

DISPOSITIVO PARA MONITORAMENTO DO PROCESSO DE TORNEAMENTO A PARTIR DA CORRENTE ELÉTRICA DE ENTRADA DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Júlio César Teixeira Chaves, jctchaves@gmail.com¹
João Vitor Souza Araújo, joaovitorosk@hotmail.com¹
Paulo Vinícius da Silva Resende, paulo.vinicius@ifg.edu.br¹
Pedro Henrique Maione Campos, pedromaionee@gmail.com¹
Ildeu Lúcio Siqueira, ildeu.siqueira@ifg.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Departamento de Engenharia Mecânica. Rua 75, nº 46 - Centro, Goiânia - GO - CEP: 74055-110

Resumo: A medição de grandezas elétricas em máquinas-ferramenta tem sido aplicada massivamente como auxiliar do controle de processos, predição para manutenção e inferência sobre as condições de usinagem. Diversos trabalhos publicados indicaram a capacidade desse tipo de monitoramento para a geração de modelos matemáticos relacionando as variáveis de entrada às de saída do processo, tais como a potência de corte, desgaste e falhas da ferramenta de corte. A proposta deste trabalho consiste na montagem de um sistema de aquisição de dados elétricos e indicação visual a respeito da potência de corte no processo de torneamento convencional. Através de um circuito elétrico de aquisição em tempo real, foram levantadas as curvas de corrente elétrica efetiva (I_{ef}) em função da capacidade nominal ($\%I_n$), para condições padronizadas de usinagem que submeteram a máquina-ferramenta do mínimo à máxima capacidade, no processo de torneamento do aço ABNT 1020 com ferramenta intercambiável de metal duro, empregando-se velocidade de corte (V_c) praticamente constante, avanço (f) em 2 níveis e profundidade de corte (ap) em 7 níveis. Posteriormente, o modelo ajustado para a curva $I_{ef} \times \%I_n$ foram inseridos no dispositivo embarcado que adquire os sinais de tensão e corrente elétrica, os processa e indica no display de barra de LEDs a intensidade de carga em 10 diferentes níveis. Logo, os testes de usinagem foram novamente realizados para validação do dispositivo. Os resultados indicaram que o sistema foi responsivo à condição de usinagem, seja para a configuração do motor da máquina-ferramenta à 4 ou 8 polos, com destaque para a condição mais severa, que ultrapassou a capacidade nominal do torno e acionou todos os LEDs, indicando visualmente, que essa condição severa pode gerar uma sobrecarga no motor e até em caso crítico parar o eixo-árvore da máquina.

Palavras-chave: Corrente elétrica; Torneamento convencional; Indicação visual

1. INTRODUÇÃO

Em razão do crescimento da industrialização desde o século XVIII, durante a Revolução Industrial, o consumo de energia elétrica ao redor do mundo passou a apresentar um aumento constante. Até os dias atuais, tal crescimento não para de se intensificar, especialmente no ramo fabril, onde as máquinas necessitam de uma grande quantidade de eletricidade para que funcionem em plena capacidade. Esse elevado consumo de energia, evidencia que o estudo da eficiência energética é um requisito chave no desenvolvimento de novos produtos, já que este levantamento pode acarretar ganhos econômicos e operacionais (MARQUES et al., 2015).

A economia atual vem se tornando cada vez mais dependente dos processos industrializados, sempre buscando criar produtos no menor tempo e com o menor custo possível. É justamente nesse cenário de manufatura, que as máquinas-ferramenta se destacam, sendo amplamente utilizadas durante as produções em massa ou em produções de pequena escala. Então, na tentativa de evitar prejuízos financeiros com gastos desnecessários de energia durante o uso de tornos convencionais, o processo de análise da eficiência energética se mostra uma saída viável para tal problema. Segundo Gussoli (2018), a otimização do uso de ferramental, a melhora no tempo de processo e o aumento no número de peças fabricadas são algumas das vantagens provenientes da análise do rendimento energético e do monitoramento dos parâmetros elétricos do maquinário.

Mesmo assim, existem poucas publicações que tratam a respeito da eficiência energética em tornos convencionais. A maioria dos procedimentos estudados no cenário de pesquisa são baseados em máquinas controladas numericamente e, o motivo disso, talvez esteja atrelado à grande tendência do mercado para a substituição das máquinas-ferramenta “menos tecnológicas” por tornos CNC.

No entanto, o torno convencional ainda compõe a maior parte do parque de máquinas brasileiro, presentes principalmente em oficinas regionais e em indústrias de pequeno porte. Como prova disso, pode-se citar o estudo realizado por Simon (2013), o qual mostra, que até o final do ano de 2012, o número de máquinas convencionais era, aproximadamente, o dobro dos tornos equipados com comando numérico.

Para suprir essa necessidade do estudo diagnóstico de eficiência, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um indicador visual de corrente elétrica relacionada ao rendimento da máquina operatriz, que mostre de forma versátil ao seu operador que as condições de corte durante o processo encontram-se em níveis satisfatórios, tanto para a potência de corte admissível para a máquina como também o regime de trabalho do motor elétrico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Torno mecânico convencional

A princípio, os tornos mecânicos são dispositivos projetados para fixar uma seção de material a ser usinado, para que assim, a peça fixada possa girar em alta velocidade e seja trabalhada utilizando a ferramenta de corte, que no caso dos tornos mecânicos é fixa no equipamento. Trata-se de uma máquina-ferramenta em que o movimento principal é a rotação da peça de trabalho contra a ferramenta de corte estacionária (ABNT, 2013a).

Dependendo do tipo de ferramenta a ser utilizada, como as brocas e os insertos, o torno pode ser usado para confeccionar, consertar, tornear e dar acabamento, a fim de obter um formato específico. Trata-se, portanto, de uma máquina operatriz extremamente versátil que permite a usinagem de qualquer componente mecânico que possa ser utilizado pelo ser humano (STEMMER, 1993). Marques et al. (2015) afirma que o termo “torno mecânico convencional” é comercialmente utilizado para designar tornos que possuem barramento horizontal e cuja operação é realizada manualmente.

Já, de acordo com Costa et al. (2017), uma das características importantes deste tipo de equipamento, é o fato de sua velocidade (rotação) poder ser mantida constante em alguns movimentos. O autor ressalta, ainda, que tais deslocamentos não podem ser modificados ao longo da trajetória da ferramenta, pois a posição da ferramenta em relação à peça só pode ser controlada pelo operador em duas ocasiões: pela interrupção do movimento durante o processo ou por meio da regulagem prévia antes do início da usinagem.

2.2. Fundamentos de usinagem e parâmetros de corte

A usinagem pode ser descrita como todo processo de fabricação em que se verifica a remoção de material na forma de cavaco, que, por sua vez, corresponde à porção de material da peça removida pela ferramenta de corte e caracteriza-se por apresentar um formato irregular. Além disso, a usinagem, segundo Ferraresi (1969) é definida como a operação que pode proporcionar à peça, forma, dimensão ou acabamento superficial, ou ainda, qualquer combinação destes itens.

Entretanto, para se usinar uma peça qualquer, é necessário um prévio conhecimento de alguns parâmetros de corte, pois, para cada tipo de operação de usinagem existem critérios específicos a serem utilizados. Além disso, a usinagem tem a peculiaridade de ser um processo essencialmente prático, mas que envolve um elevado número de variáveis (MACHADO et al., 2009). Tais variantes são chamadas de parâmetros de corte e são grandezas numéricas que representam valores de deslocamento da ferramenta ou da peça, adequados ao tipo de trabalho a ser executado, ao material a ser usinado e ao material da ferramenta. Os parâmetros mais conhecidos são: velocidade de corte, profundidade de corte e avanço.

O primeiro destes fatores, corresponde ao espaço que a ferramenta percorre, cortando um material ao longo de um determinado tempo, ou seja, a velocidade instantânea do movimento de corte no ponto escolhido na peça (DINIZ et al., 2010). Nas máquinas em que o corte é gerado pela rotação da ferramenta de corte ou da peça, tal parâmetro pode ser determinado pela Eq. (1).

$$V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} [m/min] \quad (1)$$

Em que: V_c é a velocidade de corte dada em m/min, n é o número de rotações por minuto, da peça ou da ferramenta, e d é o diâmetro da peça usinada, em milímetros (mm).

Por sua vez, a profundidade de corte consiste na penetração da aresta principal de corte, medida na direção perpendicular ao plano de trabalho (FERRARESI, 1969). É comumente representada pelas letras ap e sua unidade padrão é o milímetro (mm). Depois de estabelecida a velocidade de corte V_c , o operador da máquina deve sincronizá-la com o avanço da ferramenta ou da peça. O avanço f , é o movimento relativo entre a aresta de corte e a peça, em que quando acrescido ao movimento de corte, ocasiona a remoção repetida ou contínua dos cavacos e a criação de uma superfície usinada com as devidas características geométricas requeridas (ABNT, 2013b).

Um outro fator relevante é taxa de remoção de material Q , a qual representa o volume de material usinado por unidade de tempo, calculada por meio da Eq. (2).

$$Q = V_c \cdot ap \cdot f [cm^3/min] \quad (2)$$

2.3. Forças de usinagem e potências de corte

A força de usinagem F_u é a força total que atua sobre a cunha cortante durante a usinagem (FERRARESI, 1969). Segundo Machado et al. (2009), o conhecimento da força de usinagem e o estudo de seus respectivos componentes são de grande importância, pois possibilitam estimar a potência necessária para o corte, bem como as forças que atuam nos elementos da máquina-ferramenta. Por estar no espaço tridimensional, a força de usinagem possui três componentes básicos que agem sobre a cunha cortante, conforme descreve a Fig. 1.

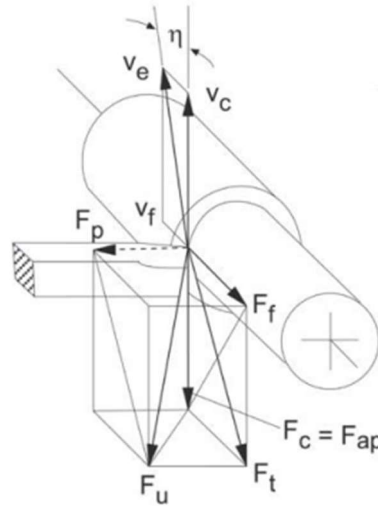


Figura 1 - Forças de usinagem (DINIZ et al., 2001)

De acordo com Ferraresi (1969), a componente da força de usinagem num plano ou direção qualquer é obtida mediante a projeção da força de usinagem F_u sobre esse plano, comumente chamado de plano de trabalho. A força de usinagem é decomposta em uma componente que está no plano de trabalho, chamada força ativa F_t e em uma componente perpendicular ao plano de trabalho, chamada força passiva ou força de profundidade F_p (DINIZ et al., 2010). A força ativa F_t , por sua vez, é decomposta em diversas outras, conforme descrito a seguir:

- Força de corte (F_c ou F_{ap}) - projeção de F_u sobre a direção de corte;
- Força de avanço (F_f) - projeção de F_u sobre a direção de avanço;
- Força de apoio (F_p) - projeção de F_u sobre a direção perpendicular à direção de avanço, situada no plano de trabalho;

Dessa forma, a força de usinagem pode ser calculada pela relação entre força ativa e passiva descrita na Eq. (3).

$$F_u = \sqrt{F_t^2 + F_p^2} \quad [\text{N}] \quad (3)$$

Consoante ao que diz Ferraresi (1969), as potências de corte e avanço são definidas pelos produtos de suas respectivas forças com suas respectivas velocidades, assim como mostrado nas Eq. (4) e (5).

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \quad [\text{W}] \quad (4)$$

$$P_f = \frac{F_f \cdot V_f}{1000 \cdot 60} \quad [\text{W}] \quad (5)$$

O rendimento, é, então, estimado pela razão entre a potência de corte (P_c) e a potência elétrica (P_e), tal como definido pela Eq. (6).

$$\eta = \frac{P_c}{P_e} \quad (6)$$

Segundo Machado et al. (2009), uma outra forma de calcular a potência de corte seria usando a Eq. (7)

$$P_c = \frac{ap \cdot f \cdot V_c \cdot K_c}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta} \quad [\text{W}] \quad (7)$$

Trata-se de uma estimativa teórica que relaciona a pressão específica e os parâmetros de corte, onde ap é a profundidade de corte, f é o avanço, V_c é velocidade de corte, η é o coeficiente da eficiência da máquina e K_c é coeficiente de pressão específica de corte. Este último, é obtido mediante a consulta de uma tabela, sendo seus valores dependentes do tipo de material e avanço usados no torneamento.

3. METODOLOGIA

No procedimento experimental foram feitas as escolhas das variáveis de entrada e a realização dos testes preliminares. As duas variáveis independentes consideradas foram o avanço f , profundidade de corte ap e a velocidade de corte V_c , ao passo que, as variáveis dependentes analisadas foram as grandezas elétricas e mecânicas do torno. Neste trabalho foi dada uma maior atenção para a força de corte (F_c) e a corrente elétrica efetiva (I_{ef}). O fluxograma exibido na Fig. 2 sintetiza as variáveis de entrada e saída do sistema.

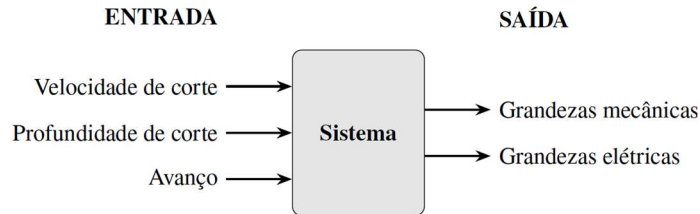


Figura 2 - Variáveis de entrada e saída utilizadas neste trabalho

Os testes foram efetuados mantendo-se constante a velocidade de corte, o número de rotações por minuto e o tipo de inserto. Enquanto, a profundidade de corte foi aumentada em 0,25 unidades a cada experimento, tendo 0,5 mm como valor mínimo e 3 mm como valor máximo. Além disso, considerou-se os avanços de 0,15 mm/volta para o nível baixo e 0,30 mm/volta para o nível alto. Todos esses valores estão resumidos na Tab. 1.

Tabela 1 - Valores e níveis das variáveis de entrada

Parâmetros constantes	Parâmetros variáveis			
	$f = 0,15 \text{ mm/volta}$		$f = 0,3 \text{ mm/volta}$	
$n = 1500 \text{ rpm}$	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
$V_c = 250 \text{ m/min}$				
Inserto CNMG 120404	$ap = 0,5 \text{ mm}$	$ap = 3 \text{ mm}$	$ap = 0,5 \text{ mm}$	$ap = 1,5 \text{ mm}$

Já em relação ao material a ser torneado, definiu-se um tarugo de aço de baixa liga SAE 1020 cilíndrico com 60 mm de diâmetro externo, 410 mm de comprimento e dureza de $200 \pm 8 \text{ HB}$. Nos testes preliminares o desbaste do material ocorreu seção por seção, formando assim um eixo escalonado, a começar do maior valor de ap e indo até seu menor valor. Nos testes finais adotou-se um corte contínuo de um eixo escalonado cuja diferença de diâmetro entre as seções foi equivalente à profundidade de corte a ser removida no diâmetro, sequencialmente disposta entre os canais, realizando um torneamento contínuo feito até o enésimo valor de ap . As duas metodologias são demonstradas nas Figs. 3 (a) e (b).

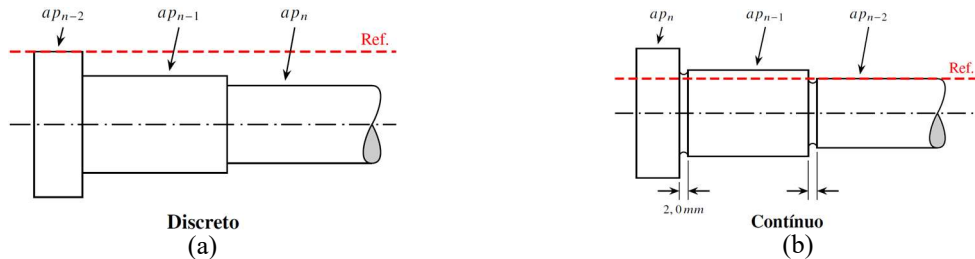


Figura 3 - Tarugo em aço SAE 1020 utilizado como corpo de prova nos testes preliminares com corte contínuo (a), nos testes finais com corte discreto (b)

Os testes foram realizados em um torno paralelo universal. Suas principais características são as seguintes: Fabricante - Nardini; Modelo - NODUS 220 SE; Motor - WEG W22 Dahlander 8/4 polos - 380 V; Potência instalada - 5,5 kW (7,5 HP/7,5 cv); Número de velocidades - 18; Gama de velocidades - 30 ~ 2.360 rpm.

O sistema para o monitoramento dos parâmetros elétricos e para indicação visual do nível de corrente foi montado em uma placa eletrônica de circuito impresso, nomeada JJCurrentVoltage, conforme mostra a Fig. 4.

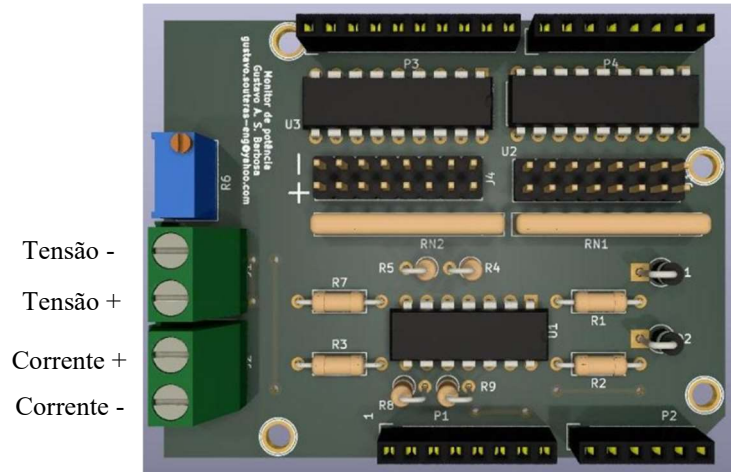


Figura 4 - Componentes da placa impressa (BARBOSA, 2022)

Para o funcionamento correto do sistema, a placa impressa (JJCurrentVoltage) deve ter seus conectores P1 à P4, acoplados aos pinos de entrada analógica e saída digital do Arduino. Por sua vez, os LEDs têm de ser conectados nos terminais J3 e J4, respeitando configuração de polaridade mostrada na imagem anterior. Por fim, os sensores de tensão e corrente são acionados a partir da conexão com os terminais J1 e J2, respectivamente. A Figura. 5(a) demonstra como o encaixe das placas foi realizado e a posição dos sensores de tensão e corrente conectados.

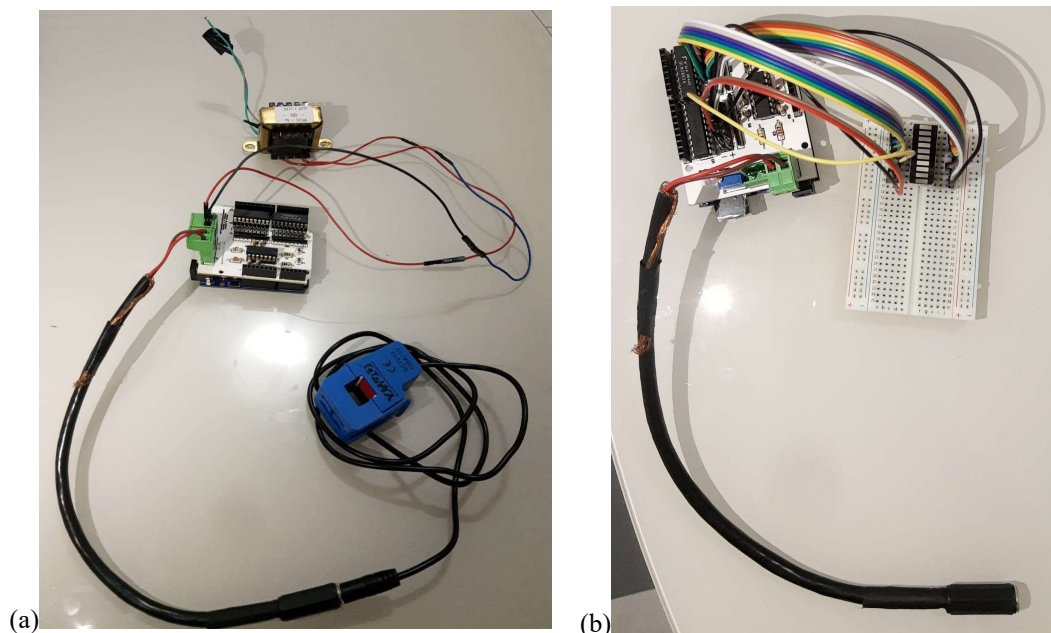


Figura 5 - Dispositivo para indicação visual: sensores conectados (a), teste com barra de LED (b)

O transformador de corrente elétrica definido para o projeto foi o sensor SCT 013-00, que se trata de um equipamento ideal para leituras não invasivas. Já o transformador de tensão elétrica usado foi do tipo AC-AC de 220V-9V por 300 mA da fabricante Santos Dumont.

A barra gráfica de LEDs é inserida na protoboard e ligada à placa JJCurrentVoltage por meio de cabos conectores, como representado na Fig. 5(b). O sensor de corrente, por sua vez, é acoplado a uma das fases do torno para que assim o sistema possa ler os valores de corrente elétrica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos, que contêm as grandezas usadas para a análise de rendimento considerando os dois tipos de torneamento, foram usados para traçar alguns comparativos pertinentes. Um deles é o comparativo entre as forças de corte (F_c) e forças de avanço (F_f) em função da variação da corrente, como mostrado Fig. 6.

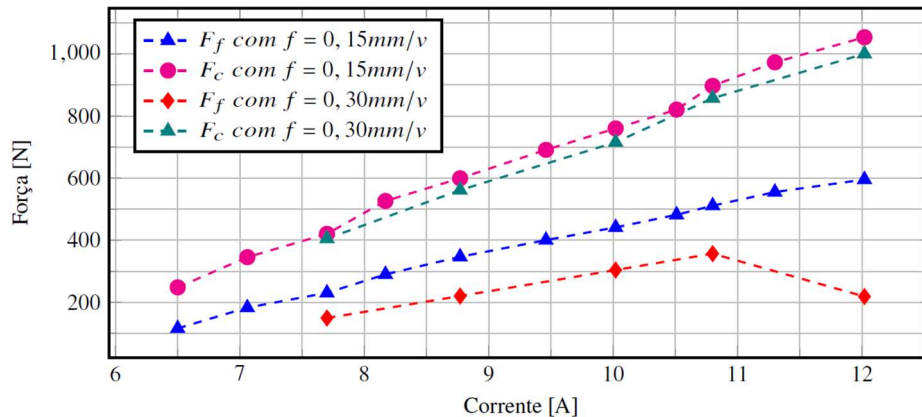


Figura 6 - Comparativo entre as forças de corte (F_c) e forças de avanço (F_f) em função da variação da corrente para os dois níveis de avanço

É possível observar que a força de avanço, em si, quando comparada com a força de corte não pode ser desprezada. O valor de sua potência só é desconsiderado nos cálculos de rendimento em decorrência das baixas velocidades de avanço que são adotadas no processo de torneamento. Isto é ressaltado na Fig. 7, que relaciona as potências de corte e avanço com a taxa de remoção de material (Q), a qual representa o volume de material usinado por unidade de tempo.

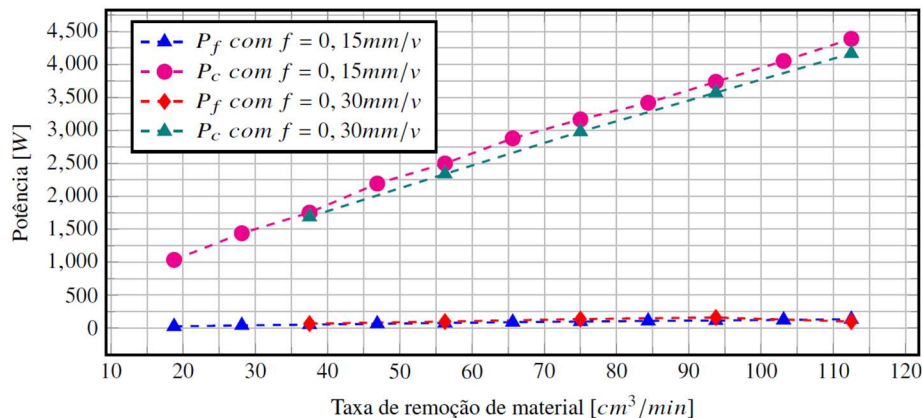


Figura 7 - Comparativo entre as potências de corte (P_c) e potências de avanço (P_f) em função da variação da taxa de remoção de material, considerando os dois níveis de avanço

Assim como o esperado, a potência de avanço P_f manifestou resultados bem baixos, que quando comparados à potência de corte, podem ser considerados irrelevantes. Tal efeito é coerente com o que foi mostrado na Revisão Bibliográfica deste trabalho, já que nela, foi citada a irrelevância de potência de avanço durante os cálculos do rendimento da máquina-ferramenta, justamente em decorrência de seu pequeno valor.

Foi feito, ainda, um comparativo entre as médias de rendimento do maquinário em função da taxa de remoção de material, considerando os dois tipos de corte do corpo de prova. Isto é exposto na Fig. 8, onde os resultados são mostrados na seguinte configuração: valores médios $\pm$ erro padrão amostral considerando uma confiabilidade de 68 %.

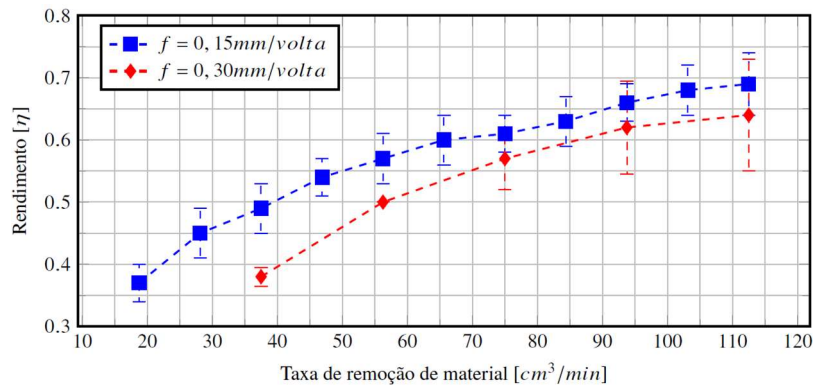


Figura 8 - Comparativo entre as médias de rendimento em função da taxa de remoção de material, considerando os dois níveis de avanço

É possível perceber que para valores iguais de taxa de remoção de material o avanço de 0,15 mm/volta mostrou um maior rendimento. Isto se dá pelo fato de quanto menor o avanço, menor será também a necessidade de energia elétrica para executar a operação de corte. O gráfico, mostra ainda, o comportamento logarítmico crescente do rendimento em função do volume de material removido. Tal tendência é similar ao comportamento do rendimento do motor elétrico conforme o *datasheet* da WEG (2021).

Por fim, foram feitos os gráficos da corrente elétrica efetiva (I_{ef}) em função da capacidade nominal ($\%In$) e do nível de corrente em função da quantidade de LEDs, assim como exibido nas Fig. 9 e 10. Os LEDs deverão ser acesos para demonstrar se os valores de corrente durante o corte estão baixos ou elevados, indicando, assim, se os parâmetros de corte escolhidos estão adequados ou não.

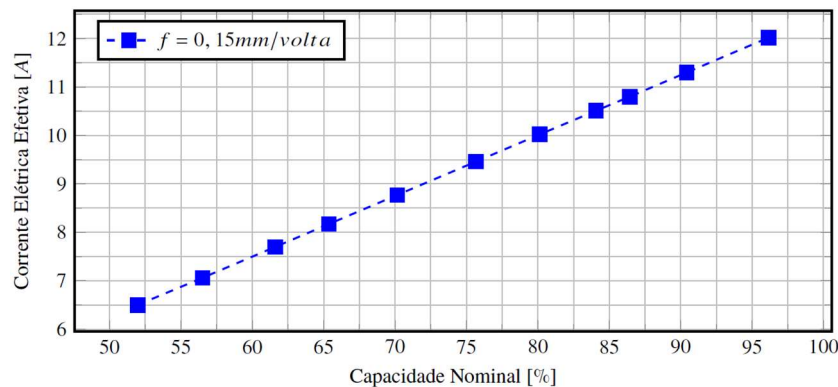


Figura 9 - Corrente elétrica efetiva (I_{ef}) em função da capacidade nominal ($\%In$) considerando o avanço de 0,15 mm/volta dos testes preliminares

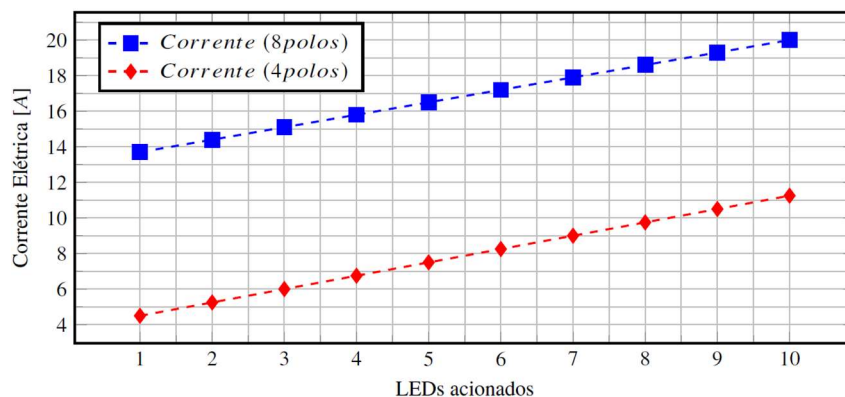


Figura 10 - Relação entre corrente e número de LEDs considerando os dois tipos de polos do motor trifásico

O primeiro gráfico (Fig. 9) mostra o levantamento das curvas de corrente elétrica efetiva (I_{ef}) em função da capacidade nominal ($\%I_n$), para condições padronizadas de usinagem que submeteram a máquina-ferramenta do mínimo à máxima capacidade, no processo de torneamento, considerando os dois níveis de avanço.

Ao passo que, na Fig. 10, mostra-se relação entre nível de corrente e quantidade de LEDs considerando o uso de uma barra gráfica composta por dez unidades. Nesse caso, os intervalos foram divididos igualmente de acordo com suas correntes mínimas (torno em vazio) e máximas (valores mais altos que a máquina pode operar de acordo com o fabricante do torno), considerando a configuração de 4 e 8 polos do motor elétrico e fazendo um modelo que se adeque ao comportamento da Fig. 9. Para 4 polos, a corrente varia de aproximadamente 4,5 A até 12 A, enquanto para 8 polos o a faixa de valores varia entre 14 A a 20 A.

O acendimento dos LEDs ocorreu como o esperado. A Figura 11 comprova como a barra gráfica se comportou diante a variação de corrente no ensaio de torneamento.

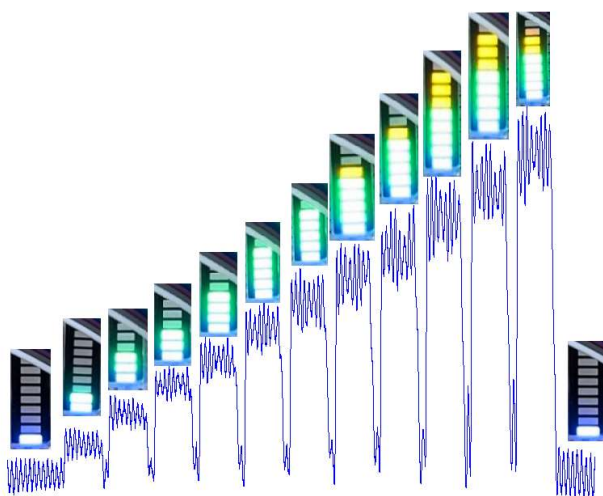


Figura 11 - LEDs acesos de acordo com a variação de corrente

O comportamento da corrente durante o corte (representado pelas linhas em azul) é um sinal bruto que mostra como tal variável se modifica com o passar do tempo considerando-se o avanço de 0,15 mm/volta. Logo acima dela, encontra-se a simbolização dos LEDs acesos de acordo com cada profundidade de corte adotada no torneamento. Como nas situações de corte em vazio (pré e pós-corte) a corrente ficou entre 4,5 A e 5,25 A, apenas o primeiro LED foi aceso. Por sua vez, na situação mais crítica ($ap = 3$ mm) a corrente alcançou o valor de 10,10 A, acendendo, assim, 9 LEDs. A variação crescente da profundidade de corte produz um crescimento da corrente elétrica, de forma coerente, os LEDs também foram acesos de forma progressiva.

5. CONCLUSÕES

O dispositivo indicação visual JJCurrentVoltage placa de monitoramento de corrente obteve êxito no seu objetivo de facilitar a instalação e a praticidade para o operador, já que não apresenta a necessidade de intervenção nos cabos elétricos da máquina. Ademais, se mostrou capaz de indicar visualmente os níveis de corrente do maquinário e o estado operacional do motor do ponto de vista energético. Verificou-se, ainda, que a montagem do dispositivo para indicação visual do nível de corrente do torno convencional NODUS 2020 é viável e, quando comparada a outros equipamentos semelhantes do mercado, se mostrou extremamente versátil e de menor custo.

Vale ressaltar que para montar o dispositivo em tornos convencionais, deve-se aplicar a metodologia de análise inicial do comportamento das grandezas elétricas em função dos ensaios padronizados aqui propostos, resguardando a mesma ferramenta de corte, parâmetros de corte e material, com limite à profundidade de corte máxima aplicável.

6. AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo de Pesquisa em Fabricação (NUPEF) do IFG - Câmpus Goiânia, pela infraestrutura, e ao prof. Sebastião Gonçalves Lima Jr., pelo aparato de aquisição de potência elétrica, placa de aquisição ESP32.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 23125/2013a – *Máquinas, Ferramentas, Segurança, Tornos*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 3002-1/2013b – *Grandezas Básicas em Usinagem e Retificação. Parte 1: Geometria da Parte Cortante das Ferramentas de Corte*. ABNT.
- BARBOSA, Gustavo Souteras, 2022. *Guia Rápido de Utilização da Placa de Monitoramento de Energia (JCurrentVoltage)*. Guia elaborado por ex-aluno do IFG já formado em Engenharia, que ficou responsável pela confecção da placa impressa, Goiânia, Goiás.
- COSTA, Dalberto Dias; RIALTO, André Chiconi; GUSSOLI, Maurício Klein; GUIMARÃES, Wesley Menezes, 2017. *Análise das Perdas de Energia no Processo de Torneamento Convencional*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 9., 2017, Curitiba. Anais [...]. Joinville: ABCM. p. 1-10. Disponível em: <http://www.labusig.ufpr.br/projetos/Cobef_2017_AEMF.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos, 2010. *Tecnologia da Usinagem dos Materiais*. 7. ed. São Paulo: ArtLiber Editora. 272 p.
- FERRARESI, Dino, 1969. *Fundamentos da Usinagem dos Metais*. São Carlos: Edgard Blücher Ltda. 927 p.
- GUSSOLI, Maurício Klein, 2018. *Análise das Perdas Energéticas no Processo de Torneamento e Levantamento de Curvas Características*. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <http://www.labusig.ufpr.br/projetos/GUSSOLI_TCC_2018_1Vf.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- MACHADO, Álisson Rocha; ABRÃO, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Márcio Bacci da, 2009. *Teoria da Usinagem dos Materiais*. São Paulo: Editora Blücher. 371 p.
- MARQUES, Alessandro; DA COSTA, Dalberto Dias; LOPES, Eduardo Márcio de Oliveira; GUSSOLI, Maurício Klein, 2015. *Avaliação da Eficiência Energética de Tornos Convencionais Baseada no Valor Médio da Energia Específica de Corte*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 8., 2015, Curitiba. Anais [...]. Salvador: ABCM. p. 1-10. Disponível em: <http://www.labusig.ufpr.br/projetos/Cobef_2015.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- SIMON, Alexandre Tadeu, 2013. XII Inventário MM: *As Máquinas-ferramenta de Usinagem Instaladas no Parque Industrial Brasileiro*. Máquinas e Metais, Vol. 575, p. 24-48.
- STEMMER, Caspar Erich, 1993. *Ferramentas de Corte I*. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC. 824 p.
- WEG. *Guia de Especificação: Motores Elétricos*. Cód: 50032749. Rev: 24. Publicado em janeiro de 2021. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2022.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

DEVICE FOR MONITORING THE TURNING PROCESS FROM THE INPUT ELECTRICAL CURRENT

Júlio César Teixeira Chaves, jctchaves@gmail.com¹
João Vitor Souza Araújo, joaovitorosk@hotmail.com¹
Paulo Vinícius Resende, paulo.vinicius@ifg.edu.br¹
Pedro Henrique Maione Campos, pedromaionee@gmail.com¹
Ildeu Lúcio Siqueira, ildeu.siqueira@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Departamento de Engenharia Mecânica. Rua 75, nº 46 - Centro, Goiânia - GO - CEP: 74055-110

Abstract: The measurement of electrical quantities in machine tools has been massively applied as an aid to process control, prediction for maintenance and inference about machining conditions. Several published papers have indicated the capability of this type of monitoring to generate mathematical models relating the input variables to the output variables of the process, such as cutting power, wear, and failures of the cutting tool. The purpose of this work consists in setting up a system for acquiring electrical data and visual indication regarding the cutting power in the conventional turning process. Through a real-time electrical acquisition circuit, curves of effective electrical current (I_{ef}) were calculated as a function of nominal capacity (% I_n), for standardized machining conditions that submitted the machine tool from minimum to maximum capacity, in the ABNT 1020 steel turning process with indexable carbide tool, using practically constant cutting speed (V_c), feed (f) in 2 levels and depth of cut (a_p) in 7 levels. Subsequently, the model adjusted for the $I_{ef} \times \%I_n$ curve was inserted in the embedded device that acquires the voltage and electric current signals, processes them and indicates the load intensity in 10 different levels on the LEDs bar display. Then, the machining tests were again performed to validate the device. The results showed that the system was responsive to the machining condition, whether for the machine tool motor configuration at 4 or 8 poles, highlighting the most severe condition, which exceeded the nominal capacity of the lathe and activated all the LEDs, visually indicating that this severe condition can generate an overload in the motor and even in critical cases stop the machine spindle.

Keywords: Electric current; Conventional turning; Visual Indication

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.