

ISSN: 2316-4093

## **Comportamento do fator de potência de uma serra de fita vertical e de um picador em uma serraria**

Fernando de Lima Caneppele<sup>1</sup>, Odivaldo José Seraphim<sup>2</sup>, Luís Roberto Almeida Gabriel Filho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Avenida Duque de Caxias Norte, 225 - Campus da USP, CEP 13635-900 - Pirassununga - São Paulo - Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Fazenda Lageado, Departamento de Engenharia Rural, Botucatu - São Paulo - Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Tupã, Tupã - São Paulo - Brasil

caneppele@usp.br , seraphim@fca.unesp.br , gabrielfilho@tupa.unesp.br

**Resumo:** Este trabalho tem o objetivo de apresentar o comportamento elétrico de dois equipamentos do processamento mecânico da madeira, a serra de fita vertical e o picador. São apresentadas neste estudo suas características em condições reais de funcionamento e o comportamento elétrico dos equipamentos em termos de eficiência energética é mostrado através do estudo do fator de potência individual. Foi observado que ambos os equipamentos operam sem carga durante alguns intervalos de tempo e isto contribui para um baixo fator de potência. Conclui-se que é necessário um melhor planejamento da produção e melhor preparo dos operadores nas operações de desdobro da madeira, para que seja melhorado o fator de potência nas serrarias.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética, Indústria Madeireira, Serrarias.

### **Behavior of the power factor of a vertical band saw and a wood chipper at a sawmill**

**Abstract:** This work aims to present the electrical behavior of two mechanical processing equipment of wood, the saw vertical tape and the wood chipper. Their characteristics in real operating conditions and the electrical behavior of devices in terms of energy efficiency is shown through the study of individual power factor are presented in this study. It was observed that both devices operate unloaded for some intervals of time and this contributes to a low power factor. It is concluded that improved production planning and better preparation of the operators in the operations of sawing wood, in order to improve the power factor in sawmills is necessary.

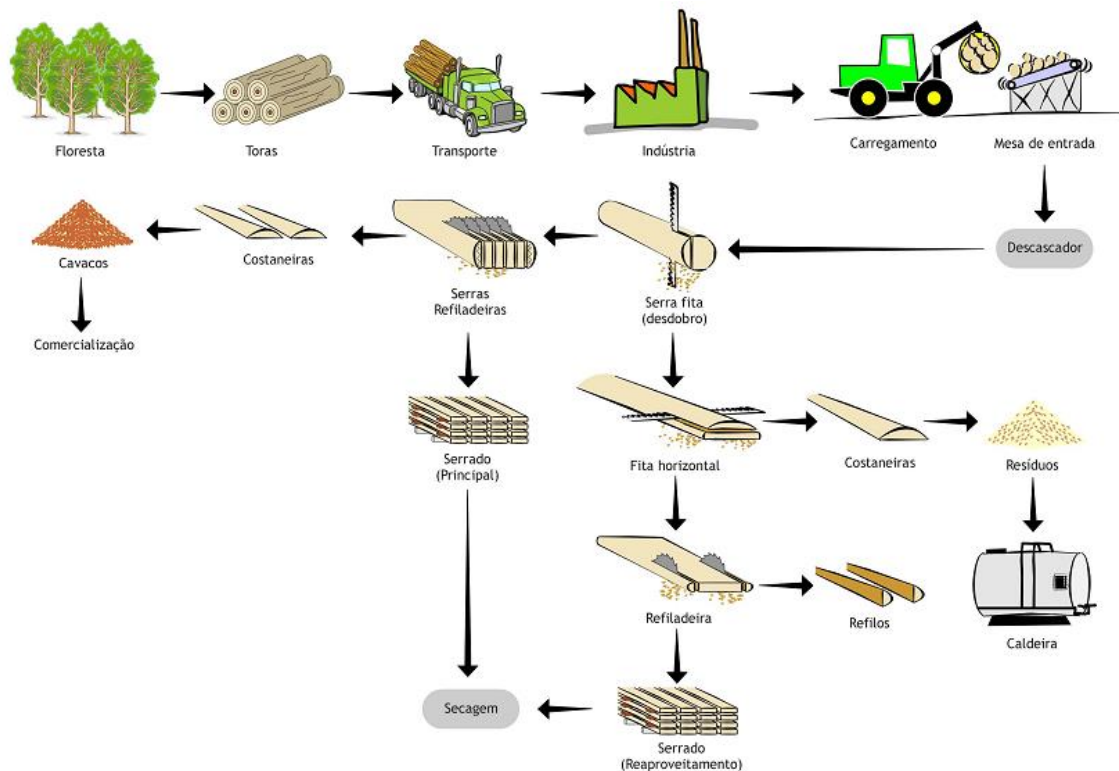
**Keywords:** Energy Efficiency, Wood Industry, Sawmills.

### **Introdução**

De acordo com a ABINCI (2007), o desenvolvimento sustentável do setor florestal tem uma evidente importância sobre diversas áreas, entre elas a econômica, a social e a ambiental, que trazem progresso e desenvolvimento para o Brasil.

O tipo de matéria prima - nativa ou plantada - determina variações na qualidade do produto final e no processo produtivo. O fluxo básico do processamento industrial de madeira de *pinus* e seus desdobramentos são mostrados na Figura 1.

As principais etapas são: obtenção da madeira em toras e transporte, chegada na indústria, descascamento, desdobra principal, refilos, e gradeamento e secagem (ABIMCI, 2004a).



**Figura 1.** Fluxograma esquemático de obtenção de madeira serrada.

Fonte: (ABIMCI, 2004a).

Segundo Murara Jr. *et al.* (2010), o Brasil ainda possui um grande número de serrarias que utilizam o sistema convencional de desdobra, em que as toras são desdobradas de acordo com critérios escolhidos pelo operador da máquina principal, ou seja, é ele quem define a melhor maneira de se desdobrar uma tora. Dessa maneira, podem ocorrer elevadas perdas de matéria-prima, devido à ausência de tecnologias apropriadas para o desdobra das toras, encarecendo o processo, em função de que há a necessidade de se consumir maior volume de matéria-prima para produzir a mesma quantidade de produto serrado.

A decisão pessoal de um operador de como seccionar um tronco ou mesmo desdobrar dificilmente obterá um nível ótimo, isso porque ele raramente conseguirá obter a melhor

visualização de todas as alternativas no pouco tempo que tem para tomada de decisões (MURARA Jr. *et al*, 2010).

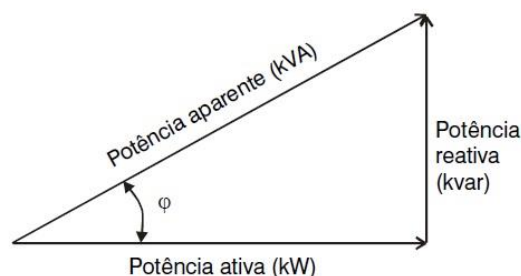
(ABIMCI, 2004b) destaca que o processo de fabricação de qualquer indústria madeireira implica na geração de grandes quantidades de resíduos durante o processamento da matéria-prima (madeira).

A escolha dos operadores da serra principal, resserradeiras, canteadeiras e destopadeiras assumem verdadeira importância, pois eles estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a fatores que dependem do bom funcionamento das máquinas, que, por sua vez, afetam o desempenho da indústria: produtividade, qualidade do produto e o elevado índice de retrabalho para recuperação da matéria-prima (MURARA Jr. *et al*, 2010).

Isto faz com que um indicador de eficiência energética de extrema importância que deve ser levado em conta em uma serraria seja o fator de potência.

O fator de potência é definido como a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia, assim um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Ele pode variar de 0 a 1 e ser capacitivo ou indutivo.

Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre potência ativa (kW), potência reativa (kVAr) e potência aparente (kVA), conforme a Figura 2.



**Figura 2.** Triângulo retângulo de potência.

Pode-se também considerar o fator de potência como a razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativa e reativa, consumidas num mesmo período especificado, conforme mostra a Equação 01.

$$FP = \left( \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \right)$$

(01)

onde:

- $FP$  = valor do fator de potência;
- $P$  = potência ativa, em [kW];
- $Q$  = potência reativa, em [kVAr].

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 (COPEL, 2005).

A resolução ANEEL n° 456, de 29 de novembro de 2000 introduziu e a resolução normativa ANEEL n° 414, de 09 de setembro de 2010 manteve, a verificação obrigatória, por meio de medição permanente para fins de cobrança, do fator de potência da unidade consumidora.

Uma instalação operando com baixo fator de potência apresenta os seguintes inconvenientes (COPEL, 2005):

- Incremento das perdas de potência;
- Flutuações de tensão, que podem ocasionar a queima de motores;
- Sobrecarga da instalação, danificando-a ou gerando desgaste prematuro;
- Aumento do desgaste nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica;
- Aumento do investimento em condutores e equipamentos elétricos sujeitos a limitação térmica de corrente;
- Saturação da capacidade dos equipamentos, impedindo a ligação de novas cargas;
- Dificuldade de regulação do sistema.

Como consequências do baixo fator de potência, WEG Indústrias S.A. (2001) relata as seguintes:

- Acréscimo na conta de energia elétrica por estar operando com baixo fator de potência;
- Limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- Quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- Sobrecarga nos equipamentos de manobra, limitando sua vida útil;
- Aumento das perdas elétricas na linha de distribuição pelo efeito Joule;
- Necessidade de aumento do diâmetro dos condutores;
- Necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e de proteção.

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de apresentar o comportamento elétrico de dois equipamentos do processamento mecânico da madeira, a serra de fita vertical e o picador. São apresentadas neste estudo suas características em condições reais de funcionamento e o comportamento elétrico dos equipamentos em termos de eficiência energética é mostrado através do estudo do fator de potência individual.

### **Material e métodos**

Para o presente estudo foram coletados dados elétricos de uma serraria localizada na região de Itapeva – S.P. A empresa em questão não é identificada, tendo sido o seu nome genérico adotado como Serraria A. Os dados completos têm o sigilo mantido como parte do acordo para a execução de pesquisas junto a mesma.

A serraria estudada utiliza como matéria-prima basicamente duas espécies de madeira que são o *Pinus taeda* e o *Pinus elliotti*. O estado da arte do processamento industrial dessas duas espécies mostra que há poucas variações significativas e que, portanto, não é necessária que seja caracterizada a espécie utilizada quando da etapa da coleta de dados elétricos. As toras processadas, normalmente com casca, têm diâmetro em torno de 30 cm e comprimento variando de 2,2 m a 3,0 m.

Vários são os produtos fabricados pela serraria, tanto para o mercado interno como para o mercado externo. Para o mercado interno temos a produção de madeira serrada em forma de tábuas e pontaletes, caixaria de tomate. Para o mercado externo temos a produção de madeira serrada em forma de tábuas e ripas para produção de cercas.

De forma geral tem-se uma série de equipamentos e/ou processos na produção entre os quais se pode citar Serra Fita Vertical, Refiladeira, Serra Fita Horizontal, Serra Multilâminas, Picador.

Foi utilizado para coleta de dados elétricos o Analisador Portátil Saga 4500, mostrado na Figura 3. Estes instrumentos são analisadores e registradores eletrônicos de sistemas elétricos monofásicos ou trifásicos equilibrados ou não.



**Figura 3.** Em detalhes, o Analisador Portátil Saga 4500 e analisadores portáteis ligados no quadro de distribuição de energia elétrica na Serraria A.

Fonte: (CANEPPELE, 2011).

O analisador de energia foi conectado junto a entrada de energia da serra de fita vertical de potência de 37 kW ou 50 cv e junto da entrada de energia do picador de potência de 29,4 kW ou 40 cv.

A serra de fita vertical simples recebe as toras encaminhadas da mesa de entrada e é normalmente o primeiro equipamento de grande porte do processo, como ilustrado na Figura 04, onde também pode ser visualizado o quadro geral de distribuição de energia elétrica.



**Figura 4.** Serra de fita vertical e quadro de distribuição de energia elétrica na Serraria A.

Fonte: (CANEPPELE, 2011).

O picador é o equipamento presente no processo que recebe todo tipo de resíduos de madeira, desde costaneiras, passando por resíduos da serraria e até mesmo outros resíduos florestais para transformá-los em cavaco.

### Resultados e Discussão

São apresentados em seguida os dados de fator de potência da serra de fita vertical e do picador. Na Tabela 1 são listadas amostras dos dados obtidos através do uso do analisador de grandezas elétricas SAGA 4500, ligado junto a entrada de energia da serra de fita vertical. Da mesma forma, na Tabela 2, são listadas amostras dos dados obtidos através do uso do analisador ligado junto a entrada de energia do picador.

O comportamento do fator de potência trifásico na serra de fita vertical, que geralmente é o primeiro equipamento nos *layouts* de processamento de madeira, pode ser visualizado na Figura 5. A linha com fator de potência 0,92 determina o limite mínimo onde a empresa passa a ser cobrada por consumo de energia reativa excedente.

Embora não sejam considerados como produtos principais, os resíduos do processo têm sua importância econômica e especificamente o cavaco é gerado no processo pelo equipamento denominado picador. O comportamento do fator de potência trifásico neste equipamento pode ser visualizado na Figura 06.

**Tabela 1.** Dados do fator de potência trifásico na serra de fita vertical na Serraria A.

<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>	<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>	<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>
2263	09:06:00	0,54	2303	09:07:20	0,88	2343	09:08:40	0,88
2264	09:06:02	0,53	2304	09:07:22	0,85	2344	09:08:42	0,88
2265	09:06:04	0,63	2305	09:07:24	0,88	2345	09:08:44	0,59
2266	09:06:06	0,81	2306	09:07:26	0,90	2346	09:08:46	0,46
2267	09:06:08	0,87	2307	09:07:28	0,56	2347	09:08:48	0,61
2268	09:06:10	0,88	2308	09:07:30	0,54	2348	09:08:50	0,66
2269	09:06:12	0,89	2309	09:07:32	0,62	2349	09:08:52	0,67
2270	09:06:14	0,90	2310	09:07:34	0,60	2350	09:08:54	0,55
2271	09:06:16	0,85	2311	09:07:36	0,57	2351	09:08:56	0,55
2272	09:06:18	0,60	2312	09:07:38	0,81	2352	09:08:58	0,54
2273	09:06:20	0,52	2313	09:07:40	0,82	2353	09:09:00	0,57
2274	09:06:22	0,60	2314	09:07:42	0,75	2354	09:09:02	0,57
2275	09:06:24	0,90	2315	09:07:44	0,91	2355	09:09:04	0,76
2276	09:06:26	0,91	2316	09:07:46	0,66	2356	09:09:06	0,88
2277	09:06:28	0,87	2317	09:07:48	0,65	2357	09:09:08	0,87
2278	09:06:30	0,89	2318	09:07:50	0,71	2358	09:09:10	0,88
2279	09:06:32	0,91	2319	09:07:52	0,87	2359	09:09:12	0,90
2280	09:06:34	0,58	2320	09:07:54	0,87	2360	09:09:14	0,63
2281	09:06:36	0,56	2321	09:07:56	0,88	2361	09:09:16	0,55
2282	09:06:38	0,60	2322	09:07:58	0,88	2362	09:09:18	0,53
2283	09:06:40	0,56	2323	09:08:00	0,54	2363	09:09:20	0,66
2284	09:06:42	0,84	2324	09:08:02	0,53	2364	09:09:22	0,67
2285	09:06:44	0,87	2325	09:08:04	0,54	2365	09:09:24	0,54
2286	09:06:46	0,87	2326	09:08:06	0,57	2366	09:09:26	0,49
2287	09:06:48	0,89	2327	09:08:08	0,55	2367	09:09:28	0,58
2288	09:06:50	0,89	2328	09:08:10	0,56	2368	09:09:30	0,54
2289	09:06:52	0,83	2329	09:08:12	0,62	2369	09:09:32	0,47
2290	09:06:54	0,66	2330	09:08:14	0,50	2370	09:09:34	0,65
2291	09:06:56	0,55	2331	09:08:16	0,50	2371	09:09:36	0,85
2292	09:06:58	0,55	2332	09:08:18	0,84	2372	09:09:38	0,86

2293	09:07:00	0,87	2333	09:08:20	0,87	2373	09:09:40	0,89
2294	09:07:02	0,87	2334	09:08:22	0,88	2374	09:09:42	0,87
2295	09:07:04	0,88	2335	09:08:24	0,87	2375	09:09:44	0,61
2296	09:07:06	0,89	2336	09:08:26	0,87	2376	09:09:46	0,59
2297	09:07:08	0,88	2337	09:08:28	0,63	2377	09:09:48	0,56
2298	09:07:10	0,63	2338	09:08:30	0,56	2378	09:09:50	0,61
2299	09:07:12	0,57	2339	09:08:32	0,60	2379	09:09:52	0,60
2300	09:07:14	0,61	2340	09:08:34	0,67	2380	09:09:54	0,84
2301	09:07:16	0,83	2341	09:08:36	0,89	2381	09:09:56	0,85
2302	09:07:18	0,90	2342	09:08:38	0,89	2382	09:09:58	0,88

Na Tabela 1 foram observados os valores de:

- Média : 0,72
- Mínimo: 0,46
- Máximo : 0,91
- Desvio padrão: 0,15

**Tabela 2.** Dados do fator de potência trifásico no picador na Serraria A.

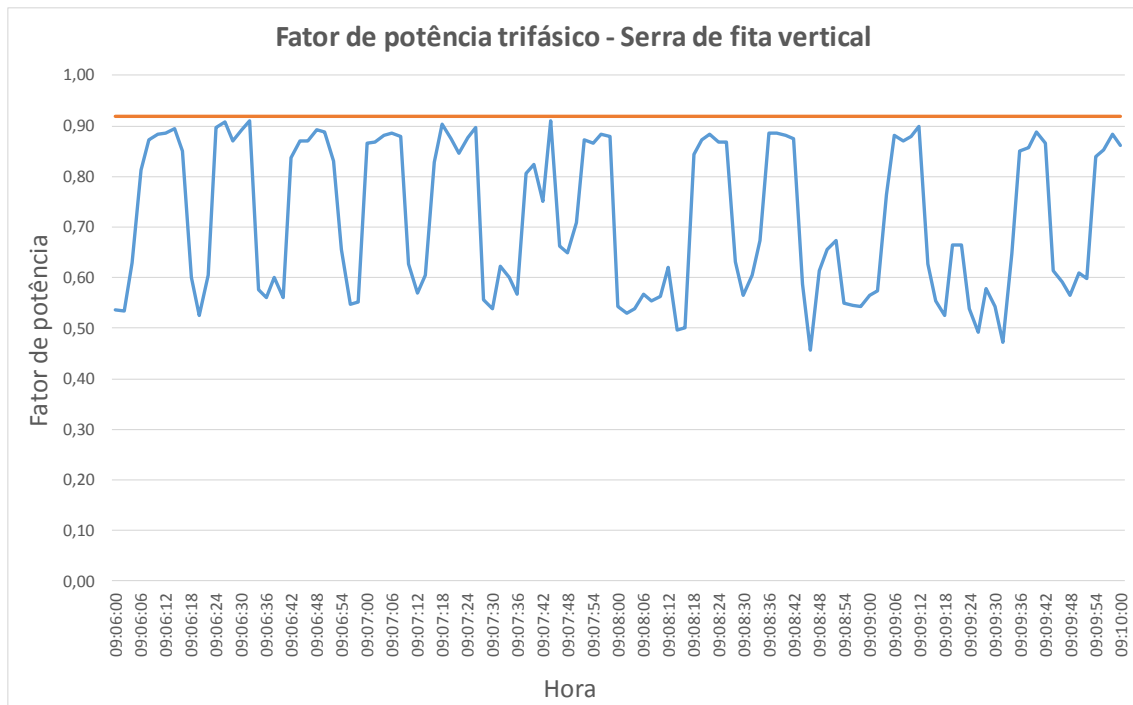
<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>	<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>	<i>Registro</i>	<i>Hora</i>	<i>FPt</i>
957	08:24:00	0,38	997	08:25:20	0,90	1037	08:26:40	0,38
958	08:24:02	0,39	998	08:25:22	0,68	1038	08:26:42	0,63
959	08:24:04	0,39	999	08:25:24	0,53	1039	08:26:44	0,86
960	08:24:06	0,38	1000	08:25:26	0,79	1040	08:26:46	0,84
961	08:24:08	0,37	1001	08:25:28	0,87	1041	08:26:48	0,67
962	08:24:10	0,81	1002	08:25:30	0,79	1042	08:26:50	0,41
963	08:24:12	0,87	1003	08:25:32	0,41	1043	08:26:52	0,38
964	08:24:14	0,86	1004	08:25:34	0,40	1044	08:26:54	0,38
965	08:24:16	0,86	1005	08:25:36	0,38	1045	08:26:56	0,39
966	08:24:18	0,80	1006	08:25:38	0,46	1046	08:26:58	0,39
967	08:24:20	0,87	1007	08:25:40	0,86	1047	08:27:00	0,39
968	08:24:22	0,86	1008	08:25:42	0,89	1048	08:27:02	0,38
969	08:24:24	0,84	1009	08:25:44	0,82	1049	08:27:04	0,38
970	08:24:26	0,58	1010	08:25:46	0,79	1050	08:27:06	0,38
971	08:24:28	0,54	1011	08:25:48	0,88	1051	08:27:08	0,55
972	08:24:30	0,74	1012	08:25:50	0,89	1052	08:27:10	0,81
973	08:24:32	0,71	1013	08:25:52	0,93	1053	08:27:12	0,82
974	08:24:34	0,69	1014	08:25:54	0,86	1054	08:27:14	0,79
975	08:24:36	0,54	1015	08:25:56	0,60	1055	08:27:16	0,72
976	08:24:38	0,39	1016	08:25:58	0,86	1056	08:27:18	0,45
977	08:24:40	0,68	1017	08:26:00	0,88	1057	08:27:20	0,38
978	08:24:42	0,85	1018	08:26:02	0,91	1058	08:27:22	0,76
979	08:24:44	0,72	1019	08:26:04	0,91	1059	08:27:24	0,81
980	08:24:46	0,65	1020	08:26:06	0,88	1060	08:27:26	0,85
981	08:24:48	0,88	1021	08:26:08	0,90	1061	08:27:28	0,80
982	08:24:50	0,86	1022	08:26:10	0,71	1062	08:27:30	0,80
983	08:24:52	0,70	1023	08:26:12	0,52	1063	08:27:32	0,58
984	08:24:54	0,77	1024	08:26:14	0,40	1064	08:27:34	0,40
985	08:24:56	0,78	1025	08:26:16	0,37	1065	08:27:36	0,38
986	08:24:58	0,59	1026	08:26:18	0,80	1066	08:27:38	0,39
987	08:25:00	0,47	1027	08:26:20	0,69	1067	08:27:40	0,39
988	08:25:02	0,50	1028	08:26:22	0,69	1068	08:27:42	0,48
989	08:25:04	0,91	1029	08:26:24	0,75	1069	08:27:44	0,79
990	08:25:06	0,39	1030	08:26:26	0,74	1070	08:27:46	0,88



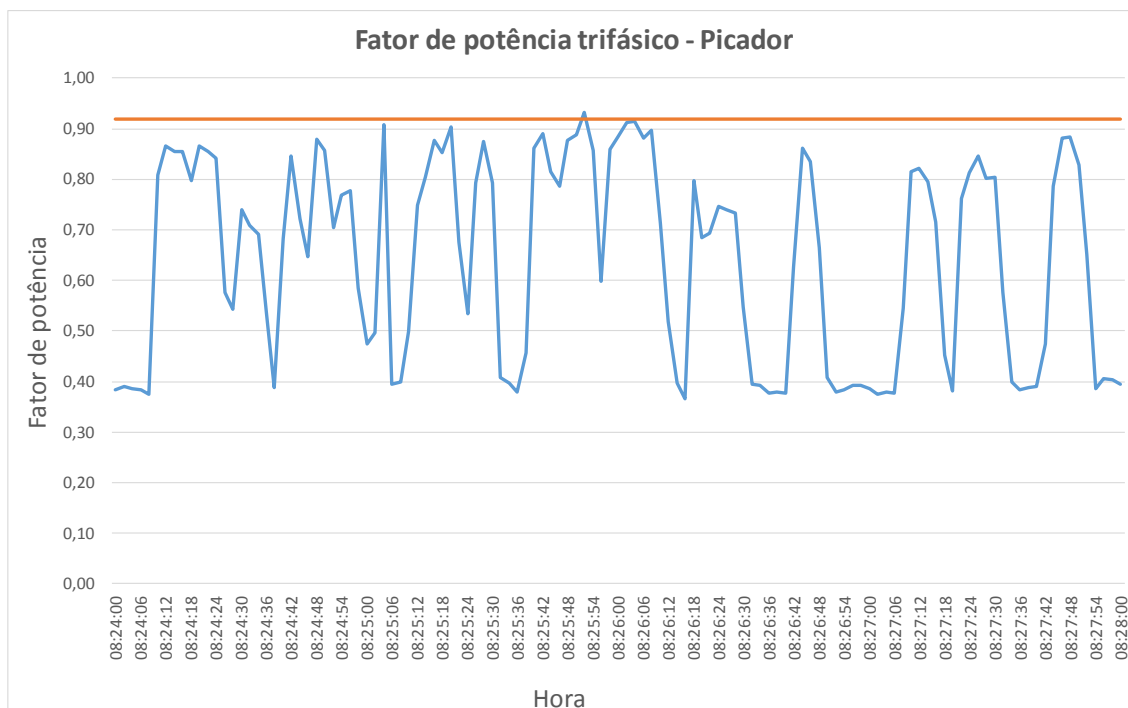
991	08:25:08	0,40	1031	08:26:28	0,73	1071	08:27:48	0,88
992	08:25:10	0,50	1032	08:26:30	0,55	1072	08:27:50	0,83
993	08:25:12	0,75	1033	08:26:32	0,39	1073	08:27:52	0,65
994	08:25:14	0,80	1034	08:26:34	0,39	1074	08:27:54	0,39
995	08:25:16	0,88	1035	08:26:36	0,38	1075	08:27:56	0,41
996	08:25:18	0,85	1036	08:26:38	0,38	1076	08:27:58	0,40

Na Tabela 02 foram observados os valores de:

- Média : 0,64
- Mínimo : 0,37
- Máximo : 0,93
- Desvio padrão : 0,20



**Figura 5.** Fator de potência trifásico na serra de fita vertical.



**Figura 6.** Fator de potência trifásico no picador.

Em ambos os equipamentos, o parâmetro superior indica o momento da passagem da tora pela serra e o parâmetro inferior indica o momento em que o equipamento está operando em vazio, ocasionando um baixo fator de potência.

Há variações bruscas devido às operações com e sem carga, que são os momentos de passagens das toras pela serra de fita vertical e também momentos em que passam resíduos de madeira pelo picador.

Pela Figura 05 pode-se observar um intervalo de 18 segundos (das 09:08:18 às 09:08:36) em que a serra de fita vertical opera de forma ociosa, ou seja, o motor responsável pelo seu funcionamento nesse intervalo estava operando em vazio.

Na mesma figura e em todo o restante dos dados registrados há intervalos como esse, que são diretamente ligados a habilidade do operador em realizar as sequências de desdobro ou mesmo da própria alimentação do processo, através da chegada da matéria-prima pelo carro porta-tora, por exemplo.

Para a serra de fita vertical, uma solução para melhorar o fator de potência, seria a otimização do corte das toras, diminuindo intervalo de tempo entre as operações de desdobro e assim mantendo o motor de indução do equipamento com carga na maior parte do tempo.

No picador também são observados intervalos em que o equipamento opera de forma ociosa. Uma solução seria estocar resíduo gerados no processamento da madeira e de tempos

em tempos acionar este equipamento e realizar a operação de para a transforma de resíduo em cavaco de forma ininterrupta.

### Conclusões

Os motores elétricos de indução utilizam quase a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, tanto quando operam em vazio, tanto quando operam em carga.

Para a energia ativa a situação é diferente, pois seu consumo é diretamente proporcional à carga mecânica que é solicitada no eixo do motor elétrico. Assim, se o motor opera de forma ociosa, menor será a energia ativa consumida e, conseqüentemente, menor será o fator de potência.

Uma situação de baixo fator de potência resulta em aplicação de cobranças por reativos excedentes por parte das concessionárias de energia elétrica. É necessário então um melhor planejamento da produção, inclusive com melhor preparo e conscientização dos operadores, para que seja melhorado o fator de potência nas serrarias.

### Referências

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2007**. Curitiba, 2007. 44 p.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Fluxograma de produção de madeira serrada**. Curitiba, 2004a. 3 p. (Artigo técnico, n. 18).

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Resíduos de madeira geradores de receita**. Curitiba, 2004b. 3 p. (Artigo técnico, n. 4).

CANEPPELE, F. L. **Sistema fuzzy de suporte a decisão para aplicação de programa de eficiência energética em serrarias**. Tese (Doutorado) - Curso de Energia na Agricultura, Departamento Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2011. 160 p.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Manual de eficiência energética na indústria**. Curitiba, 2005. 139 p.

MURARA JÚNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. **Rendimento em madeira serrada de pinus para desdobro**. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=963&subject=Desdobro&title=Rendimento%20em%20madeira%20serrada%20de%20pinus%20para%20desdobro](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=963&subject=Desdobro&title=Rendimento%20em%20madeira%20serrada%20de%20pinus%20para%20desdobro)>. Acesso em: 05 nov. 2014.

WEG INDÚSTRIAS S.A. **Manual de motores elétricos**. Jaraguá do Sul, 2001. 469 p.

---

**Recebido para publicação em:** 12/10/2014

**Aceito para publicação em:** 15/12/2014