

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE SINAIS PROVENIENTES DE CÁPSULAS PIEZELÉTRICAS PARA O MONITORAMENTO DO DESGASTE DO DRESSADOR

Felipe Aparecido Alexandre, felipeapalexandre@hotmail.com¹
Rubens Victor Cedano Godoy Patrício de Souza, rvcgps@hotmail.com¹
Pedro de Oliveira Conceição Junior, pedroliveira931@hotmail.com¹
Rodrigo de Souza Ruzzi, rodruzzi@me.com²
Danilo Marcus Santos Ribeiro, danpayne16@msn.com¹
Paulo Roberto de Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹
Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br²

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CxPostal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

² Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CxPostal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brasil

Resumo: Dressagem é o processo de condicionamento do rebolo, que permite restabelecer as características e formato originais perdidos, devido ao desgaste em função do uso, a fim de manter a precisão, exatidão e a qualidade do processo de retificação. No entanto, o desgaste do rebolo é um fenômeno complexo que ocorre em diferentes maneiras nos processos de corte, não existindo um método preciso para avaliar a condição de ferramenta. Por outro lado, um método de monitoramento do processo de dressagem, em tempo real, que permita identificar o momento em que o dressador esteja desgastado, e assim seja substituído, é algo que pode ser de grande importância para o processo de retificação. Desse modo, o objetivo deste trabalho consistiu em investigar o desgaste do dressador de ponta única por meio do conteúdo harmônico dos sinais coletados por cápsulas piezelétricas de baixo custo. Ensaios experimentais foram realizados com profundidade de 40 µm para cada passada do dressador, de diamante natural, e o sinal coletado a uma frequência de 2 MHz. O desgaste foi aferido ao longo das passadas através de um sistema fotográfico de alta resolução. Os dados de diferentes condições do desgaste do dressador foram processados e, portanto, o conteúdo harmônico do sinal obtido por meio de FFT (Fast Fourier Transform). A partir desses espectros foi escolhida a melhor banda que representasse as diferentes condições de desgaste. Em seguida, foi aplicado filtro digital aos sinais puros para a banda escolhida e, posteriormente, o valor RMS (Root Mean Square) foi obtido para os sinais filtrado e não filtrado. O resultado foi mais previsível no comportamento do desgaste do dressador quando analisado com o sinal filtrado, demonstrando a importância do método proposto. A partir desse estudo, sistemas de monitoramento de baixo custo poderão ser aprimorados e desenvolvidos em futuros trabalhos.

Palavras-chave: Processo de retificação, condição da ferramenta, dressador de ponta única, monitoramento, cápsula piezelétrica

1. INTRODUÇÃO

O processo de retificação está situado na fase final da cadeia de usinagem, necessitando de grande precisão para garantir exatidão e qualidade conferindo assim alto valor agregado ao produto final. Trata-se de um dos processos de usinagem com menor domínio tecnológico se comparado aos outros processos convencionais, tendo a função de solucionar alguns problemas adquiridos na sequência de fabricação (Irani et al. 2005). Consiste em um processo de acabamento, sendo inaceitável a perda da peça nesta fase devido ao tempo e valor dispendidos nos processos anteriores (Wang et al. 2001).

De acordo com (Liao et al. 2008) o processo de retificação possui alta complexidade devido ao fato da ferramenta de corte ser composta por pequenos e irregulares grãos abrasivos dispostos de forma randômica e unidos por um meio ligante. A remoção de material no processo de usinagem por abrasão não acontece da mesma maneira que nas operações mais convencionais como fresamento e torneamento, tais operações possuem geometria de corte definida, enquanto que na

retificação a ferramenta apresenta várias arestas cortantes, ou seja, geometria de corte irregular (Aguiar et al. 2004). Depois de repetidos usos, o excessivo atrito entre rebolo e peça retificada torna ferramenta de corte inadequada para nova utilização, sendo necessária e imprescindível a realização do processo de dressagem do rebolo para remoção e ou avivamento dos grãos gastos de sua superfície, com o objetivo de torná-lo adequado ao uso.

Dressagem é o processo de condicionamento da superfície do rebolo para o processo de retificação quando o mesmo perdeu sua capacidade de corte e forma original devido ao uso contínuo (Xue et al. 2002), consiste na operação conjunta de perfilamento e afiação de rebolos convencionais (Marinescu et al. 2006). De acordo com (Linke 2008), o desempenho do processo depende da forma com que o rebolo é preparado. O processo de dressagem deve produzir uma topografia adequada no rebolo, pois esta característica influencia a rugosidade e a camada superficial da peça retificada. Assim as condições de dressagem tendem a provocar enorme influência no desempenho da operação de retificação.

A operação de dressagem tem como consequência dois efeitos: o macroefeito e o microefeito (Hassui & Diniz 2003). O macroefeito está relacionado com a posição na qual as arestas dos grãos abrasivos estão localizadas, enquanto o microefeito é formado pela perda dos grãos com baixa ancoragem no ligante e fratura dos grãos que não se desgastaram por completo, gerando novas arestas de corte. A ponta do dressador afeta significativamente o processo de dressagem, tendo como consequência a alteração das características finais da peça usinada, como a superfície e rugosidade (Xue et al. 2002).

A maneira mais adequada de se obter a afiação do rebolo por meio da dressagem é considerar a largura de atuação do dressador durante a operação. Através das operações de dressagem a largura varia devido ao desgaste da ponta do dressador. Segundo (Hassui & Diniz 2003) o parâmetro denominado grau de recobrimento (Ud) é definido pela expressão:

$$Ud = \frac{bd}{sd} \quad (1)$$

Onde: (bd) é a largura do dressador para uma dada profundidade de corte, (ad) e (Sd) é o avanço do dressador por revolução do rebolo.

Valores menores que 1 para este parâmetro indicam uma operação de dressagem pouco eficiente, igual a 1 o rebolo possui um alto grau de agressividade. Assim, através do exposto a dressagem consiste em uma operação de alta importância para o processo de retificação, desta forma, controlar tal processo de maneira eficaz auxiliaria no aumento da qualidade do processo. Conhecer as variáveis de desgaste do dressador e seu comportamento possibilita um maior controle da operação de dressagem, dessa forma, o presente trabalho visa estudar o desgaste do dressador de ponta única de diamante natural, pela análise de resposta em frequência de sinais provenientes de cápsulas piezelétricas no processo de dressagem, por meio de filtros digitais e estatísticas para análise de comportamento, como a média do valor RMS e seu desvio padrão.

2. MONITORAMENTO NO PROCESSO DE DRESSAGEM

O principal objetivo do monitoramento do processo de dressagem é o aumento do controle e da qualidade, visto que esta operação altera a topografia do rebolo e consequentemente interfere no resultado do processo de retificação. O maior obstáculo para o monitoramento da dressagem consiste na falta de um método confiável para estimar o desgaste do dressador em tempo real.

De acordo com (Baptista 2010) os transdutores piezelétricos nas últimas décadas têm sido utilizados com intuito de detectar danos estruturais devido ao efeito piezelétrico. Segundo (Marchi 2015) o efeito piezelétrico consiste no surgimento de um campo elétrico em um material submetido a uma tensão mecânica. O efeito reverso também ocorre, ou seja, ao se aplicar uma tensão elétrica entre os dois lados de um material piezelétrico, surge uma deformação mecânica.

Os sinais provenientes dos sensores PZT (*Pb-Lead Zirconate Titanate*) trazem inúmeras informações quanto ao processo o qual estão monitorando. Através de análise de sinais e do conteúdo harmônico obtido através de FFT (*Fast Fourier Transform*) é possível identificar padrões nos sinais e relacioná-los com o processo analisado. Para a análise de padrões específicos do sinal, conta-se com o auxílio de filtros digitais, além do uso de estatísticas como RMS (*Root Mean Square*).

De acordo com (Saravanan et al. 2015) a técnica de danos baseado em RMS segue a seguinte relação:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_i^2}{N}} \quad (2)$$

Onde: N é o número de amostras e f_i consiste no sinal de PZT na janela de N amostras.

A partir dos resultados obtidos da Eq. (2) e aplicação de processamento de sinais é possível obter informações que caracterizem o desgaste do dressador e assim auxiliem na criação de um sistema de monitoramento de baixo custo.

3. PROPÓSITOS

Muitos estudos sobre o processo de monitoramento da operação de dressagem têm sido publicados, no entanto, poucos abordam dressadores de ponta única. O estudo de (Zhang & Shin 2003) focou nas propriedades de dressadores de ponta única na dressagem de rebolos CBN utilizando laser. Os resultados apresentados indicam que o desgaste está relacionado com a potência do laser, assim como a profundidade e o avanço do dressador, tendo como conclusão que o aquecimento influencia na taxa de desgaste do dressador. Um sistema de monitoramento com o objetivo de mensurar o raio equivalente do dressador possibilitando o cálculo do desgaste foi apresentado por (Habrat et al. 2005). A classificação do desgaste de dressadores de ponta única utilizando valores médios quadráticos dos sinais de emissão acústica em conjunto com redes neurais e artificiais foi desenvolvida por (Martins et al. 2014) obtendo como resultado uma taxa de classificação satisfatória porém a um custo computacional muito alto.

(SOUZA et al. 2013) descreve um método de monitoramento da operação de dressagem com base em técnicas de processamento digital de sinais de EA e aceleração, visando caracterizar as condições de desgaste do dressador bem como a classificação do tempo de vida desta ferramenta. Os sinais de cápsulas piezelétricas com intuito de estimar o comportamento do desgaste do dressador no processo de dressagem têm sido pouco utilizados.

Assim, devido a importância do monitoramento da operação de dressagem e da necessidade crescente de automação do processo de retificação, o presente trabalho estuda o comportamento do desgaste do dressador através de análise espectral de sinais providos de cápsulas piezelétricas. Para tanto, faz-se análises dos espectros de frequência, além da utilização de filtros digitais e estatísticas para estimar o desgaste do dressador. Desta forma, esse estudo visa contribuir para automatização do processo permitindo a melhora de sistemas de monitoramento no que tange a escolha de dressadores em função do desgaste.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados o banco de ensaios e suas configurações, a forma de aquisição dos sinais provenientes das cápsulas piezelétricas. Em seguida o processamento digital dos sinais com filtros digitais, Transformadas Rápidas de Fourier e uso de estatísticas como RMS serão demonstrados com intuito de relacionar e comparar os sinais filtrados e não filtrados quando do comportamento do desgaste do dressador.

4.1. Montagem do Banco de Ensaios

Os ensaios foram realizados em uma máquina retificadora plana tangencial da marca Sulmecânica, modelo 1055, com um rebolo de óxido de alumínio (especificações: NORTON 38A220KVS, com medidas iniciais de 355,6x12,7x127 mm e granulometria 150 A) e um dressador natural piramidal fabricado pela empresa Master Diamond. Os sinais providos dos ensaios foram aquisitados por meio de um sensor PZT. Um osciloscópio da marca Yokogawa, modelo DL850 foi usado para leitura do sensor de baixo custo. O sinal do sensor foi coletado a cada passada de dressagem. A Fig. 1 mostra o diagrama esquemático do banco de ensaios, contendo rebolo, dressador, sensor PZT, osciloscópio e o inversor de frequência.

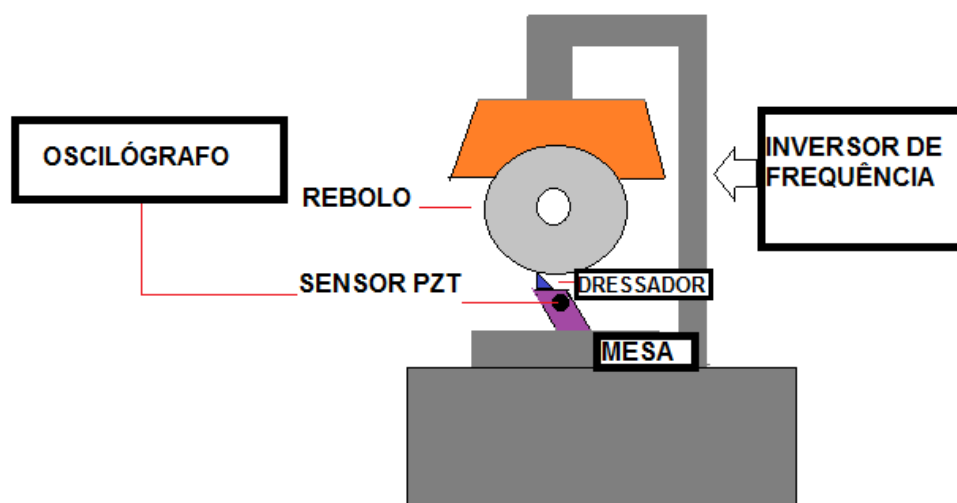


Figura 1 - Esquemático Banco de Ensaios

Foram realizadas 200 passadas para o diamante do dressador em questão, alcançando assim, o limite de vida útil estipulado no início do ensaio. Para ajuste do inversor em RPM (*rotações por minuto*), foi utilizada uma relação linear na Eq. (3) através de experimentos com dressadores e tempo de contato com o rebolo:

$$Ajuste\ inversor = \frac{16,7869 - t_d}{0,0190} \quad (3)$$

Onde: t_d é o tempo de dressagem. No entanto o tempo de dressagem (t_d) é definido na Eq. (4), como:

$$t_d = \frac{L_R \cdot U_d \cdot 60}{n \cdot b_d} \quad (4)$$

Onde L_R é a largura do rebolo, U_d é o grau de recobrimento, n é a velocidade do rebolo em RPM e b_d estimado através de sistema ótico e software CAD (*computer aided design*) obtido no início do ensaio, onde sua unidade é o mm.

Assim, para o dressador em análise o b_d aferido inicialmente foi de 270 μm , o U_d foi igual a 2, o L_R inicialmente foi de 24,5 mm e n foi igual a 1800 RPM, assim t_d encontrado foi de 6,27 s tendo como resultado um ajuste de inversor de 553 rpm.

4.2. Processamento Digital dos Sinais e Análise do Desgaste do Dressador

Os sinais aquisitados durante os ensaios foram analisados com o objetivo de encontrar uma relação com o desgaste do dressador. Inicialmente considerou-se o conteúdo harmônico dos sinais em diferentes níveis de desgaste. A Fig. 2 apresenta a comparação entre os dressadores no início (a), no nível intermediário (b) e no final da vida útil (c), além de apresentar os respectivos sinais originais (d), (e) e (f). A Fig. 2 também apresenta o espectro de frequência dos sinais, correspondente (g), (h) e (i), que foi determinado através da FFT com janela de *Hanning* média, em três trechos de 8192 amostras de sinal, sendo esses trechos distribuídos de forma equidistante. Assinala-se um aumento significativo na amplitude do sinal em sua parte inicial correspondente ao dressador desgastado (Fig. i), diferindo dos outros dois sinais (Fig. g e Fig. h) que não apresentam uma amplitude alta.

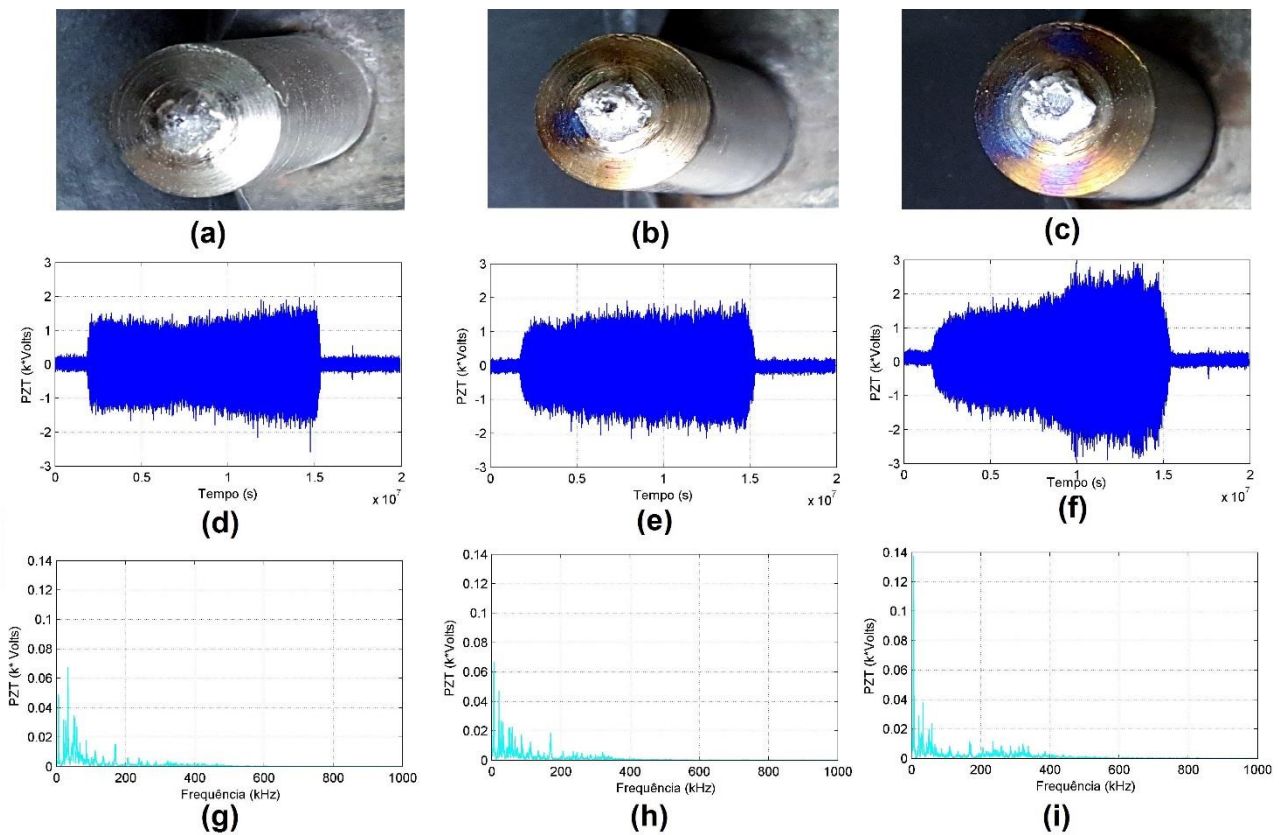


Figura 2 – Dressadores (a,b,c) e seus respectivos sinais puros (d,e,f) e FFT (g,h,i)

A Fig. 3 apresenta o espectro de frequência para três condições de desgaste do dressador (a), observa-se que os sinais apresentam diferentes espectros para cada condição de desgaste. Após investigação dos espectros de frequência,

identificou-se uma banda (b) que melhor caracterizasse as propriedades do dressador. Assim, utilizou-se um filtro digital, *butterworth*, de quinta ordem, do tipo “*bandpass*” com o valor da banda escolhida de 256 kHz a 261 kHz. Esta é uma banda com um valor relativamente alto encontrando-se próxima a área de menor atividade do espectro de frequência, apesar deste fato, a mesma apresentou bons resultados como parâmetro para o filtro digital passa banda. A escolha desta banda justifica-se pelo fato da mesma definir na ordem correta as três condições do dressador sem sobreposição, assinalando as características do comportamento do desgaste do dressador.

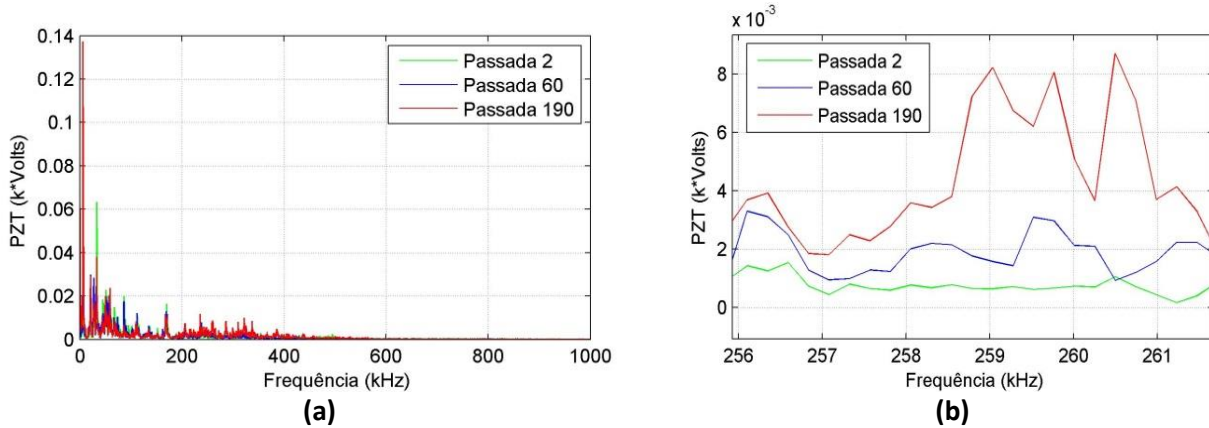


Figura 3 - Espectros de Frequência e Banda 256 kHz á 261 kHz

Após a aplicação do filtro digital (Fig. 4 a, Fig. 4 d e Fig. 4 g), foi calculado o RMS (Fig. 4 b, Fig. 4 e e Fig. 4 h) de cada sinal e por fim um filtro digital passa baixa de 5 Hz de ordem 1 foi aplicado no resultado RMS (Fig. 4 c, Fig. 4 f e Fig. 4 i). Este último filtro auxilia na remoção de ruídos que possam atrapalhar na análise dos sinais. Observa-se na Fig. 4 que o sinal RMS do início da vida do dressador difere muito do sinal RMS do meio e do fim da vida útil, justifica-se esta observação devido ao desgaste do dressador e assim alteração no b_d que influenciam de forma direta no sinal.

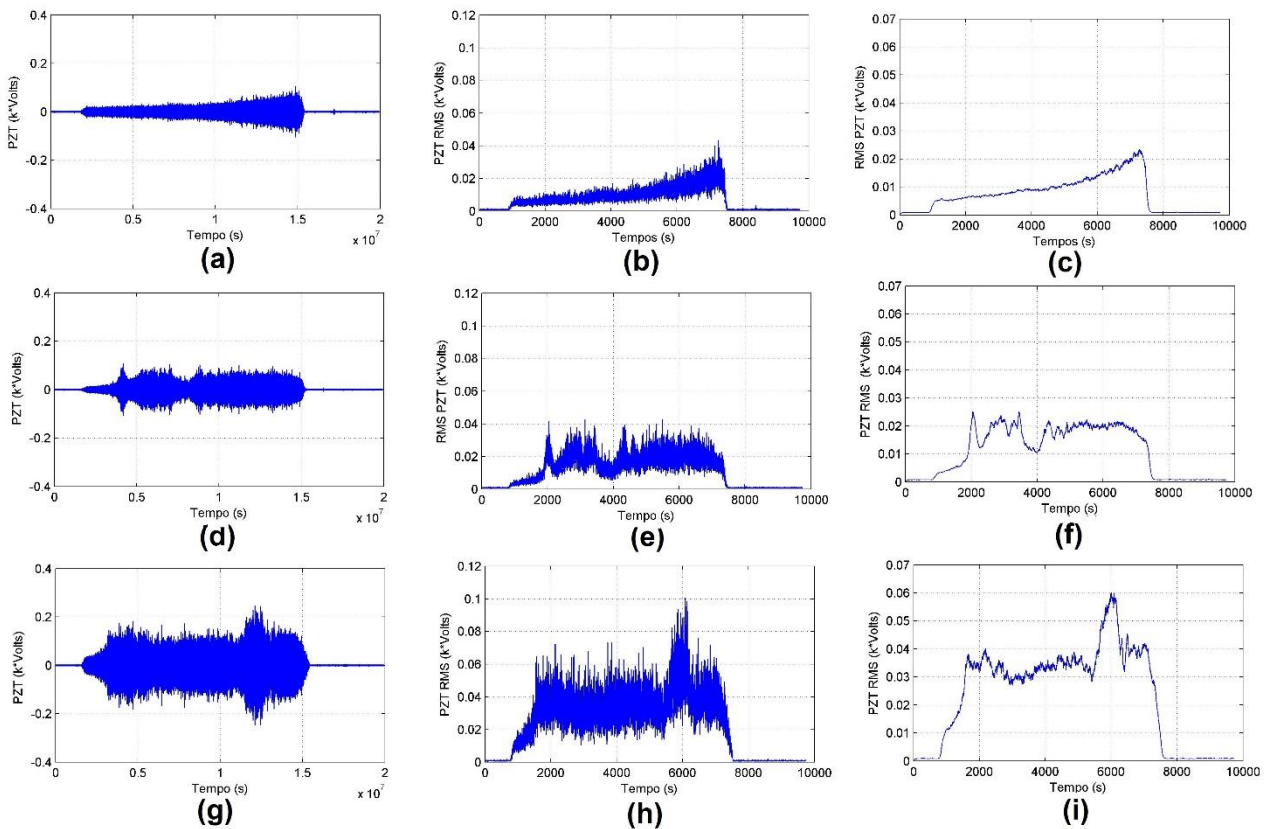


Figura 4 - Sinal Filtrado (a,d,g) - RMS (b,e,f) - RMS passa baixa (c,f,i)

A partir do sinal RMS filtrado foi obtido a média e o desvio padrão para assim analisar estatisticamente o comportamento do desgaste do dressador. Dentre as 200 passadas efetuadas no ensaio, este processamento foi aplicado

nas seguintes passadas: 10, 30, 50, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 190. Além disto, foi efetuado o cálculo da média e desvio do sinal RMS sem filtro “bandpass” para efeito de comparação com sinal filtrado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 5 apresenta a média e o desvio padrão do sinal RMS. Pode-se observar que a amplitude do sinal RMS teve um aumento diretamente proporcional ao desgaste do dressador. Com o aumento de área de contato, devido a deformidade do desgaste, o sinal sofreu variações influenciando no resultado apresentado em ambos os sinais RMS. Observa-se que o sinal RMS não filtrado (Fig. 5a) apresenta um crescimento ao longo do desgaste do dressador, porém os resultados são pouco conclusivos devido à disparidade entre as passadas, onde o comportamento é pouco previsível prejudicando a análise do resultado. Considerando para análise o sinal filtrado (Fig. 5b), na banda de 256 kHz a 261 kHz, é possível notar diferença de comportamento em alguns pontos, quando comparado com o sinal não filtrado. O Sinal filtrado apresentou menores amplitudes ao longo de todas as passadas em relação ao sinal não filtrado, tendo seu maior pico próximo de 0.06 k*Volts (k sendo uma constante de escala) enquanto o sinal não filtrado possui um pico próximo de 0.65 k*Volts. Destaca-se também, para o sinal filtrado, desvios padrão menores em relação ao sinal não filtrado. Por fim, ressalta-se um comportamento mais satisfatório, com poucas discrepâncias entre uma passada e outra, tornando o sinal filtrado mais coerente para análise.

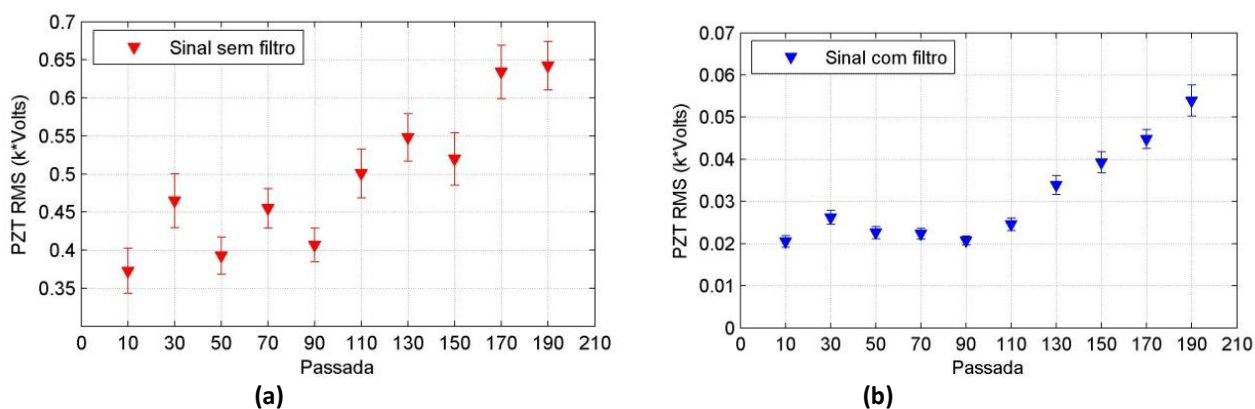


Figura 5 - Média e Desvio RMS - Sinal filtrado e Não Filtrado

6. CONCLUSÕES

Por meio da análise do espectro de frequência para diferentes condições de desgaste do dressador, verificou-se que o sinal apresenta amplitudes diferentes em faixas de frequência que caracterizam a condição do processo. Tais faixas foram utilizadas como parâmetros para filtros digitais “bandpass” sendo possível obter sinais RMS e suas respectivas médias e desvio padrão, enfatizando a importância da seleção de bandas de frequência para análise dos sinais.

O estudo comparativo entre as médias dos sinais RMS filtrados e não filtrados das cápsulas piezelétricas, apresentou resultados satisfatórios no que tange o fato da utilização do filtro digital para melhor caracterização do desgaste do dressador. Esse fato foi constatado, devido ao sinal não filtrado ter apresentado um comportamento pouco previsível para conclusões sobre o comportamento do processo, diferindo da natureza do sinal filtrado, que apresentou um comportamento mais satisfatório. Assim, a utilização de sinais filtrados através de parâmetros baseados em investigação do espectro de frequência em conjunto com as médias e desvios de sinal RMS possuem maior eficácia para diagnóstico do desgaste do dressador do que a utilização de sinais não filtrados em conjunto com suas respectivas médias e desvios.

Dessa forma, esse trabalho mostra que a seleção, estudo de uma faixa de frequência isoladamente e a combinação com as estatísticas, pode contribuir para o monitoramento do desgaste do diamante de dressadores na operação de dressagem. Apontando uma significativa melhora de sistemas de monitoramento de baixo custo, baseados na utilização de cápsulas piezelétricas.

7. REFERÊNCIAS

- Aguiar, P.R. et al., 2004. In-process grinding monitoring by acoustic emission. *2004 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 5(1), pp.1–4.
- Baptista, F.G., 2010. Uma Contribuição aos Sistemas de Monitoramento de Integridade Estrutural Baseados na Impedância Eletromecânica. Fabricio Guimarães Baptista Tese de Doutorado Integridade Estrutural Baseados na Impedância.
- Habrat, W., Batsch, A. & Porzycki, J., 2005. Monitoring of the single-point diamond dresser wear. *Archives of Civil*

and Mechanical ..., V(1), pp.13–18.

- Hassui, A. & Diniz, A.E., 2003. Correlating surface roughness and vibration on plunge cylindrical grinding of steel. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43(8), pp.855–862.
- Irani, R.A., Bauer, R.J. & Warkentin, A., 2005. A review of cutting fluid application in the grinding process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(15), pp.1696–1705.
- Liao, T.W. et al., 2008. Grinding wheel condition monitoring with boosted minimum distance classifiers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 22(1), pp.217–232.
- Linke, B., 2008. Dressing process model for vitrified bonded grinding wheels. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 57(1), pp.345–348.
- Marchi, M., 2015. *Aplicação do método de impedância eletromecânica na detecção da queima no processo de retificação plana*.
- Marinescu, I., Hitchiner, M. & Uhlmann, E., 2006. *Handbook of machining with grinding wheels*.
- Martins, C.H. et al., 2014. Tool Condition Monitoring of Single-Point Dresser Using Acoustic Emission and Neural Networks Models. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 63(3), pp.667–679.
- Saravanan, T.J., Gopalakrishnan, N. & Rao, N.P., 2015. Damage detection in structural element through propagating waves using radially weighted and factored RMS. , pp.520–538.
- SOUZA, R.V.C.G.P. et al., 2013. Estudo do Desgaste de Dressador e Ponta Única por Emissão Acústica e Vibração. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp.1689–1699.
- Wang, Z. et al., 2001. Neural network detection of grinding burn from acoustic emission. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41(2), pp.283–309.
- Xue, L., Naghdy, F. & Cook, C., 2002. Monitoring of Wheel Dressing Operations for Precision Grinding. *Ieee Icit'02*, pp.1296–1299.
- Zhang, C. & Shin, Y.C., 2003. Wear of diamond dresser in laser assisted truing and dressing of vitrified CBN wheels. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43, pp.41–49.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

STUDY OF THE FREQUENCY CONTENT OF PIEZOELECTRIC DIAPHRAGM FOR MONITORING THE DRESSER WEAR

Felipe Aparecido Alexandre, felipeapalexandre@hotmail.com¹

Rubens Victor Cedano Godoy Patrício de Souza, rvcgps@hotmail.com¹

Pedro de Oliveira Conceição Junior, pedroliveira931@hotmail.com¹

Rodrigo de Souza Ruzzi, rodruzzi@me.com²

Danilo Marcus Santos Ribeiro, danpayne16@msn.com¹

Paulo Roberto de Aguiar, aguiarpr@feb.unesp.br¹

Eduardo Carlos Bianchi, bianchi@feb.unesp.br²

¹ Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CxPostal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brazil

² Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, CxPostal 473, CEP 17033-360, Bauru, SP, Brazil

Abstract. Dressing is the conditioning process of the grinding wheel, which restores its original characteristics and shape, lost due to wear caused by its use, in order to maintain the precision, accuracy and quality of the grinding process. However, the wear of the grinding wheel is a complex phenomenon that occurs in different ways during the cutting processes, and there is no accurate method to evaluate the tool condition. On the other hand, a method of monitoring the dressing process, in real time, being able to identify the moment in which the dresser is worn and thus to be replaced, could be of great importance to the grinding process. Therefore, the objective of this study was to investigate the wear of a single point dresser through the harmonic content of the signals collected by low cost piezoelectric diaphragm. Experimental tests were performed with a depth of 40µm for each pass of the natural diamond dresser; the signal was collected at a frequency of 2 MHz. The wear of the diamond was measured along the passes through a high-resolution photographic system. The data of different dresser wear conditions have been processed and thus the harmonic content of the signal obtained through FFT (Fast Fourier Transform). From the spectrum analysis, the best band that represented the different wear conditions was chosen. It was then applied a digital filter to the raw signals for the selected band and, subsequently, the RMS (Root Mean Square) value was obtained for both the filtered and unfiltered signals. The results showed that the behaviour of the dresser wear was more predictable when analyzed with the filtered signal, demonstrating the importance of the proposed method. With the aid of this study, low-cost monitoring systems can be improved and developed in future works.

Keywords: grinding process, tool condition, single point dresser, monitoring, piezoelectric capsule