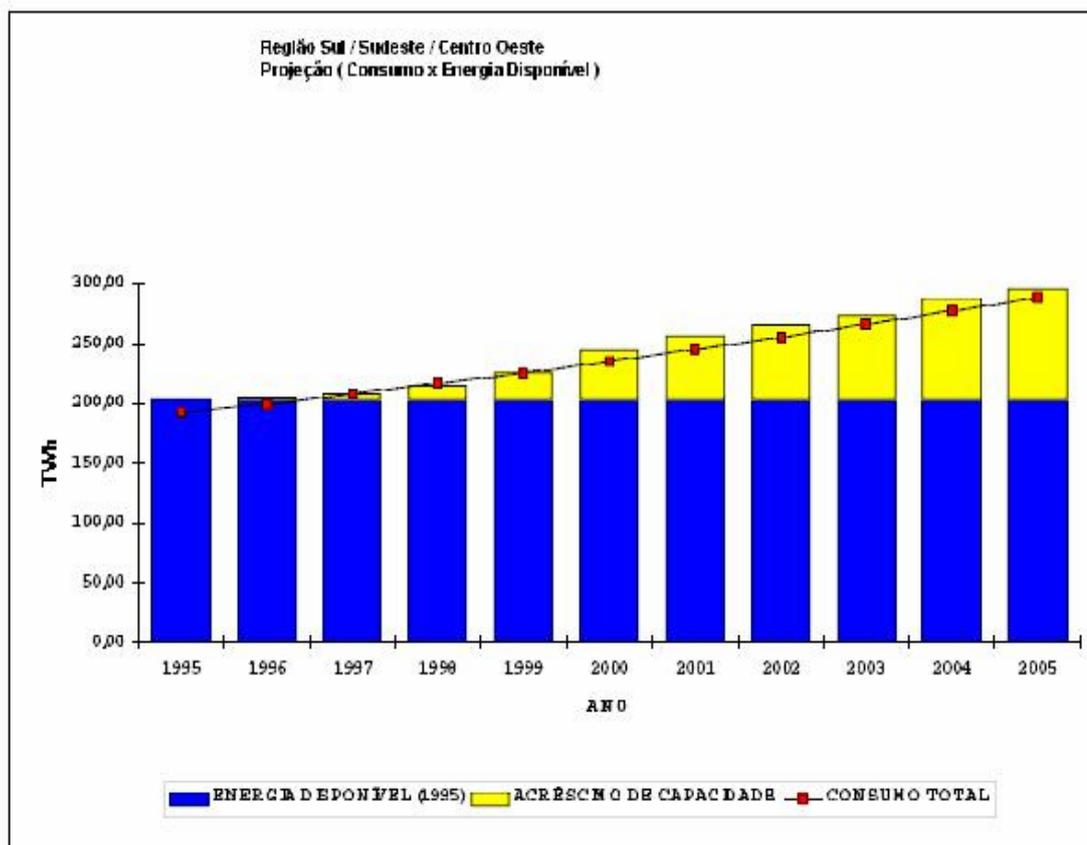
de sua vida útil. O custo da energia elétrica consumida por um motor, pode chegar a mais de 100 vezes do seu custo de aquisição, relata (AMÉRICO, 2003).

Capítulo 5

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

5.1 Considerações sobre a conservação de energia

Segundo levantamento do Plano Decenal de Expansão 1995/2006, realizado pelo Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos da ELETROBRÁS (2008), observa-se no Gráfico 7 a seguinte estrutura de participação na projeção da evolução do consumo de energia elétrica para um crescimento médio do PIB de 5% ao ano.



Fonte: Elaboração própria, a partir do Plano Decenal de Expansão 1996/2005 - Dezembro 1995 – ELETROBRÁS GCPS

Gráfico 5.1: Projeção do consumo em função da energia disponível

O setor industrial, conforme a Tabela 06, é o maior consumidor de toda a energia elétrica produzida, utilizando 44%. O uso residencial vem a seguir, com um consumo de 25% e o uso comercial com 16%. Os restantes 15% distribuem-se entre setor rural, iluminação pública, órgãos do governo e outros.

Tabela 06: Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil (GWh)

Classe	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Residencial	81.249	83.494	73.770	72.660	76.165	78.473
Industrial	123.560	131.195	122.629	127.694	129.877	145.996

Tabela 06: Perfil do consumo de energia elétrica no Brasil (GWh)

Classe	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Comercial	43.562	47.437	44.517	45.251	47.532	49.691
Outros	42.739	44.621	42.882	44.327	47.072	46.541
Total	291.110	306.747	283.798	289.932	300.646	320.701

Fonte: PROCEL – 2001

Baseado nos levantamentos realizados pela ELETROBRÁS (1998), o consumo de energia elétrica vem crescendo de forma acelerada no país nas últimas décadas – de 38 TWh em 1970, passou para 264,3 TWh em 1997. A iluminação pública representa aproximadamente 3,5% do consumo total de energia elétrica nacional.

No Brasil, as primeiras iniciativas para desenvolverem tecnologias de conservação de energia elétrica começaram em 1975, com a organização de um seminário, cujo assunto foi apresentado pelo Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) que resultou na implantação de um programa de financiamento, pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), de pesquisas sobre eficiência na cadeia de captação, transformação e consumo de energia.

No entanto, somente dez anos mais tarde seria criado o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL pela ELÉTROBRAS. Apesar da existência desse programa, muitos devem ser revistos, analisados criticamente em seus aspectos positivos e negativos, estabelecendo-se mecanismos de comunicação mais eficientes, que permitam incorporar culturalmente a questão energética e suas conseqüências sociais e ambientais, de modo a se refletir na ação social e na economia de capital, principalmente na qualidade de vida.

Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL, conforme relata Tavares e Pinhel (1994), foi instituído a partir de uma ação conjuntiva dos Ministérios das Minas e Energia e da Indústria e Comércio,

sendo considerado o primeiro esforço sistematizado e amplo de implantação de uma política de conservação de energia no país.

O programa foi criado via portaria interministerial nº 1877/85, em 30 de dezembro de 1985, com o objetivo de racionalizar o uso de energia elétrica, através da eliminação do desperdício e aumento da eficiência de equipamentos, sistemas e processos, proporcionando menor consumo de energia.

A importância do assunto emerge da análise do cenário mundial, onde se observa que, como insumo fundamental, há uma relação direta entre desenvolvimento humano e consumo de energia. Estima-se que 75% da população mundial vivem em países em desenvolvimento com uma significativa demanda reprimida e o aumento do consumo de energia, com base nos modelos atuais, implica em uma série de investimentos que podem resultar em degradação ambiental (poluição, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, etc). Dessa forma, desenvolver mecanismos para garantir a energia necessária para as necessidades básicas, bem como para proporcionar melhorias do padrão de vida, segundo critérios racionais e adequados, é parte fundamental do processo de desenvolvimento sustentável.

A compreensão no que diz respeito à conservação de energia sob o ponto de vista do consumidor não é uma tarefa trivial. As empresas do setor energético brasileiro, quando deparadas com o desafio de promover ações de conservação de energia, dificilmente conseguem ultrapassar os limites do paternalismo. Mudar este paradigma requer não apenas uma disposição de caráter de política empresarial, mas uma verdadeira reeducação dos quadros gerenciais das empresas que regem nossos setores energéticos, relata (LEONELLI, 1996).

A falta de investimento no setor energético aliado à escassez de recursos naturais, faz da racionalização do uso de energia elétrica uma ferramenta de apoio imprescindível para o crescimento do país, segundo Teixeira et al. (2001).

A preocupação quanto à possibilidade da falta de suprimento de energia elétrica remete à necessidade de se avaliar de que forma esse tipo de energia vem sendo utilizado. Na realidade, o problema não se restringe apenas às necessidades de gerar cada vez mais energia, mas, primeiramente, a de

eliminar desperdícios, buscando o máximo desempenho com o mínimo de consumo, conforme ELETROBRÁS (1998).

A conservação de energia elétrica, segundo o NEPET (2000), leva à exploração racional dos recursos naturais. Isso significa que, conservar energia elétrica ou combater seu desperdício é a fonte de produção mais barata e limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Desta forma, a energia conservada, pode ser utilizada para outra finalidade.

É importante compreender o conceito de conservação de energia elétrica. Conservar energia elétrica quer dizer melhorar a maneira de utilizar a energia. Significa diminuir o consumo, reduzindo custos, sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços.

A maior de todas as fontes de energia para o futuro conforme (LEITE, 1997), está na sua conservação. Cita que a avaliação dos desperdícios e perdas do setor estaria em 1995, num nível de 15% da energia total disponível. Nesse total se incluem perdas técnicas intrínsecas, da ordem de 30 milhões de MWh, ou 10% da energia disponível. Os desperdícios corrigíveis, de ordem comercial, somavam 10 milhões de MWh e os de natureza técnica 6 milhões de MWh, alcançando 5%. Do outro lado da demanda, a previsão para o ano de 2015 é de um potencial de conservação da ordem de 11%. Para a demanda total mínima de 600 milhões de MWh, prevista para o ano de 2015, um programa continuado e persistente de conservação de energia elétrica na base do potencial de 16% poderá representar quase 100 milhões de MWh. Se esse programa fosse realizado, seria possível evitar a construção de usinas com a potência total de 20 GW.

Para a ELETROBRÁS (1995), em termos estratégicos, a médio e a longo prazo, fundamentalmente o setor elétrico deverá ter continuidade quanto ao aproveitamento do potencial disponível, com maiores perspectivas no horizonte temporal do Plano de 2015, sem poder depender da hidroeletricidade.

A solução para o suprimento de eletricidade passa para as termelétricas, visto que nossas experiências anteriores com a energia nuclear foram um fracasso do ponto de vista econômico. As fontes primárias tradicionais de

energia para as térmicas são o gás natural e o carvão. Devem-se fazer uso de fontes renováveis de energia, tais como: energia eólica, biomassa, etc.

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (1990), propõe as seguintes medidas de conservação de energia elétrica, substituição de fontes, ampliação do parque gerador e economia-financeira:

- Aprimoramentos tecnológicos de motores industriais;
- Conservação e manutenção de redes elétricas, de ligações prediais e residenciais;
- Remanejamento dos sistemas de distribuição, com tensões de suprimento mais adequadas;
- Revisão do sistema de distribuição, com tensões de suprimento mais adequadas;
- Instalação de aquecedores solares complementares em edifícios, residências, hospitais, etc;
- Geração de energia elétrica de origem eólica nas regiões onde há disponibilidade, principalmente nas áreas rurais do Nordeste;
- Ampliação do parque gerador de energia elétrica em curto prazo ou das fontes alternativas geradoras de calor, mecânicas ou de transporte.
- Promover a co-geração e troca de energia entre sistemas elétricos;
- Implantar usinas termoelétricas a carvão mineral próximo aos locais de extração, a gás natural e a carvão vegetal, de biomassa, do lixo urbano e gás metano dos esgotos urbanos.

Freqüentemente não percebemos que conservar energia é, na realidade, introduzir mais uma opção de suprimento e que a política de conservação é uma atividade muito diferente da geração, segundo (GOLDEMBERG, 1985). No Brasil, principalmente, o comum é que as pessoas estão acostumadas a discutir opções de suprimento e se limitam a examinar a substituição de energéticos, em vez de falar em conservação. A maior parte

dos energéticos utilizados no Brasil é financiado pelo governo, o que cria uma situação em que as decisões são centralizadas e, por isso, acabam-se tornando extremamente simples. Mas, em torno destas decisões, o sistema acabou criando uma lógica própria, onde milhares de decisão precisam ser tomadas, para que a conservação torne-se significativa com uma decisão descentralizada, que envolve a conscientização das pessoas.

As preocupações com a eficiência da energia no que diz respeito aos motores, fizeram com que Canadá e USA implantassem uma série de medidas como: a certificação de motores de alto rendimento, planos de descontos, um programa para motores sucateados e uma legislação mais rigorosa. O custo estimado para o investimento em motores de alto rendimento pode passar de 30% do total dos motores. A procura por motores de alto rendimento aumentou de menos de 4% em 1988 para mais de 60% em 1993, conforme (WALTERS, 1999).

Sobre o resultado de um teste feito com desbalanceamento de tensão em dois motores de características construtivas semelhantes, um de alto rendimento e outro "Standard" sobre as mesmas condições. (BONNETT, 1997), relata que o motor de alto rendimento apresenta variação mais significativa no fator de potência, o qual é influenciado pela força elétrica e densidade de fluxo do motor.

A grande incidência de motores dimensionados inadequadamente evidencia não só a falta de critérios mais apurados pelos projetistas na concepção dos equipamentos, explica (MARACH, 2001), mas também, a resistência de não investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. A preocupação empresarial com o lucro imediato impede que se invista a médio e longo prazo, como é o caso da substituição de equipamentos inadequados por outros mais eficientes.

5.2 Fator de potência

A portaria 1569, de 23 de Dezembro de 1993, determina ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE (1993), o estabelecimento de um novo limite de referência para o fator de potência indutivo e capacitivo aumentando de 0,85 para 0,92; bem como a forma de avaliação que deixa de ser mensal passando a ser horário; e o critério de faturamento de energia reativa capacitiva excedente a esse limite.

A energia elétrica que aciona as máquinas ou outros equipamentos industriais é composta, em geral de duas parcelas: energia ativa e energia reativa, descreve (MAMED FILHO, 2002).

Um conceito básico, conforme (CREDER, 2002), é que qualquer equipamento que transforme a energia elétrica diretamente em outra forma de energia útil (térmica, luminosa, etc.) sem necessitar de energia intermediária na transformação, é um consumidor de energia ativa. Os equipamentos mais comuns são: motores, transformadores, reatores, etc. Desde que necessite de energia magnetizante como intermediária na utilização de energia ativa, é um consumidor de energia reativa.

Para (KOSOW, 1982), o fator de potência a vazio corresponde a um baixo valor, sendo que nessas circunstâncias quase toda a corrente absorvida é empregada para a magnetização do motor requerido para produzir o campo girante do estator. Ao aumentar a potência fornecida, precisa-se então de mais potência ativa absorvida, que é aquela transformada em potência útil e conseqüentemente melhora o fator de potência.

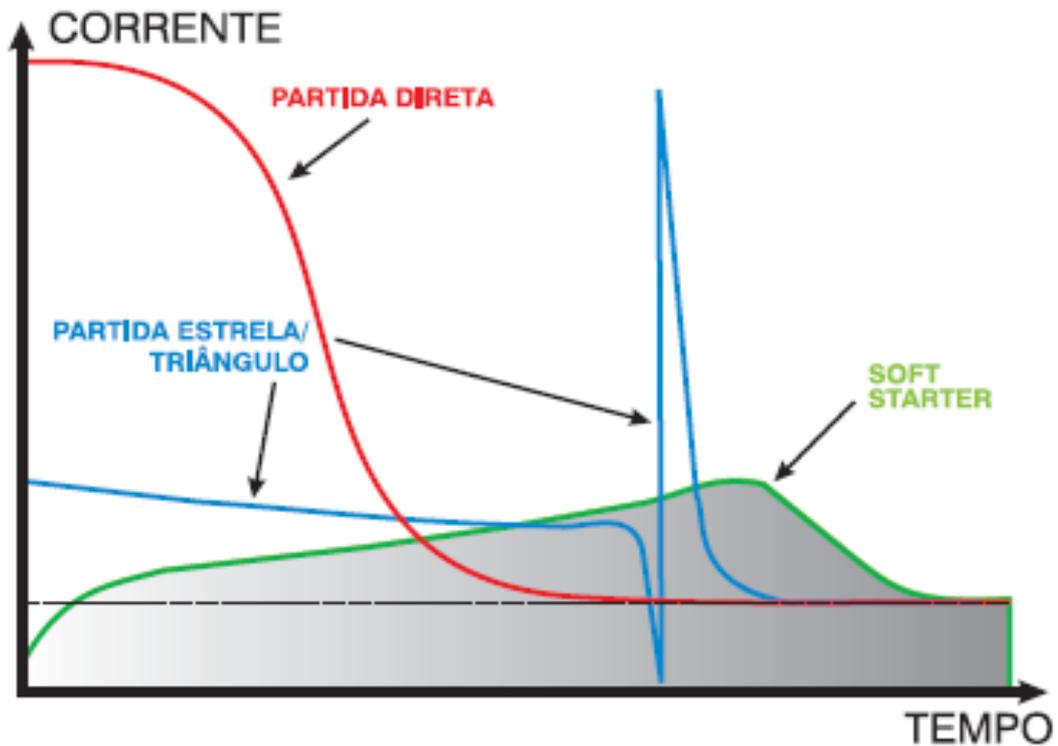
Dentre as vantagens oferecidas pela melhoria do fator de potência é a liberação da capacidade do sistema, cita (COTRIM, 2003).

A liberação da capacidade é importante para a concessionária ao dispor de uma energia adicional e para o consumidor ao diminuir custos, afirma (SALES, 1998).

5.3 Conservação de energia elétrica em motores elétricos de indução

A análise de uma instalação elétrica, visando à economia de energia, deve ser feita levando-se em conta os motores elétricos e todos os parâmetros envolvidos como perfil da tensão de alimentação, corrente, fator de potência entre outros, como recomenda o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL (1990).

A WEG (2000), cita em seu Guia de Aplicação que um dispositivo de partida eletrônica suave (*soft starter*), que apresenta características de otimização da energia elétrica, simplesmente alterando o ponto de operação do motor. Esta função, reduz a tensão aplicada aos terminais do motor de modo que a energia necessária para suprir o campo seja proporcional à demanda da carga. Este dispositivo permite que o equipamento parta numa aceleração gradativa e suave, possibilitando uma economia de energia elétrica devido aos altos picos na partida, conforme Figura 6 e menor desgaste mecânico do equipamento.



Fonte: WEG – Catálogo de motores elétrico, Jaraguá do Sul – SC, 2003

Figura 5.3: Comparativo entre métodos de partida

O meio mais adequado na atualidade para reduzir gastos de energia elétrica é usar motores da linha alto rendimento. Esta provado por testes, que estes motores especiais têm até 30% a menos de perdas, o que significa uma real economia, cita o Catálogo de Motores Elétrico da WEG (2000).

Capítulo 6

EQUIPAMENTOS E MÉTODOS DE MEDIÇÃO

Na presente pesquisa fez-se um levantamento das cargas eletromotrizes de uma indústria de papel e cosméticos, com o específico objetivo de se verificar as condições de funcionamento dos motores elétricos em operação.

Os dados relacionados aos parâmetros elétricos no uso de energia elétrica nas atividades estudadas foram obtidos através do diagrama unifilar da Figura 7, medidos no (Quadro Geral de Força): QGF1, QGF2, QGF3, QGF4 e QGF5, durante o funcionamento operacional de cada motor.

6.1 Materiais utilizados

6.1.1 Características dos motores elétricos analisados

Nas medições realizadas foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Alicates multímetro marca Minipa, digital, de 50 a 500V x 2 a 1000A;
- Equipamentos de proteção (protetor auditivo, visual, capacete, luvas e botas classe de 15kV).

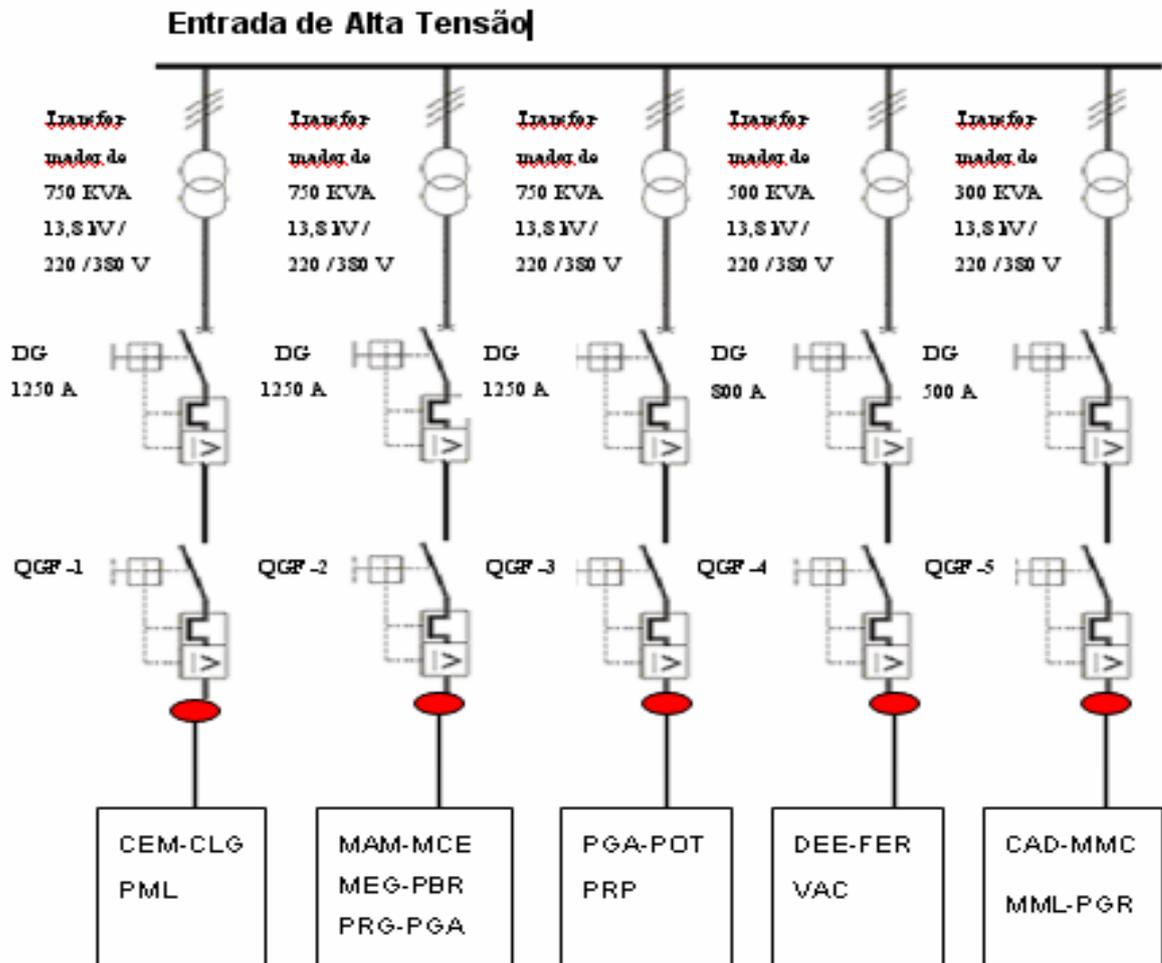


Figura 6.1.1 – Diagrama unifilar da indústria de papel e cosméticos

As características elétricas dos motores foram analisadas em cada setor de produção e encontram-se nas Tabelas de 07 a 24.

Tabela 07. Relação de motores no setor CAD, tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Guilhotina	10,00	4	15,34	10,00
02	Furadeira	2,00	6	4,31	2,60
03	Furadeira	2,00	4	3,75	2,40
04	Serra Walviwing	3,00	6	10,50	5,02
05	Esmeril	3,00	6	10,50	6,50
06	Esmeril	0,50	4	2,07	1,20
Total		20,50		46,47	27,72

Tabela 08. Relação de motores no setor CEM, tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Embaladeira	1,00	2	1,84	1,50
02	Emabaladeira	0,75	4	1,68	1,30
03	Envernizadora Tripla - nº17858	0,75	2	1,38	1,30
04	Envernizadora Dupla - nº33923	0,75	4	1,68	0,80
05	Envernizadora Tripla - nº31074	0,75	8	1,90	1,30
06	Carimbadeira rotativa - nº36854	1,00	6	2,18	1,80
07	Carimbadeira rotativa - nº10836	1,00	6	2,18	1,80
08	Apontadeira - nº17783	2,00	8	4,49	2,60
09	Envernizadora Tripla - nº11	1,00	4	1,78	0,90
10	Carimbadeira rotativa - nº27498	1,00	6	2,18	1,60
11	Carimbadeira rotativa - nº27494	1,00	6	2,18	1,60
12	Corta topo - nº12944	0,50	6	1,45	0,90
13	Apontadeira - nº11759	2,00	4	3,75	3,10
14	Apontadeira - nº38298	2,00	4	3,75	3,00
15	Envernizadora Tripla - nº15815	0,75	4	1,68	0,50

Tabela 08. Relação de motores no setor CEM, tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
16	Carimbadeira rotativa - nº17797	1,00	6	2,18	1,60
17	Carimbadeira rotativa - nº17280	1,00	6	2,18	1,60
18	Apontadeira - nº17792	2,00	4	3,75	3,10
19	Embaladeira - nº05	1,00	4	1,78	0,80
20	Carimbadeira rotativa - nº17799	1,00	6	2,18	1,70
21	Envernizadora Tripla - nº33908	0,75	4	1,68	0,60
22	Apontadeira - nº17101	2,00	4	3,75	2,90
23	Apontadeira tambor - nº17101	0,75	8	1,90	0,90
24	Apontadeira - nº34130	2,00	4	3,75	2,90
25	Ventilador	1,50	8	3,98	2,40
Total		29,25		61,23	42,50

Tabela 09. Relação de motores no setor CLG , tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Exaustor - nº03	40,00	4	67,00	35,30
02	Regulador de velocidade	0,75	4	1,68	1,10
03	Corta topo	1,00	2	1,84	1,50
04	Serra lápis	0,50	8	1,45	0,90
05	Lixadeira	0,75	8	1,90	1,30
06	Apontadeira (alimentador)	2,00	4	3,75	3,30
07	Envernizadeira (alimentador)	0,75	4	1,68	1,20
08	Envernizadeira (esteira)	0,50	8	1,45	0,70
09	Corta topo	0,75	4	1,68	1,00
10	Apontadeira(tambor da lixa)	2,00	4	3,75	1,90
11	Apontadeira(alimentador)	0,75	8	1,90	0,90

Tabela 09. Relação de motores no setor CLG , tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
12	Envernizadeira(alimentador)	1,00	8	2,72	1,50
13	Arredondadeira - nº30824	0,75	8	1,90	1,30
15	Prensa hidráulica	2,00	6	4,31	3,10
16	Embaladeira - nº31446	0,33	4	0,82	0,50
17	Empacotadora - nº23884	1,00	4	1,78	1,10
18	Apontadeira - nº15	1,50	4	2,77	1,50
19	Envernizadeira – nº11116	0,75	4	1,68	0,70
20	Apontadeira - nº17789	1,50	4	2,77	1,40
21	Apontadeira - nº12731	1,50	4	2,77	2,00
22	Envernizadeira – nº10887	0,75	4	1,68	0,70
23	Dry off-set - nº13501	1,50	4	2,77	1,80
24	Dry off-set - nº13498	1,50	4	2,77	1,80
25	Dry off-set - nº13499	1,50	4	2,77	1,80
26	Apontadeira - nº19341	2,00	4	3,75	2,90
27	Exaustor de ar	1,50	4	2,77	1,70
28	Elevador Atlas	10,00	4	26,30	15,70
Total		80,83		156,16	90,70

Tabela 10. Relação de motores no setor DEE , tensão 220V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Furadeira	0,50	4	2,07	1,90
02	Lixadeira	2,00	4	6,47	2,60
03	Serra	1,00	6	3,77	3,20
04	Serra	0,75	6	3,49	3,10
05	Torno Romi	5,00	4	13,80	11,90

Tabela 10. Relação de motores no setor DEE , tensão 220V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
06	Frezadora Romi árvore	6,00	4	16,30	14,50
07	Frezadora Romi mesa	1,50	4	4,78	4,00
08	Furadeira DF6	0,50	2	1,71	1,60
09	Furadeira	2,00	4	6,47	5,40
Total		19,25		58,86	48,20

Tabela 11. Relação de motores no setor FER , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Torno	1,50	8	3,98	3,50
02	Eletroerosão – nº23268	1,50	2	2,54	1,95
03	Eletroerosão – nº23268	1,50	2	2,54	1,89
04	Eletroerosão – nº23929	1,50	2	2,54	2,10
05	Eletroerosão – nº23929	1,50	2	2,54	2,10
06	Eletroerosão – nº17928	1,50	2	2,54	1,50
07	Bomba hidráulica	0,50	2	0,99	0,68
08	Furadeira	3,00	4	8,57	6,60
09	Furadeira	3,00	4	8,57	6,60
10	Serra	3,00	6	10,50	8,40
11	Esmeril	1,50	4	2,77	2,00
Total		20,00		48,04	37,32

Tabela 12. Relação de motores no setor MCE , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Máquina - nº15	1,50	4	2,77	1,60
02	Montadora - nº14	1,50	4	2,77	1,40
03	Carimbadeira - nº14	0,75	4	1,68	1,20
04	Montadora - nº15	1,50	4	2,77	1,40
05	Carimbadeira - nº15	0,75	4	1,66	1,20
06	Carimbadeira - nº16	0,75	4	1,68	1,20
07	Montadora - nº16	1,50	4	2,77	2,20
08	Montadora - nº17	1,50	4	2,77	2,20
09	Carimbadeira - nº17	1,50	4	2,77	1,20
10	Máq. Estampar - nº21	0,75	2	1,38	1,03
11	Máq. Estampar - nº21	0,50	8	1,45	1,30
12	Máq. Estampar - nº21	0,50	4	1,20	1,10
13	Máq. Estampar - nº21	4,00	4	6,72	5,00
14	Dubuit	2,00	4	3,75	3,10
Total		19,00		36,14	25,13

Tabela 13. Relação de motores no setor MAM , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Máquina - nº08	1,00	6	2,18	2,00
02	Máquina - nº07	1,00	6	2,18	1,20
03	Máquina - nº11	1,50	6	3,17	1,60
04	Máquina - nº12	1,50	6	3,17	1,60
05	Máquina - nº01	1,00	4	1,78	1,20
06	Máquina - nº02	1,50	4	2,77	1,20

Tabela 13. Relação de motores no setor MAM , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
07	Máquina - nº03	1,00	4	3,08	2,20
08	Máquina - nº05	1,00	6	2,18	1,20
09	Máquina - nº06	1,00	6	2,18	1,20
10	Máquina - nº09	1,00	6	2,18	1,20
11	Máquina - nº10	1,00	6	2,18	1,20
12	Ventilador	0,50	4	1,20	1,10
13	Ventilador	0,50	4	1,20	1,10
14	Ventilador	0,50	4	1,20	1,10
15	Ventilador	0,50	4	1,20	1,10
16	Ventilador	0,50	4	1,20	1,10
17	Ventilador	0,50	4	1,20	1,00
18	Ventilador	0,50	4	1,20	1,00
Total		16,00		35,45	23,30

Tabela 14. Relação de motores no setor MEG , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Extrusora Ciola	15,00	4	22,00	16,90
02	Bomba refrigeração	3,00	6	6,08	5,30
03	Redutor	1,50	4	2,77	1,70
04	Refugo tubo plástico	4,00	4	6,72	2,50
05	Impi - nº04	1,50	4	2,77	1,00
06	Impi - nº03	1,50	4	2,77	1,00
07	Centrífuga - nº05	3,00	4	6,72	3,10
08	Impi - nº05	2,00	4	3,75	1,00

Tabela 14. Relação de motores no setor MEG , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
09	Máquina JOB	0,50	4	2,07	1,50
10	Esatécnica - nº01	0,25	4	0,65	0,30
11	Esatécnica - nº01	2,00	4	3,75	3,00
12	Centrífuga - nº01	3,00	6	6,08	2,50
13	Impi - nº03	2,00	4	3,75	1,00
14	Impi - nº02	2,00	4	3,75	1,00
15	Centrífuga - nº02	3,00	6	6,08	2,00
16	Esatécnica - nº02	3,00	4	6,72	3,00
17	Máq. Soldar canetas	0,75	6	2,02	1,10
18	Estufa	1,00	4	1,78	1,10
Total		49,00		90,23	49,00

Tabela 15. Relação de motores no setor MMC , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Frezadora	1,50	2	2,54	2,10
02	Frezadora Deckel	6,00	2	9,32	7,43
03	Frezadora Deckel	6,00	2	16,10	10,65
04	Mandrilhadora Shapi	3,00	2	4,88	3,60
05	Mandrilhadora Shapi	3,00	2	4,88	3,60
06	Retificadora	5,00	4	7,99	6,00
07	Retifica Plana Jung	4,00	8	7,76	3,41
08	Retifica Plana Jung	5,00	4	7,99	5,70
09	Retifica Plana Jung	4,00	8	7,76	4,35
10	Bomba RUV - 251	1,50	4	2,77	2,25

Tabela 15. Relação de motores no setor MMC , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
11	Retifica Cilindro RUV-250	5,00	4	7,99	5,93
12	Retifica Cilindro Sanches	1,00	4	3,08	2,63
13	Retifica Cilindro Sanches	5,00	4	13,80	10,35
14	Retifica Cilindro Sanches	4,00	4	6,72	3,90
15	Retifica Plana Sanches	5,00	4	7,99	3,75
16	Retifica Plana	2,00	4	3,75	2,80
17	Torno VDF	10,00	4	15,20	12,00
Total		71,00		130,52	90,45

Tabela 16. Relação de motores no setor MML, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Frezadora Lagun FTV-2	3,00	4	4,96	3,97
02	Furadeira Yadoya	2,00	4	3,75	1,50
03	Plainadora Orleans - 3500	5,00	4	7,99	7,10
04	Plainadora Orleans - 3500	15,00	4	38,00	23,40
05	Plainadora Orleans - 3500	3,00	4	4,96	4,00
06	Retifica Ferdimat	5,00	4	7,99	3,20
07	Retifica Ferdimat	2,00	4	3,75	3,20
08	Retifica Ferdimat	2,00	4	6,47	4,10
09	Retifica Blow Simplex	4,00	4	11,60	11,30
10	Retifica Blow Simplex	1,50	2	4,38	4,00
11	Máq. Erosão Engemaq	1,50	6	5,48	3,80
12	Torno VDF	5,00	4	13,80	10,30
13	Furadeira	1,00	4	3,08	2,20

Tabela 16. Relação de motores no setor MML, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
14	Furadeira	2,00	2	5,49	5,10
15	Esmeril	1,50	4	4,78	2,60
16	Torno Romi Inv - 40627	5,00	4	13,80	10,50
17	Frezadora Romi - U30	6,00	4	16,30	12,80
18	Frezadora Uma -BF 55	3,00	4	8,57	6,10
19	Frezadora Shw- 14994	4,00	4	11,60	8,00
20	Mandrilhadora	6,00	4	16,30	11,20
Total		77,50		193,05	138,37

Tabela 17. Relação de motores no setor PBR , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
02	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
03	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
04	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
05	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
06	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
07	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
08	Máquina de estampar	0,75	4	2,90	1,20
09	Máquina cortar topo	0,50	6	1,45	0,90
10	Apontadeira	1,50	4	2,80	1,50
11	Carimbadeira rotativa	0,75	4	2,90	1,60
12	Envernizadeira tripla	0,25	4	0,65	0,30
13	Envernizadeira tripla	0,25	4	0,65	0,30

Tabela 17. Relação de motores no setor PBR , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
14	Envernizadeira tripla	0,75	4	1,68	0,90
15	Envernizadeira tripla	0,50	8	1,45	0,90
16	Máquina cortar topo	1,00	4	1,78	1,20
Total		11,50		36,56	17,20

Tabela 18. Relação de motores no setor PGR , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Impressora	2,00	4	6,47	4,90
02	Impressora	1,50	4	4,78	2,70
03	Corte e Vinco	2,00	4	6,47	3,30
04	Impressora	2,00	4	6,47	4,10
05	Impressora Off-set	5,00	4	13,80	7,50
06	Torno Romi Id - 20	5,00	4	13,80	11,60
07	Torno Romi S - 40	6,00	8	11,10	8,30
08	Rolland	15,00	4	22,00	19,70
09	Rolland	6,00	2	16,10	7,30
10	Rolland	6,00	2	16,10	7,30
11	Rolland	6,00	2	16,10	7,30
12	Rolland	15,00	2	22,00	19,70
13	Rolland	7,50	2	19,20	15,50
14	Bomba de vácuo	10,00	4	26,30	21,50
15	Prensa Primus	20,00	4	52,80	30,00
16	Elevador	7,50	6	21,90	13,30
17	Corte e Vinco	2,00	4	6,47	4,10

Tabela 18. Relação de motores no setor PGR , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
18	Corte e Vinco	30,00	4	73,80	66,00
19	Corte e Vinco	3,00	6	10,50	7,80
20	Roland 600- nº32226	60,00	2	143,00	63,00
21	Guilhotina Guarani	7,50	4	19,90	8,60
22	Guilhotina Guarani	7,50	4	19,90	8,60
23	Coladeira Ts - 450	5,00	4	14,00	9,80
24	Coladeira	10,00	4	26,30	17,40
25	Coladeira Bobst - 68	10,00	4	26,30	14,50
26	Elevador Otis	7,50	6	21,90	12,00
Total		259,00		637,46	395,80

Tabela 19. Relação de motores no setor PGA , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Bomba hidráulica injetora	40,00	4	59,10	30,50
02	Bomba hidráulica injetora	20,00	4	30,60	14,70
03	Bomba hidráulica injetora	20,00	4	30,60	15,00
04	Moinho	4,00	4	6,72	5,80
05	Triturador	6,00	4	9,44	7,05
06	Moinho	4,00	4	6,72	2,40
07	Bba hidraulica injetora	15,00	4	22,00	16,50
08	Moinho	4,00	4	6,72	2,40
09	Bba hidraulica injetora	15,00	4	22,00	17,30
10	Bba hidraulica injetora	15,00	4	22,00	17,30
11	Bba hidraulica injetora	20,00	4	30,60	21,80

Tabela 19. Relação de motores no setor PGA , tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
12	Bba hidraulica injetora	20,00	4	30,60	21,00
13	Bba hidraulica injetora	30,00	6	43,10	38,00
14	Bba hidraulica injetora	30,00	6	43,10	38,00
15	Bba hidraulica injetora	30,00	4	42,70	32,30
16	Bba hidraulica injetora	50,00	4	71,20	38,00
17	Bba hidraulica injetora	40,00	4	59,10	30,20
18	Bba hidraulica injetora	30,00	6	43,10	27,20
19	Bba hidraulica injetora	25,00	4	38,00	27,20
20	Bba hidraulica injetora	30,00	4	42,70	32,70
21	Bba hidraulica injetora	30,00	4	42,70	32,70
22	Bba hidraulica injetora	30,00	4	42,70	33,80
23	Bba hidraulica injetora	25,00	4	38,00	27,20
24	Estrusora material	10,00	4	15,20	10,30
25	Estufa central	25,00	4	38,00	31,00
26	Moinho Principal	20,00	4	30,60	20,20
27	Moinho	6,00	6	10,80	7,50
28	Moinho	5,00	4	7,99	5,90
29	Moinho	4,00	4	6,72	2,60
30	Moinho	5,00	4	7,99	6,60
31	Moinho	5,00	4	7,99	6,60
32	Moinho	4,00	4	6,72	2,80
33	Compressores chicago	125,00	4	171,00	132,00
34	Compressores de ar	150,00	4	204,00	107,00
35	Compressores chicago	250,00	4	338,00	187,70
Total		1.142,00		1.628,51	1.049,25

Tabela 20. Relação de motores no setor PML, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn(cv)	Pólos	I n(A)	I op(A)
01	Exaustor - nº1	40,00	4	59,10	34,50
02	Envernizadora dupla - nº03	0,50	8	1,45	0,60
03	Envernizadora - nº 03	0,75	4	1,68	0,90
04	Envernizadeira - nº04	0,33	8	1,35	0,50
05	Carimbadeira – nº37165	0,50	8	1,45	1,10
06	Apontadeira – nº27502	2,00	4	3,75	2,50
07	Apontadeira – nº27501	2,00	4	3,75	2,50
08	Apontadeira – nº31078	2,00	4	3,75	2,50
09	Apontadeira – nº31081	2,00	4	3,75	2,50
10	Apontadeira dupla – nº20141	2,00	4	3,75	2,50
11	Apontadeira dupla – nº20141	2,00	4	3,75	1,90
12	Ventilador	0,75	6	2,02	1,20
13	Ventilador	0,75	6	2,02	1,20
14	Ventilador	0,75	6	2,02	1,20
15	Ventilador	0,75	6	2,02	1,20
16	Embaladora 01 – nº31888	0,50	4	1,20	0,80
Total		57,58		96,81	57,60

Tabela 21. Relação de motores no setor POT, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Exaustor - nº02	40,00	4	59,10	27,70
02	Albe - nº02	1,50	2	2,54	1,40
03	Albe - nº03	6,00	2	9,32	3,50
04	Albe - nº03	1,50	2	4,38	2,00

Tabela 21. Relação de motores no setor POT, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
05	Albe - nº06	7,50	2	11,10	8,40
06	Albe - nº07	3,00	2	4,88	3,70
07	Albe RM - 40	3,00	2	4,88	3,80
08	Bomba de óleo	3,00	2	5,10	4,20
09	Albe - nº04	7,50	2	11,10	8,40
10	Albe - nº02	7,50	2	11,10	8,30
11	Comando de cames	1,50	4	2,77	1,10
12	Bomba de óleo	7,50	2	11,10	7,90
13	Comando de cames	2,00	4	3,75	1,10
14	Centrífuga de cavacos	5,00	4	7,99	6,30
15	Prensa RP - 32	1,50	4	2,77	0,80
16	Centrífuga de pontas	2,00	4	3,75	2,30
17	Estufa Olidef	2,00	2	5,49	3,60
18	Unidade água gelada	5,00	2	7,58	3,40
19	Bomba de solvente	3,00	2	4,88	4,50
20	Bba d'água caldeira	1,00	2	1,84	1,70
21	Bba de vácuo	5,00	4	7,99	6,00
22	Centrífuga de pontas	2,00	4	3,75	2,30
Total		118,00		187,16	112,40

Tabela 22. Relação de motores no setor PRG, tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
01	Centrífuga - nº03	2,00	4	6,47	6,30
02	Bomba	5,00	2	13,10	5,70

Tabela 22. Relação de motores no setor PRG, tensão 380V

Item	Aplicação dos motores	Pn (cv)	Pólos	I n (A)	I op (A)
03	Forno	1,50	6	3,17	1,50
04	Separador	0,75	4	1,68	1,30
05	Tambor rotativo - nº04	0,75	4	1,68	1,40
06	Tambor rotativo – nº5 e nº6	4,00	4	6,72	5,20
07	Tambor rotativo - nº01	1,00	4	1,78	1,40
08	Tambor rotativo - nº02	0,75	4	1,68	1,00
09	Tambor rotativo - nº03	1,00	4	1,78	1,40
10	Jato de Areia	1,00	2	1,84	1,30
11	Heidelberg - nº20485	2,00	4	6,47	4,90
12	Impressora Manual	1,50	4	4,78	2,70
Total		21,25		51,15	34,10

Tabela 23. Relação de motores no setor PRP, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn(cv)	Pólos	I n(A)	I op(A)
01	Tambor rotativo	4,00	4	6,72	4,20
02	Prensa faquinhas	4,00	6	7,53	3,80
03	Desenroladeira Fita	0,50	4	1,20	0,60
04	Puxador da fita	0,25	4	0,65	0,30
05	Prensa lam.apontador	1,50	4	2,77	2,40
06	Retífica de lâminas	5,00	2	7,58	3,90
07	Filtro retifica lâminas	0,75	4	1,68	1,30
08	Rebolo desbaste	7,50	2	11,10	9,00
09	Rebolo acabamento	7,50	2	11,10	9,20
10	Couro de polimento	3,00	4	4,96	3,10

Tabela 23. Relação de motores no setor PRP, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn(cv)	Pólos	I n(A)	I op(A)
11	Variador da pista	2,00	4	3,75	2,50
12	Imã	0,25	4	0,65	0,20
13	Exaustor	3,00	2	4,88	3,80
Total		39,25		64,57	44,30

Tabela 24. Relação de motores no setor VAC, tensão 380V.

Item	Aplicação dos motores	Pn(cv)	Pólos	I n(A)	I op(A)
01	Esteira	0,25	6	1,35	0,80
02	Seladora	1,00	4	3,08	2,90
03	Seladora	3,00	2	8,43	4,90
04	Bomba	1,00	2	3,18	3,00
05	Ventilador	0,50	2	1,71	1,20
06	Ventilador	0,50	2	1,71	1,20
07	Ventilador	0,50	2	1,71	1,20
08	Motor principal	3,00	4	8,57	6,60
09	Esteira	0,33	4	1,42	1,00
10	Túnel do ventilador	0,50	4	2,07	1,70
Total		10,58		33,23	24,50

Os parâmetros elétricos de I_n (corrente nominal) obtidos dos dados de placa dos motores e os de I_{op} (corrente de operação) durante o funcionamento do motor, representados nas Tabelas de 07 à 24, nos proporcionam uma análise da eficiência energética. Segundo o órgão federal responsável pelo programa de conservação de energia no país, PROCEL (1990), o carregamento de um motor bem dimensionado deve se situar acima de 75% da potência nominal.

Analisando as tabelas apresentadas, verificou-se que o carregamento do motor está abaixo do que determina o PROCEL (1990), sendo possível realizar a conservação de energia elétrica .

6.2 Método de medição

6.2.1 Considerações gerais

Na presente pesquisa foram obtidos dados do funcionamento dos motores elétricos de indução trifásico, através das medições da tensão de alimentação, corrente elétrica, sendo estes comparados com os valores de catálogo do fabricante de motores elétricos tais como: tensão de alimentação, corrente elétrica, rotação e potências nominais, sendo os valores de rendimento e fator de potência para 50%, 75% e 100% da potência de saída.

6.2.2 Método da medida em campo da corrente elétrica nos motores

Na medição da corrente elétrica dos motores, foi utilizado um alicate amperimétrico marca Minipa digital.

Em todas as medições realizadas foram utilizados equipamentos de segurança tais como: luvas e botas de proteção de classe 15kV e também óculos de segurança, devido às partículas em suspensão resultantes da operação de alguns motores.

As correntes elétricas foram medidas nas três fases e tirou-se a média, com os motores elétricos trabalhando sob condições normais de operação, sendo tomadas nos centros de comando dos motores (CCM), devido a maior facilidade de acesso, não havendo a necessidade de interrupções no funcionamento do equipamento em análise.

6.3 Modelo matemático de um motor de indução trifásico

O conhecimento das características de funcionamento de um motor elétrico é de grande importância e este pode ser obtido de várias formas.

Para analisar o desempenho de um motor de indução em regime permanente Avólio e Goldemberg (1992), demonstram a possibilidade da determinação do circuito equivalente através da utilização de dados que podem ser obtidos de catálogos e informações técnicas do fabricante bem como de normas técnicas.

Devido a grande dificuldade em se implementar essa pesquisa de campo, em função da não disponibilidade do motor ao experimento, adotou-se a metodologia de não se alterar o funcionamento padrão da máquina e coletar apenas os dados obtidos com maior facilidade, ou seja, medidas da corrente e tensão, além dos parâmetros obtidos em catálogos e curvas características fornecidas pelos fabricantes.

A especificação do modelo matemático foi elaborada através da coleta de dados em campo, basicamente em função da corrente elétrica de operação e da tensão nominal. Do catálogo do fabricante obtivemos os seguintes dados:

- V_L – tensão de linha (V);
- I_L – corrente de linha (A);
- V_N – velocidade nominal (rpm);
- P_u – potência útil do motor em (cv);
- P_n – potência nominal (cv);
- F_u – fator de utilização do motor (%).
- $FP_{100\%}$ – fator de potência;
- $FP_{75\%}$ – fator de potência para 75% da carga nominal (%);
- $FP_{50\%}$ – fator de potência para 50% da carga nominal (%);
- $\eta_{100\%}$ – rendimento nominal (100%);

- $\eta_{75\%}$ – rendimento para 75% da carga nominal (%);
- $\eta_{50\%}$ – rendimento para 50% da carga nominal (%).

No modelo por fase, a impedância do motor, é dada por:

$$Z_m = \frac{U_{fm}}{I_{fm}} \quad (6.1)$$

Onde:

Z_m - impedância de fase do motor (Ω);

U_{fm} - tensão de fase do motor (V);

I_{fm} - corrente de fase do motor (A).

A corrente de fase do motor é:

$$I_{fm} = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot \eta \cdot U_{fm} \cdot FP} \quad (6.2)$$

Onde:

P_s - potência de saída do motor (W);

FP - fator de potência (%);

η - rendimento do motor (%).

Portanto, para 100%, 75% e 50%, temos:

$$I_{fm(100\%)} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot \eta_{(100\%)} \cdot U_{fm} \cdot FP_{(100\%)}} \quad (6.3)$$

$$I_{fm(75\%)} = \frac{0,75 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot \eta_{(75\%)} \cdot U_{fm} \cdot FP_{(75\%)}} \quad (6.4)$$

$$I_{fm(50\%)} = \frac{0,50 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot \eta_{(50\%)} \cdot U_{fm} \cdot FP_{(50\%)}} \quad (6.5)$$

Onde:

P_n - potência nominal do motor (W);

$I_{fm(100\%)}$ - corrente de fase nominal do motor (A);

$I_{fm(75\%)}$ - corrente de fase nominal a 75% da P_n do motor (A);

$I_{fm(50\%)}$ - corrente de fase nominal a 50% da P_n do motor (A);

Relacionando os valores das impedâncias com o escorregamento, calculam-se os escorregamentos para as outras situações de funcionamento.

$$S_{100\%} = \frac{N_s - N_N}{N_s} \quad (6.6)$$

Onde:

$S_{100\%}$ - representa o escorregamento a 100% da potência nominal;

N_s - representa a velocidade síncrona (rpm);

N_N - velocidade nominal (rpm).

Os escorregamentos para 75% e 50% podem ser calculados através de:

$$C = \frac{P_{mecânico}}{\omega} \quad (6.7)$$

$$P_{mecânico} = C \cdot \omega \quad (6.8)$$

$$P_n = C_n \cdot \omega_n \quad (6.9)$$

$$0,75 \cdot P_n = C_{75\%} \cdot \omega_{75\%} \quad (6.10)$$

$$0,50 \cdot P_n = C_{50\%} \cdot \omega_{50\%} \quad (6.11)$$

$$\omega_n = \omega_s (1 - S_n) \quad (6.12)$$

Portanto:

$$P_n = C_n \cdot \omega_s (1 - S_n) \quad (6.13)$$

$$0,75 \cdot P_n = C_{75\%} \cdot \omega_{75\%} (1 - S_{75\%}) \quad (6.14)$$

$$0,50 \cdot P_n = C_{50\%} \cdot \omega_{50\%} (1 - S_{50\%}) \quad (6.15)$$

Onde:

C - conjugado motor (N.m);

$C_{50\%}$ - conjugado a 50% da potência nominal (N.m);

$C_{75\%}$ - conjugado a 75% da potência nominal (N.m);

$S_{50\%}$ - escorregamento a 50% da potência nominal;

$S_{75\%}$ - escorregamento a 75% da potência nominal;

ω_s - velocidade síncrona (rad/s);

ω - velocidade do motor (rad/s).

Caso o motor de indução opere na região do escorregamento normal, pode-se afirmar:

$$\frac{C_{75\%}}{C_n} = \frac{S_{75\%}}{S_n} \quad (6.16)$$

$$\frac{C_{50\%}}{C_n} = \frac{S_{50\%}}{S_n} \quad (6.17)$$

Das equações anteriores, tem-se que:

$$\frac{P_{75\%}}{P_n} = \frac{C_{75\%}}{C_n} \cdot \frac{\omega_s(1 - S_{75\%})}{\omega_s(1 - S_n)} = \frac{S_{75\%}(1 - S_{75\%})}{S_n(1 - S_n)} \quad (6.18)$$

$$\frac{P_{50\%}}{P_n} = \frac{C_{50\%}}{C_n} \cdot \frac{\omega_s(1 - S_{50\%})}{\omega_s(1 - S_n)} = \frac{S_{50\%}(1 - S_{50\%})}{S_n(1 - S_n)} \quad (6.19)$$

Onde:

$P_{75\%}$ e $P_{50\%}$ representam 75% e 50% da potência nominal (W), respectivamente.

Para o fator de utilização tem-se que:

$$Fu = \frac{Pu}{Pn} \quad (6.20)$$

Uma vez calculados os escorregamentos e posteriormente as rotações para 75% e 50% da carga, os mesmos foram relacionados com as correntes elétricas, rendimentos, fatores de potência, potências de saída e rotações.

Capítulo 7

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na presente pesquisa apresentam valores determinados pelo modelo matemático desenvolvido conforme o item 6.3 e serão apresentados a partir das Tabelas 25 a 42, onde serão analisados apenas os motores que apresentaram possibilidades de conservação de energia.

Nas Tabelas de 25 a 42 a serem apresentadas, as nomenclaturas utilizadas para as especificações dos dados dos motores é a seguinte:

- P – quantidade de pólos do motor;
- P_n – potência nominal (cv);
- P_u – potência útil (cv);
- I_n – corrente elétrica nominal do motor em (A);
- I_{op} – corrente elétrica de operação do motor em (A);
- F_p – fator de potência do motor;
- F_u – fator de utilização do motor;
- η – rendimento do motor;
- N – rotação por minuto do motor (rpm);

Consideram-se motores com potencial de conservação de energia elétrica, os quais apresentam carregamento ou fator de utilização (F_u) menor

que 75%, fundamentado em trabalhos já realizados que recomendam a troca do motor caso o fator seja de 60% para (MARACH, 2001), 80% para (LATORRE, 1990), 80% para o PROCEL e CESP (1986).

Segundo órgão federal responsável pelo programa de conservação de energia no país PROCEL (2001), cita que o carregamento de um motor bem dimensionado deve se situar acima de 75% da potência nominal.

7.1 Tabelas dos motores elétricos por setores

Para as Tabelas de 25 a 42, serão apresentadas as especificações técnicas obtidas dos dados de placa, bem como das correntes e tensões medidas sobre os motores elétricos encontrados nas instalações analisadas. Em comparação, apresentam-se as características dos motores elétricos de alto rendimento, obtidos dos respectivos catálogos consultados.

Tabela 25. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CAD.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Guilhotina	10,00	15,34	10,00	4	0,65	5,73	0,74	0,87	57,26	7,50	11,54	4	6,29	0,78	0,90	83,87
02	Furadeira	2,00	4,31	2,60	6	0,60	0,91	0,57	0,69	45,45	1,50	2,93	6	1,25	0,63	0,85	83,10
03	Furadeira	2,00	3,75	2,40	4	0,64	1,07	0,64	0,77	53,26	1,50	2,49	4	1,35	0,78	0,81	89,97
04	Serra	3,00	10,50	5,02	6	0,48	0,93	0,69	0,52	30,92	1,50	5,07	6	1,44	0,65	0,85	96,17
05	Esmeril	3,00	10,50	6,50	6	0,62	1,43	0,59	0,72	47,61	2,00	6,73	6	1,92	0,68	0,84	95,77
06	Esmeril	0,50	2,07	1,20	4	0,58	0,19	0,53	0,59	38,68	0,33	1,47	4	0,22	0,58	0,61	66,61
Total		20,50			10,25						14,33			12,46			
Média(%)					62,64 69,18 45,53									68,36 80,95 85,91			

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Serra com 96,17% e o menor é o do Esmeril com 66,61%.

Tabela 26. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CEM.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Embaladeira	1,00	1,84	1,50	2	0,82	0,74	0,77	0,72	74,41	1,00	1,68	2	0,80	0,75	0,80	80,14
02	Emabaladeira	0,75	1,68	0,80	4	0,48	0,29	0,60	0,67	38,91	0,33	0,85	4	0,29	0,62	0,65	88,64
03	Envernizadora n° 33923	0,75	1,68	0,80	4	0,48	0,20	0,47	0,60	26,81	0,33	0,85	4	0,29	0,62	0,65	88,64
04	Envernizadora n° 31074	0,75	1,90	1,30	8	0,68	0,42	0,58	0,62	55,75	0,50	1,41	8	0,43	0,58	0,64	85,82
05	Apontadeira n° 17783	2,00	4,42	2,80	8	0,63	0,98	0,54	0,73	48,76	1,50	3,13	8	1,24	0,61	0,81	82,98
06	Envernizadora Tripla n° 11	1,00	1,73	0,90	4	0,52	0,35	0,64	0,69	35,30	0,50	1,19	4	0,27	0,55	0,61	54,32
07	Carimbadeira n° 27498	1,00	2,18	1,60	6	0,73	0,65	0,64	0,72	65,46	0,75	1,79	6	0,62	0,60	0,72	82,32
08	Carimbadeira n° 27494	1,00	2,18	1,60	6	0,73	0,65	0,64	0,72	65,46	0,75	1,79	6	0,61	0,60	0,71	81,49

Tabela 26. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CEM.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
09	Corta topo	0,50	1,45	0,90	6	0,62	0,19	0,48	0,50	38,56	0,33	1,00	6	0,27	0,57	0,59	82,09
10	Envernizadora n° 15815	0,75	1,68	0,50	4	0,30	0,08	0,37	0,51	11,33	0,25	0,65	4	0,13	0,54	0,54	52,28
11	Carimbadeira n° 17797	1,00	2,18	1,60	6	0,73	0,65	0,64	0,72	65,46	0,75	1,79	6	0,55	0,60	0,64	73,58
12	Carimbadeira n° 17280	1,00	2,18	1,60	6	0,73	0,65	0,64	0,72	65,46	0,75	1,79	6	0,55	0,60	0,64	73,58
13	Embaladeira 5	1,00	1,78	0,80	4	0,45	0,29	0,62	0,66	29,38	0,33	0,85	4	0,29	0,62	0,65	88,17
14	Carimbadeira n° 17799	1,00	2,18	1,70	6	0,78	0,71	0,65	0,72	71,35	0,75	1,79	6	0,68	0,62	0,72	80,76
15	Envernizadora n° 33908	0,75	1,68	0,60	4	0,36	0,12	0,40	0,55	15,76	0,25	0,65	4	0,21	0,61	0,64	83,74

Tabela 26. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CEM.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado															
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu									
16	Apontadeira n° 17101	2,00	3,75	2,90	4	0,77	1,42	0,71	0,78	71,22	2,00	3,56	4	1,58	0,73	0,83	78,90									
17	Apontadeira n° 17101	0,75	1,90	0,90	8	0,47	0,22	0,47	0,58	28,96	0,25	1,02	8	0,19	0,47	0,49	75,06									
18	Apontadeira n° 34130	2,00	3,75	2,90	4	0,77	1,42	0,71	0,78	71,22	2,00	3,56	4	1,57	0,73	0,83	78,52									
19	Ventilador	1,50	3,98	2,40	8	0,60	0,67	0,50	0,62	44,41	1,00	2,57	8	0,82	0,60	0,63	81,95									
Total		20,50			10,73						14,32			11,48												
Média(%)		58,18						66,22			48,60							61,58				67,51			79,49	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Embaladeira com 88,64% e o menor é o da Envernizadeira - 15815 com 52,28%.

Tabela 27. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CLG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Exaustor nº 03	40,00	67,00	35,30	4	0,53	10,48	0,45	0,74	26,21	25,00	37,33	4	24,80	0,85	0,92	99,20
02	Regulador de velocidade	0,75	1,68	1,10	4	0,65	0,37	0,57	0,66	49,59	0,50	1,19	4	0,41	0,61	0,68	81,48
03	Corta topo	1,00	1,84	1,50	2	0,82	0,74	0,77	0,72	74,07	1,00	1,68	2	0,80	0,75	0,80	80,49
04	Serra lápis	0,50	1,45	0,90	8	0,62	0,21	0,49	0,52	41,45	0,25	1,02	8	0,19	0,48	0,49	75,07
05	Lixadeira	0,75	1,90	1,30	8	0,68	0,42	0,58	0,62	55,44	0,50	1,41	8	0,43	0,58	0,64	85,33
06	Envernizadeira alimentador	0,75	1,68	1,20	4	0,71	0,41	0,58	0,66	55,31	0,50	1,22	4	0,49	0,64	0,72	98,92
07	Envernizadeira esteira	0,50	1,45	0,90	8	0,62	0,17	0,43	0,48	33,21	0,25	1,02	8	0,19	0,47	0,49	74,55
08	Corta topo	0,75	1,68	1,00	4	0,60	0,30	0,53	0,64	40,49	0,50	1,19	4	0,34	0,58	0,65	67,76
09	Apontadeira tambor lixa	2,00	3,75	1,90	4	0,51	0,71	0,56	0,74	35,35	1,50	2,58	4	0,98	0,72	0,79	65,02
10	Apontadeira	0,75	1,90	0,90	8	0,47	0,22	0,46	0,58	28,75	0,25	1,02	8	0,19	0,48	0,49	75,07

Tabela 27. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CLG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
11	Envernizadeira alimentador	1,00	2,72	1,50	8	0,55	0,32	0,44	0,54	31,86	0,75	1,88	8	0,49	0,60	0,61	65,45
12	Arredondadeira	0,75	1,90	1,30	8	0,68	0,42	0,58	0,62	55,44	0,50	1,41	8	0,43	0,58	0,64	85,82
13	Arredondadeira nº 30824	2,00	3,75	2,10	4	0,56	0,84	0,60	0,75	42,15	1,50	2,49	4	1,14	0,76	0,80	76,08
14	Prensa hidráulica	2,00	4,31	3,10	6	0,72	1,22	0,62	0,71	61,25	2,00	3,81	6	1,49	0,63	0,85	74,69
15	Embaladeira	0,33	0,82	0,50	4	0,61	0,14	0,54	0,57	41,77	0,25	0,65	4	0,13	0,54	0,53	51,31
16	Empacotadora nº 23884	1,00	1,78	1,10	4	0,62	0,50	0,70	0,72	49,65	0,50	1,19	4	0,41	0,61	0,68	82,32
17	Apontadeira nº 15	1,50	2,77	1,50	4	0,54	0,60	0,65	0,69	40,21	0,75	1,63	4	0,63	0,64	0,73	83,82
18	Envernizadeira nº 11116	0,75	1,68	0,70	4	0,42	0,16	0,44	0,58	21,25	0,33	0,85	4	0,25	0,59	0,69	76,39

Tabela 27. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CLG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	lop/In	P	Pu	Fp	η	Fu	
19	Apontadeira n° 17789	1,50	2,77	1,40	4	0,51	0,54	0,62	0,68	35,68	0,75	1,63	0,86	4	0,54	0,62	0,70	72,64	
20	Apontadeira n° 12731	1,50	2,77	2,00	4	0,72	0,96	0,75	0,71	63,85	1,50	2,49	0,80	4	1,07	0,74	0,80	71,19	
21	Envernizadeira n° 10887	0,75	1,68	0,70	4	0,42	0,16	0,44	0,58	21,25	0,33	0,85	0,83	4	0,23	0,59	0,62	68,62	
22	Dry off-set n° 13501	1,50	2,77	1,80	4	0,65	0,82	0,72	0,71	54,69	1,00	1,83	0,98	4	0,97	0,75	0,80	97,39	
23	Dry off-set n° 13498	1,50	2,77	1,80	4	0,65	0,82	0,72	0,71	54,72	1,00	1,83	0,98	4	0,97	0,75	0,80	97,39	
24	Dry off-set n° 13499	1,50	2,77	1,80	4	0,65	0,82	0,72	0,71	54,73	1,00	1,83	0,98	4	0,97	0,75	0,80	97,39	
25	Apontadeira	2,00	3,75	2,90	4	0,77	1,42	0,71	0,77	70,92	2,00	3,42	0,85	4	1,60	0,74	0,83	79,97	

Tabela 27. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor CLG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado														
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu								
26	Exaustor de ar	1,50	2,77	1,70	4	0,61	0,75	0,70	0,71	49,99	1,00	1,72	4	0,92	0,75	0,81	92,36								
27	Elevador Atlas	10,00	26,30	15,70	4	0,60	4,97	0,71	0,86	49,68	6,00	16,40	4	5,76	0,80	0,88	95,99								
Total		78,83			29,48							51,41			49,03										
Média(%)								59,55			66,63			45,89			65,26				71,44			81,80	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Exaustor nº03 com 99,20% e o menor é o da Embaladeira com 51,31%.

Tabela 28. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor DEE.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
01	Lixadeira	2,00	6,47	2,60	4	0,40	0,45	0,48	0,70	22,57	0,75	2,83	4	0,63	0,65	0,72	83,78	
Total		2,00				0,45					0,75		0,63					
Média(%)						47,63		70,39		22,57			64,78		72,04		83,78	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Lixadeira com 83,78%.

Tabela 29. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor FER.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado																														
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu																								
01	Eletroerosão n° 23268	1,50	2,54	1,95	2	0,77	1,11	0,86	0,74	74,25	1,50	2,30	2	1,22	0,85	0,83	81,21																								
02	Eletroerosão n° 23268	1,50	2,54	1,89	2	0,74	1,06	0,85	0,73	70,46	1,50	2,30	2	1,17	0,84	0,82	77,81																								
03	Eletroerosão n° 17928	1,50	2,54	1,50	2	0,59	0,78	0,81	0,72	52,16	1,00	1,65	2	0,89	0,82	0,81	88,99																								
04	Bomba hidr.	0,50	0,99	0,68	2	0,69	0,24	0,64	0,61	47,95	0,33	0,75	2	0,25	0,69	0,60	77,02																								
05	Furadeira	3,00	8,57	6,60	4	0,77	2,18	0,81	0,79	72,83	3,00	8,28	4	2,18	0,77	0,83	72,71																								
06	Furadeira	3,00	8,57	6,60	4	0,77	2,19	0,81	0,79	72,90	3,00	8,28	4	2,18	0,77	0,83	72,71																								
07	Serra	3,00	10,50	8,40	6	0,80	2,14	0,66	0,74	71,30	3,00	9,33	6	2,59	0,71	0,84	86,39																								
08	Esmeril	1,50	2,77	2,00	4	0,72	0,96	0,75	0,71	64,13	1,50	2,49	4	1,07	0,75	0,80	71,21																								
Total		15,50									10,67									14,83			11,55																		
Média(%)																				77,49			73,08				65,75				77,29			79,62				78,51			

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Eletroerosão – 17928 com 88,99% e o menor é o do Esmeril com 71,21%.

Tabela 30. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MCE.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Máquina nº 15	1,50	2,77	1,60	4	0,58	0,68	0,68	0,70	45,07	0,75	1,63	4	0,72	0,67	0,75	95,60
02	Montadora nº14	1,50	2,77	1,40	4	0,51	0,54	0,62	0,69	35,85	0,75	1,63	4	0,54	0,62	0,70	72,64
03	Carimbadeira nº 14	0,75	1,68	1,20	4	0,71	0,42	0,58	0,67	55,59	0,50	1,22	4	0,48	0,63	0,71	96,73
04	Montadora nº 15	1,50	2,77	1,40	4	0,51	0,54	0,62	0,69	35,71	0,75	1,63	4	0,54	0,62	0,70	72,64
05	Carimbadeira nº 15	0,75	1,66	1,20	4	0,72	0,42	0,59	0,66	55,62	0,50	1,22	4	0,48	0,63	0,71	96,73
06	Carimbadeira nº 16	0,75	1,68	1,20	4	0,71	0,41	0,58	0,66	55,31	0,50	1,22	4	0,48	0,63	0,71	96,73

Tabela 30. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MCE.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	lop/In	P	Pu	Fp	η	Fu
07	Montadora nº 16	1,50	2,77	2,20	4	0,79	1,10	0,72	0,78	73,38	1,50	2,30	0,96	4	1,24	0,78	0,81	82,47
08	Montadora nº 17	1,50	2,77	2,20	4	0,79	1,11	0,72	0,78	73,67	1,50	2,30	0,96	4	1,24	0,78	0,81	82,47
09	Carimbadeira nº 17	1,50	2,77	1,20	4	0,43	0,39	0,56	0,66	26,27	0,50	1,22	0,99	4	0,48	0,63	0,71	96,73
10	Máq.estampar nº 21	0,75	1,38	1,03	2	0,75	0,48	0,77	0,68	64,35	0,75	1,36	0,76	2	0,49	0,75	0,71	65,41
11	Máq.estampar nº 21	4,00	6,72	5,00	4	0,74	2,67	0,75	0,80	66,76	4,00	6,23	0,80	4	3,02	0,79	0,86	75,52
Total		16,00			8,75			12,00		9,73								
Média(%)		65,33			70,60			53,42			68,44			74,46			84,88	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor das Carimbadeiras nº14,15,16 e17 com 96,73% e o menor é o da Máquina de estampar nº 21 com 65,41%.

Tabela 31. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MAM.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	Iop	P	Iop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Máquina nº 07	1,00	2,18	1,20	6	0,55	0,40	0,55	0,68	40,05	0,50	1,29	6	0,44	0,62	0,65	87,29
02	Máquina nº 11	1,50	3,17	1,60	6	0,50	0,51	0,52	0,68	33,88	0,75	1,79	6	0,61	0,60	0,71	81,95
03	Máquina nº 12	1,50	3,17	1,60	6	0,50	0,51	0,52	0,68	33,74	0,75	1,79	6	0,61	0,60	0,71	81,95
04	Máquina nº 01	1,00	1,78	1,20	4	0,67	0,57	0,72	0,74	56,98	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,71	97,24
05	Máquina nº 02	1,50	2,77	1,20	4	0,43	0,40	0,56	0,66	26,43	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,71	97,24
06	Máquina nº 03	1,00	3,08	2,20	4	0,71	0,62	0,74	0,74	62,66	0,75	2,83	4	0,45	0,58	0,68	59,87
07	Máquina nº 05	1,00	2,18	1,20	6	0,55	0,40	0,55	0,68	40,14	0,50	1,29	6	0,44	0,62	0,65	87,29
08	Máquina nº 06	1,00	2,18	1,20	6	0,55	0,40	0,55	0,68	40,14	0,50	1,29	6	0,44	0,62	0,65	87,29
09	Máquina nº 09	1,00	2,18	1,20	6	0,55	0,40	0,55	0,68	40,14	0,50	1,29	6	0,44	0,62	0,65	87,29
10	Máquina nº 10	1,00	2,18	1,20	6	0,55	0,40	0,55	0,68	40,14	0,50	1,29	6	0,44	0,62	0,65	87,29

Tabela 31. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MAM.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
11	Ventilador	0,50	1,20	1,00	4	0,83	0,37	0,63	0,65	73,15	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,94	
12	Ventilador	0,50	1,20	1,00	4	0,83	0,37	0,63	0,65	73,25	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,94	
Total		12,50			5,34							6,75		5,49				
Média(%)								58,85 68,39 46,70				60,88 67,45 82,22						

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor das Máquinas nº 01,02 com 97,24% e o menor é o da Máquina nº 03 com 59,87%.

Para o item 06, verificamos que o F_u do motor Standard é maior que o do motor de alto rendimento porque a potência do motor é pequena, causando a diminuição do fator de potência e rendimento.

Tabela 32. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MEG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Extrusora Ciola	15,00	22,00	16,90	4	0,77	10,84	0,81	0,88	72,24	12,50	18,18	4	11,38	0,83	0,91	91,07
02	Redutor	1,50	2,77	1,70	4	0,61	0,75	0,69	0,71	49,75	1,00	1,72	4	0,98	0,79	0,82	97,96
03	Refugo tubo plástico	4,00	6,72	2,50	4	0,37	0,84	0,53	0,71	21,01	1,50	2,59	4	1,38	0,77	0,80	91,68
04	Impi nº 04	1,50	2,77	1,00	4	0,36	0,28	0,50	0,63	18,80	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,60
05	Impi nº 03	1,50	2,77	1,00	4	0,36	0,28	0,50	0,63	18,82	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,60
06	Centrífuga nº 05	3,00	6,72	3,10	4	0,46	1,23	0,60	0,75	41,07	2,00	3,42	4	1,77	0,76	0,84	88,46
07	Impi nº 05	2,00	3,75	1,00	4	0,27	0,21	0,37	0,62	10,39	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,60
08	Máquina JOB	0,50	2,07	1,50	4	0,72	0,28	0,59	0,62	56,48	0,50	2,07	4	0,25	0,54	0,60	50,64
09	Esatécnica nº 01	0,25	0,65	0,30	4	0,46	0,06	0,47	0,46	23,01	0,16	0,50	4	0,06	0,44	0,49	36,64

Tabela 32. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MEG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
10	Centrífuga nº 01	3,00	6,08	2,50	6	0,41	0,69	0,47	0,66	22,98	1,50	2,82	6	1,26	0,71	0,80	84,30
11	Impi nº 03	2,00	3,75	1,00	4	0,27	0,21	0,37	0,62	10,39	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,60
12	Impi nº 02	2,00	3,75	1,00	4	0,27	0,21	0,37	0,62	10,39	0,50	1,22	4	0,33	0,57	0,64	65,60
13	Centrífuga nº 02	3,00	6,08	2,00	6	0,33	0,46	0,41	0,63	15,45	1,00	2,03	6	1,00	0,69	0,80	99,68
14	Esatécnica nº 02	3,00	6,72	3,00	4	0,45	1,17	0,59	0,74	38,91	2,00	3,42	4	1,68	0,75	0,83	83,79
15	Máq. Soldar canetas	0,75	2,02	1,10	6	0,54	0,15	0,46	0,59	20,51	0,25	1,29	6	0,22	0,68	0,57	87,80
16	Estufa	1,00	1,78	1,10	4	0,62	0,49	0,70	0,72	49,47	0,50	1,22	4	0,36	0,57	0,64	72,16
Total		44,00		18,15							25,41		21,98				
Média(%)				52,64 66,25 29,98							64,89 70,71 75,76						

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Centrífuga nº 2 99,68% e o menor é o da Esatécnica nº 1 com 36,64%.

Tabela 33. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MMC.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
01	Frezadora Deckel	6,00	16,10	10,65	2	0,66	3,55	0,78	0,83	59,19	5,00	13,10	2	3,91	0,82	0,86	78,24	
02	Mandrilhadora Shapi	3,00	4,88	3,60	2	0,74	2,11	0,82	0,80	70,33	3,00	4,60	2	2,23	0,82	0,85	74,37	
03	Mandrilhadora Shapi	3,00	4,88	3,60	2	0,74	2,11	0,82	0,80	70,41	3,00	4,60	2	2,23	0,82	0,85	74,37	
04	Retificadora	5,00	7,99	6,00	4	0,75	3,51	0,79	0,83	70,28	4,00	6,23	4	3,84	0,83	0,86	95,93	
05	Retifica Plana Jung	4,00	7,76	3,41	8	0,44	1,12	0,49	0,75	28,06	2,00	4,41	8	1,50	0,59	0,83	75,13	
06	Retifica Plana Jung	5,00	7,99	5,70	4	0,71	3,28	0,78	0,83	65,66	4,00	6,23	4	3,59	0,82	0,86	89,70	
07	Retifica Plana Jung	4,00	7,76	4,35	8	0,56	1,68	0,56	0,77	42,02	2,00	4,41	8	1,94	0,60	0,84	97,14	

Tabela 33. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MMC.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
08	Retifica Cilind. RUV-250	5,00	7,99	5,93	4	0,74	3,46	0,78	0,83	69,17	4,00	6,23	4	3,79	0,83	0,86	94,81	
09	Retifica Cilind. Sanches	5,00	13,80	10,35	4	0,75	3,50	0,79	0,83	69,91	4,00	10,80	4	3,98	0,86	0,87	99,60	
10	Retifica Cilind. Sanches	4,00	6,72	3,90	4	0,58	1,82	0,67	0,78	45,43	3,00	4,78	4	2,29	0,77	0,86	76,27	
11	Retifica Plana Sanches	5,00	7,99	3,75	4	0,47	1,79	0,66	0,81	35,75	3,00	4,78	4	2,14	0,75	0,85	71,48	
12	Retifica Plana	2,00	3,75	2,80	4	0,75	1,36	0,70	0,78	67,80	2,00	3,42	4	1,53	0,73	0,83	76,48	
13	Torno VDF	10,00	15,20	12,00	4	0,79	7,44	0,79	0,88	74,45	10,00	15,23	4	7,64	0,79	0,90	76,44	
Total		61,00		36,73							49,00		40,64					
Média(%)		72,40 80,90 59,11							77,04 85,61 83,10									

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Retifica Cilíndrica Sanches 99,60% e o menor é o da Retifica Plana Sanches com 71,48%.

Tabela 34. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MML

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu		
01	Furadeira Yadoya	2,00	3,75	1,50	4	0,40	0,45	0,48	0,70	22,65	0,75	1,63	4	0,63	0,64	0,72	83,44		
02	Plainadora Orl. 3500	15,00	38,00	23,40	4	0,62	8,03	0,76	0,88	53,51	10,00	26,40	4	8,81	0,80	0,91	88,06		
03	Retifica Ferdimat	5,00	7,99	3,20	4	0,40	1,38	0,60	0,80	27,51	2,00	3,42	4	1,84	0,77	0,84	92,10		
04	Torno VDF	5,00	13,80	10,30	4	0,75	3,49	0,79	0,83	69,85	4,00	10,80	4	3,81	0,83	0,86	95,34		
05	Furadeira	1,00	3,08	2,20	4	0,71	0,62	0,74	0,74	62,42	0,75	2,83	4	0,45	0,58	0,68	59,87		
06	Esmeril	1,50	4,78	2,60	4	0,54	1,04	0,64	0,69	69,35	2,00	2,60	4	1,50	0,78	0,83	74,82		
07	Torno Romi nº 40627	5,00	13,80	10,50	4	0,76	3,59	0,79	0,83	71,80	4,00	10,80	4	3,50	0,78	0,83	87,47		
08	Frezadora BF 55	3,00	8,57	6,10	4	0,71	1,97	0,79	0,79	65,66	2,00	6,17	4	1,91	0,73	0,83	95,42		
09	Frezadora	4,00	11,60	8,00	4	0,69	2,38	0,72	0,79	59,44	3,00	8,50	4	2,75	0,80	0,83	91,57		

Tabela 34. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor MML.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
10	Mandrilhadora	6,00	16,30	11,20	4	0,69	3,89	0,80	0,84	64,85	5,00	13,50	4	4,01	0,79	0,88	80,19
Total		47,50			26,84						33,50			29,20			
Média(%)					71,08 79,06 56,70						75,03 81,92 84,83						

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Frezadora BF 55 com 95,42% e o menor é o da Furadeira com 59,87%.

Tabela 35. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PBR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
01	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
02	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
03	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
04	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
05	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
06	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
07	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
08	Máquina de estampar	0,75	2,90	1,20	4	0,41	0,15	0,43	0,57	20,54	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	

Tabela 35. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PBR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
09	Máquina cortar topo	0,50	1,45	0,90	6	0,62	0,19	0,48	0,50	38,31	0,33	1,00	6	0,25	0,58	0,53	74,61	
10	Apontadeira	1,50	2,80	1,50	4	0,54	0,17	0,45	0,47	11,02	0,75	1,63	4	0,63	0,64	0,72	83,44	
11	Carimbadeira rotativa	0,75	2,90	1,60	4	0,55	0,26	0,51	0,63	35,33	0,75	1,63	4	0,72	0,67	0,75	96,07	
12	Envernizadeira tripla	0,25	0,65	0,30	4	0,46	0,06	0,48	0,46	23,67	0,16	0,50	4	0,06	0,49	0,44	36,66	
13	Envernizadeira tripla	0,25	0,65	0,30	4	0,46	0,06	0,48	0,46	23,70	0,16	0,50	4	0,06	0,49	0,44	36,66	
14	Envernizadeira	0,75	1,68	0,90	4	0,54	0,25	0,50	0,62	33,52	0,50	1,22	4	0,27	0,55	0,61	53,42	

Tabela 35. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PBR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu	
15	Envernizad eira tripla	0,50	1,45	0,90	8	0,62	0,21	0,50	0,52	41,72	0,25	1,02	8	0,20	0,48	0,53	81,13	
16	Máquina cortar topo	1,00	1,78	1,20	4	0,67	0,57	0,72	0,74	57,24	0,50	1,22	4	0,49	0,63	0,72	97,18	
Total		11,50			3,00							7,40			6,55			
Média(%)								47,40 56,10 26,80							59,92 65,48 83,54			

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Máquina de estampar e cortar topo 97,18% e o menor é o da Envernizadeira tripla com 36,66%.

Tabela 36. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	lop/In	P	Pu	Fp	η	Fu	
01	Impressora	2,00	6,47	4,90	4	0,76	1,39	0,70	0,78	69,64	2,00	5,93	0,83	4	1,55	0,74	0,83	77,53	
02	Impressora	1,50	4,78	2,70	4	0,56	0,64	0,66	0,70	42,96	0,75	2,83	0,95	4	0,67	0,66	0,73	89,95	
03	Corte e Vinco	2,00	6,47	3,30	4	0,51	0,75	0,59	0,75	37,50	1,50	4,48	0,74	4	0,98	0,72	0,79	65,08	
04	Impressora	2,00	6,47	4,10	4	0,63	1,04	0,64	0,76	51,96	1,50	4,48	0,92	4	1,33	0,78	0,81	88,61	
05	Impressora	5,00	13,80	7,50	4	0,54	2,24	0,71	0,82	44,83	3,00	8,34	0,90	4	2,62	0,79	0,86	87,47	
06	Torno Romi	6,00	11,10	8,30	8	0,75	4,02	0,63	0,85	66,92	5,00	8,66	0,96	8	4,69	0,73	0,87	93,78	
07	Rolland	6,00	16,10	7,30	2	0,45	2,22	0,73	0,81	37,08	3,00	7,98	0,91	2	2,71	0,84	0,86	90,47	
08	Rolland	6,00	16,10	7,30	2	0,45	2,22	0,73	0,81	37,08	3,00	7,98	0,91	2	2,71	0,84	0,86	90,47	
09	Rolland	6,00	16,10	7,30	2	0,45	2,22	0,73	0,81	37,08	3,00	7,98	0,91	2	2,71	0,84	0,86	90,47	
10	Prensa	20,00	52,80	30,00	4	0,57	9,83	0,72	0,88	49,17	12,50	31,50	0,95	4	11,71	0,83	0,91	93,66	
11	Elevador	7,50	21,90	13,30	6	0,61	3,87	0,67	0,83	51,55	5,00	14,80	0,90	6	4,32	0,72	0,88	86,47	
12	Corte e Vinco	2,00	6,47	4,10	4	0,63	1,03	0,64	0,76	51,46	1,50	4,48	0,92	4	1,29	0,75	0,81	85,97	

Tabela 36. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
13	Corte e Vinco	3,00	10,50	7,80	6	0,74	1,92	0,64	0,74	63,90	3,00	9,33	6	2,34	0,69	0,84	78,04
14	Roland 600-n° 32226	60,00	143,0	63,00	2	0,44	23,48	0,82	0,88	39,14	30,00	71,40	2	26,12	0,87	0,92	87,05
15	Guilhotina Guarani	7,50	19,90	8,60	4	0,43	2,31	0,61	0,85	30,78	4,00	10,80	4	3,00	0,78	0,86	74,88
16	Guilhotina Guarani	7,50	19,90	8,60	4	0,43	2,31	0,61	0,85	30,79	4,00	10,80	4	3,00	0,78	0,86	74,88
17	Coladeira Ts - 450	5,00	14,00	9,80	4	0,70	3,25	0,77	0,83	65,08	4,00	10,80	4	3,57	0,82	0,86	89,29
18	Coladeira	10,00	26,30	17,40	4	0,66	5,79	0,74	0,87	57,94	7,50	19,60	4	6,37	0,79	0,90	84,89

Tabela 36. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGR.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado														
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu								
19	Coladeira Bobst 68	10,00	26,30	14,50	4	0,55	4,42	0,69	0,86	44,16	6,00	16,40	4	5,18	0,78	0,89	86,39								
20	Elevador Otis	7,50	21,90	12,00	6	0,55	3,29	0,64	0,83	43,88	4,00	12,20	6	3,99	0,73	0,88	99,76								
Total		176,50			78,26						104,25			90,87											
Média(%)								68,32			81,31			47,64			77,35				85,20			85,76	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Elevador Otis 99,76% e o menor é o do Corte e Vinco com 65,08%.

Tabela 37. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGA.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Bba hidraulica injetora	40,00	59,10	30,50	4	0,52	18,18	0,75	0,89	45,46	25,00	35,20	4	21,34	0,85	0,92	85,36
02	Bba hidraulica injetora	20,00	30,60	14,70	4	0,48	7,60	0,67	0,87	37,99	10,00	15,23	4	9,71	0,82	0,91	97,12
03	Bba hidraulica injetora	20,00	30,60	15,00	4	0,49	7,89	0,68	0,87	39,45	10,00	15,23	4	9,91	0,81	0,91	99,06
04	Triturador	6,00	9,44	7,05	4	0,75	4,32	0,81	0,84	71,98	5,00	7,79	4	4,47	0,81	0,88	89,34
05	Moinho	4,00	6,72	2,40	4	0,36	0,78	0,52	0,70	19,39	1,50	2,58	4	1,34	0,78	0,81	89,59
06	Bba hidraulica injetora	15,00	22,00	16,50	4	0,75	10,45	0,80	0,88	69,67	12,50	18,18	4	11,07	0,83	0,91	88,59
07	Moinho	4,00	6,72	2,40	4	0,36	0,79	0,52	0,70	19,73	1,50	2,58	4	1,34	0,78	0,81	89,59
08	Bba hidraulica injetora	15,00	22,00	17,30	4	0,79	11,09	0,81	0,88	73,95	12,50	18,18	4	11,70	0,83	0,91	93,59
09	Bba hidraulica injetora	15,00	22,00	17,30	4	0,79	11,03	0,81	0,88	73,53	12,50	18,18	4	11,70	0,83	0,91	93,59

Tabela 37. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGA.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
10	Bba hidraulica	20,00	30,60	21,50	4	0,70	13,26	0,77	0,89	66,31	15,00	22,33	4	14,15	0,81	0,91	94,31
11	Bba hidraulica injetora	20,00	30,60	21,00	4	0,69	12,80	0,77	0,89	63,98	15,00	22,33	4	13,77	0,81	0,90	91,79
12	Bba hidraulica injetora	30,00	42,70	32,30	4	0,76	21,69	0,83	0,91	72,28	25,00	35,20	4	22,69	0,85	0,92	90,77
13	Bba hidraulica injetora	50,00	71,20	38,00	4	0,53	23,40	0,76	0,90	46,79	30,00	42,64	4	26,15	0,83	0,93	87,17
14	Bba hidraulica injetora	40,00	59,10	30,20	4	0,51	17,64	0,74	0,89	44,09	25,00	35,20	4	21,13	0,85	0,92	84,52
15	Bba hidraulica injetora	30,00	43,10	27,20	6	0,63	17,64	0,81	0,89	58,79	20,00	32,02	6	16,01	0,73	0,91	80,04
16	Bba hidraulica injetora	25,00	38,00	27,20	4	0,72	16,62	0,76	0,90	66,50	20,00	28,91	4	18,89	0,84	0,92	94,45
17	Bba hidraulica injetora	30,00	42,70	32,70	4	0,77	22,04	0,83	0,91	73,47	25,00	35,20	4	22,97	0,85	0,92	91,90

Tabela 37. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGA.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
18	Bba hidraulica injetora	30,00	42,70	32,70	4	0,77	22,09	0,83	0,91	73,64	25,00	35,20	4	22,97	0,85	0,92	91,90
19	Bba hidraulica	25,00	38,00	27,20	4	0,72	16,64	0,76	0,90	66,56	20,00	28,91	4	18,82	0,84	0,92	94,11
20	Estrusora material	10,00	15,20	10,30	4	0,68	5,98	0,75	0,87	59,77	7,50	11,37	4	6,61	0,82	0,88	88,11
21	Moinho Principal	20,00	30,60	20,20	4	0,66	12,19	0,76	0,89	60,97	15,00	21,12	4	13,98	0,85	0,91	93,23
22	Moinho	6,00	10,80	7,50	6	0,69	3,70	0,67	0,83	61,65	5,00	8,54	6	4,17	0,71	0,88	83,45
23	Moinho	5,00	7,99	5,90	4	0,74	3,47	0,79	0,83	69,40	4,00	6,23	4	3,76	0,83	0,86	93,96
24	Moinho	4,00	6,72	2,60	4	0,39	0,91	0,54	0,72	22,71	1,50	2,60	4	1,50	0,78	0,83	99,77
25	Moinho	4,00	6,72	2,80	4	0,42	1,03	0,56	0,73	25,70	2,00	3,42	4	1,52	0,73	0,83	75,84
26	Compressor	125,00	171,00	132,00	4	0,77	91,41	0,85	0,91	73,13	100,00		4	94,36	0,85	0,94	94,36

Tabela 37. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PGA.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado								
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu		
27	Compressor	150,00	204,00	107,00	4	0,52	69,40	0,82	0,89	46,27	100,00	139,63	4	74,38	0,82	0,94	74,38		
28	Compressor	250,00	338,00	187,70	4	0,56	124,41	0,81	0,91	49,76	150,00	203,68	4	135,65	0,85	0,95	90,43		
Total		1.013,00				568,44					695,50		616,08						
Média(%)						74,24		85,96		55,46				81,51		89,81		90,01	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Moinho 99,77% e o menor é o do Compressor com 74,38%.

Tabela 38. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PML

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Exaustor nº 01	40,00	59,10	34,50	4	0,58	21,37	0,77	0,90	53,43	25,00	35,20	4	24,51	0,86	0,92	98,05
02	Enverniz. dupla nº 03	0,50	1,45	0,60	8	0,41	0,10	0,39	0,46	19,13	0,16	0,68	8	0,13	0,48	0,51	81,35
03	Envernizadora nº 03	0,75	1,68	0,90	4	0,54	0,25	0,50	0,62	33,31	0,50	1,22	4	0,27	0,55	0,61	53,99
04	Envernizadeira nº 04	0,33	1,35	0,50	8	0,37	0,06	0,36	0,36	17,64	0,16	0,68	8	0,09	0,43	0,47	56,86
05	Carimbadeira nº 37165	0,50	1,45	1,10	8	0,76	0,30	0,55	0,56	60,33	0,33	1,15	8	0,26	0,48	0,56	79,96
06	Apontadeira nº 27502	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,14	0,66	0,77	57,18	1,50	2,59	4	1,38	0,76	0,81	92,11
07	Apontadeira nº 27501	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,15	0,66	0,78	57,70	2,00	2,59	4	1,38	0,76	0,81	69,08

Tabela 38. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PML.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
08	Apontadeira 31078	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,15	0,66	0,78	57,70	2,00	2,59	4	1,38	0,76	0,81	69,08
09	Apontadeira 31081	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,15	0,66	0,78	57,70	2,00	2,59	4	1,38	0,76	0,81	69,08
10	Apontad. Dupla 20141	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,15	0,66	0,78	57,70	2,00	2,59	4	1,38	0,76	0,81	69,08
11	Apontad. Dupla 20141	2,00	3,75	1,90	4	0,51	0,70	0,56	0,74	35,19	1,50	2,58	4	0,98	0,72	0,79	65,02
12	Ventilador	0,75	2,02	1,20	6	0,59	0,31	0,48	0,60	41,52	0,50	1,29	6	0,43	0,62	0,65	86,83
13	Ventilador	0,75	2,02	1,20	6	0,59	0,31	0,48	0,60	41,52	0,50	1,29	6	0,43	0,62	0,65	86,83
14	Ventilador	0,75	2,02	1,20	6	0,59	0,31	0,48	0,60	41,52	0,50	1,29	6	0,43	0,62	0,65	86,83

Tabela 38. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PML.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado																																							
		Pn	In	Iop	P	Iop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu																																		
15	Ventilador	0,75	2,02	1,20	6	0,59	0,31	0,48	0,60	41,52	0,50	1,29	6	0,43	0,62	0,65	86,83																																		
16	Embaladora 31888	0,50	1,20	0,80	4	0,67	0,24	0,56	0,61	48,92	0,33	0,85	4	0,29	0,62	0,65	88,64																																		
Total		57,58										30,03																																							
Média(%)												39,48										35,18																													
												55,81										65,89										45,13																			
																						65,19										69,91										77,44									

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Exaustor nº1 com 98,05% e o menor é o da Envernizadeira nº03 com 53,99%.

Tabela 39. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor POT

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Exaustor nº 2	40,00	59,10	27,70	4	0,47	15,67	0,72	0,88	39,18	20,00	28,91	4	19,24	0,85	0,92	96,22
02	Albe nº 2	1,50	2,54	1,40	2	0,55	0,70	0,79	0,71	46,82	1,00	1,75	2	0,70	0,71	0,79	70,29
03	Albe nº 3	6,00	9,32	3,50	2	0,38	1,71	0,69	0,79	28,44	3,00	4,60	2	2,15	0,81	0,85	71,74
04	Albe nº 3	1,50	4,38	2,00	2	0,46	0,53	0,74	0,69	35,13	0,75	2,35	2	0,46	0,71	0,63	61,28
05	Albe nº 6	7,50	11,10	8,40	2	0,76	5,25	0,81	0,86	69,94	6,00	8,77	2	5,76	0,88	0,87	95,95
06	Albe nº 7	3,00	4,88	3,70	2	0,76	2,20	0,82	0,81	73,17	3,00	4,60	2	2,31	0,82	0,85	77,04
07	Albe nº 4	7,50	11,10	8,40	2	0,76	5,23	0,81	0,86	69,78	6,00	8,77	2	5,78	0,89	0,87	96,31
08	Albe nº 2	7,50	11,10	8,30	2	0,75	5,22	0,81	0,87	69,62	6,00	8,77	2	5,69	0,88	0,87	94,81
09	Comando de cames	1,50	2,77	1,10	4	0,40	0,34	0,54	0,65	22,87	0,50	1,22	4	0,40	0,60	0,67	80,25

Tabela 39. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor POT.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	Pólos	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	lop/In	Pólos	Pu	Fp	η	Fu
10	Bomba de óleo	7,50	11,10	7,90	2	0,71	4,85	0,80	0,86	64,70	6,00	8,77	0,90	2	5,37	0,88	0,87	89,57
11	Comando de cames	2,00	3,75	1,10	4	0,29	0,25	0,39	0,64	12,25	0,50	1,22	0,90	4	0,40	0,60	0,67	80,25
12	Centrífuga de cavacos	5,00	7,99	6,30	4	0,79	3,77	0,80	0,83	75,34	4,00	6,87	0,92	4	3,96	0,82	0,86	99,12
13	Prensa RP - 32	1,50	2,77	0,80	4	0,29	0,18	0,43	0,60	12,00	0,33	0,85	0,94	4	0,29	0,62	0,66	88,62
14	Centrífuga de pontas	2,00	3,75	2,30	4	0,61	0,98	0,63	0,76	49,09	1,50	2,58	0,89	4	1,29	0,78	0,81	85,87
15	Estufa Olidef	2,00	5,49	3,60	2	0,66	1,15	0,79	0,78	57,40	1,50	3,99	0,90	2	1,32	0,86	0,83	88,18
16	Unidade água gelada	5,00	7,58	3,40	2	0,45	1,63	0,70	0,76	32,60	3,00	4,60	0,74	2	2,07	0,81	0,84	68,85

Tabela 39. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor POT.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
17	Bba de vácuo	5,00	7,99	6,00	4	0,75	3,51	0,78	0,84	70,20	4,00	6,40	4	3,85	0,83	0,87	96,28
18	Centrífuga de pontas	2,00	3,75	2,30	4	0,61	0,99	0,63	0,77	49,52	1,50	2,58	4	1,29	0,78	0,81	85,87
Total		96,50			54,15						68,58			62,34			
Média(%)					70,49 77,45 48,78									78,39 80,71 84,81			

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Centrífuga de cavacos 99,12% e o menor é o do Albe nº 3 com 61,28%.

Tabela 40. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PRG

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Bomba	5,00	13,10	5,70	2	0,44	1,58	0,70	0,77	31,69	3,00	7,98	2	1,99	0,80	0,84	66,28
02	Forno	1,50	3,17	1,50	6	0,47	0,45	0,50	0,67	30,31	0,75	1,79	6	0,55	0,58	0,71	73,53
03	Separador	0,75	1,68	1,30	4	0,77	0,48	0,61	0,67	63,57	0,75	1,63	4	0,47	0,62	0,68	62,41
04	Tambor rotativo nº 04	0,75	1,68	1,30	4	0,77	0,48	0,61	0,68	63,88	0,75	1,63	4	0,47	0,59	0,68	62,41
05	Tambor rotativo nº 5 e 6	4,00	6,72	5,20	4	0,77	2,83	0,76	0,80	70,66	4,00	6,23	4	3,21	0,80	0,86	80,16
06	Tambor rotativo-nº 01	1,00	1,78	1,40	4	0,79	0,73	0,77	0,76	72,53	0,75	1,63	4	0,55	0,62	0,71	73,32

Tabela 40. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PRG.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	I _{nop}	P	I _{op} /In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
07	Tambor rotativo nº 02	0,75	1,68	1,00	4	0,60	0,30	0,53	0,64	40,49	0,50	1,22	4	0,33	0,58	0,64	65,98
08	Tambor rotativo nº 03	1,00	1,78	1,40	4	0,79	0,73	0,77	0,76	73,28	0,75	1,63	4	0,55	0,76	0,71	72,93
09	Jato de Areia	1,00	1,84	1,30	2	0,71	0,59	0,73	0,70	58,95	0,75	1,36	2	0,66	0,71	0,80	87,71
10	Heidelberg 20485	2,00	6,47	4,90	4	0,76	1,39	0,71	0,78	69,67	2,00	5,93	4	1,55	0,74	0,83	77,53
11	Impressora Manual	1,50	4,78	2,70	4	0,56	0,64	0,66	0,70	42,96	0,75	2,83	4	0,67	0,65	0,74	89,90
Total		19,25			10,21						14,75			10,99			
Média(%)					66,73 72,00 56,18						66,07 74,62 73,87						

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Impressora Manual 89,90% e o menor é o do Separador e do Tambor Rotativo com 62,41%.

Tabela 41. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PRP

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado						
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu
01	Tambor rotativo	4,00	6,72	4,20	4	0,63	2,07	0,70	0,78	51,75	3,00	4,90	4	2,44	0,78	0,83	81,32
02	Prensa facas	4,00	7,53	3,80	6	0,50	1,48	0,57	0,76	36,93	2,00	3,81	6	2,00	0,68	0,86	100,00
03	Desenroladeira	0,50	1,20	0,60	4	0,50	0,15	0,49	0,56	29,33	0,25	0,66	4	0,19	0,59	0,60	75,98
04	Puxador da fita	0,25	0,65	0,30	4	0,46	0,06	0,47	0,46	23,35	0,16	0,50	4	0,06	0,44	0,48	35,60
05	Retífica lâminas	5,00	7,58	3,90	2	0,51	2,01	0,74	0,78	40,26	3,00	4,60	2	2,46	0,83	0,85	81,87
06	Filtro ret. lâminas	0,75	1,68	1,30	4	0,77	0,48	0,61	0,67	63,92	0,75	1,63	4	0,47	0,59	0,68	62,41
07	Couro de polimento	3,00	4,96	3,10	4	0,63	1,65	0,76	0,79	55,00	2,00	3,42	4	1,75	0,76	0,83	87,38
08	Variador da pista	2,00	3,75	2,50	4	0,67	1,14	0,66	0,77	56,90	1,50	2,59	4	1,37	0,76	0,80	91,36

Tabela 41. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor PRP.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)									Motor de Alto Rendimento Dimensionado									
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu			
09	Imã	0,25	0,65	0,20	4	0,31	0,04	0,47	0,46	16,00	0,16	0,50	4	0,03	0,37	0,39	16,33			
10	Exaustor	3,00	4,88	3,80	2	0,78	2,26	0,82	0,81	75,45	3,00	4,60	2	2,39	0,83	0,85	79,77			
Total		22,75			11,34							15,82			13,15					
Média(%)								62,94			68,48			44,89						

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor do Prensa Faquinhas 100,00 % e o menor é o do Puxador da fita com 35,60%.

Tabela 42. Motores elétricos com $F_u < 75\%$ instalados no setor VAC.

Item	Descrição	Motor Atual (Standard)										Motor de Alto Rendimento Dimensionado							
		Pn	In	lop	P	lop/In	Pu	Fp	η	Fu	Pn	In	P	Pu	Fp	η	Fu		
01	Esteira	0,25	1,35	0,80	6	0,59	0,09	0,37	0,38	35,15	0,25	1,29	6	0,06	0,49	0,43	23,30		
02	Seladora	3,00	8,43	4,90	2	0,58	1,51	0,76	0,79	50,33	2,00	5,42	2	1,74	0,83	0,82	87,00		
03	Ventilador	0,50	1,71	1,20	2	0,70	0,25	0,65	0,62	50,03	0,33	1,30	2	0,27	0,61	0,70	80,42		
04	Ventilador	0,50	1,71	1,20	2	0,70	0,25	0,65	0,62	50,03	0,33	1,30	2	0,27	0,61	0,70	80,42		
05	Motor principal	3,00	8,57	6,60	4	0,77	2,18	0,81	0,79	72,67	3,00	8,50	4	2,15	0,76	0,83	71,52		
06	Esteira	0,33	1,42	1,00	4	0,70	0,18	0,58	0,60	54,54	0,25	1,15	4	0,17	0,58	0,59	69,71		
07	Túnel do ventilador	0,50	2,07	1,70	4	0,82	0,35	0,62	0,65	70,50	0,50	2,11	4	0,32	0,57	0,63	63,90		
Total		8,08				4,81					6,66		5,00						
Média(%)						63,26		63,50		54,75				63,58		67,16		69,73	

Após o dimensionamento do motor de alto rendimento , o maior índice para o fator de utilização é o motor da Seladora 87,00 % e o menor é o da Esteira com 23,30%.

7.2 Consumo de energia entre motores elétricos de indução trifásicos.

Com os dados de Pn (potência nominal) total de cada setor, apresentados nas Tabelas 25 a 42 para os motores elétricos de indução trifásicos Standard e Alto Rendimento, considerando que estes trabalham 8 horas diárias, elabora-se o Gráfico 7.2a e 7.2b apresentado a seguir.

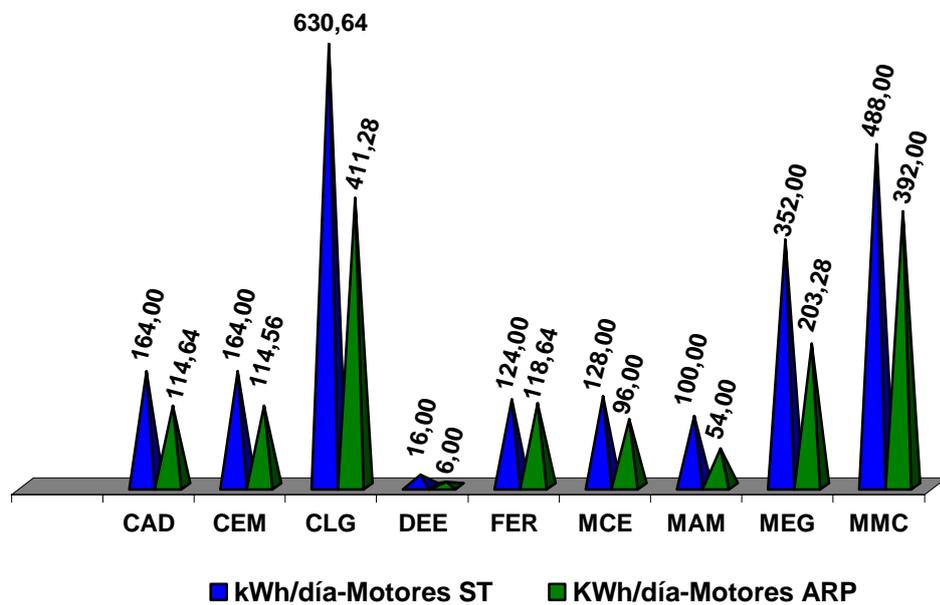


Gráfico 7.2a. Consumo de energia elétrica dos motores Standard e de Alto Rendimento.

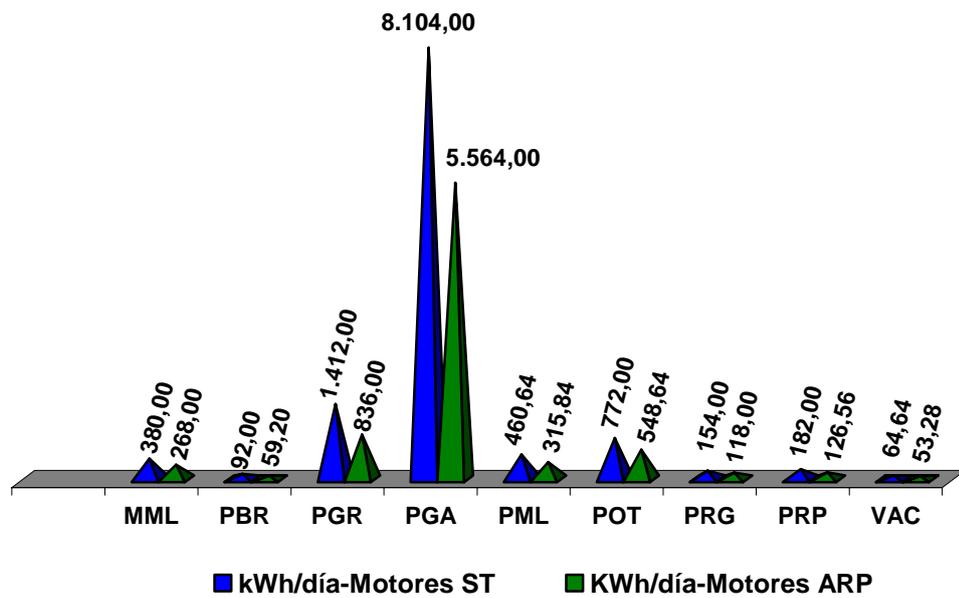


Gráfico 7.2b. Consumo de energia elétrica dos motores Standard e de Alto Rendimento.

Analisando os Gráficos 7.2a e 7.2b, verifica-se que os Motores ST (Standard) apresentam um consumo maior de energia elétrica do que os Motores ARP (Alto Rendimento Plus).

7.2.1 Conservação de energia elétrica utilizando os motores de alto rendimento.

Com base nos dados mostrados nos Gráficos 7.2a e 7.2b, subtraindo-se as potências nominais dos motores Standard e alto rendimento, apresentam-se no Gráfico 7.2.1a e 7.2.1b, a conservação de energia elétrica obtida com os motores de alto rendimento em (KWh/dia) associada.

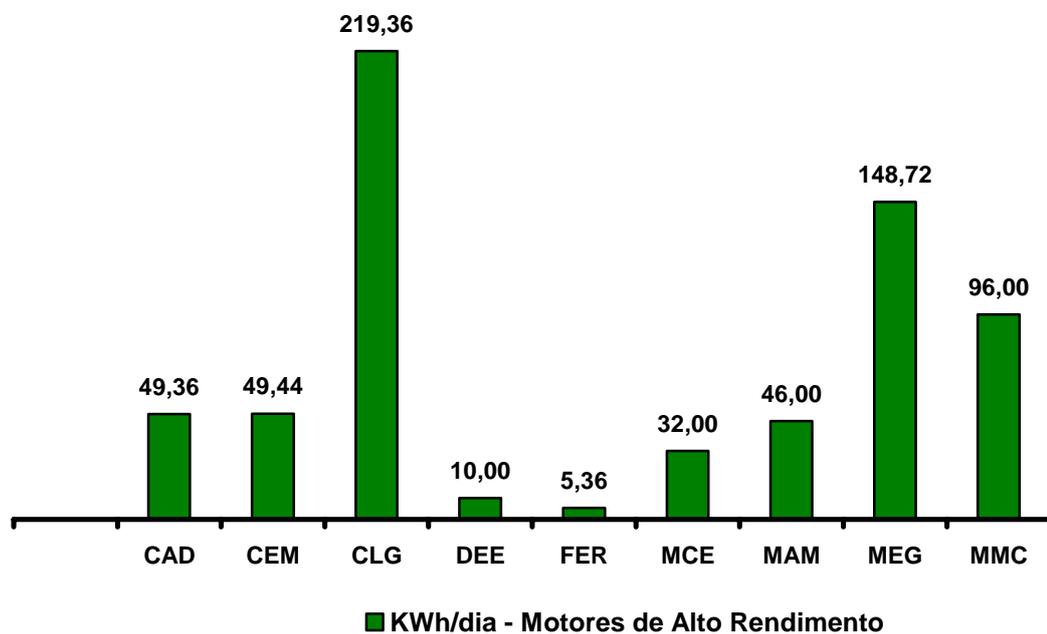


Gráfico 7.2.1a. Conservação de energia elétrica com motores elétricos de alto rendimento.

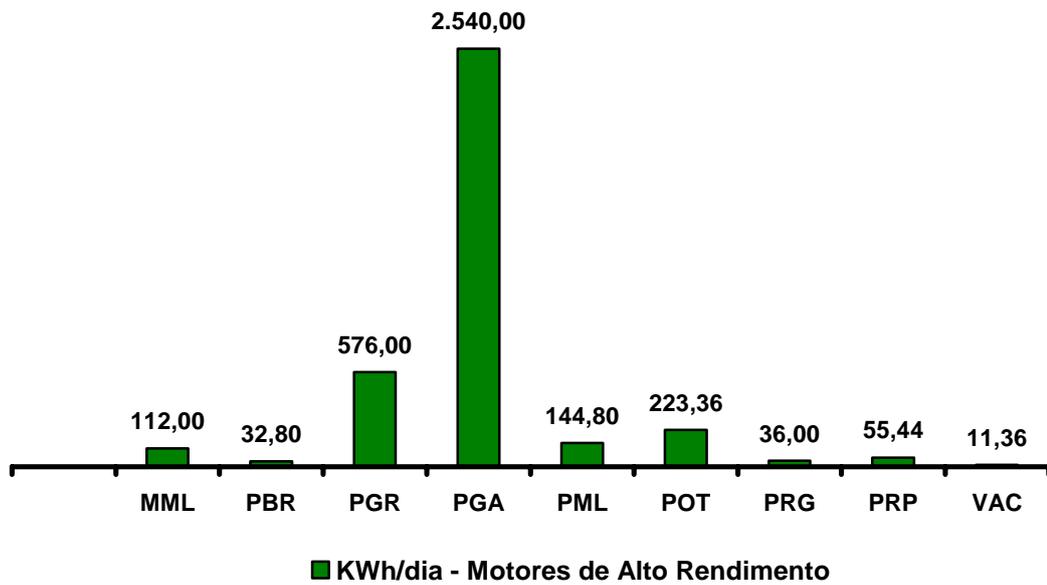


Gráfico 7.2.1b. Conservação de energia elétrica com motores elétricos de alto rendimento.

Analisando os Gráficos 7.2.1a e 7.2.1b, verifica-se que os motores de alto rendimento apresentam uma conservação de energia elétrica por dia bastante significativa, uma vez que o motor trabalha durante o ano todo.

7.2.2 Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) utilizando motores de alto rendimento.

Com os dados apresentados nos Gráficos 7.2.1a e 7.2.1b, e considerando o valor do custo de energia elétrica no horário de pico (R\$ 0,293843) e fora de pico (R\$ 0,177980), calcula-se uma média (R\$ 0,2359115) que será utilizada como base para demonstrar o valor em (R\$/dia) de conservação de energia elétrica para cada setor, conforme os Gráficos 7.2.2a e 7.2.2b.

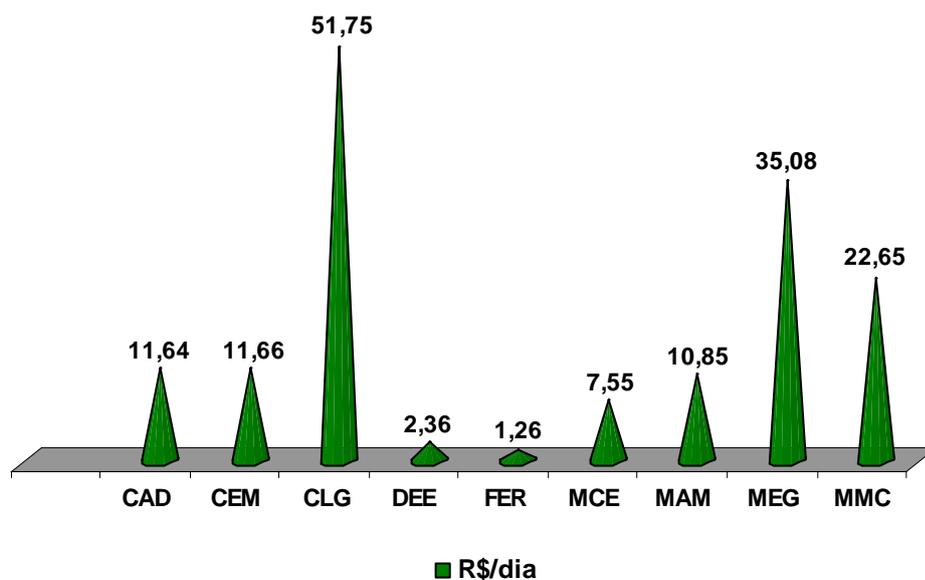


Gráfico 7.2.2a. Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) com motores de alto rendimento.

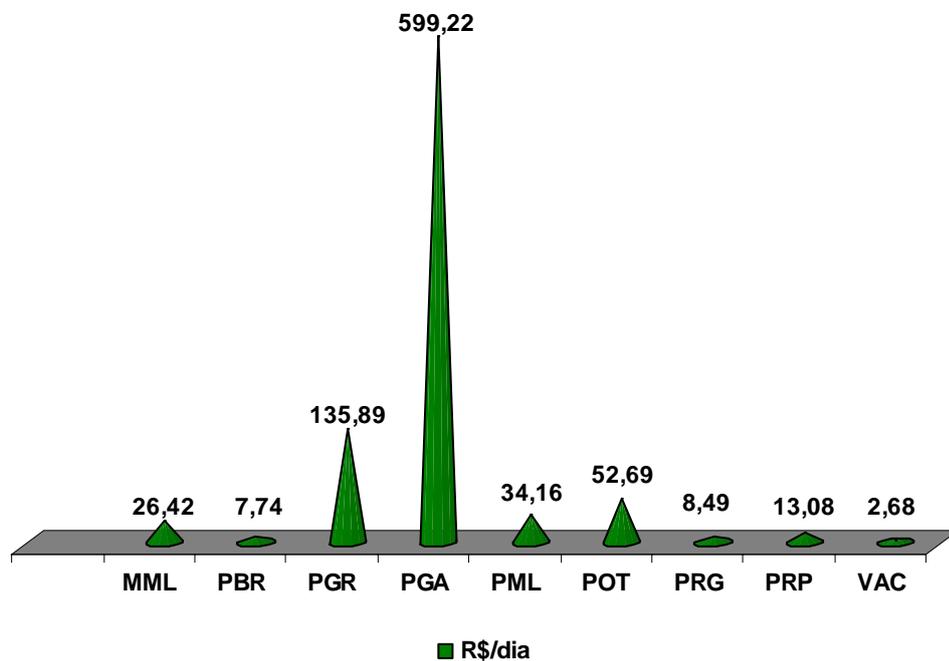


Gráfico 7.2.2b. Análise econômica de energia elétrica (R\$/dia) com motores de alto rendimento.

Analisando os Gráficos 7.2.2a e 7.2.2b, verifica-se a economia de energia elétrica após o redimensionamento dos motores de alto rendimento em (R\$/dia).

7.3 Resultados comparativos do motor de indução Standard com o motor de Alto Rendimento

Na presente pesquisa adotam-se critérios que direcionam a avaliação dos motores em funcionamento na empresa, indicando e viabilizando a substituição ou não dos mesmos.

Alguns motores analisados apresentam valores de I_{op} (corrente elétrica de operação) extremamente baixa, deixando evidente um sinal de mal dimensionamento, e com este fato indicando a necessidade da troca do motor elétrico. O que se enquadra ao propósito da pesquisa de conservação de energia.

Os motores elétricos que não foram analisados têm os valores de Fator de Utilização (F_u) maior que 75% que, conforme denota a pesquisa são considerados bem dimensionados.

7.3.1 Análise dos valores das potências útil e nominal

Com os dados mostrados nas Tabelas 25 a 42, elaborou-se a Tabela 43 que mostra os resultados comparativos entre a potência total nominal e a útil em cv para cada setor de produção. Pode-se observar que para a situação atual, apresentam instalados nos setores conforme Tabelas 07 a 24 ligado a uma tensão trifásica de 380V, o total de 2.090,52cv de potência nominal, devido a utilização de motores elétricos. Sendo que destes, 1.723,49cv ou 82,44% apresentam Fator de Utilização (F_u) menor que 75%, havendo a possibilidade de conservação de energia.

Analisando os dados da Tabela 43, constata-se uma potência nominal total para a situação atual de 1.723,49cv e uma potência nominal total para a situação dimensionada de 1.174,99cv, representando uma redução de 548,50cv ou 31,82% da potência nominal conservável. A situação atual para a potência útil total é de 917,69cv e para a situação dimensionada é de 1.032,35cv, representando uma melhora de 114,66cv ou 12,49%.

Tabela 43: Resultados comparativos entre a potências nominais e úteis para as situações atuais e dimensionadas.

Item	Setor	Situação Atual		Situação Dimensionada	
		Pn(cv)	Pu(cv)	Pn(cv)	Pu(cv)
01	CAD	20,50	10,25	14,33	12,46
02	CEM	20,50	10,75	14,32	11,48
03	CLG	78,83	29,48	51,41	49,03
04	DEE	2,00	0,45	0,75	0,63
05	FER	15,50	10,67	14,83	11,55
06	MCE	16,00	8,75	12,00	9,73
07	MAM	12,50	5,35	6,75	5,49
08	MEG	44,00	18,15	25,41	21,98
09	MMC	61,00	36,73	49,00	40,64
10	MML	47,50	26,84	33,50	29,20
11	PBR	11,50	3,00	7,40	6,55
12	PGR	176,50	78,26	104,25	90,87
13	PGA	1.013,00	568,44	695,50	616,08
14	PML	57,58	30,03	39,48	35,18
15	POT	96,50	54,15	68,58	62,34
16	PRG	19,25	10,24	14,75	10,99
17	PRP	22,75	11,34	15,82	13,15
18	VAC	8,08	4,81	6,66	5,00
Total		1.723,49	917,69	1.174,74	1.032,35

7.3.2 Análise dos valores médios do fator de potência

Na análise do fator de potência serão abordados todos os setores onde foram considerados possíveis a conservação de energia, através de valores médios obtidos pelo dimensionamento.

De acordo com Tabela 44, o valor médio calculado para o fator de potência atual é de 63,01%, e com o processo da conservação de energia elétrica através do redimensionamento de motores, observa-se uma melhora no Fator de Potência atingindo 69,11%.

Tabela 44: Resultados comparativos entre os Fatores de Potência

Item	Setor	Situação Atual	Situação Dimensionada
		FP(%)	FP(%)
01	CAD	62,64	68,36
02	CEM	58,30	61,18
03	CLG	59,55	65,36
04	DEE	47,63	64,78
05	FER	77,49	77,29
06	MCE	65,33	68,44
07	MAM	58,88	60,88
08	MEG	52,64	64,89
09	MMC	72,40	77,04
10	MML	71,08	75,03
11	PBR	47,40	59,92
12	PGR	68,32	77,35
13	PGA	74,24	81,51
14	PML	55,85	65,19
15	POT	70,49	78,39
16	PRG	66,94	69,49
17	PRP	62,94	66,37
18	VAC	63,26	63,58
	Média	63,01	69,11

7.3.3 Análise dos valores médios do rendimento

Na análise do rendimento serão abordados todos os setores onde forem considerados possíveis a conservação de energia elétrica, através de valores médios obtidos pelo dimensionamento.

De acordo com Tabela 45, o valor médio calculado para o rendimento atual é de 71,36%, e com o processo da conservação de energia elétrica através do redimensionamento de motores, observa-se uma melhora no rendimento atingindo 75,36%.

Tabela 45: Resultados comparativos entre os rendimentos.

Item	Setor	Situação Atual	Situação Dimensionada
		η (%)	η (%)
01	CAD	69,18	80,95
02	CEM	66,22	67,51
03	CLG	66,63	72,55
04	DEE	70,39	72,04
05	FER	73,08	79,62
06	MCE	70,60	74,46
07	MAM	68,39	67,45
08	MEG	66,25	70,71
09	MMC	80,90	85,61
10	MML	79,06	81,92
11	PBR	56,10	65,48
12	PGR	81,31	85,20
13	PGA	85,96	89,81
14	PML	65,89	69,91

Tabela 45: Resultados comparativos entre os rendimentos.

Item	Setor	Situação Atual	Situação Dimensionada
		η (%)	η (%)
15	POT	77,45	80,71
16	PRG	72,00	74,62
17	PRP	67,49	71,81
18	VAC	63,50	67,16
Média		71,13	75,36

7.3.4 Análise dos valores do fator de utilização

Para a análise dos valores médios do fator de utilização (Fu), foram considerados todos os setores possíveis de conservação de energia, com o objetivo de eliminar problemas causados pela baixa utilização da potência disponível nos motores elétricos.

De acordo com Tabela 46, o valor médio calculado para o fator de utilização (Fu) atual é de 47,44%, número esse considerado abaixo do valor aceitável de 75%. Com o propósito da conservação de energia elétrica através da substituição de motores Standard por motores de Alto Rendimento considerados com fator de utilização correto, encontrou um valor médio de 80,86% representando uma melhora de 58,67%.

Tabela 46: Resultados comparativos entre os Fatores de Utilização.

Item	Setor	Situação Atual	Situação Dimensionada
		Fu(%)	Fu(%)
01	CAD	45,53	85,91
02	CEM	48,60	79,49
03	CLG	45,89	81,80
04	DEE	22,57	83,78
05	FER	65,75	78,51
06	MCE	53,42	84,88
07	MAM	46,70	82,22
08	MEG	29,98	75,76
09	MMC	59,11	83,10
10	MML	56,70	84,83
11	PBR	26,80	83,54
12	PGR	47,64	85,76
13	PGA	55,46	90,01
14	PML	45,13	77,44
15	POT	48,78	84,81
16	PRG	56,18	73,87
17	PRP	44,89	71,20
18	VAC	54,75	69,73
	Média	47,44	80,86

7.4 Análise da troca por motores de alto rendimento para o setor PGA.

Os motores de alto rendimento apresentam custos de aquisição superiores aos motores convencionais. Entretanto, o elevado rendimento compensa esta diferença de preço, pois esses motores proporcionam uma acentuada economia de energia elétrica contribuindo com o propósito desta pesquisa e garantem um rápido retorno de investimento inicial, segundo a WEG (2000).

7.4.1 Potencial de economia de energia elétrica em KWh/ano.

Com os dados do setor PGA mostrado na Tabela 37, elaborou-se a Tabela 47 que nos mostram o potencial de conservação de energia elétrica para entre os motores standard e alto rendimento, trabalhando durante um período de vinte e quatro horas por dia, trinta dias por mês e dez meses por ano.

Tabela 47: Potencial de conservação de energia elétrica

MOTORES STANDARD								MOTORES ALTO RENDIMENTO								Economia	
Item	Equipamento	KW	P	η	Cons. (KWh)	Qtde	Cons. Total (KWh)	Item	Equipamento	KW	P	η	Cons. (KWh)	Qtde	Cons. Total(kWh)	kW	kWh/ano
1	Bba hidraulica injetora	30,00	4	0,89	34,54	1	82.892,01	1	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,92	20,00	1	48.005,19	14,54	34.886,82
2	Bba hidraulica injetora	15,00	4	0,87	17,74	1	42.578,36	2	Bba hidraulica injetora	7,50	4	0,91	8,29	1	19.887,31	9,45	22.691,05
3	Bba hidraulica injetora	15,00	4	0,87	17,69	1	42.452,83	3	Bba hidraulica injetora	7,50	4	0,91	8,26	1	19.815,06	9,43	22.637,77
4	Triturador	4,50	4	0,84	5,47	1	13.129,10	4	Triturador	3,70	4	0,88	4,21	1	10.105,84	1,26	3.023,26
5	Moinho	3,00	4	0,70	4,41	1	10.578,90	5	Moinho	1,10	4	0,81	1,36	1	3.274,62	3,04	7.304,28
6	Bba hidraulica injetora	11,00	4	0,88	12,76	1	30.626,45	6	Bba hidraulica injetora	9,20	4	0,91	10,13	1	24.306,47	2,63	6.319,98
7	Moinho	3,00	4	0,70	4,39	1	10.527,85	7	Moinho	1,10	4	0,81	1,36	1	3.274,62	3,02	7.253,23
8	Bba hidraulica injetora	11,00	4	0,88	12,76	1	30.626,45	8	Bba hidraulica injetora	9,20	4	0,91	10,09	1	24.218,49	2,67	6.407,96
9	Bba hidraulica injetora	11,00	4	0,88	12,79	1	30.697,67	9	Bba hidraulica injetora	9,20	4	0,91	10,09	1	24.218,49	2,70	6.479,18
10	Bba hidraulica	15,00	4	0,89	17,20	1	41.289,14	10	Bba hidraulica	11,00	4	0,91	12,15	1	29.168,05	5,05	12.121,09
11	Bba hidraulica	15,00	4	0,89	17,27	1	41.446,01	11	Bba hidraulica	11,00	4	0,90	12,20	1	29.274,78	5,07	12.171,22
12	Bba hidraulica injetora	22,00	4	0,91	24,86	1	59.654,28	12	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,92	20,07	1	48.177,08	4,78	11.477,19
13	Bba hidraulica injetora	37,00	4	0,90	41,96	1	100.703,11	13	Bba hidraulica injetora	22,00	4	0,82	26,67	1	64.007,76	15,29	36.695,35

Tabela 47: Potencial de conservação de energia elétrica

MOTORES STANDARD								MOTORES ALTO RENDIMENTO								Economia	
Item	Equipamento	KW	P	η	Cons. (KWh)	Qtde	Cons. Total (KWh)	Item	Equipamento	KW	P	η	Cons. (KWh)	Qtde	Cons. Total(kWh)	kW	kWh/ano
14	Bba hidraulica injetora	30,00	4	0,89	34,64	1	83.140,88	14	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,92	20,00	1	48.005,19	14,64	35.135,69
15	Bba hidraulica injetora	22,00	6	0,89	25,23	1	60.557,40	15	Bba hidraulica injetora	15,00	6	0,91	16,57	1	39.774,61	8,66	20.782,79
16	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,90	21,14	1	50.731,26	16	Bba hidraulica injetora	15,00	4	0,92	16,28	1	39.062,50	4,86	11.668,76
17	Bba hidraulica injetora	22,00	4	0,91	24,86	1	59.654,28	17	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,92	20,07	1	48.177,08	4,78	11.477,19
18	Bba hidraulica injetora	22,00	4	0,91	24,72	1	59.325,84	18	Bba hidraulica injetora	18,50	4	0,92	20,07	1	48.177,08	4,65	11.148,76
19	Bba hidraulica	18,50	4	0,90	21,02	1	50.454,55	19	Bba hidraulica	15,00	4	0,92	16,33	1	39.202,87	4,69	11.251,67
20	Estrusora material	7,50	4	0,87	8,84	1	21.206,41	20	Estrusora material	5,50	4	0,88	6,28	1	15.078,82	2,55	6.127,59
21	Moinho Principal	15,00	4	0,89	17,20	1	41.289,14	21	Moinho Principal	11,00	4	0,91	12,07	1	28.956,89	5,14	12.332,24
22	Moinho	4,50	6	0,83	5,58	1	13.399,50	22	Moinho	3,70	6	0,88	4,23	1	10.143,93	1,36	3.255,57
23	Moinho	3,70	4	0,83	4,55	1	10.927,89	23	Moinho	3,00	4	0,86	3,48	1	8.350,73	1,07	2.577,16
24	Moinho	3,00	4	0,72	4,28	1	10.279,84	24	Moinho	1,10	4	0,83	1,33	1	3.200,00	2,95	7.079,84
25	Moinho	3,00	4	0,73	4,22	1	10.136,56	25	Moinho	1,50	4	0,83	1,81	1	4.341,01	2,41	5.795,55
26	Compressor	90,00	4	0,91	101,31	1	243.133,72	26	Compressor	75,00	4	0,94	79,67	1	191.204,59	21,64	51.929,13
27	Compressor	110,00	4	0,89	126,64	1	303.937,37	27	Compressor	75,00	4	0,94	79,39	1	190.536,68	47,25	113.400,69
28	Compressor	185,00	4	0,91	207,47	1	497.925,31	28	Compressor	110,00	4	0,95	116,03	1	278.481,01	91,44	219.444,30
						855,54	2.053.302,11							1.340.426,78	297,03	712.875,33	

.Analisando a Tabela 47 verificamos que os motores de alto rendimento proporcionam um potencial de economia de energia de 712.875,33 KWh/ano ou 34,72%.

7.4.2 Análise do investimento em motores de alto rendimento para o setor PGA

Baseando-se nos motores dimensionados apresentados na Tabela 47, elaborou-se a Tabela 48 que nos indica um investimento necessário de R\$69.338,85, para substituir os motores Standard por motores de alto rendimento.

Tabela 48. Custo do investimento

Item	Equipamento	kW	P	Quantidade	PB	P.L.U.[R\$]
1	Bba hidraulica injetora	18,50	4	1	3.379,66	2.365,76
2	Bba hidraulica injetora	7,50	4	1	1.579,92	1.105,94
3	Bba hidraulica injetora	7,50	4	1	1.579,92	1.105,94
4	Triturador	3,70	4	1	951,94	666,36
5	Moinho	1,10	4	1	458,53	320,97
6	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1	1.867,67	1.307,37
7	Moinho	1,10	4	1	458,53	320,97
8	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1	1.867,67	1.307,37
9	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1	1.867,67	1.307,37
10	Bba hidraulica	11,00	4	1	2.099,45	1.469,62
11	Bba hidraulica	11,00	4	1	2.099,45	1.469,62
12	Bba hidraulica injetora	18,50	4	1	3.379,66	2.365,76
13	Bba hidraulica injetora	22,00	4	1	4.252,07	2.976,45
14	Bba hidraulica injetora	18,50	4	1	3.379,66	2.365,76
15	Bba hidraulica injetora	15,00	6	1	3.819,36	2.673,55
16	Bba hidraulica injetora	15,00	4	1	2.506,42	1.754,49
17	Bba hidraulica injetora	18,50	4	1	3.379,66	2.365,76
18	Bba hidraulica injetora	18,50	4	1	3.379,66	2.365,76
19	Bba hidraulica	15,00	4	1	2.506,42	1.754,49
20	Estrusora material	5,50	4	1	1.249,97	874,98
21	Moinho Principal	11,00	4	1	2.099,45	1.469,62
22	Moinho	3,70	6	1	1.476,96	1.033,87
23	Moinho	3,00	4	1	887,75	621,43
24	Moinho	1,10	4	1	458,53	320,97
25	Moinho	1,50	4	1	560,68	392,48
26	Compressor	75,00	4	1	12.871,14	9.009,80
27	Compressor	75,00	4	1	12.871,14	9.009,80
28	Compressor	110,00	4	1	21.766,56	15.236,59
Total						69.338,85

7.4.3 Análise do retorno do investimento em motores de alto rendimento

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 47 e 48, elaborou-se a Tabela 49 que nos mostra o retorno do investimento em anos, dividindo-se a coluna do investimento(R\$), pela coluna da economia (R\$/ano), calcula-se o retorno(anos), que nos representa um total de 0,96 anos.

Tabela 49. Retorno do investimento

Item	Equipamento	kW	P	Investimento	ECO	ECO(R\$/ANO)	Retorno
	Motor Alto Rendimento			[R\$]	(kW/ANO)	0,2359115	(ANOS)
1	Bba hidraulica injetora	18,50	4	2.365,76	34.886,82	8.230,20	0,29
2	Bba hidraulica injetora	7,50	4	1.105,94	22.691,05	5.353,08	0,21
3	Bba hidraulica injetora	7,50	4	1.105,94	22.637,77	5.340,51	0,21
4	Triturador	3,70	4	666,36	3.023,26	713,22	0,93
5	Moinho	1,10	4	320,97	7.304,28	1.723,16	0,19
6	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1.307,37	6.319,98	1.490,96	0,88
7	Moinho	1,10	4	320,97	7.253,23	1.711,12	0,19
8	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1.307,37	6.407,96	1.511,71	0,86
9	Bba hidraulica injetora	9,20	4	1.307,37	6.479,18	1.528,51	0,86
10	Bba hidraulica	11,00	4	1.469,62	12.121,09	2.859,50	0,51
11	Bba hidraulica	11,00	4	1.469,62	12.171,22	2.871,33	0,51
12	Bba hidraulica injetora	18,50	4	2.365,76	11.477,19	2.707,60	0,87
13	Bba hidraulica injetora	22,00	4	2.976,45	36.695,35	8.656,85	0,34
14	Bba hidraulica injetora	18,50	4	2.365,76	35.135,69	8.288,91	0,29
15	Bba hidraulica injetora	15,00	6	2.673,55	20.782,79	4.902,90	0,55
16	Bba hidraulica injetora	15,00	4	1.754,49	11.668,76	2.752,80	0,64
17	Bba hidraulica injetora	18,50	4	2.365,76	11.477,19	2.707,60	0,87
18	Bba hidraulica injetora	18,50	4	2.365,76	11.148,76	2.630,12	0,90
19	Bba hidraulica	15,00	4	1.754,49	11.251,67	2.654,40	0,66
20	Estrusora material	5,50	4	874,98	6.127,59	1.445,57	0,61
21	Moinho Principal	11,00	4	1.469,62	12.332,24	2.909,32	0,51
22	Moinho	3,70	6	1.033,87	3.255,57	768,03	1,35
23	Moinho	3,00	4	621,43	2.577,16	607,98	1,02
24	Moinho	1,10	4	320,97	7.079,84	1.670,22	0,19
25	Moinho	1,50	4	392,48	5.795,55	1.367,24	0,29
26	Compressor	75,00	4	9.009,80	51.929,13	12.250,68	0,74
27	Compressor	75,00	4	9.009,80	113.400,69	26.752,53	0,34
28	Compressor	110,00	4	15.236,59	219.444,30	51.769,43	0,29
				69.338,85	712.875,33	168.175,49	

RETORNO[ANOS]	0,41
----------------------	-------------

O valor de R\$ 0,2359115 mostrado na Tabela 49, refere-se ao item 7.2.2 citado anteriormente. Para a implantação dos motores de alto rendimento no setor PGA, verificou-se pela Tabela 46 que o retorno é praticamente de imediato porque o consumo de energia elétrica é menor, tornando-se viável o investimento.

7.5 Análise do investimento (R\$) e do retorno do investimento (anos) em motores de alto rendimento por setor.

Analisados os motores de cada setor da fábrica de papel e cosméticos apresentados nas Tabelas 25 a 42, seguiu-se o mesmo procedimento de análise adotado nos itens 7.4.1, 7.4.2 e 7.4.3, elaborando-se os Gráficos 7.5a e 7.5b.

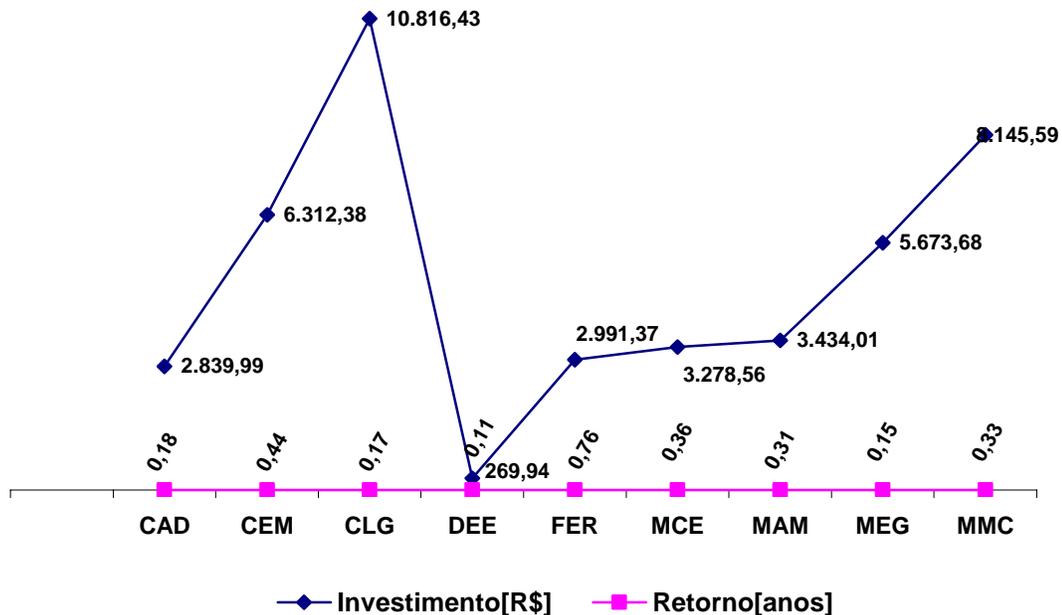


Gráfico 7.5a. Análise do investimento e do retorno do investimento por setor

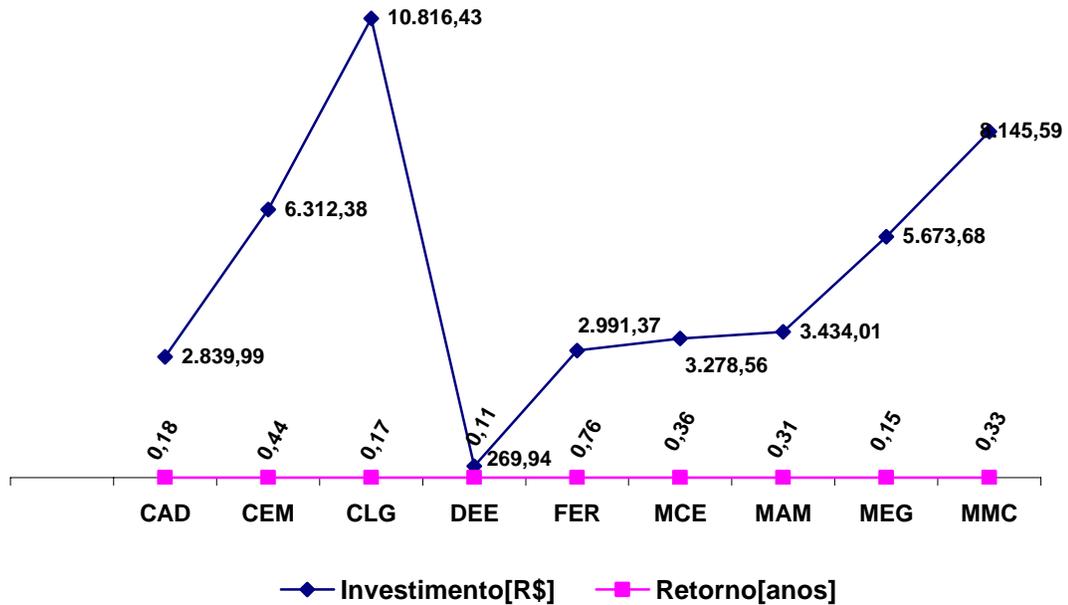


Gráfico 7.5b. Análise do investimento e do retorno do investimento por setor

Os investimentos necessários para a substituição dos motores elétricos standard por alto rendimento, instalados nos setores da fábrica conforme os Gráficos 7.5a e 7.5b, não representam um custo de aquisição muito grande levando em consideração a acentuada economia de energia elétrica proporcionada pelo rendimento do motor e garantem um rápido retorno de investimento inicial.

Capítulo 8

CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos através das Tabelas 25 a 42, observou-se uma incidência de motores mal dimensionados instalados, cujo dimensionamento deve ser corrigido para o aprimoramento da eficiência energética da empresa em análise.

A partir dos dados de potência nominal de todos os setores mostrados nas Tabelas 07 a 24, pode-se observar que na situação atual da indústria de papel e cosméticos apresenta instalado 2.061,49 cv de potência nominal devido à utilização de motores elétricos, sendo possível realizar à análise de conservação de energia em 1.723,49 cv, que representa 83,60% do total da potência instalada. Para os 338 cv ou 16,40% da potência nominal instalada não foram analisados porque se enquadram no capítulo 7, páginas 73 e 74.

Em relação ao fator de potência de todos os setores, conforme a Tabela 44, obteve-se o valor médio de fator de potência de 63,01%, com o processo da conservação de energia, observa-se uma melhora ao fator de potência, atingindo o valor médio de 69,11%.

Na análise do rendimento dos motores elétricos conforme a Tabela 45, o valor médio calculado para o rendimento atual é de 71,13%, e com o processo da conservação de energia elétrica através do redimensionamento de motores, observa-se uma melhora no rendimento atingindo 75,36%.

Em relação ao fator de utilização, o valor médio analisado de todos os setores mostrados na Tabela 46, foi de 47,44% , número considerado abaixo do valor proposto pela pesquisa de 75%. Com o processo da conservação de energia elétrica através do redimensionamento de motores, observa-se uma melhora do fator de utilização, atingindo um valor médio de 80,86%.

Por outro lado, uma parte considerável de fabricantes de equipamentos aparenta demonstrar desinteresse em melhorar seus conhecimentos na especificação de motores elétricos, bem como em investimentos em desenvolvimento tecnológico de pesquisas, haja vista o grande número de instalações elétricas industriais inadequadas existentes.

Uma parte dos empresários encontram-se reprimidos pela competitividade do mercado, a ponto de se preocuparem em obter lucros imediatos em detrimento do planejamento a médio e longo prazo em seus investimentos, subestimando a troca racional de seus motores elétricos, com o objetivo de alcançar a eficiência energética.

Apesar do mercado disponibilizar de motores elétricos de alto rendimento, não se observa à ampla utilização no Brasil, provavelmente em função de seu custo inicial relativamente alto em relação aos motores convencionais. No caso da substituição, os empresários ainda são resistentes à troca ao não observarem o retorno de seu investimento em pouco tempo de utilização dos motores de alto rendimento. A Tabela 49 foi elaborada com base no setor PGA e nos mostra perfeitamente como seria esse retorno de investimento: investir-se-ia R\$ 69.338,85, cujo retorno ocorreria em 0,41 ano. Isso demonstra a viabilidade econômica da ação de conservação de energia, além do melhor uso da energia elétrica disponível.

Caso a conscientização em relação ao uso eficiente e racional de energia se torne mais abrangente, provocando aumento da sensibilidade dessa questão, poderemos em um breve espaço de tempo produzir essas mudanças.

O atual quadro energético brasileiro nos impele de maneira gradual ao uso racional de energia, direcionando as alterações necessárias para que todo

o parque industrial nacional atenda suas necessidades energéticas sem alterar seu processo produtivo.

A pesquisa foi realizada considerando como motores mal dimensionados, os que apresentavam fator de utilização menor que 75%. Em continuidade à nossa pesquisa, poder-se-ia propor uma nova análise dos motores instalados nessa planta industrial, desta vez, considerando um novo fator de utilização da ordem de 88% que resultaria numa economia de energia elétrica ainda maior, valor este, estipulado tomando como base uma média do valor do rendimento á 100%, apresentado pelo catálogo do fabricante para os motores de alto rendimento, numa faixa de potência que varia entre 0,16cv e 350,00cv.

Todas as dificuldades e iniciativas que envolvem as pesquisas realizadas ou em desenvolvimento na avaliação quantitativa que possibilitem redução no desperdício de energia, desde a geração até o consumidor final, direcionam para resultados propícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ABINEE, 1990). Abinee. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 1990. Disponível em: <http://www.abinee.org.br>.; Acessado em: 10 de Junho de 2005.

(ALMEIDA, 2001). Almeida, M. A.; O Potencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica em Sistemas Eletromecânicos: Análise de Alternativas para seu Melhor Aproveitamento. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). 2001, 447 p.; Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

(AMÉRICO, 2003). Américo, M.; Sistemas Motrizes: Eficiência Energética e Técnicas de Acionamento. Apresentações em Pwer-Point em curso Cepel/Sebrae – RJ/UFF. Niterói – RJ 2003.

(ANEEL, 1996). Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica. Criada em 26/12/1996, através de lei nº 9.427.

(AVÓLIO, 1992). Avólio, E.; Uma Contribuição ao Estudo do Comportamento Térmico e do Desempenho Elétrico de Motores de Indução com Rotor em Gaiola. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, 1992.

(BONNETT, 1997). Bonnett, A . H.; Reliability Comparison Between Standard end Energy Efficient Motors. IEEE Transaction, 1997.

(BORTONI, 1999). Bortoni, E. C.; Análise do Reparo de Motores de Indução Trifásicos. Trabalho apresentado no XV SNPTEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Foz do Iguaçu, PR, outubro de 1999. Disponível em: <http://www.itaipu.gov.br/xvsnptee/xvsnptee/stc/stc04.pdf>. Acessado em: 05 Maio de 2006.

(BRASIL, 2001). Brasil. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001 – “Lei de Eficiência Energética”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e de outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 18 de outubro de 2001. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acessado em: 30 de Abril de 2006.

(BRASIL, 2001). Brasil. Decreto 4.059 de dezembro de 2001.Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e de outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20 de dezembro de 2001. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acessado em: 30 de Abril de 2006.

(BRASIL, 2002). Brasil. Decreto 4.508 de 11 de dezembro de 2002. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor de gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras Providências. D.O.U., Brasília, DF, 12 de dezembro de 2002. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acessado em: 30 de Abril de 2006.

(COTRIM, 2003). Cotrin, A . A . M.B.; Instalações Elétricas. 4.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2003. 678 p.

(CREDER, 2002). Creder, H.; Instalações Elétricas. 14.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 479 p.

(DNAEE, 1985) – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Através do decreto nº 26643/34 de 1985.

(DNAEE, 1993) - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.dnaee.gov.br>. Acessado em: 10 de Junho de 2005.

(ELETROBRÁS, 1995). Eletrobrás – Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 1995. Disponível em: <<http://www.eletrabras.gov.br/procel.asp>>; acessado em 11 de Junho de 2005.

(ELETROBRÁS, 1998). Eletrobrás – Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 1998. Disponível em: < <http://www.eletrabras.gov.br/procel.asp>>; acessado em 11 de Junho de 2005.

(ELETROBRÁS, 2008). Eletrobrás – Plano Decenal de Expansão, 1999. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br/procel/site/programa/apresentação_infosobreosetoreletrico.asp>; acessado em 11 de Junho de 2005, 308p.

GELLER, H. S. et al. (2003). Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. Energy Policy. 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acessado em: 05 de Maio de 2006.

(GODINHO, 1987). Godinho, M. Exame de Racionalização do Uso de Energia Elétrica em Função de Parâmetros Elétricos e Legislação Tarifária, 1986, 123 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

(GOLDEMBERG, 1985). Goldemberg, J. Política de Conservação de Energia para o Brasil: propostas de ações de curto e médio prazos. São Paulo Energia, n.20, p. 36-38, 1985.

(GOLDEMBERG, 1992). Goldemberg, C.; Determinação dos Parâmetros Funcionais de Motores de Indução Apartir de Catálogos de Fabricantes, 1992. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade de Campinas.

(KOSOW, 1982). Kosow, I. L. Máquinas Elétricas e Transformadores, 4. ed. Tradução de Felipe Daiello e Percy Soares. Porto Alegre, Editora Globo, 1982. 2v, page 632.

(KUSNETSOV, 1979).Kusnetsov, M.; Fundamentals of Electrical Engineering. Moscow: Mir Publishers, 1979. page 460.

(LATORRE, 1990). Latorre, C.O.F.; Diagnóstico de Potencial de Conservação de Energia na Industria. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 1., 1990, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, v.3, 1990.

(LEITE, 1997). Leite, A .D.; A Energia do Brasil, página 528. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1997.

(LEONELLI, 1996). Leonelli, P. A .; Iluminação Eficiente no Setor Residencial. A Transformação de mercado e o ponto de vista do consumidor. Uma tentativa de abordagem por métodos quantitativos, 1996.

(LOBOSCO e DIAS, 1988). Lobosco, O. S.; Dias, J. L. P. C.; Seleção e Aplicação de Motores Elétricos. 2 Volumes, page 511, São Paulo, McGraw-Hill/Siemens, 1988.

(LOPES, 1977). Lopes, V.; Contribuição ao Estudo de Acionamentos Industriais, page 958. Editora Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, 1977.

LOPES, F. A.; LISBOA, M. L. V. (2001). O Projeto da Eletrobrás/Procel com Recursos do Banco Mundial e GEF. XVI SNPTEE.

Campinas, 21 a 26 de outubro de 2001. Disponível em: http://www.xviisnp tee.com.br/acervo_tecnico/memoria/xvi/14_Secao_II_Sc e/sce-002.pdf. Acessado em: 08 de Maio de 2006.

(LOPES e LISBOA, 2001). Lopes, F.A.; Lisboa, M.L.V. (2001). O projeto da Eletrobrás/Procel com Recursos do Banco Mundial e GEF. XVI SNPTEE.

Campinas 21 a 26 de outubro 2001. Disponível em: http://www.xviisnp tee.com.br/acervo_tecnico/memória/xvi/14_Secao_II_Sc e/sce-002.pdf. Acesso em: 20 de fevereiro 2005.

(MAMED, 2002). Mamed, F. J.; Instalações Elétricas Industriais, 6ª edição, page 478. Livros Técnicos e Científicos, editora S.ª; Rio de Janeiro, 2002.

(MARACH, 2001). MARACH, L.C. Metodologia para Determinar a Substituição de Motores Superdimensionados. Eletricidade Moderna, São Paulo, n.329, p.220-229.

(MARTIGNONI, 1978). Martignoni, A .; Máquinas de Corrente Alternada. 3 ed. Porto Alegre: Globo, 1978. 410p.

(MME, 2002). Ministério das Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2002. Ano base 2001. Brasília, dezembro 2002. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Acessado em: 05 de Maio de 2006.

(NEPET, 2000). NEPET. Conservação de energia: conceitos e sociedade, 2000. Disponível em:

http://www.srv.emc.ufsc.Br/~nepet/Artigos/Texto/Cons_em.htm. Acessado em: 08 de Novembro de 2005.

(PROCEL e CESP, 1986). Procel. Manual de Conservação de Energia Elétrica na Indústria. 1986, 79 p.

(PROCEL, 1990). Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Dados contidos na página da Internet. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br/procel/1.htm>. Acessado em 10 de Junho de 2005.

(PROCEL, 1995). Procel. Avaliação do Desempenho de Motores Elétricos Trifásicos, 1995. Disponível em: <http://www.procel.com.br>. Acessado em: 10 Junho de 2005.

(PROCEL, 2001). Procel. Dados contidos na página da internet, 2001. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br/procel/l.htm>. Acessado em: 10 Junho de 2005.

(SALES, 1998). Sales, S.C.P.; Avaliação Expedita da Capacidade Liberada de Energia, Visando sua Racionalização, na Fazenda Experimental Lageado. 1998, 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

(TAVARES e PINHEL, 1994). Tavares, P. C. C.; Pinhel, A.; O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, 1994.

(TEIXEIRA, 1991). Teixeira, N.M.(2001) Análise do desempenho eletromecânico de um moinho a martelos. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, 1991.

TEIXEIRA, C. A. et al. (2001). Racionalização do Uso da Força Motriz em Fábrica de Ração da UFV – estudo de caso. In: SEMINÁRIO ENERGIA NA AGRICULTURA – INDICANDO NOVOS CAMINHOS PARA A PRODUTIVIDADE NO CAMPO, 2., 2001, Uberaba. Anais... Uberaba, 2001.

(TOLMASQUIM e SZKLO, 2000). Tolmasquim, M. T.; Szklo, A. S.(2000). A Matriz Energética do Milênio. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2000.

(WALTERS, 1999). Walters, D.; Energy Efficient Motors. Power Engineering IEEE, 1999.

(WEG, 2000). Weg. Electronic Catalog Motors Electrics, 2000. Disponível em Cd-Rom.

(WEG, 2003). Weg Catálogo Eletrônico de Produtos <<http://www.weg.com.br>>; Jaraguá do Sul, RS; acessado em: 2005.