

**Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas**

**Aumento do fator de potência é resultado de maior esforço mecânico em processo de furação**

MICHEL CHAGURY  
Pós CEETEPS – São Paulo – Brasil  
[mchagury@terra.com.br](mailto:mchagury@terra.com.br)

NEIMAR SOUSA SILVEIRA  
UNICAMP – São Paulo – Brasil  
[neimar@fem.unicamp.br](mailto:neimar@fem.unicamp.br)

ITALO OLIVEIRA ALMEIDA  
FATEC-SP – São Paulo – Brasil  
[Italoalmeida1993@hotmail.com](mailto:Italoalmeida1993@hotmail.com)

VITOR MARCELO COSTA HALCSIK  
FATEC-SP – São Paulo – Brasil  
[vitor.halcsik@fatecsp.br](mailto:vitor.halcsik@fatecsp.br)

HUMBER FURLAN  
Pós CEETEPS – São Paulo – Brasil  
[humber@fatecsp.br](mailto:humber@fatecsp.br)

**Resumo**

O fator de potência é uma medida elétrica que consiste na razão da potência ativa pela potência aparente em circuitos de corrente alternada. Apurou-se o fator de potência operando o torno sem carga e posteriormente com carga no processo de furação. Concluiu-se que com o aumento da exigência mecânica sobre o motor há um correspondente aumento do fator de potência.

**Palavras-chave:** Furação, Fator De Potência, Potência Elétrica.

**Abstract**

The power factor is an electrical measure that consists of the ratio of real power by the apparent power in AC circuits. The power factor was found with the lathe operating unloaded and then loaded, on a drilling process. It was concluded that increasing the mechanical demands on the engine, produces a corresponding increase in the power factor.

**Keywords:** Drilling, Power Factor, Electrical Power.

## 1. Introdução

O fator de potência é uma medida elétrica que consiste na razão da potência ativa pela potência aparente (Silveira et al, 2014). Ele é considerado importante para verificação da eficiência do uso dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Normalmente seu estudo pela eletrotécnica está relacionado com alguma forma de obter sua correção, ou seja, o aumento do fator de potência como forma de eliminar, dos condutores, corrente elétrica que não gera trabalho, mas ocupa desnecessariamente o sistema (TORO, 1994).

O estado atual da ciência no tocante ao fator de potência é, portanto, relativo à correção do fator de potência com a finalidade de obter melhor rendimento dos condutores elétricos. Em relação à transmissão e distribuição de energia, ou seja, alta tensão, o assunto já se encontra consolidado pela ciência.

Em um estudo como este, a novidade é que se sugere que o fator de potência seja utilizado para servir como meio de subsidiar diagnóstico de operações mecânicas, já que revela que aqueles elementos de usinagem que interferem com o torque do eixo motor elétrico, geram reflexos no fator de potência.

Este trabalho pode contribuir com estudos futuros que quantifiquem os fenômenos que possibilitem diagnosticar algumas condições de usinagem tais como o desgaste de ferramentas. Brocas desgastadas ou sem fio, geram mais resistência à usinagem e portanto demandam mais torque alterando o fator de potência.

Neste trabalho estudou-se experimentalmente o fator de potência como indicador do funcionamento de operações mecânicas em um processo de furação. Com o torno em funcionamento, apurou-se o fator de potência operando sem carga, livre de esforços e posteriormente com carga do processo de furação. Foi demonstrado que o aumento da exigência mecânica sobre o motor resulta em um correspondente aumento do fator de potência.

## 2. Referencial Teórico

A literatura reporta o uso do fator de potência em sistemas indutivos para a determinação da quantidade de energia reativa existente em um sistema (Andrade, 1993). Energia esta que é constantemente trocada entre cargas e o gerador, produzindo assim uma corrente que não realiza trabalho útil, mas ocupa os cabos limitando sua capacidade de transmissão de energia (SIMONE, 2000) e (WHITAKER, 2006). Para eliminar este inconveniente os estudos mostram a importância do aumento do fator de potência mediante uso de diversos métodos.

O fator de potência pode ser obtido pelo cosseno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão elétrica e também pela divisão da potência real pela

potência aparente. Para representar estas relações utiliza-se comumente o triângulo de potências, um triângulo retângulo no qual a hipotenusa retrata a potência aparente, a base, ou seja um dos catetos, representa a potência útil e o outro cateto a energia reativa. Assim as relações matemáticas trigonométricas são aplicáveis para efeito de cálculo.

No caso de operações de usinagem com tornos, um maior fator de potência é obtido ao se evitar que os equipamentos operem em vazio ou com carga muito inferior à sua capacidade nominal. Em condições normais de trabalho o fator de potência revela a eficiência elétrica do motor em operação, modificando os parâmetros e condições da usinagem. A eficiência do uso da energia varia com o fator de potência (SILVEIRA, 2014). Assim é possível, em uma operação de usinagem, a partir da medição do fator de potência, estimar qual a eficiência elétrica de trabalho apresentada pelo motor do torno.

Segundo Vijayaraghavan et al. (2010), é necessário criar métodos com a finalidade de entender e classificar o consumo de energia para sua redução. Vários trabalhos (HERRMAN, 2007) e (JESWIET, 2008) mostram que, para redução do consumo, deve-se primeiramente observar e compreender que a energia consumida pelas máquinas-ferramentas é maior que a energia teórica necessária para a formação dos cavacos.

Este estudo, não tem o escopo de corrigir o fator de potência, mas sim de tomá-lo um parâmetro de avaliação das condições de operação do motor elétrico, de modo a refletir o que ocorre com o fator de potência quando se modifica a carga mecânica aplicada mediante aumento do torque no eixo e, conseqüentemente, da demanda de potência mecânica.

### 3. Materiais e Métodos

Este estudo consta de levantamento de dados experimentais para uma avaliação qualitativa do que ocorre com o fator de potência em função do esforço a que é submetido o motor de uma máquina-ferramenta. Foi utilizada a temperatura para detectar meramente os momentos de inexistência e de existência do esforço, esforço este que demanda esforço do motor.

Para a realização dos ensaios, foram utilizados os seguintes equipamentos e ferramentas: torno modelo P400 da Romi com potência de 7,5 cv, brocas de diâmetros de 17 mm e 17,5 mm e haste conforme a norma DIN 338. Como material do corpo de prova foi utilizado um aço cilíndrico SAE 1030, com as dimensões de 40 mm de diâmetro e comprimento de 80 mm.

Para a aquisição dos sinais de potência e temperatura, foram utilizados Wattímetro digital Minipa Modelo (ET-4091) com software de aquisição de dados (Bs157 Data Recording System V2.x) ligado ao motor do torno, juntamente com três sistemas de aquisição de temperatura Minipa, modelo ET-997, conectados

a termopares do tipo K, com diâmetro da haste de 1,5 mm fixados no corpo de prova.

O ensaio foi realizado em duas fases com dados de cortes diferentes. Os dados da usinagem são mostrados na tabela 2.1. As brocas utilizadas foram com diâmetros diferentes e foram utilizadas em fases distintas.

Foram coletados os valores da potência elétrica e do fator de potência demandada pelo motor ao longo do processo de furação, mediante utilização do wattímetro digital com software para coletar os dados.

**Tabela 2.1.** Dados dos ensaios feitos em dois fases.

Ensaio	Velocidade de corte	Avanço	Diâmetro	Rotação
1ª fase	24,74m/min	0,252mm/rot	17mm	454,728rpm
2ª fase	24,74m/min	0,201mm/rot	17,5mm	454,728rpm

**Fonte:** os autores

Com o torno em funcionamento livre, antes do início da furação, tomaram-se as medidas de potência elétrica demandada e do fator de potência por meio de software de aquisição de dados instalado em um computador do tipo PC. A coleta de dados continuou durante o processo de furação que penetrou 70mm no corpo de prova. O ensaio foi realizado em duas fases. Na primeira fase foi utilizada uma única broca de diâmetro de 17 mm nos três primeiros experimentos. Na segunda fase, foram realizados dois experimentos com brocas de diâmetro de 17,5 mm, sendo que cada um com ferramental novo.

Para apuração da carga aplicada no sistema, adotou-se como método a medição da temperatura nos corpos de prova simultaneamente em três locais, a 20mm, 40mm e 60 mm no comprimento da peça tendo como referência a face da peça com os termopares inseridos em orifícios, feitos no corpo de prova que fez com que distassem 0,3mm da circunferência do furo, evitando que tivessem contato com a broca quando de sua passagem.

Embora este sistema térmico não aponte exatamente o valor da carga aplicada ao motor, o aumento de temperatura indica o aumento da potência de usinagem, o que é suficiente para o escopo deste trabalho.

#### 4. Resultados e Discussão

Nas medições com o torno operando em vazio, portanto antes do início da usinagem, conforme se verifica nos gráficos que seguem, os valores do fator de potência foram todos baixos, respectivamente 0,4, 0,42, 0,6, 0,6 e 0,58. Iniciada a furação, os termopares apresentaram baixos valores nos primeiros instantes, aumentando no curso da usinagem até obtenção do valor de pico o que indicou a demanda de uma potência de usinagem.

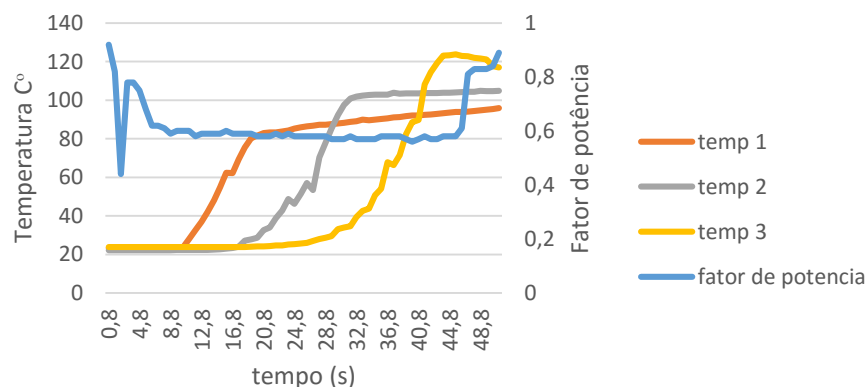
Nas figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, e 4.5, observa-se que, no momento do início da furação, quando houve aumento de carga, o fator de potência se elevou para valores médios da ordem de 0.6, 0.6, 0.88, 0.88 e 0.8 e permaneceu neste patamar com pouca variação durante todo o processo de furação. Em todos os casos ocorreu imediato aumento do fator de potência tão logo o motor tenha recebido maior carga.

Ao longo do processo de furação houve pequena oscilação do fator de potência, o qual comprova que a carga não é exatamente constante. Há variação do atrito ao longo da usinagem com rápidos travamentos e liberações da broca, torções na broca e imperfeições do material da peça. Folgas do mecanismo também podem contribuir para este tipo de variação, o aumento da temperatura da peça usinada e o estado de afiação da ferramenta, que vai se desgastando e perdendo o fio, são elementos que variam durante o processo e que podem ser refletivos no fator de potência. Estes fatores interferem nos valores de carga instantânea no eixo e conseqüentemente no motor. Enfim, todo fator que cause ruído em relação à solicitação a que o motor se submete terá reflexo no fator de potência. Não é escopo deste trabalho demonstrar em que proporção isto acontece, mas tão somente informar da existência desta correlação.

Na figura 1 nota-se o brusco aumento do Fator de potência no tempo próximo de 1 segundo, que é quando a usinagem começa. Atinge um pico superior a 0.8 e se estabiliza durante a furação em 0.6. Quando operando em vazio a 0.8 segundos, o fator de potência é de 0.4. O pico existente antes desse tempo é oriundo da partida do motor parado.

As curvas gráficas foram obtidas a partir do monitoramento contínuo dos dados.

**Figura 1.** Gráfico dos dados obtidos durante o primeiro ensaio.

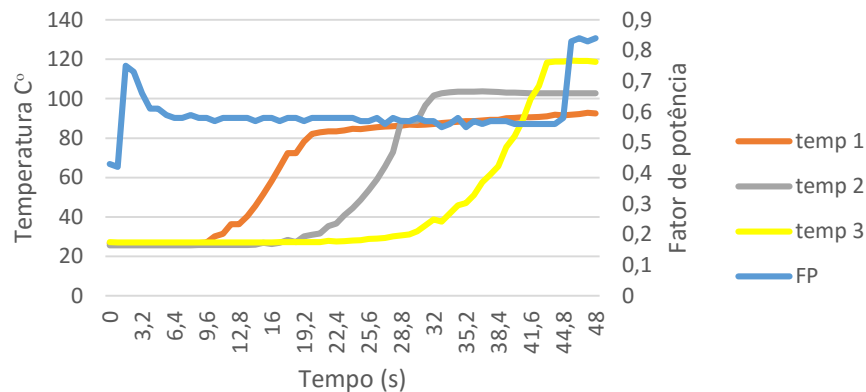


**Fonte:** própria autoria

Na figura 2, o pico, próximo a 0.8 s, é visível no tempo de 3.2 segundos no momento em que ocorre o contato da broca com a peça. o fator de potência se

mantém próximo de 0.6 quando o processo de furação é estabilizado. Observa-se que, nas figuras 1 e 2, após o desligamento do torno no fim do processo, há um crescimento súbito do fator de potência devido a interrupção de energia elétrica no instante 44.8 segundos.

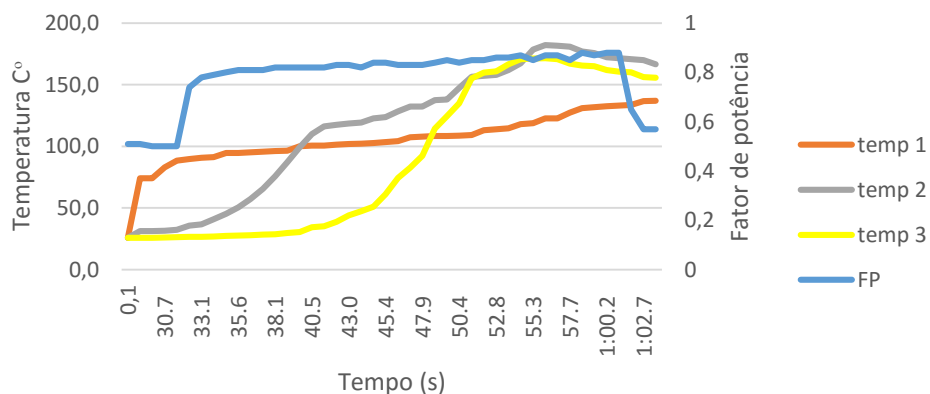
**Figura 2.** Gráfico dos dados obtidos durante o segundo ensaio.



**Fonte:** própria autoria

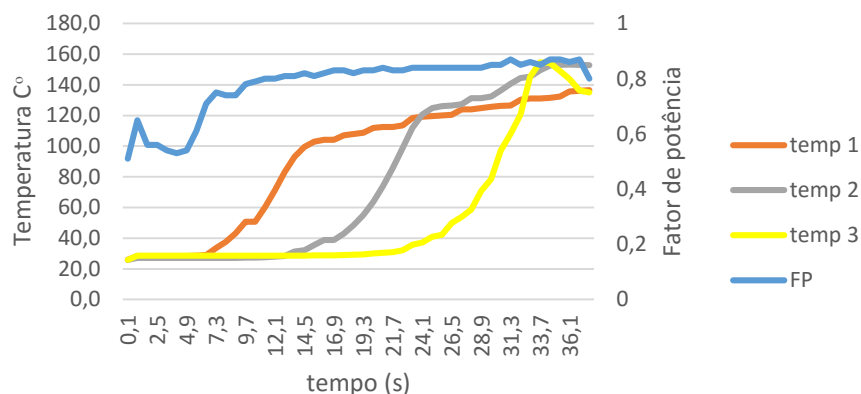
Na figura 3, também é visível o aumento do fator de potência de 0.6 para valores superiores a 0.8, chegando até 0.88.

**Figura 3.** Gráfico dos dados obtidos durante o terceiro ensaio.

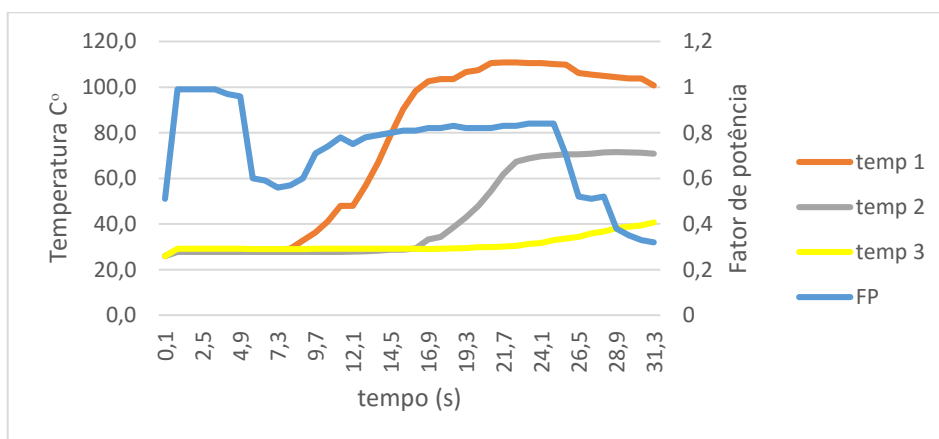


**Fonte:** própria autoria

Na figura 4 o pico do fator de potência é de 0.88, sendo que no início da operação sem carga era inferior a 0.6 indicando aumento do fator de potencia com a demanda de torque.

**Figura 4.** Gráfico dos dados obtidos durante o quarto ensaio.**Fonte:** própria autoria

Na figura 5, o fator de potência foi superior a 0.8 durante o processo de usinagem. Em 7.3 segundos vê-se o fator de potência inferior a 0.6 quando o motor operava em vazio.

**Figura 5.** Gráfico dos dados de obtidos durante o quinto ensaio.**Fonte:** própria autoria

Nos ensaios realizados, foram verificadas a uniformidade de resultados no tocante ao brusco aumento do fator de potência, no momento em que a furação se inicia e eleva a carga aplicada ao motor, independentemente dos diâmetros das brocas.

## 5. Considerações finais

O estudo demonstrou que o aumento de carga no motor decorrente de efeitos da usinagem é acompanhado do aumento de seu fator de potência e que há uma certa correlação de proporcionalidade entre ambos, de modo que o fator de potência indica parâmetros de carga do motor e suas oscilações, e com isso, revela acontecimentos mecânicos da usinagem com sensibilidade.

Fenômenos de usinagem tais como desgaste das ferramentas ou perda de seu fio que impliquem em aumento da demanda de esforço da máquina e conseqüentemente do motor elétrico, são refletidos por uma diminuição do fator de potência e portanto podem ser verificados eletricamente. Essa informação de aumento do fator de potência que indica aumento do esforço pode ser utilizada como informação indicativa de que a máquina está fazendo mais esforço do que o esperado.

Isto sugere que novos estudos merecem ser realizados para explicitar a proporção da correlação do fator de potência com a carga. Com a evolução das pesquisas a transformação de medidas elétricas, simples de serem obtidas, poderão ser desenvolvidos diagnósticos do funcionamento de máquinas em operação de usinagem.

## 6. Referências

ANDRADE, M.T.O., A influência da energia reativa no planejamento do setor elétrico e a necessidade de consolidação do período horário para avaliação do fator de potência das cargas. Campinas-SP, 1993. pp. 79-124 Tese de doutorado - Faculdade de engenharia mecânica da Universidade Estadual de Campinas.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos, Tecnologia da Usinagem dos Metais, 6ª ed. São Paulo, Artliber Editora, 2008, 255 p.

FERRARESI, Dino., Fundamentos da usinagem dos metais, 12ª edição, São Paulo, editora Edgard Blucher, 1970, 800 p.

HERRMAN, C.; BERGMANN, L.; THIEDE, S.; ZEIN A., Etiquetas de energia para as máquinas de produção - uma abordagem para Facilitar a Eficiência Energética em Sistemas de Produção, Anais do 40º Seminário Internacional CIRP na fabricação de sistemas de localização, 2007, Liverpool, Reino Unido.

JESWIET, J.; KARA, S., Emissões de carbono e do SEI em Manufatura, Anais da CIRP, 2008, p. 20.

MACHADO, Alisson Rocha.; Abrão, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira.; SILVA, Mário Bacci da; (2012), Teoria da usinagem dos materiais, 3ª edição, São Paulo, editora Edgard Blucher, 408 p.



SILVEIRA, Neimar Sousa, Utilização do fator de potência como indicador da eficiência energética no torneamento da liga de alumínio 2011F (Al-Cu), Campinas – SP, 2014, 116p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade estadual de campinas – Unicamp.

SILVEIRA, Neimar Souza; TOLOCZKO, F. R.; NASCIMENTO, M. R.; SILVA, R. H. L. Da; HASSUI, A., “Avaliação Da Potência Consumida no Torneamento da Liga de Alumínio 2011F (Al-Cu)”, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM, Uberlândia, MG, Brasil, 2014.

SIMONE, Gilio Aluísio., livro – Máquinas de indução trifásicas – teorias e exercícios, São Paulo, editora Érica, 2000. 328 p.

TORO, D.T., (1994), livro - Fundamentos de Máquinas Elétricas. Editora Prentice-Hall do Brasil LTDA, Rio de Janeiro – pg 550.

VIJAYARAGHAVAN, Aravind.; DORNFELD, David., “Monitoramento de energia automatizada de máquinas-ferramentas”, Sistema Insights Inc., Berkeley, CA, Estados Unidos, Laboratório de Produção e Sustentabilidade, da Universidade da Califórnia, em Berkeley, Estados Unidos, 2011.

WHITAKER, Jerry C., AC Power Systems Handbook, 3ª Edição , Morgan Hill – Califórnia, CRC Press, 2006, 428 p.