

Programa de Gestão Energética em Indústrias Madeireiras

José Angelo Cagnon (UNESP) jacagnon@feb.unesp.br

Ivaldo de Domenico Valarelli (UNESP) ivaldo@feb.unesp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é a utilização de uma metodologia desenvolvida para a avaliação do desempenho energético em indústrias de madeira, visando à aplicação de um programa de gestão energética, para aprimoramento produtos e processos, dentro de uma viabilidade técnica e econômica de implantação. A metodologia proposta para a referida avaliação tem em seus principais pontos: histórico das formas e da utilização de energia; sazonalidade e condições especiais de operação; fator de carga, fator de potência, sistema tarifário e contrato de fornecimento de energia elétrica, determinação do índice de desempenho, estimativas preliminares de economia de energia. Para tanto foram analisadas 10 indústrias madeireiras de médio e grande porte da região de Itapeva e Itararé – SP, onde foi realizado um completo levantamento quantitativo e qualitativo dos processos produtivos, equipamentos e ferramental, e dados e consumo de energia geral e específico na produção de cada empresa. Como resultado deste trabalho, estima-se que é possível uma redução do consumo de energia elétrica, adequação no contrato de fornecimento de energia elétrica, determinação do índice de desempenho energético (kWh/m³).

Palavras-chave: gestão energética, conservação de energia, índice de desempenho, energia elétrica, auditoria energética

1. Introdução

O crescimento Natural das nações e a contínua migração da população rumo às áreas urbanas e grandes cidades, associados aos esforços de industrialização verificada em muitos países, têm resultado em uma demanda cada vez maior de energia elétrica. Conseqüentemente, os sistemas elétricos cresceram em dimensões e complexidade ao longo dos anos. A expansão seletiva da rede, com o acréscimo de novas instalações de geração e transmissão, era a solução natural do passado. Entretanto, nas últimas décadas as concessionárias de energia elétrica vêm enfrentando severas restrições à pura e simples expansão dos sistemas. Isso tanto do lado econômico, face aos crescentes encargos das novas obras de geração e transmissão, quanto ao lado político e social, em virtude de novas limitações legais e da preocupação do meio ambiente.

Do ponto de vista técnico, a operação dos sistemas elétricos depende de dois fatores fundamentais: de um lado o equilíbrio entre produção e consumo de energia ativa e, de outro, do balanço entre a geração e consumo de energia reativa.

No Brasil existe um crescente aumento proporcional na disponibilidade e fornecimento de insumos energéticos. Neste contexto a eletricidade apresenta uma participação crescente ao longo dos anos, respondendo por uma parcela expressiva do consumo nacional de energia, devendo ser utilizado racionalmente de modo a evitar o seu desperdício.

O uso racional de energia tornou-se uma importante ferramenta no combate ao desperdício e no controle de perdas, adotado pelos vários segmentos, industrial, comercial e residencial.

Reduções concretas de até 20% no consumo de energia poderá ser obtida, apenas com pequenas modificações na forma de utilização da energia elétrica, demandando também pequenos investimentos, sem que haja qualquer prejuízo na qualidade dos produtos ou de serviços por elas oferecidos.

O objetivo deste trabalho é a utilização de uma metodologia desenvolvida para a avaliação da eficiência energética em indústrias de madeira, visando à aplicação de um programa de gestão energética e uso racional de energia elétrica, para aprimoramento produtos e processos, dentro de uma viabilidade técnica e econômica de implantação

Para tanto foram analisadas 10 indústrias madeireiras de médio e grande porte, sua maioria serrarias que processam espécies de Pinus, da região de Itapeva e Itararé – SP, onde foi realizado um completo levantamento quantitativo e qualitativo dos processos produtivos, equipamentos e ferramental, e dados e consumo de energia geral e específico na produção de cada empresa.

2. Metodologia e Procedimentos

A metodologia proposta para a realização de uma Auditoria Energética nas instalações das 10 Indústrias analisadas tem em seus principais pontos: Avaliação do histórico de utilização de energia e condições de operação; fator de carga; fator de potência; curva de carga; avaliação de máquinas e equipamentos; índice de desempenho e análise tarifária.

O levantamento de dados é uma das fases mais importantes para a realização deste trabalho, e deve ser feito de uma forma bastante criteriosa. Para tanto foi inicialmente elaborado para cada empresa um “lay out” da planta industrial, com a localização de máquinas e equipamentos e especificações técnicas, instalações elétrica, e medições dos parâmetros elétricos através da utilização de um equipamento denominado analisador de energia (PQM Power Quality Meter – GE & Multilin).

Devemos lembrar que todas as soluções técnicas para determinação do potencial de conservação de energia elétrica de usos finais, estarão direcionadas sobre tudo, para a obtenção da melhor relação custo/benefício, levando em conta o bom funcionamento/rendimento dos equipamentos. Cada uma das etapas acima é discutida a seguir, tomando-se como base os dados de uma das empresas analisadas.

2.1 Avaliação do Histórico de Utilização de Energia

Neste item foram levantadas todas as contas de energia elétrica das indústrias para um período de 12 meses. Além destes dados, foram calculadas algumas grandezas, necessárias para a avaliação da utilização de energia elétrica.

Para o período analisado verifica-se através das contas da concessionária de distribuição Elektro, que o contrato de fornecimento de energia elétrica é do grupo A4 (Tensão de Fornecimento de 2,3 kV a 25 kV), com medição indireta na baixa tensão, medição em média tensão, e faturamento em estrutura tarifária Convencional e Horo-sazonal do tipo Verde e Azul.

Para todas as indústrias foi elaborado planilhas com a evolução de consumo, demanda registrada, histórica e faturada, fator de potência e fator de carga, bem como os percentuais da composição do importe tarifário, tomando-se como base os preços de tarifa atual praticados pela concessionária Elektro. Abaixo apresenta-se a avaliação do histórico de utilização de energia de uma das empresas:

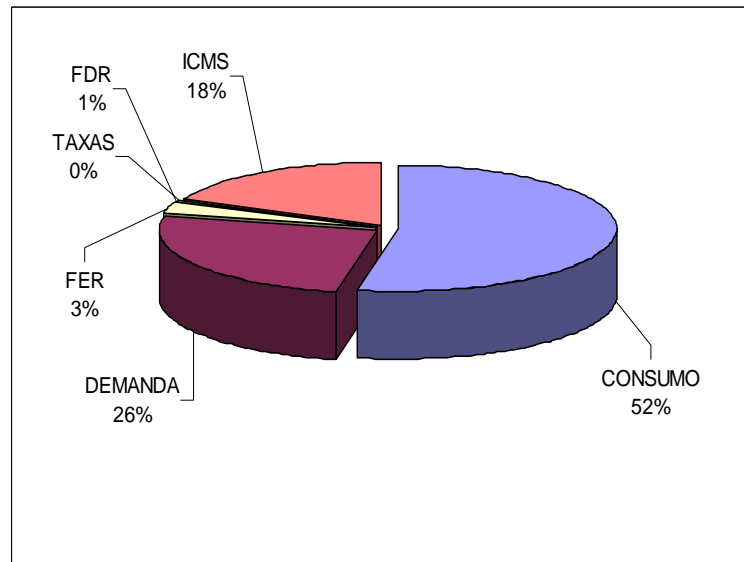


Figura 1 – Composição do importe tarifário

A figura 1 mostra que o importe tarifário é composto da seguinte forma: consumo de energia elétrica 52%, demanda 26% e faturamento de energia reativa (FER) 3%, faturamento de demanda reativa 1% e ICMS 18%. Isto demonstra que a empresa analisada possui valores reduzidos de demanda, quando comparado ao consumo de energia, que assume a maior parcela no custo no referido importe tarifário.

Para tanto, será necessário em face do apresentado, soluções para a redução do consumo de energia elétrica, sendo a princípio duas alternativas: adequação das cargas instaladas e a forma de utilização.

2.2 Curva de Carga

Para as 10 empresas analisadas, a potência elétrica consumida, isto é, a potência ativa é extremamente variável em função das cargas ligadas a cada instante. Para análise das instalações é mais que conveniente trabalhar com um valor médio da potência, utiliza-se a Demanda D , que é o valor médio da potência ativa P , em intervalos de tempo Δt , especificado (geralmente $\Delta t=15$ minutos). A de curva de carga, é a demanda em função do tempo, $D=D(t)$, para um período T . Esta será na realidade, constituída por patamares, sendo, no entanto, mais comum apresenta-la como uma curva, resultado da união dos pontos médios das bases superiores dos retângulos da largura Δt . Para um período T , a ordenada máxima da curva define a demanda máxima DM . A energia total consumida no período, ϵT , será medida pela área entre a curva e o eixo dos tempos.

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int P \cdot dt \quad (1)$$

Cada tipo de consumidor mostra uma curva característica, em função das suas peculiaridades operacionais. O ponto de medição é geralmente o posto de transformação, ou quando com medição em média tensão através de dados fornecidos pela concessionária.

Como mostra a curva de carga a seguir, verifica-se de forma bem definida os horários de funcionamento de uma das industria, bem como as variações e intermitência na operação de máquinas e equipamentos. Para a adequação desta curva de carga para valores menores que os apresentados, é necessário modificações e intervenções no sistema de produção e operação,

bem como adequação dos motores das máquinas e equipamentos em função de seu carregamento.

A demanda representa de 25% a 30 % do importe total das indústrias analisadas. Uma redução nos valores registrados de demanda máxima significa uma diminuição considerável no valor de importe mensal. Devemos lembrar também que a curva de carga é fundamental para o estudo e simulações do tipo de tarifa a ser contratada junto a concessionária local.

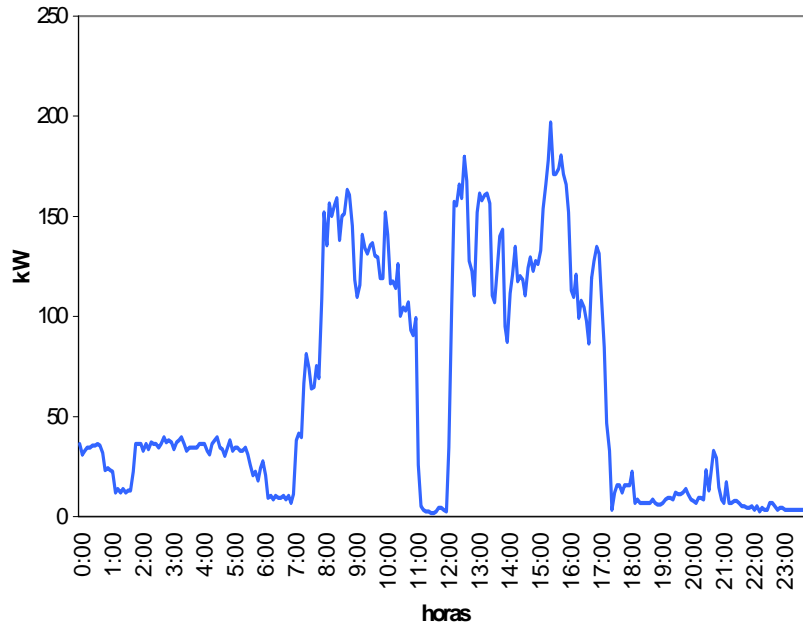


Figura 2 –Curva de Carga

2.3 Avaliação das Máquinas e Equipamentos

Uma das aplicações mais comuns da eletricidade na indústria é a produção de energia mecânica através de motores. Apesar de uma elevada eficiência, estes nem sempre são perfeitamente compatíveis com as tarefas que executam e, muitas não são utilizados de forma racional e eficiente, existindo portanto um potencial significativo de economia de energia elétrica. O *fator de utilização, u*, é definido para um equipamento, como a razão da potência máxima efetivamente absorvida P_M , para a sua potência nominal P_N , isto é:

$$u = \frac{P_M}{P_N} \quad (2)$$

O carregamento do motor, sob o ponto de vista de conservação de energia elétrica, deve ser no mínimo ou superior a 60%.

No que diz respeito à potência absorvida de motores para a realização de determinadas tarefas em regime de trabalho contínuo não oferece qualquer dificuldade; entretanto, o problema não é de solução tão imediata quando o serviço é do tipo variável. É bastante comum o uso de motores para acionar dispositivos, que trabalham com tempos e operação com grande variação, pois durante a execução de cada um destes ciclos completos, o motor é diferentemente solicitado, podendo haver períodos de repouso entre duas operações sucessivas. Uma escolha razoavelmente segura pode, muitas vezes, ser feita através do que se entende por “potência eficaz por ciclo imposto à máquina. Para tanto utilizaremos para análise das máquinas da linha de produção das empresas avaliadas, para o cálculo da potência eficaz a equação abaixo:

$$P_n = \sqrt{\frac{\sum P_i^2 \cdot t_i}{T}} \quad (3)$$

onde:

P_n = Potência eficaz (W); P_i = Potência absorvida (W); t_i = Tempo/instantes de operação (seg)
 T = Período de operação (seg).

Através do cálculo da potência eficaz e o tempo total de operação é possível se calcular a energia consumida para seqüência de operações:

$$E = \frac{P_n \cdot h}{1000} \quad (4)$$

onde:

E = Energia consumida (kWh); P = Potência Eficaz (W); h = horas.

Para tanto foram realizadas medidas dos parâmetros elétricos de todos os equipamentos/motores das empresas, onde pode-se quantificar o consumo de energia elétrica de cada equipamento, para um ciclo de operações, definindo-se a quantidade de material a ser processado, bem como o carregamento dos referidos motores.

Tabela 1– Resumo da comportamento de cada equipamento

| Equipamento | Nominal | Carreg. | Medido | Consumo |
|----------------|---------|---------|--------|------------------|
| | (kW) | (%) | (kW) | (kWh) # |
| Serra Circular | 44 | 61,70 | 27,15 | 5.972,27 |
| Destopadeira | 17,3 | 22,03 | 3,81 | 838,41 |
| Exaustor | 37 | 33,90 | 12,54 | 2.759,58 |
| Multilaminas | 44 | 79,63 | 35,04 | 7.707,87 |
| Picador | 75 | 53,85 | 40,39 | 8.885,08 |
| Refiladeira | 15 | 74,52 | 11,18 | 2.459,14 |
| Resserra | 42 | 21,33 | 9,00 | 1.980,65 |
| Serra Fita | 33,7 | 43,16 | 14,54 | 3.199,56 |
| Total | | | | 33.802,56 |

10 horas de funcionamento/dia e 22 dias/mês

2.4 Índice de Desempenho

Eficiência energética é um conceito generalizado para referir as medidas a implementar (ou implementadas), bem como a redução alcançada no consumo de energia ou, mais genericamente na melhor utilização da energia.

Este índice de desempenho energético tem como objetivo o monitoramento das variações e desvios de eficiência de um sistema de produção, apresentado na Tabela 2 (resultado de uma das empresas), avaliar o desempenho dos equipamentos ou mesmo como valor de comparação com outras indústrias com características de funcionamento e operação semelhante. O índice de desempenho é calculado de acordo com a equação abaixo.

$$I = \frac{E}{M} \quad (5)$$

onde:

I = índice de desempenho (kWh/m^3); E = Energia consumida no mês (kWh); M = Volume de material processado no mês (m^3).

Tabela 2 – Índice de desempenho

| Consumo Médio Mês (kWh) | Madeira Processada (m^3) |
|-------------------------|---|
| 33.802 | 2034 |
| Índice (I) | 16.61 (kWh/m^3) |

2.5 Análise Tarifária

O custo médio da energia elétrica ($\text{R}\$/\text{kWh}$) de uma instalação depende do grupo de fornecimento de energia (tensão em kV), do contrato de fornecimento (tarifa convencional, verde e azul) e de suas próprias características de consumo.

Para tanto foram realizadas simulações para cada uma das empresas avaliadas, através da programação dos procedimentos de cálculo de tarifas em planilhas eletrônicas, sempre tomando-se como base o período do levantamento histórico do consumo de o contrato de fornecimento de energia elétrica vigente, isto é o tipo de tarifa praticado. Também foram analisadas as condições de operação de um dia típico de funcionamento, visto que o sistema e os horários de operação são bastante coincidentes das 10 empresas analisadas, e também observados através de dados coletados com os gerentes de produção, visitas em vários horários ao longo do dia e com medições sistemáticas de parâmetros elétricos e a curva de carga. A maioria das empresas possuem contrato de fornecimento em tarifa convencional, sendo a melhor opção para este tipo de empresa a contratação em tarifa horo-sazonal do tipo verde. Na figura 3 apresenta-se os resultados de redução do importe tarifário em uma das empresas analisadas.

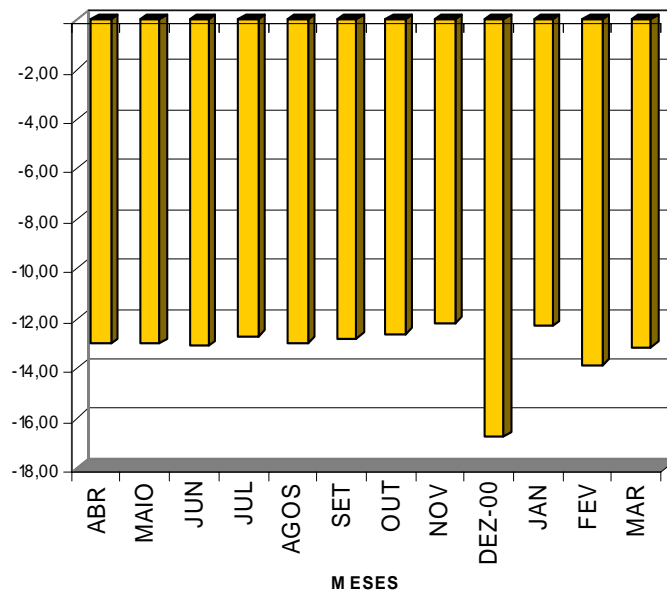


Figura 3 – Redução em % no importe tarifário com a contratação de tarifa horo-sazonal verde

3. Conclusões

A metodologia proposta para a realização do programa de Gestão Energética nas instalações das 10 indústrias analisadas teve inicialmente como prioridade a coleta de dados de forma criteriosa, com o levantamento do histórico do consumo de energia elétrica e outros de combustíveis, verificação das condições e formas de operação, medições dos parâmetros elétricos de forma sistemática durante a operação de máquinas e equipamentos, curva de carga, dados de medições da concessionária e diagrama unifilar das instalações. Com estes dados foram realizadas análises, estudos e simulações com os seguintes resultados:

Avaliação do histórico de utilização de energia: As empresas possuem no seu importe tarifário uma composição média de 50% de consumo, 30% demanda e o restante FER, FDR e impostos. Isto demonstra que o consumo de energia assume a maior parcela no valor do importe mensal. Duas soluções para a redução do consumo de energia são recomendadas: adequação das cargas instaladas e a tempo de utilização.

Fator de carga: Para este tipo de empresa madeireira, operando como serraria, o fator de carga característico está em torno 0,24. Para a melhoria deste fator com a tendência de aproximação do valor unitário, é necessário o deslocamento dos picos da curva de carga para os horários de menor concentração de cargas.

Fator de Potência: O sistema de correção do fator de potência é realizado através de bancos capacitores inseridos de forma aleatória no sistema de distribuição elétrico de baixa tensão (na saída de BT dos transformadores), onde muitas vezes é ineficaz em função da medição hora/hora da concessionária. Na sua grande maioria dimensionados sem critério e também sem nenhuma análise do comportamento da curva de carga reativa, indicativo para apontar a quantidade de capacitores e a forma correta de instalação, seja esta individual, por grupo de cargas, automática ou mista.

Avaliação de máquinas e equipamentos: Através desta avaliação pode-se observar um número muito grande de motores com o carregamento abaixo de 60%, onde justifica-se a necessidade de adequação de máquinas e ferramentas, bem como a forma de operação.

Índice de desempenho: Para todas as empresas analisadas observou-se o melhor índice de desempenho calculado foi 16,61 kWh/m³, para um consumo de energia no mês de 33.802 kWh e uma produção de 2034 m³ de madeira processada.

Análise tarifária: A maioria das empresas possuem contrato de fornecimento em tarifa convencional, sendo a melhor opção para este tipo de empresa a contratação em tarifa horosazonal do tipo verde. Os valores médios de redução no importe no importe tarifário no ano estão em torno de 15%.

4. Referências Bibliográficas

ANDREAS, J.C. *Energy-efficient electric motors-selection and application*. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1992, 272p.

FERREIRA, J. J., FERREIRA, T. J. *Economia e Gestão da Energia*. Lisboa: Texto Editora Ltda., 1994, 156 p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, ANP – Agência Nacional do Petróleo. *Eficiência Energética: integrando usos e reduzindo desperdícios*. Brasília, 1999. 33p.

RUSSOMANO, V. H. *Conservação de eletricidade*. In: *Introdução à administração de energia na indústria*. São Paulo: EDUSP, p. 233-41, 1987.