

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
CAMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA  
ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

RAPHAEL PINATI DE CARVALHO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

ITAPEVA - SP  
Junho / 2011

RAPHAEL PINATI DE CARVALHO

## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à “Universidade Estadual Paulista” Campus Experimental de Itapeva no curso de Engenharia Industrial Madeireira como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Lima Caneppele

ITAPEVA - SP  
Junho / 2011

Carvalho, Raphael Pinati de.

C331e Eficiência energética na indústria / Raphael Pinati de Carvalho -- --  
Itapeva, 2011.  
97 f.; il.

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial  
Madeireira apresentado ao Campus Experimental de Itapeva –  
UNESP, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Lima Caneppele.  
Banca examinadora: Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves;  
Prof. Dr. Higor Rogerio Favarim.  
Inclui bibliografia

1. Eficiência Energética. 2. Indústria madeireira. 3. Fator de  
potência. 4. Energia elétrica – Consumo. I. Título. II. Itapeva –  
Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 333.7932

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUISTA FILHO” CAMPUS  
EXPERIMENTAL DE ITAPEVA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA MADEIREIRA**

RAPHAEL PINATI DE CARVALHO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO  
COMO PARTE REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**GRADUADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA**

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO  
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

Dr. José Cláudio Caraschi  
Coordenador de Curso

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Fernando de Lima Caneppele  
Orientador – Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves  
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Prof. Dr. Higor Rogerio Favarim  
Campus Experimental de Itapeva/UNESP

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos que com o apoio de vocês foi possível a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por tudo, por me abençoar e dar vitória em tudo que faço, colocando pessoas certas no meu caminho e oportunidades que sempre me trouxeram sucesso, sendo possível a esta realização e outras que certamente virão.

Agradeço com muito amor aos meus pais Edson e Vilma que sempre batalharam por mim, acreditando e confiando, criando sempre oportunidade pra mim independente de condições quais elas fossem. Obrigado pelo amor e amizade que sempre tivemos além do amor incondicional de pais.

A minha irmã Rebheca por sempre estar do meu lado com amor de irmão apoiando e encorajando.

Aos meus avós Antonio e Odília, Luis (in memoriam) e Laurinda (in memoriam), que sempre perto de mim estiveram, me apoiando e acreditando.

Aos meus primos Bruno, Eduardo e aos amigos que sempre fizeram parte da minha vida, nos momentos difíceis e alegres nunca perdendo a verdadeira amizade.

Ao meu orientador professor Dr. Fernando de Lima Caneppele por acreditar no meu trabalho, incentivando com idéias e apoio, que tornaram possível a realização deste trabalho.

Aos meus colegas acadêmicos Marcos Scarpelli, Rodrigo Tiago e Rodrigo Colturato que caminhamos juntos desde o início até o fim do curso, enraizando amizades por toda vida.

Aos sócios e colaboradores da indústria analisada, que abriram as portas e se dispuseram atenciosos para o labor do trabalho.

Por fim agradeço a todos, que de um modo ou outro colaboraram para a realização deste trabalho.

*“Todo aquele que diante de um ganho eminente pensa em igualdade; aquele que diante do perigo está preparado para sacrificar sua própria vida; e aquele que não esquece um velho acordo independentemente do tempo em que ele foi firmado - esse deve ser reconhecido como alguém completo.”*

Confúcio

## RESUMO

Em indústrias de processamento de madeiras, onde se utilizam de equipamentos elétricos no processo produtivo, na maioria dos casos estes são mal dimensionados ou operam em condições inadequadas, implicando diretamente na eficiência energética industrial, que se mostra importante porque além de se ter inovação tecnológica, também com práticas e políticas, visa à diminuição de consumo elétrico. Portanto em um projeto de instalação elétrica devem-se levar em consideração as variáveis que influenciam na eficiência energética. Sendo assim neste trabalho foram analisadas e posteriormente calculadas algumas destas variáveis, como a potência ativa, o fator de potência e a demanda, para a indústria inteira (global) e também para um equipamento específico, o picador. As análises de rede foram efetuadas em uma indústria de processamento de madeira na cidade de Taquarivaí – SP, sendo avaliadas estas variáveis com um analisador de rede e também por análises na faturas de energia, onde se constatou em ambas as análises valores abaixo dos encontrados na literatura. Estes fatores se devem ao mau dimensionamento, má utilização, conservação dos equipamentos ou até mesmo pela própria característica do processo produtivo, ou seja, o equipamento operando em vazio devido à inconstância de produção.

**Palavra-chave:** Indústria de Processamento de Madeira. Eficiência Energética. Potência Ativa. Fator de Potência. Demanda.

## ABSTRACT

In wood processing industries, which use electrical equipment in the production process, in most cases these are badly scaled or operate under inadequate conditions, resulting directly in industrial energy efficiency, which proves important because besides having technological innovation, also with practices and policies, aims to decrease power consumption. So in a wiring project should take into account the variables that influence energy efficiency. Thus this work has been reviewed and subsequently calculated some of these variables, such as active power, power factor and demand for the entire industry (global) and also for specific equipment, the chipper. The network analysis was performed in a wood processing industry in the city of Taquarivaí - SP, and evaluated these variables with a network analyzer and also by analysis on energy bills, which were found in both analysis levels below those found in literature. These factors are due to poor design, improper use, storage of equipment or even by characteristic of the production process, ie, the equipment running on empty because of the volatility of production.

**Keywords:** Wood Processing Industry. Energy Efficiency. Active Power. Power Factor. Demand.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Serraria convencional não automatizada .....	22
Figura 2. Serraria moderna automatizada .....	24
Figura 3. Serraria moderna automatizada .....	24
Figura 4. Gráfico indicativo do consumo de energia elétrica no setor industrial .....	34
Figura 5. Tabela Padrão do Inmetro marca EBERLE .....	36
Figura 6. Exemplo de placa de identificação de um motor de indução trifásico .....	42
Figura 7. Horários de Ponta e Fora de Ponta .....	47
Figura 8. Curva Típica de Fornecimento de Potência .....	47
Figura 9. Índice Pluviométrico do Brasil .....	48
Figura 10. Demanda Contratada para a Curva de Carga .....	53
Figura 11. Energia Total (soma) .....	56
Figura 12. Energia Ativa X Energia Reativa, (kWh) .....	56
Figura 13. Gráfico da Variação da Tensão X Graus .....	59
Figura 14. Gráfico Puramente Resistivo .....	60
Figura 15. Gráfico Puramente Indutivo .....	61
Figura 16. Gráfico Puramente Capacitivo .....	62
Figura 17. Gráfico Circuito Indutivo .....	63
Figura 18. Gráfico Fator de Potencia em Função da Carga nominal - kW .....	68
Figura 19. Gráfico do Fator de Potência em Função da Carga do Motor (%) .....	69
Figura 20. Vista aérea da Indústria de Processamentos de Madeira .....	70
Figura 21. Layout Processo Produtivo .....	71
Figura 22. Analisador SAGA 4500 .....	74
Figura 23. Alicates Amperímetro .....	76
Figura 24. Chave Teste de Energia .....	76
Figura 25. Quadro de Energia Responsável pelo Global .....	77
Figura 26. Quadro de Energia Responsável pelo Picador .....	77
Figura 27. Instalação do Aparelho SAGA no Quadro de Energia .....	78
Figura 28. Instalação do Aparelho SAGA no Quadro de Energia .....	79
Figura 29. Tela de Entrada do Software Landis+Gyr .....	81
Figura 30. Potência Ativa Global (Software PLAWIN) .....	83
Figura 31. Potência Ativa do Picador (Software PLAWIN) .....	83

Figura 32. Fator de Potência Global (Software PLAWIN).....	85
Figura 33. Fator de Potência do Picador (Software PLAWIN).....	85
Figura 34. Fator de Potência ao longo dos 18 meses analisados .....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tensão de Fornecimento - Grupo A .....	45
Tabela 2. Tensão de Fornecimento - Grupo B .....	46
Tabela 3. Resumo do Faturamento Tarifário.....	54
Tabela 4. Valores atualizados de Demanda e Consumo.....	55
Tabela 5. Legenda dos Equipamentos da Indústria .....	72
Tabela 6. Legenda dos Motores dos Equipamentos da Indústria.....	72
Tabela 7. Dados das faturas de energia elétrica (novembro de 2008 à abril de 2010) .....	86
Tabela 8. Dados referentes as faturas de energia elétrica de novembro de 2008 à abril de 2010.....	87
Tabela 9. Fatores de Potência da Indústria no Período de novembro de 2008 à abril de 2010 .....	87
Tabela 10. Valores da Energia Reativa e Demanda Excedente.....	89
Tabela 11. Valores da Energia Ativa (consumo) .....	90
Tabela 12. Porcentagem de multa sobre o consumo de energia elétrica.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMCI	--	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	–	Consumo de Energia Ativa
CELPE	–	Companhia Energética de Pernambuco
CEPEL	–	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CGE	–	Câmara de Gestão da Crise de Energia
COFINS	–	Contribuição Financeira para Seguridade Social
COPEL	–	Companhia Paranaense de Energia
COPPE	–	Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia
CR	–	Consumo de Energia Reativa
CV	–	Cavalo-vapor
DC	–	Demanda Contratada
DM	–	Demanda Média
DNAEE	–	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DOU	–	Diário Oficial da União
DSP	–	Digital Signal Processor (Processador de Sinal Digital)
Dt	–	Intervalo de Tempo
F	–	Horário Fora de Ponta
FDU	–	Faturamento de Ultrapassagem da Demanda
FPm	–	Valor do Fator de Potencia do Período de Faturamento
FUPAI	–	Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria
GEM	–	Gestão Energética Municipal
GLP	–	Gás Liquefeito do Petróleo
Hz	–	Hertz
ICMS	–	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INDECO	–	Energia, Águas e Utilidades LTDA
INMETRO	–	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
KV	–	Quilo Volts
KVArh	–	Unidade de Energia Reativa
KW	–	Quilo Watts

KWh	–	Quilo Watts por Hora
Mb	–	Mega Byte
NBR	–	Normas Brasileiras
P	–	Horário de Ponta
Pap	–	Potencia Aparente
Pat	–	Potencia Ativa
PEE	–	Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição
PIS	–	Programa de Integração Social
PMVA	--	Produto de Maior Valor Agregado
REMADE	–	Revista da Madeira
RMS	–	Root Mean Square (sem tradução)
S	–	Período Seco
SEBRAE	–	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
THD	–	Total Harmonic Distortion (Distorção Harmônica Total)
TU	–	Tarifa de Ultrapassagem
U	–	Período Úmido
$\varphi_1$	–	Ângulo do Fator de Potencia Original
$\varphi_2$	–	Ângulo do Fator de Potencia Desejado
(CA)	–	Corrente Alternada
(AC)	–	Tensão Alternada

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Objetivo Geral .....	19
2.2. Objetivos Específicos .....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
3.1. Indústria de Processamento de Madeira .....	20
3.2. A Eficiência Energética .....	25
3.2.1. Vantagens e Benefícios da Economia de Energia.....	26
3.2.2. Indicadores de Eficiência Energética.....	27
3.2.3. Programa para Aumentar a Eficiência Energética .....	30
3.2.4. Gestão Energética .....	31
3.2.5. Lei para Eficiência Energética .....	32
3.3. Motores Elétricos.....	33
3.3.1. Dimensionamento do Motor.....	34
3.3.2. Escolha de Um Motor de Indução.....	37
3.3.3. Acionamento de Equipamentos por Motores .....	37
3.3.4. Manutenção de Motores .....	42
3.4. Fornecimento de Energia .....	43
3.4.1. Grupo de Fornecimento de Energia.....	45
3.4.2. Horários de Ponta e Fora de Ponta .....	46
3.4.3. Períodos Seco e Úmido.....	48
3.4.4. Estrutura Tarifária .....	49
3.5. Demanda.....	51
3.5.1. Demanda Contratada .....	52
3.6. Tarifa de Passagem .....	53
3.7. Energia Ativa e Reativa.....	55
3.8. Fator de Potência .....	56
3.8.1. Normas Para Fator de Potência .....	64
3.8.2. Fator de Potência ou Energia Reativa Excedente .....	66
3.9. Principais Causas do Baixo Fator de Potência.....	67
3.10. Fator de Potência de Motores de Indução .....	68
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	70

4.1. Material .....	70
4.1.1. Analisador SAGA 4500 .....	73
4.1.2. Outros Aparelhos.....	75
4.2. Métodos .....	76
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	82
6. CONCLUSÃO .....	92
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93

## 1. INTRODUÇÃO

Em tempos onde a disponibilidade de energia é cada vez mais restrita e, conseqüentemente os custos são cada vez maiores, há a necessidade de redução de emissões e preservação do meio ambiente. Buscando uma solução ou minimização deste problema, surgiu o conceito de Eficiência Energética, ou seja, padrões de utilização da energia de modo que esta atenda às necessidades humanas com um mínimo de desperdício, visando a manutenção de suas fontes para as gerações futuras, preservando o meio ambiente, sem que isso comprometa a segurança e o conforto das pessoas envolvidas.

Sendo assim o tema eficiência energética passou a fazer parte da rotina de gerentes industriais e gerentes operacionais de grandes empreendimentos.

Um projeto onde se procura aperfeiçoar e racionalizar o uso da energia pode ser mais simples através da troca ou adequação de certos equipamentos, que use um certo padrão de tecnologia.

Para que sejam melhorados os índices de eficiência energética, deve-se considerar as questões de natureza técnica e as questões de natureza econômica. Para Mesquita (2004), os termos de natureza técnica são aqueles inerentes aos equipamentos de geração, transmissão e distribuição de energia, processos produtivos e equipamentos de uso final da energia elétrica. Os termos de natureza econômica envolvem conceitos como “consumo específico de energia”, isto é, o consumo de energia por bem produzido, que não equivale à eficiência energética, apesar de que, em alguns setores é comum associar os dois conceitos.

Portanto para indústrias de processamento de madeira, faz-se necessário segundo Bonelli; Rossi; Araújo (2009) o levantamento de todas as características da instalação elétrica com o uso de um analisador de qualidade de energia e também o estudo das faturas de consumo de energia elétrica e como são calculados apresentados na conta de luz que é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética.

São características de energia elétrica são: potencia ativa, que é a potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc

(INDECO, 2010); fator de potência, que segundo a Celpe (2010) é a razão entre a potência ativa e potência aparente e análise das faturas de energia.

Características essas que influenciam tanto nas verificações das instalações elétricas dos motores industriais, bem como para a melhoria da eficiência energética dos mesmos.

Enfim, trabalhar com eficiência energética garante redução de custos operacionais e menores emissões. Mostra também que a empresa procura trabalhar seguindo os princípios de sustentabilidade; sendo que intenção final consiste na redução de energéticos mediante o uso racional de energia, que para Mesquita (2004), torna-se necessário então a descrição e análise de parâmetros que condicionem a eficiência energética.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho foi o estudo da eficiência energética de uma indústria de processamento de madeira (serraria).

### **2.2. Objetivos Específicos**

- a) Analisar os valores das potências ativas (consumo) da indústria, no global, ou seja, da indústria inteira e também um equipamento em especial, o picador;
- b) Calcular e avaliar os valores dos fatores de potência, global e picador;
- c) Avaliação monetária gerada por este fator.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica ou revisão da literatura será realizada na forma de análise crítica das publicações correntes sobre indústria de processamento de madeira (serraria), eficiência energética, motores elétricos, tarifação de energia elétrica, tensão de fornecimento, estrutura tarifária, fatores de potência e de demanda.

#### 3.1. Indústria de Processamento de Madeira

Para a economia brasileira e para a sociedade, o setor florestal contribui com uma parcela importante da geração de produtos, impostos, divisas, empregos e renda. Em 2006, por exemplo, a indústria de base florestal foi responsável por 3,5% do PIB nacional (US\$ 37,7 bilhões), empregou 8,5 milhões de pessoas (8,7% da população economicamente ativa), arrecadou 5,4 bilhões de impostos (1,4% do total da arrecadação nacional) e exportou US\$ 8,5 bilhões (6,2% do total da exportação) (SOARES, 2008).

Segundo a ABIMCI (2008), a partir do processamento primário da madeira é que se dá a transformação da tora em outros produtos: madeira serrada, lâminas de madeira ou cavaco, os quais podem sofrer outros níveis de processamento. Tais produtos são a base de transformação para os demais produtos florestais secundários e terciários antes de serem direcionados ao consumidor final (mercado).

A indústria de base florestal pode ser dividida, de uma forma geral, de acordo com o produto final obtido que pode ser: lenha, postes, madeira serrada, lâminas de madeira, painéis colados, compensados, aglomerados, chapas duras de fibras, chapas de fibras de média densidade, celulose e papel. Desses produtos, a madeira serrada e os painéis de madeira são alguns insumos da cadeia produtiva madeira e móveis (ROQUE, 1998).

De acordo com IBQP (2002), a cadeia produtiva da madeira pode ser segmentada em três grandes vertentes, se considerados os distintos usos finais: a cadeia do processamento mecânico, a do papel e celulose e a da energia, representada pela lenha e carvão vegetal. A cadeia de processamento mecânico

caracteriza-se pela utilização da madeira bruta e a aplicação de processos mecânicos para seu desdobramento em três tipos básicos, que podem ser definidos como laminação, produção de painéis e desdobro de toras.

Considerando a Cadeia de Processamento Mecânico, Gonçalves (2000) classifica os processos de usinagem da madeira em abate, descascamento, desdobro, laminação, produção de partículas e beneficiamento. Cada um desses processos é formado por diversas operações, as quais definem o trabalho de transformação da forma da madeira num determinado processo, como por exemplo, as operações de corte, seja com uma serra de fita na serraria ou com uma seccionadora na indústria de móveis seriados.

Conforme ABIMCI (2007), a madeira serrada é a base para a produção dos produtos de maior valor agregado (PMVA). A produção de madeira serrada de pinus, em 2006, alcançou aproximadamente 9,1 milhões de m<sup>3</sup> e sua produção está predominantemente concentrada na região Sul do país. O mercado doméstico tem grande importância no consumo deste produto, tendo em 2006 demandado 7,8 milhões de m<sup>3</sup> (86% da produção nacional). Deve-se isso principalmente ao fato de as empresas brasileiras do setor madeireiro terem se especializado, nos últimos anos, no reprocessamento da madeira, transformando a madeira serrada em produtos de maior valor agregado, tais como portas, molduras, entre outros.

Conforme a revista da madeira, REMADE (2003), a indústria de processamento primário de madeira deve produzir madeira serrada de qualidade, aproveitando, ao máximo, a matéria-prima, a fim de obter uma maior rentabilidade. Para alcançar esta meta, deve-se controlar a eficiência do aproveitamento do produto principal, determinada como rendimento, bem como a capacidade produtiva e os custos de produção de madeira serrada. O rendimento ou porcentagem de aproveitamento é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume de toras produzido. Em geral, o rendimento obtido para coníferas está entre 55 a 65%, devido à forma mais retilínea do tronco, enquanto que o rendimento para folhosas está entre 45 a 55%.

Segundo Rocha (2002), o processo convencional de desdobro de toras é um processo muito lento. A trajetória da tora e das peças serradas dentro da serraria é pouco automatizada, em função da variabilidade da matéria prima. Isto resulta em baixa produção e eficiência. A Figura 1 mostra a pouca automatização do processo convencional.



Figura 1. Serraria convencional não automatizada

Fonte: IBAMA 2009.

As técnicas convencionais de serraria são muito utilizadas na região Norte para desdobro de madeiras de custo elevado e com muita variabilidade em termos de espécies e diâmetros, normalmente se tratando de madeira nativa. Desta forma é justificado o uso destas técnicas, pois a baixa produção é compensada com o alto custo do produto final (ROCHA, 2002).

No pátio de uma serraria que utiliza técnicas modernas de desdobro, geralmente a matéria prima tem custo relativamente baixo, ou seja, é madeira de reflorestamento, com pouca variação de espécies, diâmetros e comprimentos. No caso da espécie, se houver mais de uma, estas serão muito semelhantes, consideradas com certa homogeneidade. Desta forma, pode-se dizer que a matéria prima é homogênea, o que na maioria das vezes só é encontrado em madeiras de reflorestamentos. Ainda no pátio de toras, a madeira é descascada e selecionada por classes diamétricas. O descascamento, evita o desgaste desnecessário das ferramentas cortantes e propicia resíduos, no caso cavacos, de melhor qualidade (ROCHA, 2002).

De acordo com Rocha (2002) como as classes diamétricas apresentam muitos representantes, é possível concentrar o trabalho em uma única classe por um período ou turno. Como os equipamentos de desdobro são ajustados para uma determinada classe diamétrica, pode-se aproveitar as suas máximas velocidades de

desdobro. Desta forma, após o ajuste dos equipamentos para uma determinada classe diamétrica, todas as toras receberão o mesmo tratamento dentro da serraria.

Para Rocha (2002), em função da matéria prima e dos equipamentos utilizados, o desdobro da madeira através de técnicas modernas, implica num processo rápido. A trajetória da tora e das peças serradas dentro da serraria é realizada com grande automatização, em decorrência desta homogeneidade da matéria prima e a produção é alta com elevada eficiência. Tais técnicas são utilizadas para o desdobro de madeira de baixo custo e homogênea, ou seja, madeira reflorestada. Desta forma, o baixo custo também do produto final é compensado pela elevada produção da indústria.

O baixo rendimento em madeira serrada obtido pelas serrarias dificulta a competição das indústrias de móveis na exportação, pois utilizam tecnologias ultrapassadas e maquinários que não proporcionam bons rendimentos no desdobro da tora, por estarem desgastados ou mesmo por utilizarem ferramentas de corte com espessuras elevadas. Dessa forma, há necessidade urgente de se tomarem ações estratégicas fundamentais para que não ocorra a estagnação da indústria madeireira. [...] a utilização de novas tecnologias de desdobro podem proporcionar significativos incrementos no aproveitamento da tora (JÚNIOR, 2008).

Conforme REMADE (2002), para se atingir a necessária produção, as serrarias bem como as indústrias fabricantes de máquinas mudaram seus conceitos quanto ao processamento mecânico de toras. Serrarias que produziam de 3 a 5 m<sup>3</sup>/operário/turno, tidas como boas serrarias, através de uma readaptação e intenso processo de automação, elevando a produtividade para níveis acima de 20 m<sup>3</sup>/operário/turno. As Figuras 2 e 3 mostram melhor essa automatização.



Figura 2. Serraria moderna automatizada

Fonte: Araupel 2010.



Figura 3. Serraria moderna automatizada

Fonte: Araupel 2010.

De acordo com REMADE (2002), com uma matéria-prima de pequenas dimensões e rigorosamente selecionada, uma serraria pode atingir elevado grau de automação, onde as toras são conduzidas à mesma, através de uma mesa de alimentação até a máquina de desdobro principal para redução de suas dimensões em peças menores, facilitando as operações de desdobro secundário. Como consequência do nível de automação, é cada vez mais comum serrarias atingirem altas velocidades, [...], isto requer um ajuste preciso dos equipamentos.

Para tal, o custo de produção da madeira serrada vem aumentando frequentemente. Além disso, cada vez mais o mercado torna-se competitivo, com variadas opções de produtos e para que possa manter seus produtos competitivos, o serrador precisa adotar uma série de medidas a fim de reduzir os custos de produção (REMADE 2002).

Segundo REMADE (2003), cada equipamento de desdobro apresenta um conjunto de características que o indicam para um certo tipo de madeira e certas características da tora. Cada equipamento possui características próprias de concepção que devem ser conhecidas e que interferem na produção, produtividade e rendimento volumétrico.

### **3.2. A Eficiência Energética**

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso de uma ou mais formas de energia. A energia é empregada intensamente na sociedade em geral e em tudo o que se faz. Surge então a necessidade de utilizá-la de modo inteligente e eficaz e entre as suas diferentes formas interessam em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, e entre estas cita-se a energia elétrica. Pode-se afirmar com segurança que a energia elétrica é vital ao bem-estar do ser humano e ao desenvolvimento econômico no mundo contemporâneo. A racionalização do seu uso possibilita melhor qualidade de vida, gerando conseqüentemente, crescimento econômico, emprego e competitividade. Uma Política de Ação referente à Eficiência Energética tem como meta o emprego de técnicas e práticas capazes de promover os usos “inteligentes” da energia,

reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade e de lucratividade, na perspectiva do desenvolvimento sustentável (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2007).

### **3.2.1. Vantagens e Benefícios da Economia de Energia**

De acordo com a secretaria de planejamento do Rio de Janeiro, Governo do Estado do Rio de Janeiro (2007), as vantagens da economia de energia são refletidas em várias áreas, como:

- Na sociedade
  - Mais benefícios para a população, pois haverá maior disponibilidade de energia;
  - O Estado evitará o desperdício de energia e, dessa forma, obterá mais recursos para investir na área social.
- No meio ambiente
  - Redução dos impactos ambientais entre os quais: queima de combustíveis fósseis, emissão de CO<sub>2</sub> (gás carbônico), compostos nitrogenados e enxofre, chuvas ácidas, efeito estufa, alagamentos, desmatamentos, radiação nuclear;
  - Preservação do meio ambiente e busca por novas tecnologias, voltadas ao uso inteligente e eficiente da energia elétrica.
- Nas Empresas
  - Aumento no suprimento de energia para atender necessidades futuras das empresas sejam elas particulares ou estatais;
  - Viabilidade econômica do negócio, economicidade das fontes de energia e dos processos empregados;
  - Ganhos de marketing (Impactos de marketing junto ao mercado e aos clientes, decorrentes da melhoria da imagem);
  - Custos de produção (Redução das despesas diretas referentes ao consumo ineficiente de energia);
  - Produtividade e competitividade das empresas (A otimização energética muitas vezes pode ser um ponto de partida para a modernização tanto de

instalações prediais como de processo industriais levado ao aumento do volume de produção com o mesmo consumo de energia);

- Melhoria do ambiente de trabalho e da segurança (Incremento da motivação e participação dos colaboradores devido à melhoria do ambiente, com adequação de instalações e equipamentos aos novos processos de trabalho).
- No Estado
  - Menos investimentos em usinas hidrelétricas e termelétricas, contribuindo para o menor endividamento e ganho de competitividade;
  - Atração de novos investimentos e geração de emprego e renda;
  - Garantia do suprimento de energia elétrica.

### **3.2.2. Indicadores de Eficiência Energética**

Sugundo Phylipsen *ET AL* (1997), os indicadores explicativos são diretamente derivados de outros indicadores econômicos, que reflita os efeitos estrutural na indústria e de todos os efeitos técnico-econômicos. O consumo energético no setor industrial é determinado pelo nível de atividade, estrutura do setor e a eficiência energética. As mudanças no consumo de energia das indústrias não são exclusivamente relacionadas a melhoramentos em eficiência energética nos processos industriais, mas também a vários outros fatores: políticos, econômicos e ambientais. Tais fatores podem determinar que a indústria de um país pareça ser mais intensiva em energia do que em outro, ainda que a diferença possa ser essencialmente baseada sobre diferenças estruturais.

Eichhammer e Mannsbart (1997) O principal objetivo dos indicadores energéticos na indústria é proporcionar um entendimento maior da influência técnico-econômica no total do consumo final de energia na indústria. Os resultados da análise dos indicadores de eficiência energética podem ser utilizados também para os seguintes fins:

- Direcionar as mudanças no consumo energético;
- Estabelecer políticas de eficiência energética;
- Estabelecer políticas ambientais;

- Orientar estabelecimento do preço da energia;
- Propiciar mudança no comércio dos bens energético - intensivos ou no produto final;
- Indicar os impactos estruturais para melhorar a eficiência energética;
- Servir de instrumento para mensurar o sucesso da política de negociação das reduções das emissões de CO<sub>2</sub>.

Para realçar a aplicação prática da análise dos indicadores é importante descrever a ligação/vínculo (ou não ligação) entre a eficiência energética e as possíveis forças dirigentes, como as políticas de eficiência energética e a ambiental, pesquisa energética, desenvolvimento e mudanças nos preços da energia (EICHHAMMER, 1997).

As mudanças estruturais, os efeitos do comércio internacional e as permanentes mudanças no consumo de energia são principalmente determinados por melhoramento na eficiência. Tais melhoramentos podem ser explicados principalmente por várias mudanças tecnológicas, bem como influenciados por outros fatores (EICHHAMMER, 1997), como:

- Mudanças na eficiência técnica;
- Substituição de processos tecnológicos;
- Alteração no mix das matérias-primas que são utilizadas na produção ou nos processos de produção, (por exemplo: processamento de madeira de via seca para via úmida, ou vice-versa) que reduzem a demanda de energia do processo.

No caso de substituição de matéria prima, por exemplo, se os produtos tiverem a mesma qualidade e a mesma aplicação para o velho e o novo processo, a substituição deve ser tratada como um melhoramento da eficiência energética ou mudança intra-industrial. O mesmo depoimento pode caber quando os materiais são reciclados. Materiais reciclados, nem sempre tem a mesma qualidade e aplicação quanto aos produtos primários e, nem sempre pode ser usado completamente como substituto. (EICHHAMMER, 1997)

Para Schipper (2000), existem evidências da sensibilidade ao preço da energia, no uso da eficiência energética das indústrias. Essa melhora continua na eficiência, em si mesmo, estimula o aumento da produção e por essa razão o uso de energia, cresceu. Isso aconteceu porque abaixando o custo da energia, libera o uso

de mais energia para outros fatores da produção. O efeito que proporciona o crescimento do uso de energia é imediato, porém o desenvolvimento de novas tecnologias requer tempo. Outro fator é que o melhoramento na eficiência energética pode estimular o crescimento econômico, o qual volta a estimular maior uso de energia.

Para Mesquita (2004) ao avaliar o uso eficiente de energia em um país, faz-se necessário o uso de indicadores que agregam variáveis técnicas e econômicas para caracterizar a eficiência energética. A construção desses indicadores é importante no sentido de se acompanhar a formulação de políticas setoriais e adequá-las aos esforços internacionais. Embora não existe um consenso de que estes indicadores expressem exatamente o conceito de “eficiência energética”, estando sujeitos a uma série de distorções, eles são úteis como parâmetro de comparação com outros países e também como avaliação de políticas energéticas implantadas.

Em 2004, elaborou-se um projeto de pesquisa desenvolvido pelo Programa de Planejamento Energético da COPPE-UFRJ em parceria com o Procel/Eletróbras visando analisar, construir e sugerir indicadores de eficiência energética para o Brasil e, a partir destes, estabelecer comparações com padrões internacionais (PROCEL/ELETRÓBRÁS, 2004). Neste projeto foram realizadas sistematizações acerca dos indicadores de eficiência energética, analisando a sensibilidade destes indicadores à modificações de ordem metodológica e sua influência sobre os estudos e comparações com indicadores de outros países em diferentes níveis de desenvolvimento. Dentre a infinidade de indicadores desenvolvidos pode-se citar:

- Indicadores globais e setoriais de intensidade energética (abrangência internacional);
- Indicadores de consumo específico de energia elétrica nos principais ramos da indústria e, em alguns casos, por etapas do processo industrial (abrangência internacional);
- Indicadores de intensidade energética na agricultura (abrangência nacional);
- Índice do consumo específico aparente de ramos da indústria de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo – indústria pesada (abrangência regional brasileira);

- Intensidade energética do setor residencial (abrangência internacional);
- Intensidade energética do setor comercial (abrangência internacional);
- Indicadores de perdas na distribuição de energia elétrica ajustada (abrangência nacional);
- Índices da evolução da eficiência energética dos principais equipamentos de uso final (abrangência nacional).

### **3.2.3. Programa para Aumentar a Eficiência Energética**

Para ABB (2010), o programa para aumentar a eficiência energética industrial é composto por três fases. Cada fase tem o objetivo de preparar, de forma detalhada, toda a informação necessária para a fase seguinte. Estes dados permitirão a indústria desenvolver um programa de otimização da instalação, com o qual poderá obter poupanças energéticas reais e sustentáveis.

Numa primeira fase são identificados os pontos em que será reduzido o consumo energético da instalação. As oportunidades de melhoria podem ser detectadas compreendendo como e onde se utiliza a energia. Com este propósito, identificam-se as áreas onde ocorrem perdas e comparam-se os procedimentos de gestão de energia existente com as melhores práticas. As empresas podem conseguir poupanças de até 20% no consumo de energia (ABB, 2010).

Em uma segunda fase, são definidas as prioridades das oportunidades identificadas, que se desenvolvem num conjunto de projetos de melhoria. Cada um dos projetos selecionados dá origem a especificações técnico-económicas, nas quais são definidos o método de implementação, as opções tecnológicas disponíveis, a avaliação de riscos, a estimativa de custos, a confirmação das poupanças e a estimativa do retorno do investimento (ABB, 2010).

Para ABB (2010), nesta fase são implementados os projetos de acordo com os passos definidos no plano diretor. Primeiro implementam-se os projetos de custo baixo ou nulo, que dão benefícios a curto prazo, posteriormente são coordenados e implementados os projetos que necessitam de maior investimento de capital. O programa de Eficiência Energética Industrial tem uma elevada flexibilidade

e todos os aspectos da cadeia energética são avaliados, desde a produção até ao consumo, passando pela distribuição.

Para Leite (2010), dentro do plano de medição e verificação é necessário definir qual tipo de abordagem para o cálculo da energia economizada será considerado. Essa escolha não é uma decisão simples, pois envolve o custo que se está disposto a pagar para obter precisão nos dados. Alguns custos de medição são usualmente compartilhados com outras áreas de utilidades, manutenção e operação. Unidades automatizadas apresentam grande oportunidade de alavancagem pelo uso dos instrumentos do sistema de automação.

A abordagem para toda instalação é mais adequada quando a estratégia de medição fará uso de medidores centrais como os das concessionárias de eletricidade. Essa estratégia reduz custos quando não são necessários submedidores, considerando que a responsabilidade de manutenção e calibração do instrumento principal é da concessionária. Por outro lado, há um aumento na complexidade do modelo matemático que descreve o consumo. Isso porque ele deverá ser capaz de prever o consumo segundo um número maior de variáveis independentes e conseqüentemente deve precisar de mais dados para fazer estimativas com precisão adequada. Isso pode significar maior tempo de medição para a elaboração do modelo de linha de base (LEITE, 2010).

#### **3.2.4. Gestão Energética**

Conforme o manual de eficiência energética da ANEEL (2008), projetos destinados a melhorar a gestão energética na administração pública federal, estadual e municipal. A finalidade é estimular os municípios, estados e órgãos da administração pública federal a desenvolver ações de conservação e uso racional de energia.

Tradicionalmente, os projetos de gestão energética foram mais utilizados na administração pública municipal, buscando mobilizar os municípios brasileiros sobre a importância do uso eficiente e racional de energia nos serviços públicos. Contudo, a metodologia utilizada em projetos de Gestão Energética Municipal (GEM) pode ser estendida para setores públicos estaduais e federais, visando à

disseminação da figura do gestor público de energia elétrica em órgãos dessas esferas da administração pública (ANEEL, 2008).

Conforme ANEEL (2008), a concessionária ou permissionária deverá descrever e justificar no Relatório Final os critérios utilizados na caracterização das comunidades de baixo poder aquisitivo e de seleção das unidades consumidoras beneficiadas, principalmente as unidades comerciais.

Não poderão fazer parte dos projetos de eficiência energética as ações de sua própria responsabilidade e inerentes à atividade de prestação de serviço público de distribuição de energia, por exemplo, extensões de rede secundária, etc (ANEEL, 2008).

A empresa deverá capacitar e credenciar os profissionais que forem executar as obras de reformas nas instalações elétricas internas das unidades consumidoras atendidas pelo projeto, observando-se as normas do INMETRO (ANEEL, 2008).

Para projetos realizados em unidade consumidora “residencial”, incluindo o fornecimento para uso comum de prédio ou conjunto de edificações, com predominância de unidades consumidoras residenciais, com ações de combate ao desperdício de energia elétrica e efficientização de equipamentos (ANEEL, 2008).

Para ANEEL (2008), para projetos realizados em unidade consumidora localizada em área “rural” e com atividades rurais, que atue sobre os processos e métodos de produção rural, como substituição de bombas e motores por equipamentos de maior rendimento e eficiência energética.

Para projetos realizados em instalações de “serviço público”, visando à melhoria da eficiência energética de sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, tração elétrica e demais serviços públicos (Programa de implantação de eficiência energética (ANEEL, 2008).

### **3.2.5. Lei para Eficiência Energética**

Conforme ABDO (2000), o contrato de concessão firmado pelas empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica com a ANEEL estabelece obrigações e encargos perante o poder concedente. Uma

dessas obrigações consiste em aplicar anualmente o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, o que consiste no Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição - PEE.

As diretrizes para elaboração dos Programas são aquelas definidas na Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, bem como aquelas contidas nas resoluções da ANEEL específicas para eficiência energética (ABDO, 2000).

Conforme Assumpção (2002), a aprovação da Lei bem como a sua regulamentação, através do Decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001, e os trabalhos relativos à implementação da Lei fazem parte de um Plano elaborado por esta mesma Coordenação para a Câmara de Gestão da Crise de Energia – CGE.

As ações propostas estão consolidadas no Plano de Energia Brasil – Eficiência Energética apresentada e aprovada pela Câmara de Gestão da Crise de Energia em dezembro de 2001. Este Plano foi elaborado com a estreita colaboração do Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL e do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (Assumpção, 2002).

O estímulo à criação do mercado de eficiência energética e o desenvolvimento de mecanismos para garantir a sustentabilidade deste mercado requer a elaboração de políticas públicas visando à promoção de incentivos e a articulação entre os diversos agentes envolvidos. Espera-se que, ao longo do tempo, a expansão de instrumentos orientados ao mercado contribua para a gradual autonomia do mercado de eficiência energética no país (ASSUMPÇÃO, 2002).

O Plano de Energia Brasil – Eficiência Energética apresenta uma síntese das barreiras existentes para o pleno desenvolvimento do mercado de eficiência energética no Brasil e propõe mecanismos capazes de superar estas barreiras com vistas à criação de um mercado sustentável (ASSUMPÇÃO, 2002).

### **3.3. Motores Elétricos**

Segundo a Procel/Eletróbrás (2004), a importância de motores elétricos na matriz energética de consumo é bem significativa. Estes equipamentos são considerados os mais importantes no uso final de energia elétrica.

Os motores industriais representam cerca de 49% do consumo energético do setor industrial, sem considerar que outros usos finais deste tipo de equipamento em aparelhos como ar condicionado, refrigeração e eletrodomésticos, utilizam, também, motores com um conversor de energia interno (Procel/Eletróbrás – 2004).

O gráfico da Figura 4 a seguir sintetiza esta importância dentro do setor industrial. Este setor consome cerca de 50% do consumo total de energia elétrica no país (PROCEL/ELETRÓBRÁS, 2004).

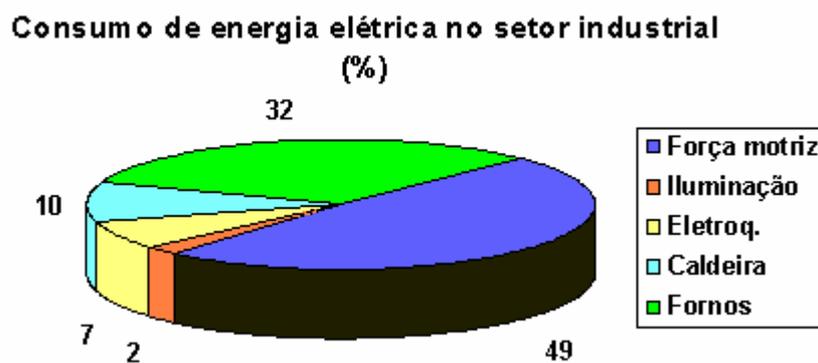


Figura 4. Gráfico indicativo do consumo de energia elétrica no setor industrial

Fonte: Procel/Eletróbrás – 2004

### 3.3.1. Dimensionamento do Motor

A partir disto, nota-se a importância dos motores, que estão presentes em todos os segmentos do mercado de energia. Os mais utilizados são os motores de indução comuns, da faixa de potência de 1 CV a 50 CV, que são, portanto, motores que apresentam maior frequência nas unidades consumidoras (PROCEL/ELETRÓBRÁS, 2004).

Segundo a ComEnergy (2010), o motor deve ter seu dimensionamento de forma a resultar nas menores perdas de energia. A curva de dimensionamento dos motores elétricos de fabricação atual apresenta seu valor máximo em rendimento em torno de 80% de seu carregamento nominal.

Verifica-se, portanto, que abaixo de 80% de carregamento nominal os motores utilizam uma maior quantidade de energia, e próximos da plena carga, em regime permanente, o aquecimento reduz sua vida útil (COMENERGY, 2010).

Segundo o INMETRO (2002), para diminuir as perdas de energia e aumentar a vida útil dos motores, analisam-se os seguintes fatores:

- Dimensionamento do motor;
- Acoplamento do motor e máquina;
- Qualidade da energia da rede elétrica;
- Seleção do motor mais adequado à potência mecânica exigida por um equipamento;
- Uso de motores de alto rendimento;
- Uso de inversores para motores com regime de carga muito variável.

O correto dimensionamento do motor propicia vantagens como alívio do carregamento de condutores e transformadores da subestação, postergando ampliações do sistema elétrico. Obtendo também como resultado do correto dimensionamento (INMETRO, 2002):

- Aumento da eficiência do processo (menos paradas);
- Elevação do fator de Potência;
- Diminuição dos custos de manutenção.

De acordo com a tabela padrão do Inmetro para motores da Marca Eberle estão associados potência, rendimento e fator de potência de acordo com o número de pólos do motor; como mostra a Figura 5 (INMETRO, 2002).

ALTO RENDIMENTO									
POTÊNCIA		EBERLE							
kW	CV	II Polos		IV Polos		VI Polos		VIII Polos	
		RENDIMENTO	FATOR DE POTÊNCIA						
0,75	1,0	80,0	0,80	80,5	0,70	80,5	0,69	78,5	0,53
1,10	1,5	83,0	0,75	81,5	0,77	81,0	0,61	81,5	0,59
1,50	2,0	83,5	0,81	84,0	0,82	83,9	0,64	84,3	0,61
2,20	3,0	85,0	0,81	85,0	0,81	84,8	0,72	86,4	0,61
3,00	4,0	86,5	0,85	86,3	0,77	86,3	0,70	86,5	0,63
3,70	5,0	87,5	0,82	87,5	0,81	87,7	0,73	87,4	0,65
4,50	6,0	88,0	0,85	88,5	0,84	88,5	0,73	88,1	0,53
5,50	7,5	88,5	0,84	89,5	0,85	89,5	0,73	89,7	0,60
7,50	10,0	89,5	0,85	91,0	0,87	90,2	0,71	90,5	0,60
9,00	12,5	89,5	0,86	91,4	0,85	90,6	0,75	91,0	0,61
11,00	15,0	90,2	0,87	91,7	0,87	91,0	0,76	91,2	0,62
15,00	20,0	90,2	0,87	92,4	0,85	91,7	0,75	91,5	0,62
18,50	25,0	91,0	0,88	92,6	0,84	92,2	0,77	92,0	0,69
22,00	30,0	92,0	0,89	93,0	0,85	93,0	0,80	92,3	0,71
30,00	40,0	92,0	0,90	93,0	0,87	93,4	0,79	93,0	0,70
37,00	50,0	92,4	0,92	93,5	0,86	93,5	0,76	93,6	0,72
45,00	60,0	93,0	0,91	93,8	0,88	93,7	0,83	93,6	0,75
55,00	75,0	93,2	0,91	94,1	0,88	93,8	0,85	94,1	0,78
75,00	100,0	93,8	0,90	94,5	0,89	94,2	0,82	94,5	0,74
90,00	125,0	94,5	0,90	95,0	0,88	94,5	0,82	94,7	0,75
110,00	150,0	94,5	0,91	95,0	0,88	95,0	0,85	94,9	0,77
130,00	175,0	94,7	0,90	95,0	0,88	95,1	0,85		
150,00	200,0	95,0	0,90	95,0		95,3	0,84		
185,00	250,0	95,4	0,91	95,5					

Figura 5. Tabela Padrão do Inmetro marca EBERLE

Fonte: Tabelas de Consumo / Eficiência Energética – INMETRO 2002

A eficiência do conjunto máquina/motor (acionamento motriz) depende, principalmente, do dimensionamento correto do motor para o tipo de acionamento a que é destinado, ou seja, a potência extraída pela carga deve estar próxima da potência nominal (de placa) do motor. Isto se deve às características do motor, que é projetado para obter o melhor rendimento nas condições nominais de operação, o mesmo ocorrendo com o seu fator de potência. O super-dimensionamento de motores é fato comum, principalmente pelo desconhecimento das características da carga, que obriga os projetistas a utilizarem fatores de segurança elevados (SEBRAE, 2001).

Também interferem na eficiência de acionamento as condições de acoplamento entre motor e carga. O desalinhamento, a falta de correias e a má conservação contribuem para uma solicitação maior do motor e, conseqüentemente, para que ele, em alguns casos, opere acima da capacidade nominal (SEBRAE, 2001).

As condições ambientais de temperatura e umidade também influenciam, de forma significativa, o desempenho e a vida útil dos motores. A umidade contribui para acelerar a deterioração do isolamento e a operação em temperaturas elevadas, no pior caso, leva à queima do motor (SEBRAE, 2001).

Segundo SEBRAE (2001), quando o regime de funcionamento do motor é muito variável, o ajustamento pode ser obtido, por exemplo, com a instalação de um dispositivo eletrônico de variação de velocidade. Outras possibilidades a explorar, são os motores com perdas reduzidas, cuja utilização pode conduzir a economias significativas. O rendimento de um motor é a relação entre a potência mecânica fornecida no seu eixo e a potência elétrica que consome.

### **3.3.2. Escolha de Um Motor de Indução**

De acordo com a COPEL (2005), sob o ponto de vista da conservação de energia elétrica, o principal parâmetro a ser observado é a potência nominal do motor, que deve ser a adequada para o serviço a que se destine. Potências nominais muito superiores à realmente necessária resultam em desperdícios de energia, elevação da potência solicitada, redução do fator de potência da instalação elétrica da indústria e maiores perdas nas redes de distribuição de energia e nos transformadores.

Deve-se, sempre que possível, escolher o motor de modo que seu carregamento seja no mínimo superior a 50 %, dando preferência a que ele seja maior que 75 % (COPEL 2005).

### **3.3.3. Acionamento de Equipamentos por Motores**

De acordo com Mesquita e Franco (2004), as máquinas acionadas por motores podem ser classificadas como:

- Máquina de transporte de fluidos (bombas hidráulicas centrífugas, axiais, de pistão, compressores alternativos, ventiladores, etc.), cuja potência pode ser determinada com bastante rigor. Na maioria dos casos, é possível obter variações consideráveis do consumo de energia desses motores aplicando-lhes controladores de velocidade.
- Máquina de transporte de materiais (esteiras e correntes transportadoras, elevadores, guindastes, pontes rolantes, etc.), cujas faixas de potência de

atuação são um pouco mais amplas que no primeiro caso, mas que, ainda assim, podem ser determinadas com razoável precisão.

- Máquinas para processamento de metais (tornos, fresas, retíficas, furadeiras, mandrilhadoras, esmeris, centros integrados de fabricação, extrusoras, laminadores, prensas, etc.), também conhecidas como “máquinas ferramentas”. Neste caso, a potência de acionamento é normalmente especificada para a pior situação possível (material mais duro ou mais resistente), a fim de evitar situações como o travamento da máquina, com conseqüente queima do motor. Assim sendo, geralmente, essas máquinas operam com uma condição de carga bem abaixo da nominal.
- Máquinas para processamento de não metais (reatores químicos, máquinas diversas, trituradores, agitadores, injetores, estrusores, laminadores, impressoras, prensas, máquinas de papel, etc.) em que podem ser consideradas as mesmas observações feitas para o item “máquinas de transporte de materiais.

Regime de funcionamento dos motores define-se como regime de serviço, o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. A indicação do regime de serviço da carga é fundamental na especificação do tipo de motor necessário, uma vez que os motores comuns ou normais são projetados para serviço contínuo, ou seja, “carga constante, por tempo indefinido, e igual à potência nominal do motor” (MESQUITA, 2004).

### **3.3.3.1. Padronização dos Motores**

De acordo com a NBR-7094, os regimes padronizados são:

- S1. Regime Contínuo – Funcionamento a carga constante de duração suficiente para que se alcance o equilíbrio térmico.
- S2. Regime de Tempo Limitado – Funcionamento a carga constante, durante um certo tempo inferior ao necessário para atingir o equilíbrio térmico, seguido de um período de repouso de duração suficiente para restabelecer a igualdade de temperatura com o meio refrigerante.

- S3. Regime Intermitente Periódico – Seqüência de dois ciclos idênticos, cada qual incluindo um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se obtenha o equilíbrio térmico durante um ciclo de regime e no qual a corrente de partida não afete de modo significativo a elevação de temperatura.
- S4. Regime Intermitente Periódico com Partidas – Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se atinja o equilíbrio térmico.
- S5. Regime Intermitente Periódico com Frenagem Elétrica – Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica e um período de repouso, sendo tal período muito curto para que se obtenha o equilíbrio térmico.
- S6. Regime de Funcionamento Contínuo com Carga Intermitente – Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e um período de funcionamento a vazio, não existindo o período de repouso.
- S7. Regime de Funcionamento Contínuo com Frenagem Elétrica – Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem elétrica, não existindo o período de repouso.
- S8. Regime de Funcionamento Contínuo com Mudança Periódica na Relação Carga/Velocidade de Rotação – Seqüência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante, correspondendo a uma velocidade de rotação pré-determinada, seguidos de um ou mais períodos de funcionamento a outras cargas constantes, correspondentes a diferentes velocidades de rotação. Não existe o período de repouso.

Nos regimes S3 e S8, o período é geralmente curto demais para que seja atingido o equilíbrio térmico, de modo que o motor vai se aquecendo e resfriando parcialmente a cada ciclo. Depois de um grande número de ciclos, o motor atinge uma faixa de elevação de temperatura de equilíbrio. Aspectos da eficiência em

motores elétricos a produção de energia mecânica absorve grande parte da eletricidade consumida na empresa. Este ponto é, portanto, um daqueles nos quais é preciso tentar, prioritariamente, economizar. O êxito nessa tarefa depende de uma melhor adaptação da potência do motor à da máquina que o utiliza. Quando o seu regime de funcionamento é muito variável, o ajustamento pode ser obtido, por exemplo, com a instalação de um dispositivo de variação de velocidade. Outras possibilidades a explorar são os motores com perdas reduzidas, ou seja, motores de alto rendimento, cuja utilização pode conduzir a economias significativas (MESQUITA, 2004).

Os motores devem ser instalados em locais que favoreçam a dissipação do calor gerado na sua operação, pois tanto sua vida útil quanto seu rendimento depende da temperatura em que funcionam (MESQUITA, 2004).

Os rendimentos apresentam maiores valores quando os motores operam com níveis acima de 70% de seu carregamento nominal. O fator de potência continua a crescer com o aumento do carregamento. Abaixo de 60% de carregamento, os motores consomem mais energia para realizar um dado trabalho. Próximo à plena carga em regime permanente o aquecimento limita sua vida útil. Desta forma, torna-se mais econômico o funcionamento dos motores com carregamento da ordem de 60% a 90% da capacidade nominal (MESQUITA, 2004).

Infelizmente, nem sempre é possível ajustar a potência do motor a aquela efetivamente necessária. Isso acontece muitas vezes nas máquinas mais comumente utilizadas, cujos motores raramente funcionam próximos de sua plena carga (MESQUITA, 2004).

Para todas as máquinas com carregamento previsível e pouco variável o problema é mais simples caso a rotação necessária seja relativamente constante. Esse tipo de máquina é muito comum na indústria. No entanto, a experiência mostra que elas são, em geral, equipadas com motores superdimensionados (MESQUITA, 2004).

### 3.3.3.2. Dados de Placa

Conforme Souza (2010), a placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características da rede de alimentação e desempenho do motor, apesar das incertezas para a sua plena utilização. Os dados principais, que devem constar na mesma, bem como as abreviações recomendadas, são definidas pela NBR 7094, ou seja:

- a) nome do fabricante;
- b) tipo de motor;
- c) modelo do motor;
- d) número de série;
- e) potência nominal;
- f) tensão nominal em que o motor pode operar;
- g) número de fases;
- h) corrente nominal;
- i) frequência da rede de alimentação;
- j) velocidade de rotação nominal;
- k) classe de temperatura;
- l) categoria de desempenho;
- m) relação entre a corrente do rotor bloqueado e a corrente nominal;
- n) número da norma;
- o) grau de proteção do motor;
- p) regime tipo;
- q) fator de serviço;
- r) diagrama de ligações para cada tensão de trabalho.

Para motores de uso naval são fornecidas as seguintes informações adicionais: Ano de fabricação; Temperatura de serviço (essencial ou não essencial); tipo de rolamentos utilizados e Peso do motor. A Figura 6 apresenta um exemplo de placa de um motor de indução trifásico (ALMEIDA, 2004 apud Souza, 2010).

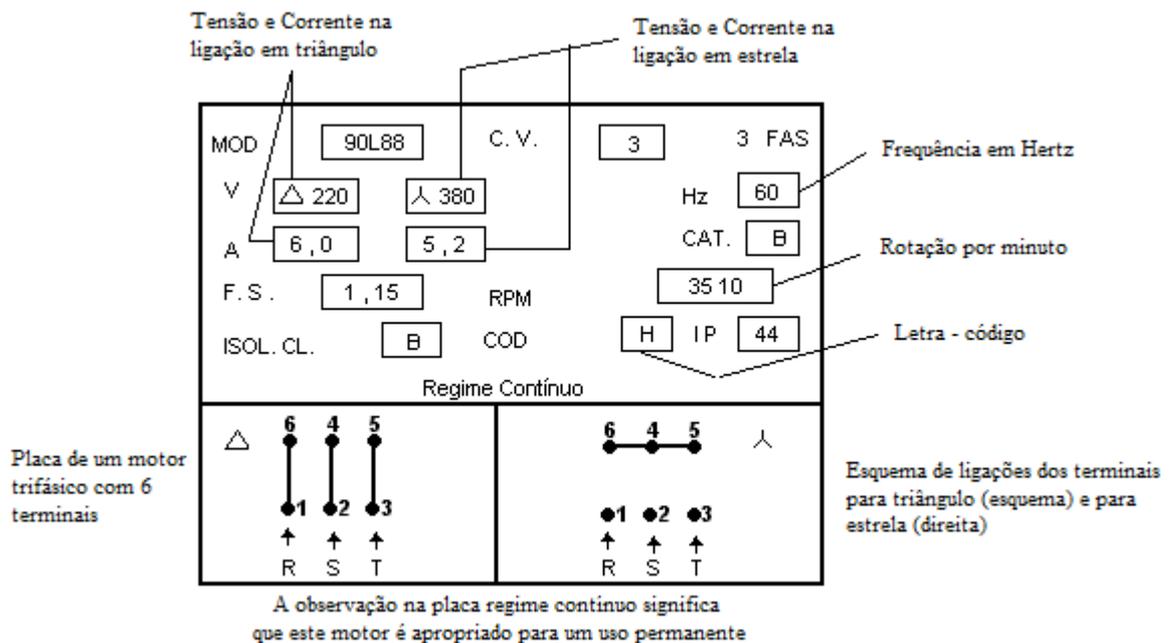


Figura 6. Exemplo de placa de identificação de um motor de indução trifásico

Fonte: Esquematizado conforme fabricante WEG

### 3.3.4. Manutenção de Motores

Para a COPEL (2005), a manutenção adequada de um motor elétrico e da máquina por ele acionada pode representar significativa economia de energia elétrica. É muito comum, em uma empresa, máquinas serem acionadas por motores elétricos em condições precárias de funcionamento a pretexto de não se prejudicar a produção ou por simples descaso.

A manutenção ou o reparo da máquina é, geralmente, feito somente quando a produção permite, ou quando as condições de funcionamento se tornam tão precárias que impedem a sua operação. Tal procedimento, além de poder danificar a máquina, reduz sua vida útil e, geralmente, provoca grandes desperdícios de energia (COPEL 2005).

Esses desperdícios podem ser calculados através da comparação dos consumos anteriores e posteriores à realização do reparo ou manutenção. Um programa de utilização racional de energia elétrica exige a implantação e o cumprimento de um programa ótimo de manutenção corretiva e preventiva de todos os motores elétricos e das máquinas por eles acionadas. Além da manutenção

adequada, muitas máquinas podem ser modernizadas, via de regra, com pequenos custos, resultando em menores necessidades de potência e, conseqüentemente, redução do consumo de energia elétrica. Em outros casos, compensa a substituição de máquinas antigas e grandes consumidoras de energia elétrica por outras mais modernas, que requerem menor consumo para uma mesma produção (COPEL, 2006).

De acordo a COPEL (2005), com manutenção e lubrificação convenientes, operação adequada e modernização da máquina, o motor que a aciona pode tornar-se superdimensionado, operando em faixas de potência que resultam em baixo rendimento energético e baixo fator de potência. Para esses casos é aconselhável a sua substituição por outro de potência nominal adequada às novas condições.

Conforme SIEMENS (2009), estudos independentes também mostram que aproximadamente 30% de todos os sistemas de acionamento e motores elétricos instalados na indústria podem operar de forma mais eficiente, possibilitando economia de energia de até 50% quando submetidos a condições ideais de operação. Entre os equipamentos que normalmente apresentam maiores potenciais de economia estão bombas, ventiladores, compressores e transportadores. “A gestão eficiente de energia e da manutenção é, em muitas situações, o que define a lucratividade de uma operação”, observa Bruno Abreu, consultor de engenharia para o Setor Industrial da Siemens no Brasil.

### **3.4. Fornecimento de Energia**

As Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica são estabelecidas pela Resolução ANEEL número 456, ABDO (2000). Neste documento, as unidades consumidoras são divididas em grupos, distinguindo-se uns dos outros pelo nível de tensão de fornecimento, apresentando cada um deles valores definidos de tarifa. Este nível de tensão está relacionado com a carga instalada na unidade consumidora. Competirá à concessionária estabelecer e informar ao interessado a tensão de fornecimento para a unidade consumidora, com observância dos seguintes limites:

- I. Tensão secundária de distribuição: quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW;
- II. Tensão primária de distribuição inferior a 69 kV: quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for igual ou inferior a 2.500 kW;
- III. Tensão primária de distribuição igual ou superior a 69 kV: quando a demanda contratada ou estimada pelo interessado, para o fornecimento, for superior a 2.500 kW.

Obs.: Entende-se por Tensão primária a Rede (fios que se localizam na parte mais alta dos postes) que conduzem correntes em grandes tensões de distribuição; já a Tensão secundária a Rede (fios após transformadores) conduzem correntes em baixas tensões (ABDO, 2000).

Conforme a Resolução da ANEEL número 456, ABDO (2000), a empresa concessionária prestadora de serviço público de energia elétrica poderá estabelecer a tensão do fornecimento sem observar os limites de que se trata, quando a unidade consumidora incluir-se em um dos seguintes casos:

1. For atendível, em princípio, em tensão primária de distribuição, mas situar-se em prédio de múltiplas unidades consumidoras predominantemente passíveis de inclusão no critério de fornecimento em tensão secundária de distribuição, conforme o inciso I anterior, e não oferecer condições para ser atendida nesta tensão;
2. Estiver localizada em área servida por sistema subterrâneo de distribuição, ou prevista para ser atendida pelo referido sistema de acordo com o plano já configurado no Programa de Obras da concessionária;
3. Estiver localizada fora de perímetro urbano;
4. Tiver equipamento que, pelas suas características de funcionamento ou potência, possa prejudicar a qualidade do fornecimento a outros consumidores;
5. Havendo conveniência técnica e econômica para o sistema elétrico da concessionária e não acarretar prejuízo ao interessado.

O responsável por uma unidade consumidora atendível, a princípio, em tensão primária de distribuição, segundo os limites apresentados acima, poderá optar por tensão de fornecimento diferente daquela estabelecida pela concessionária, desde que, havendo viabilidade técnica do sistema elétrico, assuma os investimentos adicionais necessários ao atendimento no nível de tensão pretendido, FUPAI (2006).

De acordo com Resolução ANEEL número 456, ABDO (2000), para fins de faturamento, as unidades consumidoras são agrupadas em dois grupos tarifários, definidos, principalmente, em função da tensão de fornecimento e também, como consequência, em função da demanda. Se a concessionária fornece energia em tensão inferior a 2,3 kV, o consumidor é classificado como sendo do “Grupo B” (baixa tensão); se a tensão de fornecimento for maior ou igual a 2,3 kV, será o consumidor do “Grupo A” (alta tensão).

### 3.4.1. Grupo de Fornecimento de Energia

Segundo a PROCEL (2006), o agrupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste Grupo, em caráter opcional, nos termos definidos na Resolução ANEEL número 456 (ABDO, 2000), caracterizado pela estruturação tarifária binômia e subdividido nos subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e A5. A Tabela 1 apresenta estes subgrupos.

Tabela 1. Tensão de Fornecimento - Grupo A

Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	≥ 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
A5	Subterrâneo

Fonte: PROCEL 2006

De acordo com PROCEL (2006) o agrupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou, ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e faturadas neste Grupo, nos termos definidos na Resolução ANEEL número 456 (ABDO, 2000), caracterizado pela estruturação tarifária monômnia e subdividido nos subgrupos conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Tensão de Fornecimento - Grupo B

Subgrupo	Tipo
B1	Residencial
B1	Residencial de Baixa Renda
B2	Rural
B2	Cooperativa de Eletrificação Rural
B2	Serviço Público de Irrigação
B3	Demais Classes
B4	Iluminação Pública

Fonte: Abdo 2000.

As tarifas aplicáveis aos fornecimentos de energia elétrica para iluminação pública serão estruturadas de acordo com a localização do ponto de entrega, a saber (PROCEL, 2006):

- I. Tarifa B4a: aplicável quando o Poder Público for o proprietário do sistema de iluminação pública;
- II. Tarifa B4b: aplicável quando o sistema de iluminação pública for de propriedade da concessionária.

#### **3.4.2. Horários de Ponta e Fora de Ponta**

Conforme a Copel (2005) o horário de ponta (P) é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. O horário fora de ponta (F) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas

definidas no horário de ponta. O gráfico da Figura 7 apresenta um exemplo do exposto.

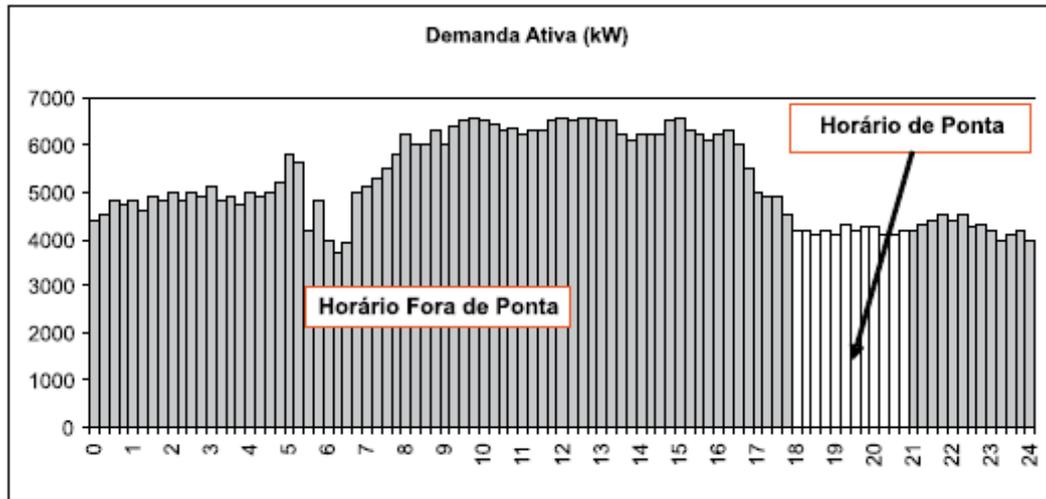


Figura 7. Horários de Ponta e Fora de Ponta

Fonte: Copel - 2005

Estes horários são definidos pela concessionária em virtude, principalmente, da capacidade de fornecimento que a mesma apresenta. A curva de fornecimento de energia típica de uma concessionária pode ser vista através do gráfico da Figura 8, onde o maior valor de demanda ocorre geralmente no horário de ponta (Copel, 2005).

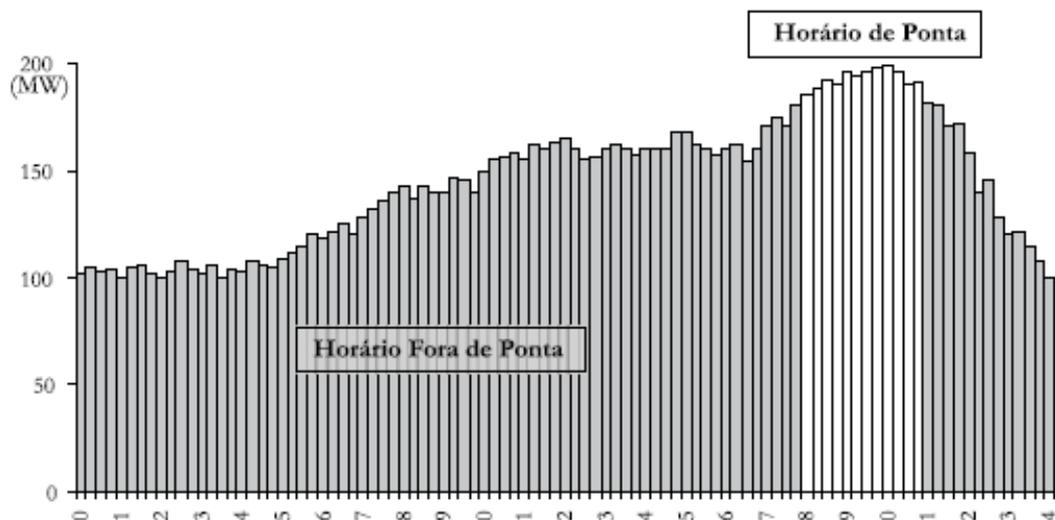


Figura 8. Curva Típica de Fornecimento de Potência

Fonte: Copel – 2005

### 3.4.3. Períodos Seco e Úmido

Estes períodos guardam, normalmente, uma relação direta com os períodos onde ocorrem as variações de cheias dos reservatórios de água utilizados para a geração de energia elétrica (COPEL, 2005).

O período Seco (S) corresponde ao período de 07 (sete) meses consecutivos iniciando-se em abril e finalizando-se em outubro de cada ano; é, geralmente, o período com pouca chuva. O período Úmido (U) corresponde ao período de 05 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de novembro de um ano, a março do ano seguinte; é, geralmente, o período com mais chuva (COPEL, 2005). Através do índice pluviométrico é possível se ver estes dois períodos, como mostra a Figura 9.

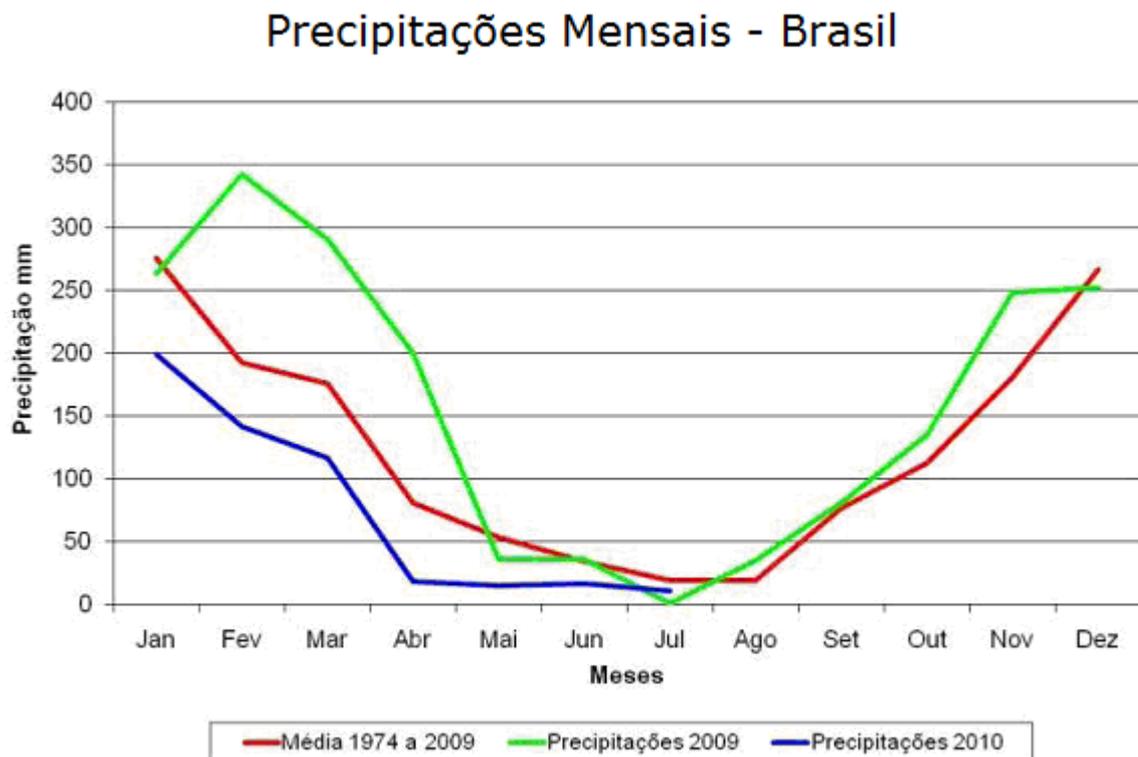


Figura 9. Índice Pluviométrico do Brasil

Fonte: Instituto de Varginha - MG

### **3.4.4. Estrutura Tarifária**

Conforme a COPEL (2005), a estrutura tarifária é um conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e/ou à demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento de energia elétrica.

#### **3.4.4.1. Estrutura Tarifária Convencional**

Esta estrutura é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência, independentemente, das horas de utilização do dia e dos períodos do ano (COPEL, 2005).

#### **3.4.4.2. Estrutura Tarifária Horo-Sazonal**

Esta estrutura tarifária se caracteriza pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, conforme especificação a seguir (COPEL, 2005):

- A. Tarifa Azul: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como tarifas diferenciadas de demanda e de potência de acordo com as horas de utilização do dia;
- B. Tarifa Verde: modalidade estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência;
- C. Horário de ponta (P): período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico;

- D. Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta;
- E. Período úmido (U): período de 05 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
- F. Período seco (S): período de 07 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

#### **3.4.4.3. Critérios de Inclusão**

Segundo ABDO (2000), os critérios de inclusão na estrutura tarifária convencional ou horo-sazonal aplicam-se às unidades consumidoras do Grupo “A”, conforme as condições apresentadas a seguir, estabelecidas na Resolução ANEEL número 456.

- I. Na estrutura tarifária convencional: para as unidades consumidoras atendidas em tensão de fornecimento inferior a 69 kV, sempre que for contratada demanda inferior a 300 kW e não tenha havido opção pela estrutura tarifária horo-sazonal nos termos do item IV abaixo;
- II. Compulsoriamente na estrutura tarifária horo-sazonal, com aplicação da Tarifa Azul: para as unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- III. Compulsoriamente na estrutura tarifária horo-sazonal, com aplicação da Tarifa Azul, ou Verde se houver opção do consumidor: para as unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento inferior a 69 kV, quando:
  - a) A demanda contratada for igual ou superior a 300 kW em qualquer segmento horo-sazonal;
  - b) A unidade consumidora faturada na estrutura tarifária convencional houver apresentado, nos últimos 11 (onze) ciclos de faturamento, 03 (três) registros consecutivos ou 06 (seis) alternados de demandas medidas iguais ou superiores a 300 kW;

IV. Opcionalmente na estrutura tarifária horo-sazonal, com aplicação da Tarifa Azul ou Verde, conforme opção do consumidor: para as unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado e com tensão de fornecimento inferior a 69 kV, sempre que a demanda contratada for inferior a 300 kW.

O consumidor poderá optar pelo retorno à estrutura tarifária convencional, desde que seja verificada, nos últimos 11 (onze) ciclos de faturamento, a ocorrência de 09 (nove) registros, consecutivos ou alternados, de demandas medidas inferiores a 300 kW. Especificamente, para unidades consumidoras classificadas como Cooperativa de Eletrificação Rural, a inclusão na estrutura tarifária horo-sazonal será realizada mediante opção do consumidor (Resolução ANEEL número 456 – ABDO, 2000).

### **3.5. Demanda**

Conforme a Procel/Eletrobrás (2006), a demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado. Assim, esta potência média, expressa em quilowatts (kW), pode ser calculada dividindo-se a energia elétrica absorvida pela carga em um certo intervalo de tempo  $Dt$ , por este intervalo de tempo  $Dt$ . Os medidores instalados no Brasil operam com intervalo de tempo  $Dt = 15$  minutos (Decreto nº 62.724 de 17 de maio de 1968).

Conforme legislação brasileira é determinado para fins de faturamento que este período seja de 15 minutos. Assim, por exemplo, se determinada instalação possui quatro motores de 30 kW (40 cv) que são acionados da seguinte maneira (Eletrobrás, 2006):

- 0 - 3 minutos - 2 motores - Carga = 60 kW;
- 3 - 10 minutos - 4 motores - Carga = 120 kW;
- 10 - 15 minutos - 1 motor - Carga = 30 kW.

Observa-se para este caso, que a demanda será:

$$D = (60\text{kW} \cdot 3\text{min} + 120\text{kW} \cdot 7\text{min} + 30\text{kW} \cdot 5\text{min}) / 15 = 78 \text{ kW (105 cv)};$$

No entanto, a demanda para o faturamento mensal será o maior entre os seguintes valores (Eletrobrás, 2006):

- Demanda registrada: corresponde ao maior valor de demanda medido em intervalos de 15 minutos durante período, em média considera-se um mês. Desta forma, dentre 3000 valores registrados, seleciona-se o maior.
- Demanda contratada: cabe ao usuário, com base nas cargas instaladas e processo produtivo, definir o valor de demanda necessário. Fator que será considerado pela concessionária ao definir os equipamentos para atender a solicitação de serviço, como: transformadores, dispositivos de proteção e/ou eventualmente até a subestação.
- Demanda Percentual: considerando o período de 11 meses anteriores ao mês em questão, seleciona-se a máxima demanda registrada e calcula-se 85% deste valor. O que demonstra ser necessária a monitoração do valor da demanda. Pois, um alto valor pode refletir nos valores das faturas dos 11 meses subseqüentes.

### **3.5.1. Demanda Contratada**

É a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada, durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW). A Figura 10 exemplifica a demanda contratada, FUPAI (2006).

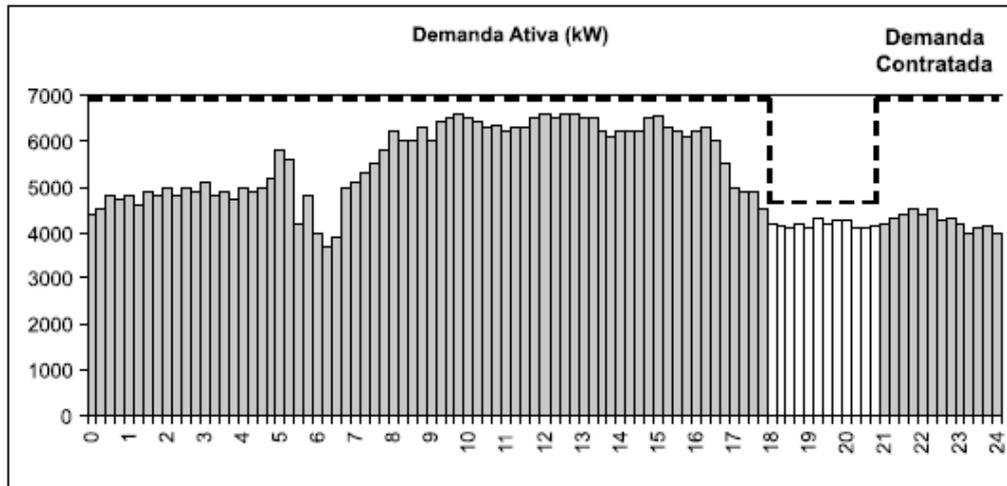


Figura 10. Demanda Contratada para a Curva de Carga

Fonte: Eletrobrás – 2006

### 3.6. Tarifa de Passagem

Segundo a Eletrobrás (2006), sobre a parcela da demanda medida, que superar a respectiva demanda contratada, será aplicada uma tarifa com valor majorado, denominada tarifa de ultrapassagem, caso aquela parcela seja superior aos limites mínimos de tolerância a seguir fixados:

- 1) 5% (cinco por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- 2) 10% (dez por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

Esta tarifa de ultrapassagem aplicável a unidade consumidora faturada na estrutura tarifária convencional, será correspondente a 3 (três) vezes o valor da tarifa normal de fornecimento. Quando inexistir o contrato por motivo atribuível exclusivamente ao consumidor e o fornecimento não estiver sendo efetuado no período de testes, a concessionária aplicará a tarifa de ultrapassagem sobre a totalidade da demanda medida. O faturamento da ultrapassagem da demanda (FDU) será feito segundo as seguintes expressões (Eletrobrás 2006):

A. Tarifa Azul

Ultrapassagem na Ponta. Equação 1:

$$FDUp = (DMp - DCp) \times TUp \text{ (R\$)} \quad (1)$$

Ultrapassagem Fora da Ponta. Equação 2:

$$FDUf = (DMf - DCf) \times TUF \text{ (R\$)} \quad (2)$$

B. Tarifa Verde. Equação 3:

$$FDU = (DM - DC) \times TU \text{ (R\$)} \quad (3)$$

Onde:

DM - demanda medida (kW);

DC - demanda contratada (kW);

TU - tarifa de ultrapassagem (R\$/kW);

p - índice que indica horário de ponta;

f - índice que indica horário fora de ponta.

A Tabela 3 a seguir resume o faturamento tarifário de acordo com o grupo de tarifação sobre a demanda e consumo (Eletrobrás, 2006).

Tabela 3. Resumo do Faturamento Tarifário

	AZUL	VERDE	CONVENCIONAL
Demanda (kW)	Um preço para ponta Um preço para fora de ponta	preço único	preço único
Consumo (kWh)	Um preço - ponta - período úmido Um preço - fora de ponta - período úmido Um preço - ponta - período seco Um preço - fora de ponta - período seco		preço único

Fonte: Eletrobrás - 2006

Segundo o Órgão Consultivo Federal (2007), pondera que o Decreto 86.463, de 13 de outubro de 1.981, concretizou o aperfeiçoamento da definição da estrutura tarifária estabelecendo em seu artigo 14 que: "O custo do serviço do fornecimento de energia elétrica deverá ser repartido entre os componentes de demanda de potência e de consumo de energia elétrica, de modo que cada grupo ou subgrupo se houver de consumidores, responda pela fração que lhe couber".

Informa os valores atualizados das tarifas em moeda corrente nacional (Real), que é praticado atualmente de acordo com a Resolução da ANEEL nº 312, de 06/04/2006 para categoria convencional segundo o Diário Oficial da União (DOU) (2011), conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Valores atualizados de Demanda e Consumo

GRUPO	DEMANDA		CONSUMO	
	(R\$/kW)		(R\$/kW)	
A4 (2,3kV a 25kV)	R\$	30,06	R\$	0,21005
B1 - Residencial Normal	R\$	-	R\$	0,33598
B1* - Residencial até 30kW	R\$	-	R\$	0,11759
B1* - Residencial de 31 até 100kW	R\$	-	R\$	0,20158
B1* - Residencial de 101 até 220kW	R\$	-	R\$	0,30238
B1* - Residencial Superior a 220kW	R\$	-	R\$	0,33598
B2 – Rural	R\$	-	R\$	0,19452
B3 - Demais Classes	R\$	-	R\$	0,31031

Fonte: Diário Oficial da União (DOU), 02 de Fevereiro de 2011.

B1\* = São Classes Residenciais de Baixa Renda.

### 3.7. Energia Ativa e Reativa

Para entender sobre o fator de potência, é necessário que se entenda o que é energia ativa e energia reativa. Segundo a Celpe (2010), grupo de neoenergia, energia ativa é aquela que efetivamente produz trabalho, como por exemplo: o acender de uma lâmpada, o motor girar. E energia reativa é aquela que não produz trabalho, mas é importante para criar o fluxo magnético nas bobinas dos motores, transformadores, geradores entre outros equipamentos, que é responsável pelos

respectivos funcionamentos. A utilização de energia reativa deve ser a menor possível. O excesso de energia reativa exige, por exemplo: condutor de maior secção e transformador de maior capacidade, além de provocar perdas por aquecimentos e queda de tensão.

A soma dessas duas energias, energia ativa e energia reativa, são compreendidas como energia total, conforme ilustra as Figuras 11 e 12 (Celpe, 2010).



Figura 11. Energia Total (soma)

Fonte: Copel, 2005.



Figura 12. Energia Ativa X Energia Reativa, (kWh)

Fonte: Copel, 2005.

### 3.8. Fator de Potência

De acordo com a Celpe (2010), o fator de potência é a relação entre a energia ativa e a energia total. Esta relação mostra se a unidade consumidora consome energia elétrica adequadamente ou não, pois relaciona o uso eficiente da energia ativa e reativa de uma instalação elétrica, sendo um dos principais

indicadores de eficiência energética. Se este fator for próximo de 1(um) indica pouco consumo de energia reativa em relação à energia ativa. Uma vez que a energia ativa é aquela que efetivamente executa as tarefas, quanto mais próximo da unidade for o fator de potência, maior é a eficiência da instalação elétrica. Sendo que consegue ser obtido simplificada pela Equação 4.

$$FPm = \frac{(CA)}{\sqrt{(CA)^2 + (CR)^2}} \quad (4)$$

Onde:

FPm = Valor do fator de potência do período de faturamento;  
 CA = consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento;  
 CR = consumo de energia reativa medida durante o período de faturamento.

O fator de potência é classificado em indutivo ou capacitivo. O fator de potência indutivo significa que a instalação elétrica está absorvendo a energia reativa. A maioria dos equipamentos elétricos possui características indutivas em função das suas bobinas (ou indutores), que induzem o fluxo magnético necessário ao seu funcionamento. O fator de potência capacitivo significa que a instalação elétrica esta fornecendo a energia reativa. São características dos capacitores que normalmente são instalados para fornecer a energia reativa que os equipamentos indutivos absorvem. O fator de potência torna-se capacitivo quando são instalados capacitores em excesso. Isso ocorre, principalmente, quando os equipamentos elétricos indutivos são desligados e os capacitores permanecem ligados na instalação elétrica (CELPE, 2010).

Para Celpe (2010), uma vez que essa energia reativa não é absorvida pela instalação, conseqüentemente é lançada na rede elétrica e captada no medidor, influenciando no fator de potencia medido.

Para Bonelli (2009), os capacitores fixos são utilizados quando a carga da indústria praticamente não varia ao longo de uma carga diária. Também são empregados como uma potência capacitiva de base correspondente à demanda mínima da instalação. Desse modo, um método analítico se apresenta pela Equação 5, para o cálculo da potência dos capacitores a ser instalada:

$$P_c = P_{at} \times (\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2) \quad (5)$$

Onde:

$P_{at}$  – potência ativa, em kW.

$\alpha_1$  – ângulo do fator de potência original.

$\alpha_2$  – ângulo do fator de potência desejado.

Segundo Baltazar, (2010) apesar de simplificada a reação apresentada na equação para se obter o fator de potencia, em circuitos de corrente alternada (CA) puramente resistivos, as ondas de tensão e de corrente elétrica estão em fase, ou seja, mudando a sua polaridade no mesmo instante em cada ciclo. Quando cargas reativas estão presentes, tais como capacitores ou condensadores e indutores, o armazenamento de energia nessas cargas resulta em uma diferença de fase entre as ondas de tensão e corrente. Uma vez que essa energia armazenada retorna para a fonte e não produz trabalho útil, um circuito com baixo fator de potência terá correntes elétricas maiores para realizar o mesmo trabalho do que um circuito com alto fator de potência.

De acordo com Baltazar (2010) a rede elétrica no Brasil é alimentada com tensão alternada (AC) de 127 volts RMS por fase e em 60 Hz. Alguns locais não são 127 volts, mas continuam sendo 60 Hz. Isto quer dizer que a tensão da rede varia de 179,6 V a -179,6 V a cada 0,008 segundos, o que dá um ciclo (sair de zero, ir a 179,6 V, voltar a zero volts, ir a -179,6 V e novamente ir para zero volts) e para executar um ciclo desse se leva 0,016 segundos. Em 1 segundo ocorrem 60 ciclos desse, por isso chamado de 60 Hz, conforme exemplifica o gráfico representado pela Figura 13.

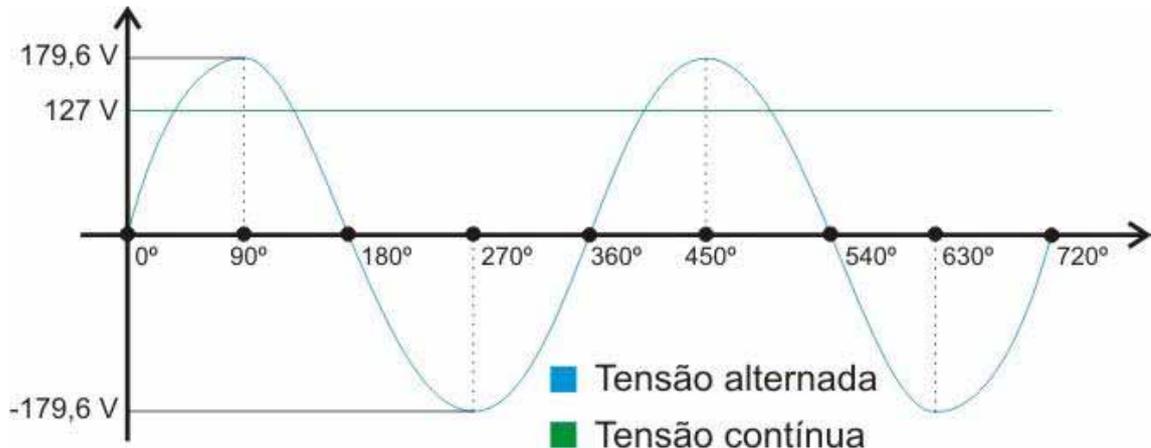


Figura 13. Gráfico da Variação da Tensão X Graus

Fonte: Baltazar, 2010.

O fator de potência é um parâmetro de medição da defasagem entre a tensão e a corrente que circulam por uma rede. Ele é o cosseno do ângulo dessa defasagem. Se a defasagem for de um oitavo de ciclo,  $45^\circ$ , o fator de potência é de cosseno de  $45^\circ$  que é 0,71. A maior defasagem que se pode ter, tanto a corrente estando à frente da tensão quanto estando atrás, é de  $90^\circ$ , sendo assim o fator de potência sempre estará entre zero e 1 (Baltazar, 2010).

Existem basicamente 3 tipos de cargas que podem ser ligadas em uma rede elétrica: cargas resistivas (ex.: ferros de passar roupa, lâmpadas incandescentes, chuveiros), cargas indutivas (ex.: motores, transformadores) e cargas capacitivas (ex.: banco de capacitores, lâmpadas fluorescentes, computadores) (Baltazar, 2010).

Para Baltazar (2010) quando se liga em uma rede uma carga resistiva, a corrente que circula por essa carga também é alternada e acompanha exatamente a tensão aplicada. Quando se é pico na tensão é pico na corrente, e quando é vale na tensão é vale na corrente. Quando isso ocorre diz-se que a tensão e a corrente estão em fase, ou seja, sincronizadas. Logo a defasagem é de zero grau e cosseno de zero é 1 (um); fator de potência é 1 (um). Toda carga puramente resistiva possui fator de potência 1, conforme os gráficos da Figura 14.

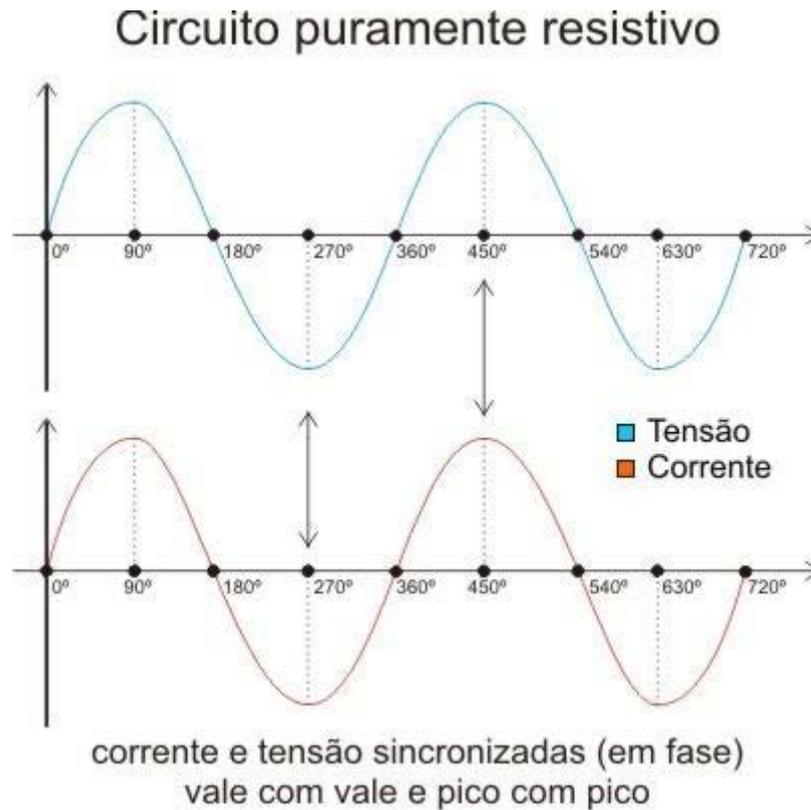


Figura 14. Gráfico Puramente Resistivo

Fonte: Baltazar, 2010.

Já uma carga indutiva, ela provoca atraso da corrente. Ela faz com que, ao ser ligada a corrente comece a circular apenas quando se completa  $\frac{1}{4}$  de ciclo,  $90^\circ$ , da tensão. Isso ocorre devido a campos magnéticos criados pelos enrolamentos de fios (bobinas) existentes na cargas indutivas. Nesse caso o cosseno de  $90^\circ$  é zero. Fator de potência é zero. Toda carga puramente indutiva possui fator de potência zero, conforme os gráficos da Figura 15 (Baltazar, 2010).

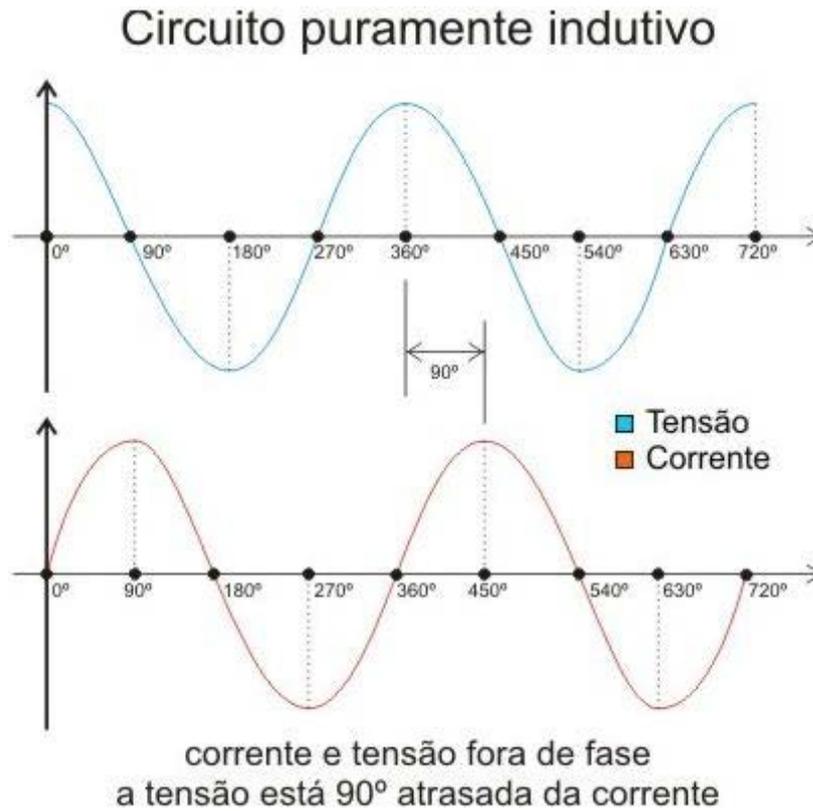


Figura 15. Gráfico Puramente Indutivo

Fonte: Baltazar, 2010.

Segundo Baltazar (2010), em contrapartida, uma carga capacitiva provoca um atraso na tensão. Ela faz com que, ao ser ligada, a tensão só começa a aparecer apenas quando se completa  $\frac{1}{4}$  de ciclo,  $90^\circ$ , da corrente. Isso ocorre devido a campos elétricos criados pelos capacitores existentes nessas cargas. Nesse caso o cosseno de  $90^\circ$  é zero. Fator de potência é zero. Toda carga puramente capacitiva possui fator de potência zero, como mostra os gráficos da Figura 16.

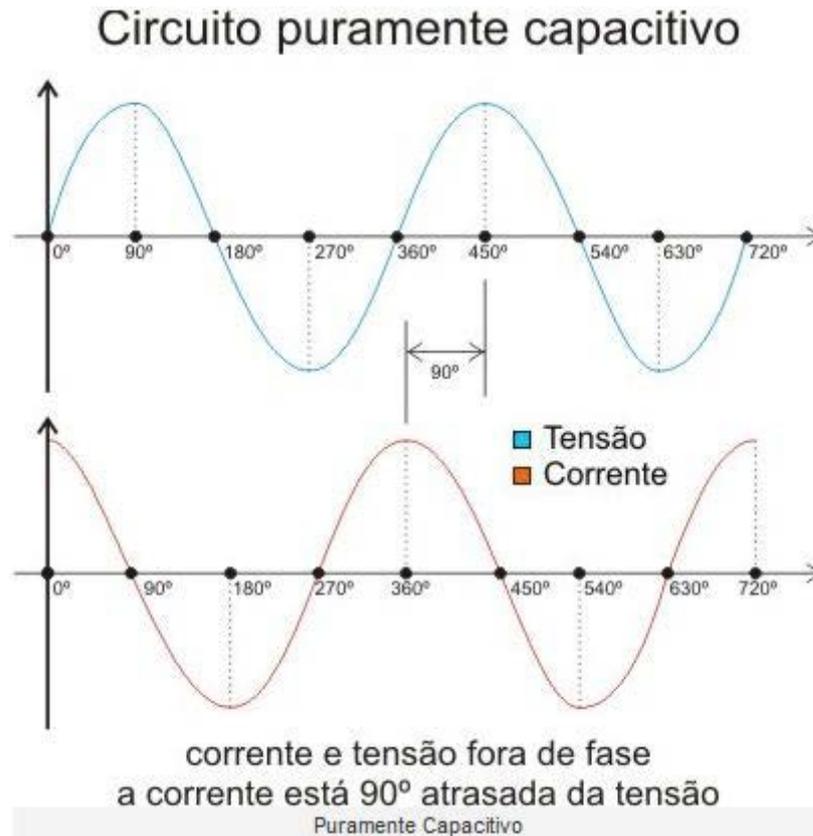


Figura 16. Gráfico Puramente Capacitivo

Fonte: Baltazar, 2010.

Porém isso só acontece quando a carga é puramente resistiva ou puramente indutiva ou puramente capacitiva. Mas o mais comum é a mistura dessas cargas. Nesse caso, dependendo do grau dessas misturas, o ângulo da defasagem varia, podendo atingir qualquer valor entre zero grau e  $90^\circ$ , conforme os gráficos da Figura 17 (Baltazar, 2010).

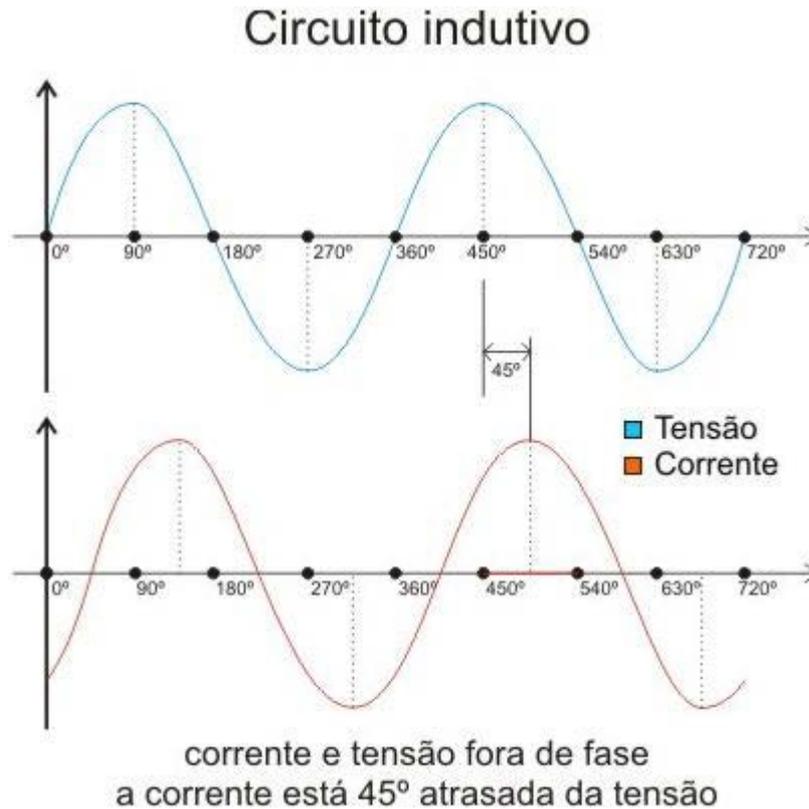


Figura 17. Gráfico Circuito Indutivo

Fonte: Baltazar, 2010.

Conforme Baltazar (2010), neste caso, temos uma dessa mistura: metade indutivo e metade resistivo, provocando um atraso na corrente de 1/8 de ciclo, 45°. Logo o fator de potência é cosseno de 45° que é 0,71.

Um fator de potência baixo é ruim, porque a potência de um circuito elétrico é dada pela multiplicação da corrente que circula na rede com a tensão aplicada. Em uma carga resistiva a tensão anda junto com a corrente. Em uma carga indutiva se diferencia, quando a tensão está em zero volt, a corrente está no seu máximo e quando a tensão está em seu máximo, a corrente é zero ampères. O mesmo acontece para a carga capacitiva. Sendo assim a potência de uma carga puramente capacitiva ou puramente indutiva é sempre zero. Com isso se tem corrente passando na rede e nenhuma potência sendo fornecida. É por essa razão que as concessionárias de energia exigem um fator de potência mínimo, autorizada pela ANEEL; caso contrário elas teriam que ter uma rede elétrica de capacidade muito grande, que suportaria correntes enormes, mas forneceria pouca potência. Aumentando o fator de potência, podem-se usar cabos mais finos, já que a corrente

diminuiria, e assim economizando-se dinheiro em cabos e transformadores. Essa potência é chamada potência ativa. É essa potência que realiza trabalho nas indústrias (Baltazar, 2010).

Segundo Baltazar (2010) para corrigir um fator de potência baixo, basta instalar os dois tipos de carga ao mesmo tempo. Se você tem muita carga indutiva, instala-se carga capacitiva, se tem carga capacitiva, instala carga indutiva. Como um atrasa e o outro adianta, a soma dos dois é uma carga neutra, que nem atrasa nem adianta, ou seja, uma carga puramente resistiva. É como se fosse um cabo de guerra: uma pessoa de cada lado puxando o cabo. Se as duas pessoas tiverem a mesma força, a corda fica no meio (carga resistiva). Se a indutiva for mais forte que a capacitiva, o fator de potência diminui então se instala bancos de capacitores a fim de se igualar as duas.

Matematicamente o fator de potência pode ser definido de acordo com Baltazar (2010) como a relação entre o componente ativo da potência e o valor total desta mesma potência; porém, se ao sistema estão conectadas cargas não-lineares, tais como retificadores, inversores entre outros, o valor que representa o fator de potência diverge do valor obtido através do  $\cos\beta$ , como a Equação 6.

$$\cos\beta = \frac{Pat(hn)}{Pap(hn)} \quad (6)$$

Onde:

Pat (hn) – potência ativa para cargas de conteúdo harmônico de ordem “n”.

Pap (hn) – potência aparente para cargas de conteúdo harmônico de ordem “n”.

### 3.8.1. Normas Para Fator de Potência

A legislação brasileira, através três decretos 62 724 de 1968, 75 887 de 1975 e 479 de 1992; determina a manutenção do fator de potência o mais próximo possível de 1 (um), tanto pelas concessionárias como pelos consumidores (SANTANA, 1992).

Conforme a legislação, esses decretos também determinam a forma de avaliação e o critério de faturamento da energia reativa que exceder os novos

limites. Esses limites são de 0,92, dependendo do horário. Assim, para os períodos entre 6 horas e 24 horas o fator deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida. Também entre as 6 horas e 24 horas, o mínimo estabelecido é 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida. Esses valores estão bem próximos dos adotados para alguns países que estão tipicamente na faixa de 0,92 a 0,96 (ABDO, 1999).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em seu documento “Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – Prodinst módulo 8 – qualidade da energia elétrica”, de 24 de agosto de 2005 traz o seguinte texto:

“A presença da energia e/ou potência reativas faz com que o transporte de potência ativa demande maior capacidade do sistema de transporte pelo qual ela flui. Por este motivo, a responsabilidade de um cliente marginal nos investimentos destinados à expansão da rede será tanto maior quanto mais elevada for sua potência reativa ou, de modo equivalente, quanto menor for seu fator de potência.”

Para Pomilio (2006), muitas cargas tradicionais, como é o caso dos motores elétricos, têm um princípio de operação que exige um consumo de potência reativa. Assim, parece adequado que o regulador admita certa tolerância para o fator de potência das unidades consumidoras.

O valor desta tolerância é expresso através do chamado fator de potência de referência que está hoje fixado no valor de 0,92, o que equivale a permitir ao cliente um consumo de 0,426 kVA<sub>rh</sub> por kWh de energia que absorve (Pomilio, 2006).

De acordo com Pomilio (2006), nos sistemas senoidais, tanto os monofásicos quanto os trifásicos equilibrados e simétricos, a noção do fator de potência é aceita consensualmente. Hoje em dia a proliferação de cargas não lineares e/ou não balanceadas, assim como de cargas com dispositivos chaveados de eletrônica de potência, determina um aprimoramento das disposições contidas nas regulamentações vigentes. Tal melhoria encontra sustentação na tecnologia de amostragem digital hoje disponível no mercado brasileiro, o qual dispõe de instrumentos de medição que permitem incorporar conceitos de potência e fator de potência mais atual.

### 3.8.2. Fator de Potência ou Energia Reativa Excedente

Segundo ABDO (2000), as mudanças ocorridas com o Fator de Potência tiveram início na Portaria DNAEE número 1569, de 23/12/1993 e, atualmente, estão consolidadas na Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000. O fator de potência (FP) é um índice que reflete como a energia está sendo utilizada, mostrando a relação entre a energia realmente útil (ativa – W) e a energia total (aparente – VA), fornecida pelo sistema elétrico.

Conforme ABDO (1999), a resolução de 1999 que fixa o fator de potência de referência “fr”, indutivo ou capacitivo, em 0,92 o limite mínimo permitido para as instalações elétricas das unidades consumidoras, como visto anteriormente. Para as unidades consumidoras do Grupo A, a medição do FP será obrigatória e permanente, enquanto que para aquelas do Grupo B, a medição será facultativa.

A energia reativa capacitiva passa a ser medida e faturada. Sua medição será feita no período entre 23 h e 30 min e 6 h e 30 min e a medição da energia reativa indutiva passa a ser limitada ao período diário complementar (ABDO, 2000).

De acordo com ABDO (1999), na Resolução de 1999 da ANEEL, têm-se que o faturamento correspondente ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência reativa excedentes pode ser feito de duas formas distintas:

- Por avaliação horária: através de valores de energia ativa e reativa medidas de hora em hora durante o ciclo de faturamento, obedecendo aos períodos para verificação das energias reativa indutiva e capacitiva.
- Por avaliação mensal: através de valores de energia ativa e reativa medidas durante o ciclo de faturamento.

Os novos critérios para faturamento regulamentam a cobrança de excedente de energia reativa abandonando a figura do “ajuste por baixo fator de potência” a qual sempre se associou a idéia de multa. O excedente de reativo indutivo ou capacitivo, que ocorre quando o fator de potência indutivo ou capacitivo é inferior ao fator de potência de referência, 0,92, é cobrado utilizando-se as tarifas de fornecimento de energia ativa. Surge então o conceito de energia ativa reprimida, ou seja, a cobrança pela circulação de excedente de reativo no sistema elétrico (ABDO, 1999).

### 3.9. Principais Causas do Baixo Fator de Potência

Causas apontadas segundo COPEL (2006).

- Motores operando em vazio

Os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, quando operando a vazio ou a plena carga.

Entretanto, o mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica solicitada no eixo do motor. Assim, quanto menor a carga mecânica solicitada, menor energia ativa consumida, conseqüentemente, menor o fator de potência.

- Motores super dimensionados

Este é um caso particular do anterior, cujas conseqüências são análogas. Geralmente os motores são super dimensionados, apresentando um potencial de conservação de energia.

É muito comum o costume de substituição de um motor por outro de maior potência, principalmente nos casos de manutenção para reparos que, por acomodação, a substituição transitória passa a ser permanente, não se levando em conta que um super dimensionamento provocará baixo fator de potência.

- Transformadores super dimensionados

É um caso particular do anterior onde transformador de grande potência são utilizados para alimentar, durante longos períodos, pequenas cargas.

- Nível de tensão acima da nominal

Tensão superior à nominal, quando aplicada aos motores de indução, há o aumento do consumo de energia reativa e, portanto, diminui o fator de potência.

- Grande quantidade de motores de pequena potência

A grande quantidade de motores de pequena potência provoca baixo fator de potência, uma vez que o correto dimensionamento desses motores às máquinas a eles acopladas é dificultoso, ocorrendo freqüentemente o super dimensionamento dos mesmos.

### 3.10. Fator de Potência de Motores de Indução

De acordo com COPEL (2006), o motor de indução é um equipamento eletromagnético e, portanto, para funcionar necessita de uma corrente indutiva que possibilita a sua magnetização.

Em vazio (sem carga), o fator de potência ( $\cos \phi$ ) é muito baixo, apresentando valores da ordem de 0,1 a 0,15. Com a aplicação de carga no motor, o fator de potência cresce, atingindo o seu valor máximo a plena carga, Figura 18 (COPEL, 2006).

Conforme COPEL (2006), em geral, quanto menor a velocidade do motor (maior número de pólos), menor o fator de potência. Para uma mesma velocidade de sincronismo. Quanto maior a potência do motor, maior o seu fator de potência.

O Gráfico da Figura 18 mostra a variação do fator de potência máxima em função da velocidade de sincronismo e da potência nominal de motores comumente encontrados no mercado (COPEL, 2006).

Já o Gráfico da Figura 19 mostra o coeficiente que deve ser multiplicado pelo fator de potência máximo, para se obter o fator de potência de operação em função do carregamento do motor (COPEL, 2006).

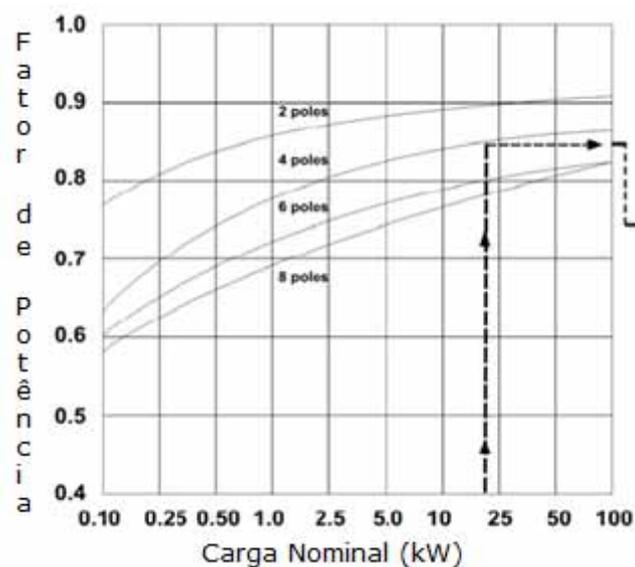


Figura 18. Gráfico Fator de Potencia em Função da Carga nominal - kW

Fonte: COPEL, 2006.

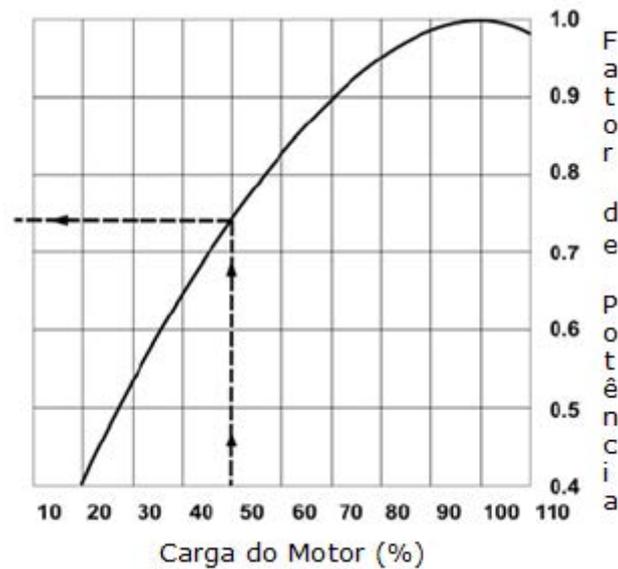


Figura 19. Gráfico do Fator de Potência em Função da Carga do Motor (%)

Fonte: COPEL, 2006.

Conforme a COPEL (2006) um motor de 50 kW, de 2 pólos, aciona uma carga de 15 kW, ou seja, com 30 % de sua potência nominal. Pelo Gráfico da Figura 18 verifica-se que o fator de potência desse motor é igual a 0,92. Para se obter o fator de potência com que o motor opera, utiliza-se o Gráfico da Figura 19, que fornece o coeficiente pelo qual deve ser multiplicado o fator de potência máximo. Para 30 % da potência nominal esse coeficiente é igual a 0,53. Portanto, o fator de potência de operação do motor é:

- $\cos \phi = 0,92 \times 0,53$
- $\cos \phi = 0,49$

Com 75 % de sua potência nominal, pelo Gráfico da Figura 18 obtém-se um coeficiente multiplicador igual a 0,93, que resulta em um fator de potência igual a (COPEL, 2006):

- $\cos \phi = 0,92 \times 0,93$
- $\cos \phi = 0,86$

Para COPEL (2006), o exemplo mostra que o fator de potência sobe proporcionalmente ao carregamento do motor, atingindo valores razoáveis quando o motor estiver operando a 75 % de sua potência nominal.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material

O estudo de análise da energia elétrica foi realizada a partir de visitas técnicas a uma indústria de processamentos de madeira, uma serraria, como mostra a Figura 20, localizada no município de Taquarivaí, na região sudoeste do estado de São Paulo, cuja produção mensal de madeira serrada é em média de 700m<sup>3</sup>. As espécies de matéria-prima utilizada são *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, sendo estes provenientes em sua maioria de áreas de reflorestamento próprio na região entre os municípios de Taquarivaí e Itapeva, ambos no estado de São Paulo. A Indústria possui 14 funcionários com uma jornada de 8 horas de trabalho.



Figura 20. Vista aérea da Indústria de Processamentos de Madeira

O processo produtivo da indústria dispõe dos equipamentos conforme o layout da Figura 21 representado estes por algarismos romanos; já os motores dos equipamentos estão indicados por algarismos ordinais, também mostrados na figura 23.



Tabela 5. Legenda dos Equipamentos da Indústria

<b>Legenda</b>	<b>Equipamento</b>
I	Entrada de Matéria-Prima
II	Serra-Fita Vertical
III	Multilâmina
IV	Esteira de Resíduos
V	Transportador de Rolos
VI	Alinhadeira
VII	Transportador de Corrente
VIII	Destopo
IX	Banho Químico
X	Armazenamento
XI	Destopo Pendular
XII	Afiação
XIII	Picador
*	Quadros de Energia

Tabela 6. Legenda dos Motores dos Equipamentos da Indústria

<b>Legenda</b>	<b>Motor do Equipamento</b>	<b>Potência</b>
1	Transportador de Corrente	5cv
2	Transportador de Corrente	5cv
3	Transportador de Corrente	3cv
4	Carro Porta Toras	3cv
5	Serra de Fita Vertical	50cv
6	Carro Porta Toras	5cv
7	Avanço da Tora	3cv
8	Serra de Fita Horizontal	40cv
9	Transportador de Correia	3cv
10	Transportador de Corrente	2cv
11	Transportador de Correia	3cv
12	Transportador de Corrente	2cv
13	Transportador de Corrente	2cv
14	Transportador de Avanço	3cv
15	Refiladeira	30cv
16	Transportador de Corrente	2cv

17	Transpotador de Corrente	3cv
18	Destopadeira	3cv
19	Destopadeira	3cv
20	Transpotador de Corrente	3cv
21	Transpotador de Corrente	2cv
22	Afiação	2cv
23	Afiação	1cv
24	Afiação	1cv
25	Picador	40cv
26	Transpotador de Correia	3cv
27	Transpotador de Correia	2cv
28	Transpotador de Correia	2cv
29	Compressor	40cv
30	Compressor	20cv

---

#### 4.1.1. Analisador SAGA 4500

Para a realização das medições dos parâmetros da rede de energia elétrica, utilizou-se de dois aparelhos SAGA 4500, como mostra a Figura 22, que é um medidor registrador analisador eletrônico de parâmetros elétricos trifásicos com aquisição digital de sinais e de processamento numérico.



Figura 22. Analizador SAGA 4500

Fonte: Manual do Fabricante

O SAGA por sua vez permite registrar na memória até 10 (dez) “campanhas” de medição. Entende-se por “campanha”, registrar medições com data e hora de início e data e hora de fim com um intervalo de registro pré-definido, ou seja, cada leitura de uma “campanha” tem os registros: grandezas com a data e hora que ocorreu o registro; quantidade de energia do período medido; parametrização do local onde foi executado.

As parametrizações do medidor podem ser feitas pelos botões contidos no medidor ou através do programa PLAWIN4500. O programa PLAWIN4500 é um programa em Windows que executa a tarefa de leitura e ou parametrização do medidor analisador SAGA4500, disponibilizando as leituras em arquivos no formato de planilha do Microsoft Excel.

Utiliza um DSP - Digital Signal Processor, dedicado para realizar a aquisição digital dos sinais elétricos, e um microcomputador dedicado para o processamento das grandezas medidas, permitindo assim que o SAGA4500 atenda a todos os atuais requisitos da medição de energia, apresentando as características básicas:

- Fornece os valores de potência nos quatro quadrantes (bidirecional).
- Fornece as grandezas primárias de tensão, corrente e fator de potência.
- Grandezas elétricas medidas: Tensão máxima, média e mínima, corrente, frequência, potência ativa fornecida e recebida, potência reativa fornecida e recebida, potência aparente, fator de potência, energia ativa fornecida e recebida, energia reativa fornecida e recebida.
- Medidor Eletrônico do tipo auto-range, possui 2 escalas para tensão e 5 para corrente, assegurando elevada exatidão em toda a faixa de medição.
- Medidor disponível com classe de exatidão de 1%.
- Registrador Programável com memória de massa 1Mb.
- Gabinete de policarbonato para instalação ao tempo (poste).
- Medição de harmônicos THD de potência.
- Entradas de tensão tipo A,B,C,N, entradas de corrente tipo A, B e C.<sup>1</sup>
- Acompanham os medidores analisadores, 04 pontas de prova de tensão, 03 sensores de corrente, maleta para transporte e programas aplicativos.

O período de registro programável pode ser: 2seg., 5seg., 10seg., 15seg., 30 seg., 1 min., 5 min., 10 min., 15 min., 30 min., 60 min.; a Taxa de Amostragem é de 1920 amostras por segundo, por canal de medição (03 canais de tensão e 03 canais de corrente).

#### **4.1.2. Outros Aparelhos**

Foram utilizados também um alicate amperímetro, Figura 23, este utilizado para auxiliar na instalação do aparelho SAGA, verificando o sentido da corrente; e uma chave teste, Figura 24, simplesmente pelo fator de segurança na indústria antes de tocar algum equipamento, evitando acidentes.

---

<sup>1</sup> É cada uma das fases que estão defasadas em 120 graus uma das outras, num total de 360 graus, sendo N o neutro.



Figura 23. Alicete Amperímetro



Figura 24. Chave Teste de Energia

## 4.2. Métodos

Para este estudo, foram necessários 2 aparelhos SAGA, pois foram analisados o global, ou seja, toda a indústria em seu funcionamento e também um equipamento, o picador.

Iniciando a instalação dos aparelhos SAGA, foi necessária a localização dos quadros de energia responsável pela alimentação das máquinas/equipamentos que se deseja fazer a análise elétrica, no caso do global e do picador. As Figuras 25 e 26 mostram os quadros de energia que foram instalados os SAGA's.



Figura 25. Quadro de Energia Responsável pelo Global



Figura 26. Quadro de Energia Responsável pelo Picador

Para a instalação, previamente é necessário programar o equipamento SAGA, tais como data/hora, grandezas de medições, entre outros parâmetros, para que este faça as análises corretamente. Foi necessária também uma avaliação da

bateria que alimenta o equipamento para após a análise da rede elétrica e o desligamento do padrão for feito, este não perderá as informações adquiridas e suportará guardar os dados até seu descarregamento em um computador. Neste caso foram avaliadas duas baterias com necessidade de substituição, pois poderia acarretar em perdas dos dados. Também é de suma importância definir e marcar quais os equipamentos SAGA analisará quais máquinas, pois os resultados são únicos.

Durante a instalação foi necessário bastante atenção, pois necessita de passar um cabeamento por trás do barramento de energização e trazê-lo para frente para ligá-lo no SAGA, Figura 27 e 28, portanto o risco de acidente é grande.



Figura 27. Instalação do Aparelho SAGA no Quadro de Energia



Figura 28. Instalação do Aparelho SAGA no Quadro de Energia

Durante a instalação é necessário a atenção para a correta seqüência ABC dos barramentos. Cada barramento é representado por uma letra “A”, “B” ou “C” para quadros trifásicos; sendo cada barramento uma fase. O equipamento SAGA tem por configuração a correta seqüência e ao passar os cabeamentos podem ser que no quadro esteja colocado em ordem errada, como exemplo ACB, BAC, etc. Surge então a necessidade de repassar os cabeamentos do SAGA para que ele possa ler seqüência correta de ABC. Outro ponto que é necessário a atenção é para a correta passagem dos cabeamentos, citado anteriormente, pois estes têm que ser passados conforme o sentido da corrente, para que o valor analisado não saia negativo, ou seja, o quadro de energia doando corrente ao invés de receber; utilizado a partir daí o alicate amperímetro anteriormente citado.

Como já mencionado, o analisador de rede SAGA necessita de alguns ajustes de configuração de pré-instalação, para que assim correspondam as expectativas esperadas na medição. Por padrão as concessionárias de energia elétrica fazem uma análise da rede a cada 15 minutos e registram os dados. Por padrão do equipamento SAGA também já é pré-definido com 15 minutos de intervalo

para as análises, com opção de alteração destes tempos para melhor adequação do uso.

Para a realização deste estudo foi utilizado análises da rede a cada 2 segundos. Este intervalo de tempo se dá para uma melhor análise da máquina pelo tipo de perfil de utilização. Como já visto que uma máquina (motor) quando opera em vazio o fator de potência cai. Portanto como em uma serraria o perfil da máquina é intermitente, ou seja, com carga e sem carga em poucos segundos, a análise foi ajustada para este intervalo de tempo (de 2 segundos) para se obter na integra o verdadeiro perfil da máquina.

O equipamento foi deixado fazendo a leitura da rede em um intervalo de tempo de 4 horas com pleno funcionamento da indústria. A data da análise foi no dia 05/08/2010, a partir das 13horas.

Para o estudo também foi necessário a posse das faturas de consumo de energia elétrica. As faturas para análise foram referentes à 18 meses (um ano e meio), onde se fez cálculos dos fatores de potência e valores referentes a estes fator, demanda, e o quanto isto representa proporcionalmente (pagamento extra) no consumo.

Sendo assim, para o cálculo do fator de potência utiliza-se das Equações 7 e 8.

$$FP = \frac{Pat}{Pap} = \cos \varphi = \cos \left( \text{arc tg } \frac{Pre}{Pat} \right) \quad (7)$$

$$FP = \frac{Pat}{\sqrt{Pat^2 + Pre^2}} \quad (8)$$

Onde:

FP = Fator de Potência;

Pat = Potência Ativa (kWh);

Pap = Potência Aparente, (kWA);

Pre = Potência Reativa, (kWA<sub>r</sub>).

### 3.1.1. Dados Registrados

Depois de obtidos os dados em campo, foram feitas transferências de dados para um computador. É de se observar que a transferência é um pouco morosa pelo fato de um alto número de dados e de transferência ocorrer por via óptica, uma vez que o equipamento SAGA esteve em contato por um longo tempo com a rede de energia. Se uma transferência fosse feita via cabo, poderia acarretar algum dano para um ou ambos os aparelhos (computador/SAGA).

Os dados foram lidos a partir de um software chamado Landis+Gyr SAGA, Figura 29, que registra os dados para obtenção de gráficos para uma análise de resultados.

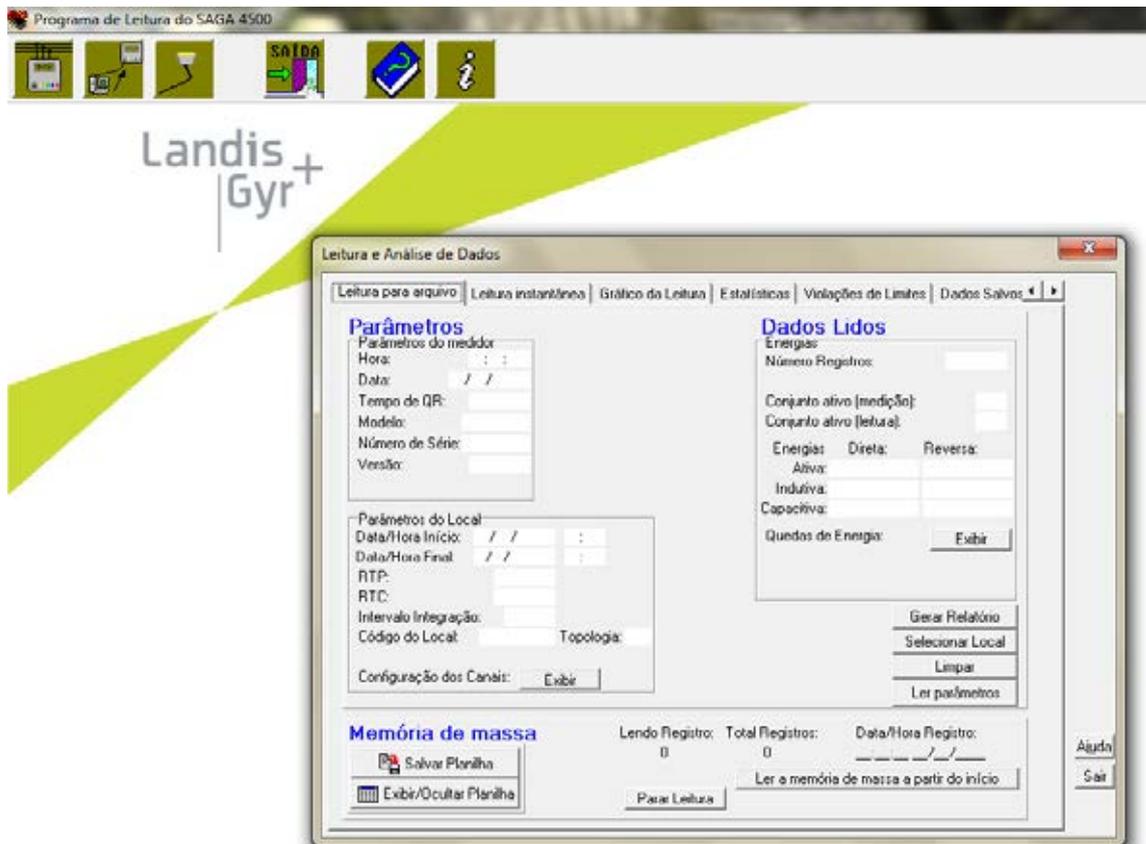


Figura 29. Tela de Entrada do Software Landis+Gyr

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos na indústria pelo analisador de grandezas SAGA 4500, foi possível gerar gráficos alusivos ao consumo de energia elétrica e ao fator de potência, sendo um do global (de todos os equipamentos da indústria) e outro do picador. O picador foi escolhido para a análise, uma vez que é o equipamento de maior intermitência na questão de uso e como consequência os fatores elétricos. Os gráficos foram gerados a partir do software PLAWIN 4500, por ser referente ao aparelho SAGA. Os dois gráficos foram elaborados por este software, garantindo maior exatidão, uma vez que há um alto número de dados coletados. Também foi traçado uma reta da média aritmética. É importante ressaltar que o analisador de grandezas ficou instalado a rede elétrica durante 4 horas consecutivas em um dia normal de trabalho, coletando dados a cada 2 segundos. Para a confecção do gráfico, foi considerado somente 2,5 horas, do período das 10:30:00 horas até 13:00:00 horas do dia da análise, visto ao grande número de dados coletados (aproximadamente 5400) para cada fator e também um prazo de tempo para a instalação de um aparelho SAGA 4500 e outro.

Somente dois aparelhos SAGA destes pode ser usados no trabalho, por causa do alto valor agregado, dificultando assim empréstimos dos mesmos. Por causa desta dificuldade, também só foi possível a medição em dois dias somente e por problemas técnicos só foi contabilizado um dia no experimento, visto a impossibilidade de novas medições.

Portanto para as análises do consumo de energia elétrica ou potência ativa, no global e no picador, podem ser verificados nas Figuras 30 e 31.

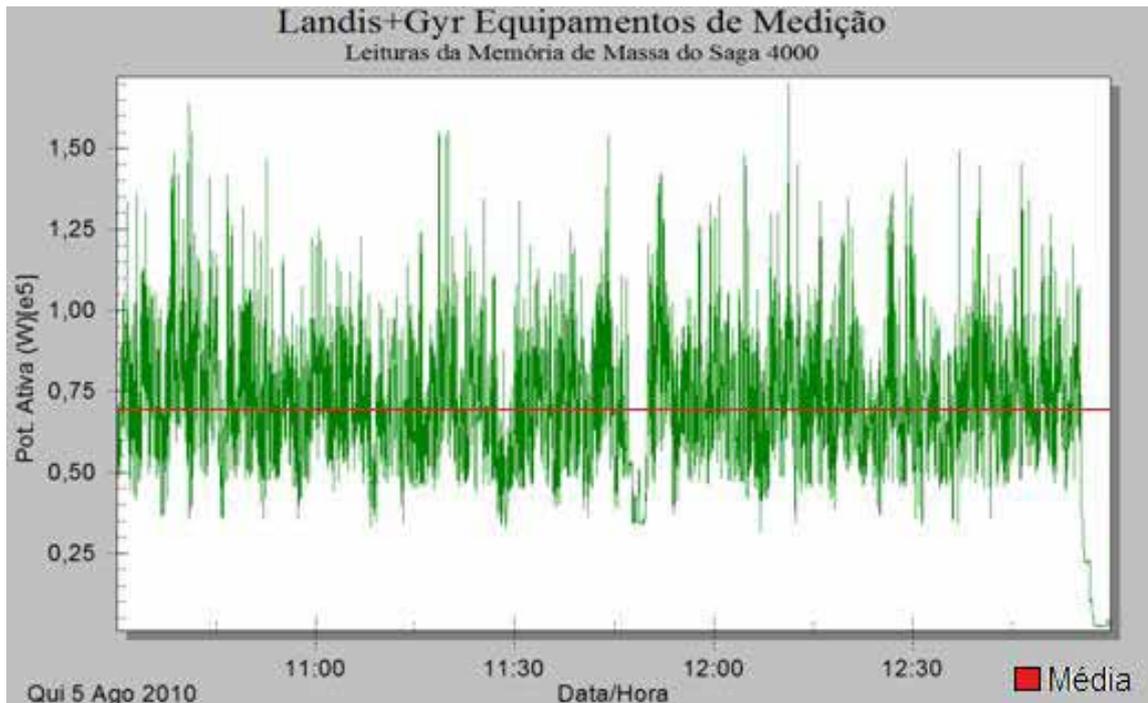


Figura 30. Potência Ativa Global (Software PLAWIN)

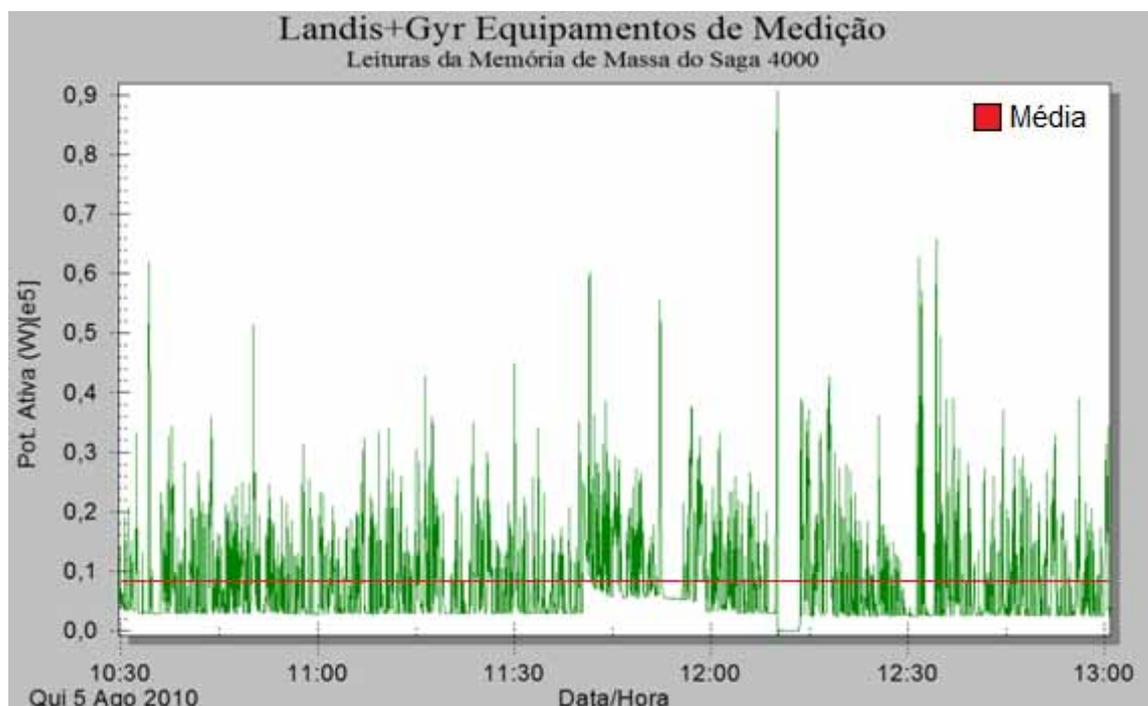


Figura 31. Potência Ativa do Picador (Software PLAWIN)

Na Figura 30 verifica-se grandes variações na potência ativa da indústria, ou seja, variações no consumo de energia elétrica, observada no gráfico por picos e

vales. Este fato se deve a intermitência de utilização dos equipamentos isto é, passagem da tora de madeira na serra de fita vertical, horizontal, multilâmina ou mesmo pelo picador como se pode observar pelo gráfico da Figura 31. Porém este por sua vez, o picador, tem variações mais espaçadas entre picos e vales uma vez que ele trabalha em função da produção de refugos dos outros equipamentos citados acima.

Um detalhe atípico nas variações ocorreu na Figura 30, próximo das 13 horas, que o consumo de energia cai, fato este não encontrado no decorrer da análise. Isto se deve a parada da produção, ou seja, o desligamento dos equipamentos do processo produtivo para o horário de almoço.

No gráfico da Figura 31, entre as 11:45 e 12:00, acontece uma certa estagnação no consumo que poderia ser caracterizado pelo fato do picador estar girando em falso como próximo as 12:15. Porém não é esta a razão pois, pode-se observar que a linha do gráfico permaneceu durante um certo tempo com uma retiliniedade só que mantendo acima do ponto de consumo mínimo como mostra durante todo o gráfico. Este fato então deve-se a alguma falha que o motor já está apresentando, seja ela mecanicamente ou patinamento dos rolamentos; fato este que não foi verificado.

Algo interessante a ressaltar é que o SAGA foi configurado para leitura de dados a cada 2 segundos e não a cada 15 minutos como padrão das concessionárias de energia, portanto permitindo assim observar fadigamento ou falha do motor. Se configurado o SAGA com os 15 minutos padrão não seria possível esta observação, uma vez que o fato durou cerca de 5 minutos.

Um fato importante a ser observado, é nas variações dos picos e vales, ou seja, nos picos há o consumo de energia devido ao desdobramento de madeira em alguma etapa do processo produtivo. Já os vales representam a inoperância do equipamento, comumente conhecido como “girando em vazio”, devido à espera de madeira para continuidade no processo ou outro fator qualquer de espera, que causa o consumo de energia reativa. Conforme a legislação vigente no país, caso a indústria opere abaixo do fator de potência, de 0,92, a mesma está sujeita ao pagamento de multas e encargos financeiros cobrados na fatura da conta de energia elétrica. Este fator pode ser corrigido com bancos de capacitores nos quadros de distribuição de energia, caso haja necessidade.

Tendo isto em vista, também foram gerados gráficos dos fatores de potência global e do picador, pelo mesmo software PLAWIN e seguindo os mesmos critérios já citados para energia ativa; como pode ser observado pelas Figuras 34 e 35.

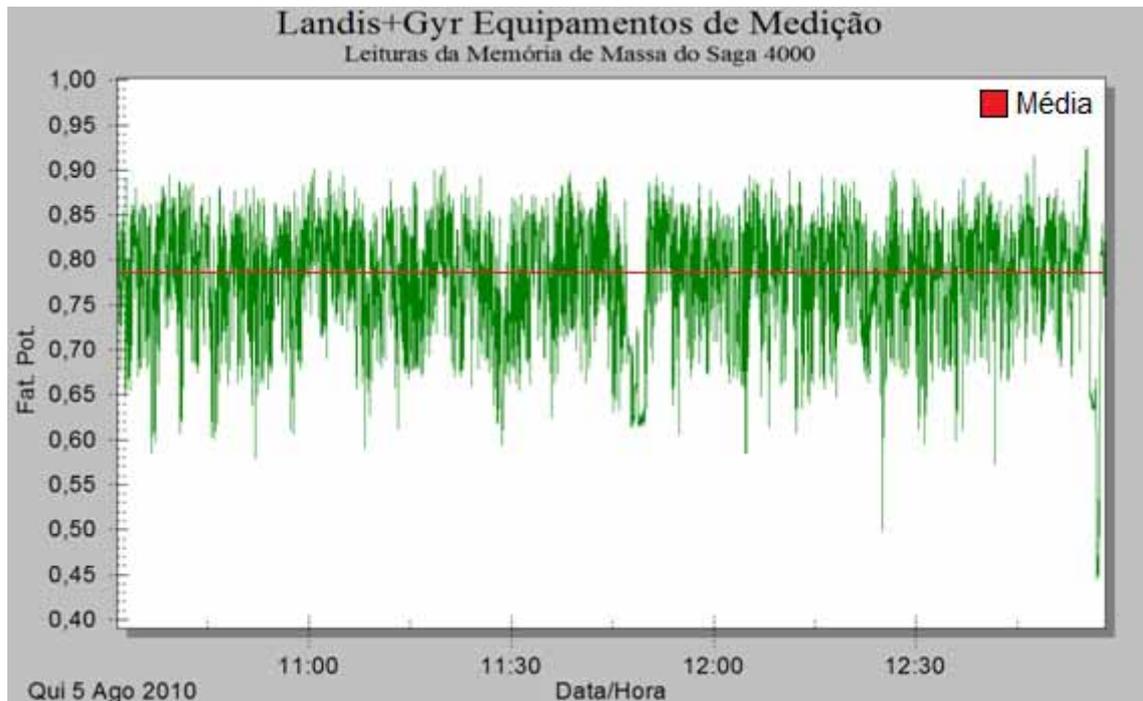


Figura 32. Fator de Potência Global (Software PLAWIN)

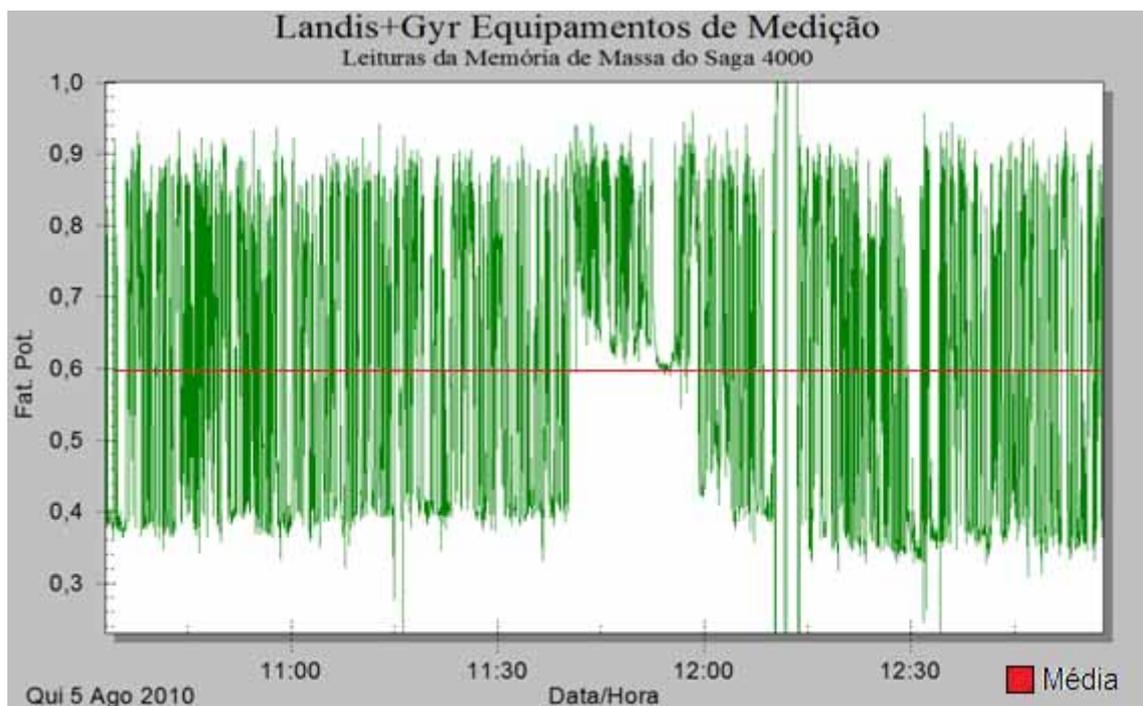


Figura 33. Fator de Potência do Picador (Software PLAWIN)

Nas Figuras 32 e 33 foram observadas também variações como as das Figuras 30 e 31 de energia ativa. Em vista dos gráficos, tanto da indústria (global) quanto do picador, o fator de potência ficou abaixo do 0,92 estipulados pela lei sob pena de multa; 0,79 de fator de potência no Global e 0,6 de fator de potência no Picador para o respectivo período de tempo analisado para o dia 5 de agosto de 2010.

Para tanto tem-se de levar em consideração que a análise com o SAGA, foi feita apenas em um dia trabalho normal e este apenas em 2,5 horas consideradas. Para uma melhor definição do que se apresenta na indústria, é possível calcular com equações específicas este fator e sua multa conforme a variância do 0,92, com análises das faturas de energia elétrica.

Para uma melhor visão do que se passa realmente na indústria, as faturas de energia elétrica analisadas vão do mês de novembro de 2008 até abril de 2010, totalizando assim 18 contas. Tendo isso como base, pôde-se elaborar uma tabela para facilitar a visualização e apresentando somente itens de interesse como mostra as Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Dados das faturas de energia elétrica (novembro de 2008 à abril de 2010)

Mês/Ano	Energia Ativa (KWh)		Demanda (KWh)		Energia Reativa (KWh)	
	Ponta	For a de Ponta	Ponta	For a de Ponta	Ponta	For a de Ponta
nov/08	240	10766	10	88	6	958
dez/08	168	7980	8	85	6	759
jan/09	134	5993	7	83	6	474
fev/09	162	6332	8	96	16	640
mar/09	171	8376	29	90	4	697
abr/09	211	8981	10	95	3	932
mai/09	233	9151	9	93	3	803
jun/09	292	8963	12	100	3	635
jul/09	297	7972	13	95	7	786
ago/09	312	8869	13	101	3	780
set/09	240	8959	11	86	4	751
out/09	220	7900	11	86	3	730
nov/09	212	6631	10	84	1	723
dez/09	213	6690	11	84	1	730
jan/10	188	6963	8	84	1	546
fev/10	213	7568	8	84	1	789
mar/10	235	8364	9	85	1	968
abr/10	262	9373	10	88	1	1341

Tabela 8. Dados referentes as faturas de energia elétrica de novembro de 2008 à abril de 2010

Mês/Ano	Demanda Reativa (KWh)		Tarifa (R\$/KWh)	
	Ponta	For a de Ponta	Fora de Ponta	Ponta
nov/08	3	85	0,11682	1,18378
dez/08	3	80	0,11511	1,16509
jan/09	4	74	0,10657	1,16613
fev/09	4	93	0,10657	1,16613
mar/09	9	84	0,10657	1,16613
abr/09	6	84	0,10657	1,16613
mai/09	7	83	0,10657	1,16613
jun/09	10	90	0,11682	1,18378
jul/09	8	86	0,11682	1,18378
ago/09	9	91	0,11682	1,18378
set/09	6	80	0,11682	1,18378
out/09	6	80	0,13266	1,20694
nov/09	6	81	0,13559	1,21123
dez/09	6	81	0,13559	1,21123
jan/10	5	73	0,13559	1,21123
fev/10	5	80	0,12372	1,19077
mar/10	6	83	0,12372	1,19077
abr/10	7	90	0,12372	1,19077

Com os valores das Tabelas 7 e 8 é possível calcular através de algumas equações os fatores de potência de cada mês, estes apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Fatores de Potência da Indústria no Período de novembro de 2008 à abril de 2010

Mês/Ano	Fator de Potência
nov/08	0,89
dez/08	0,89
jan/09	0,89
fev/09	0,88
mar/09	0,89
abr/09	0,88
mai/09	0,89
jun/09	0,90
jul/09	0,89
ago/09	0,89
set/09	0,89
out/09	0,89
nov/09	0,88
dez/09	0,88

jan/10	0,89
fev/10	0,88
mar/10	0,88
abr/10	0,87
Desvio Padrão	0,007

Com os dados da Tabela 9 é possível observar graficamente os fatores de potência ao longo dos 18 meses da análise, como mostra a Figura 34.

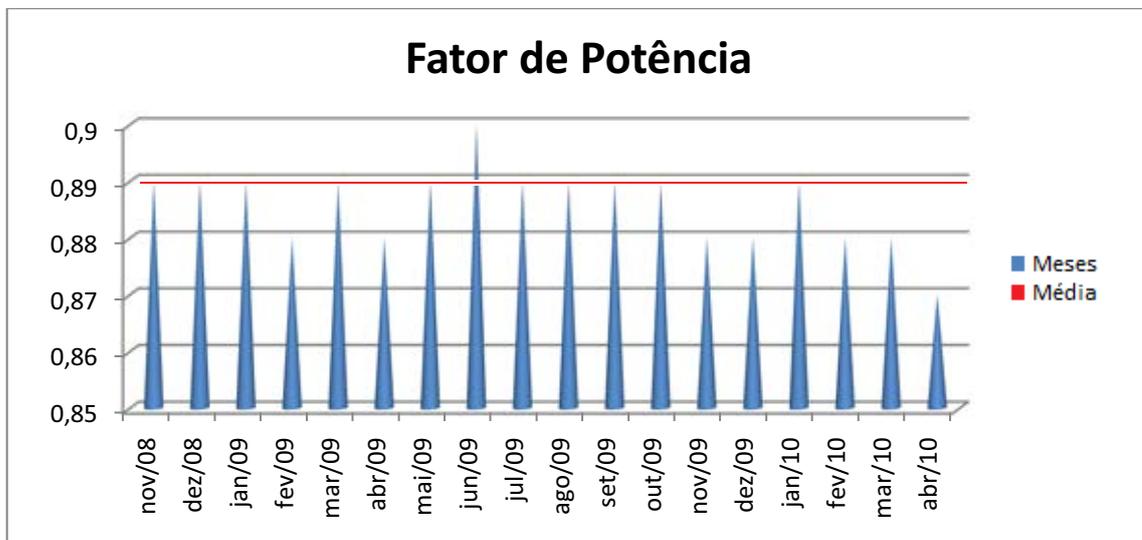


Figura 34. Fator de Potência ao longo dos 18 meses analisados

Para tanto conforme a análise da Figura 34 e Tabela 9 nota-se que a indústria estudada apresenta um fator de potência abaixo dos 0,92, sendo este que em nenhum mês o valor foi alcançado. Deste modo a indústria teve que arcar com tributos por estar fora do padrão estipulado. A média do fator de potência apresentada para os 18 meses foi de  $0,886 \pm 0,007$ .

O valor praticado na aplicação deste tributo está associado em qual enquadramento tarifário à indústria está inserida, neste caso específico da serraria ela está cadastrada como Industrial horo-sazonal verde, trifásico e dentro dos limites adequados de tensão de 12.834 (V) a 14.490 (V) encaixando então no grupo "A" e subgrupo "A4", sendo este de 2,3KV até 25KV. Portanto a multa ocorrerá de acordo com a tarifação de consumo, ou seja, o mesmo valor cobrado por KWh de energia ativa, será aplicado para a energia reativa fora de ponta. Já para a energia reativa

no período de ponta o valor sobe grosseiramente chegando a quase dez vezes a taxa praticada em período fora de ponta.

Já para a demanda, existe uma cota recém contratada que fica a disposição da indústria para utilização. Está por sua vez é contratada para partidas em motores, uma vez que utiliza-se bastante energia para a retirada do motor da inércia. No caso desta serraria a demanda recém contratada todo mês é de 100 KWh.

As taxas cobradas mudam constantemente de acordo com variações econômicas no país, porém toda vez que está taxa sobe ela é publicada previamente em diário oficial. Como exemplo, de acordo com o diário oficial da união (DOU) na página 47, seção 1 do dia 2 de fevereiro de 2011, foi anunciado o valor para os futuros meses até nova publicação. O valor anunciado vem em MWh e como está sendo estudado em KWh, o valor segue transformado; o valor é para o subgrupo “A4”, R\$1,173 / KWh para período de ponta seco; R\$ 1,153 / KWh para período de ponta úmido; R\$0,135 / KWh para período fora de ponta seco e R\$0,123 / KWh para período fora de ponta úmido. Já para a demanda no subgrupo “A4” o valor do KWh excedente é de R\$30,06.

Há um ponto interessante a se observar que a multa sobre a demanda excedente só entra em vigor uma vez que a indústria extrapola em 10% o valor contratado, pelo fato do enquadramento tarifário em que a indústria está inserida.

Portanto com estes padrões e as contas em mãos, pode-se elaborar uma planilha com os valores de energia ativa (consumo), energia reativa (devido ao baixo fator de potência) e demanda excedida da fábrica, confirme mostram as Tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Valores da Energia Reativa e Demanda Excedente

Energia Reativa de Ponta (R\$)	Energia Reativa For a de Ponta (R\$)	Demanda Excedida de Ponta (R\$)	Demanda Excedida For a de Ponta (R\$)
7,10	111,91	0	0
6,99	87,37	0	0
7,00	50,51	0	0
18,66	68,20	0	0
4,66	74,28	0	0
3,50	99,32	0	0
3,50	85,58	0	0
3,55	74,18	0	0

8,29	91,82	0	0
3,55	91,12	0	0
4,74	87,73	0	0
3,62	96,84	0	0
1,21	98,03	0	0
1,21	98,98	0	0
1,21	74,03	0	0
1,19	97,62	0	0
1,19	119,76	0	0
1,19	165,91	0	0

Tabela 11. Valores da Energia Ativa (consumo)

Consumo de Ponta (R\$)	Consumo Fora de Ponta (R\$)
284,11	1257,68
195,73	918,59
156,26	638,67
188,91	674,80
199,41	892,63
246,05	957,11
271,71	975,22
345,66	1047,06
351,58	931,29
369,34	1036,08
284,11	1046,59
265,53	1047,99
256,78	899,10
257,99	907,10
227,71	944,11
253,63	936,31
279,83	1034,79
311,98	1159,63

Analisando a Tabela 10, nota-se que a não houve tarifação cobrada sobre a demanda excedente. Este fato se dá porque o valor dessa demanda não extrapolou os 10% de carência dos contratados 100 KWh, como pode-se observar na Tabela 7, mais precisamente no mês de agosto, quando esta extrapolou em 1% a demanda contratada.

Para ter uma melhor idéia do que representa o pagamento da multa devido ao baixo fator de potência nesta indústria, através de Tabela 12, pode-se ter

uma noção em termos percentuais sobre a energia ativa, ou seja, quanto representa este tributo pelo que se paga do consumo.

Tabela 12. Porcentagem de multa sobre o consumo de energia elétrica

Porcentagem de Ponta	Porcentagem Fora de Ponta
2,50%	8,90%
3,57%	9,50%
4,48%	7,90%
9,88%	10,10%
2,34%	8,30%
1,42%	10,40%
1,29%	8,80%
1,03%	7,10%
2,36%	9,90%
0,96%	8,80%
1,67%	8,40%
1,36%	9,20%
0,47%	10,90%
0,47%	10,90%
0,53%	7,80%
0,47%	10,40%
0,43%	11,60%
0,38%	14,30%
Média	Média
1,98%	9,62%
Desvio Padrão	Desvio Padrão
0,02%	0,02%

Vale à pena lembrar que a tarifa cobrada (multa), é posteriormente tributada com encargos como o consumo, entre eles o ICMS e PIS / COFINS.

## 6. CONCLUSÃO

Pelas análises de fatores e variáveis obtidas neste estudo, quando em questão de demanda é possível concluir que a indústria não está ultrapassando a demanda contratada. Porém no estudo e análise das faturas ao longo destes 18 meses pôde-se observar que a indústria opera na iminência da tolerância da demanda, em virtude de partidas, acionamento de motores e equipamentos que se encontram estáticos. Ela por sua vez não chega a pagar multa, porém há uma necessidade de atenção para qualquer alteração no processo produtivo, seja por aquisição de equipamentos ou alteração da potência de motores, que esta então estará possivelmente enquadrada sob penalidade de pagamento de multa.

Um problema apresentado na indústria ao decorrer do estudo é no que se diz respeito ao baixo fator de potência, ou seja, abaixo dos 0,92 estabelecidos por lei. Esta ocorrência apareceu durante toda a análise no dia da medição feita na indústria com o aparelho SAGA 4500, tanto no global como no picador. Para o analisador SAGA foi amostrado somente em 1 dia de medição. Também se apresentou abaixo dos 0,92 na análise das faturas de energia elétrica durante os 18 meses.

O baixo fator de potência se deve ao mau dimensionamento dos motores, equipamentos e também pela inoperância com motor ligado.

Para resolver esta deformidade é comumente utilizado da instalação de banco de capacitores nos quadros de energia, fazendo assim a correção da energia reativa.

Por todo este período houve penalidade de multa sob a indústria, que foi analisada separadamente por período de Ponta e Fora de Ponta, mas que se mostrou no total uma representação média de 10% do valor pago consumido.

É importante ressaltar a importância desta normalidade, pois há uma representação significativa monetariamente, inclusive aplicando-se a outras indústrias, serrarias que têm altos valores gastos com energia elétrica.

Portanto é de suma importância um bom projeto para implantação, expansão e modificação da indústria, evitando assim gastos desnecessários e acarretando em minimização no custo da produção.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB - Consultoria em eficiência energética. **Eficiência energética Industrial 2010**. São Paulo.

ABDO, J. M. M. Diretor Geral. **Resolução de 1999 - ANEEL**. Brasília.

ABDO, J. M. M. Diretor Geral. **Resolução Número 456 - ANEEL**. Brasília: Aneel, 2000.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2007**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2008**. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>>. Acesso em: 18 mai. 2011.

ABREU, B. **Soluções para a Indústria**: Siemens Melhora a Eficiência Energética na Indústria. São Paulo: Margraf, 2009.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 300 – 2008**. SPE – Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética. Brasília.

ASSUMPÇÃO, M. G. Ministério De Minas E Energia. **IMPLEMENTAÇÃO DA LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**: COMITÊ GESTOR DE INDICADORES E NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – CGIEE. Brasília: Secretaria De Energia, 2002.

BALTAZAR, J. **Definição de Fator de Potência**. Viçosa: UFV, 2010.

BARBALHO, A. R.; VELLOSO, J. P. R. **Decreto no 75.887, de 20 de junho de 1975**: Decreto de ERNESTO GEISEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bdec196862724.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

BONELLI, M. L.; ROSSI, J. C.; ARAÚJO, R. M. **ENERGETIC EFFICIENCY IN THE PUBLIC SECTOR:CASE STUDY**. Ilha Solteira: Pet/mec/sesu, 2009.

CAVALCANTI, J. C. **DECRETO Nº 62.724, DE 17 DE MAIO DE 1968**: Normas gerais de tarifação para as empresas concessionárias de serviços públicos de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bdec196862724.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

CELPE (Pernambuco). **FATOR DE POTÊNCIA**: Fator de Potência e Energia Ativa e Reativa. Recife: Celpe, 2007.

CELPE (Pernambuco). **Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/energiareativa/default.asp>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

COMENERGY (Porto Alegre). **Eficiência Energética em Motores Elétricos**. Disponível em: <<http://www.grupocom.com.br/comenergy/site/>>. Acesso em: 12 jul. 2010.

COPEL (Paraná). **FATOR DE POTÊNCIA**: COMO TRANSFORMÁ-LO EM UM FATOR DE ECONOMIA. Curitiba: Copel, 2005.

COPEL (Paraná). **MANUAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA**. Superintendência Comercial de Distribuição - SDC. Curitiba: Copel, 2005.

COPEL. **PROJETOS CONCLUÍDOS EM 2009**. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/verdocatual/7EAD384AA05253E4032576F7006FEB7F>>. Acesso em: 09 jul. 2010.

COSTA, J. M.; SILVA, L. C. **Energia Elétrica - Tarifação**. Vitória: CCA/UFES, 2002.

EICHHAMMER, W.; MANNSBART, W.; **Industrial energy efficiency**. Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. Energy Policy. Vol.25. 1997.

ESB ELETRONIC SERVICES INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. **Analisador de Grandezas Elétricas**: Manual do Usuário. São Paulo, 2001.

FATOR DE POTÊNCIA Florianópolis: Portal Celesc, 2010.

GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: SP, 2000. 242 p.

FUPAI. Minas Gerais. Procel / Eletrobras. **Conservação de Energia**: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. 3. ed. Itajubá, 2006.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Secretaria De Estado De Planejamento E Gestão. **POLÍTICA DE AÇÃO: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**: PROJETO “AUXILIANDO A FORTALECER A GOVERNANÇA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO POR MEIO DO SISTEMA DE GESTÃO POR RESULTADOS” GERENCIAMENTO MATRICIAL DE DESPESAS. Rio de Janeiro, 2007.

IBQP - Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná**. Curitiba: IBQP, 2002. 345 p.

INDECO (São Paulo). **EFICIENCIA ENERGÉTICA: FATOR DE POTENCIA E BANCO DE CAPACITORES**. Lapa: Indeco, 2010.

INMETRO (Rio de Janeiro). **Tabelas de consumo/eficiência energética: RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA**. 01 / 2002 Rio de Janeiro, 2002.

MESQUITA, A. L. M.; FRANCO, F. M. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E USO RACIONAL DE ENERGIA**: ESTUDO DE CASO. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2004.

MURARA JÚNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. **Análise dos Custos do Rendimento em Madeira Serrada**. Curitiba: Floresta, 2008.

NBR 7094. **Máquinas elétricas girantes** – Motores de indução – Especificação. ABNT. 2002.

ORGÃO CONSULTIVO FEDERAL. Informação nº 012/2007 – GCPJ/CGNR. Decreto nº 1, 04 de janeiro de 2007. **Energia Elétrica: Base de Cálculo**. 2007.

PEREIRA, M. M. **Energia Elétrica: Base de Cálculo - Demanda Contratada**. Cuiabá: Coordenadoria Geral de Normas da Receita Pública, 2007.

PHYLIPSEN, G.J.M.; BLOK, K.; WORREL, E. **Internacional comparisons of energy efficiency-methodologies for the manufacturing industry**. Energy Policy. V. 25 No 7-9, 1997.

POMILIO, J. A. **O Setor Elétrico: Fascículo / Harmônicos**. Campinas: Abril, 2006.

PROCEL / ELETROBRÁS (Rio de Janeiro). **Manual de Conservação de Energia**. Rio de Janeiro, 2004.

REVISTA DA MADEIRA: Wood Magazine - Desdobro. Remade, n. **68, dez. 2002**. Mensalmente.

REVISTA DA MADEIRA: Wood Magazine. Remade, n. **75, ago. 2003**. Mensalmente.

ROCHA, M. P., Remade: **Técnicas de desdobros de madeira**. Curitiba, UFPR 2002.

ROQUE, C. A. L., VALENÇA, A. C. V. **Painéis de Madeira Aglomerada**. BNDES Setorial. 1998. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/set805.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2010.

SANTANA, J. E. C. Presidente Fernando Collor De Melo. **DECRETO No 479, DE 20 DE MARÇO DE 1992**. Brasília: Diário Oficial, 1992.

SEBRAE. **Eficiência Energética nas micro, pequenas e médias empresas**. 2001.

SCHIPPER, L.; GRUBB, M. **Feedback between energy intensives and energy uses in IEA countries**. Energy Policy. Vol. 28 No 6-7, 2000.

SIEMENS. **SOLUÇÕES PARA A INDÚSTRIA: SOLUÇÃO SIEMENS MELHORA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA**. São Paulo: Siemens, 2009.

SOARES, N. S.; SOUZA, E. P.; SILVA, M. L. **Importância do Setor Florestal para a Economia Brasileira**. Viçosa: Sober - Rio Branco - AC, 2008.

SOUZA, R. T. G. **Análise de Energia Elétrica em uma Indústria de Processamento de Madeira**. 2010. 96 f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Unesp, Itapeva, 2010.

STEUDEL, L. C. **Medição de Energia: Energia e Demanda**. Curitiba: Copel Distribuição S.A., 2006.