

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia Elétrica de Computação

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica



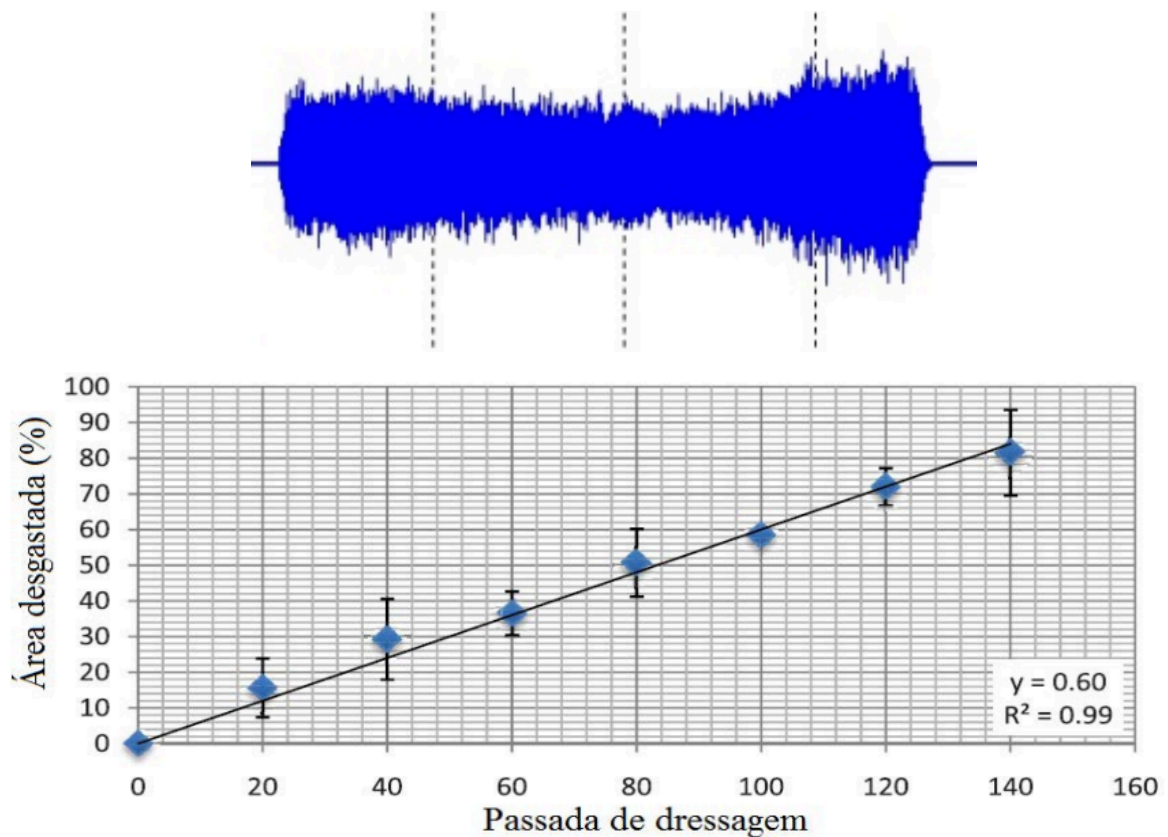
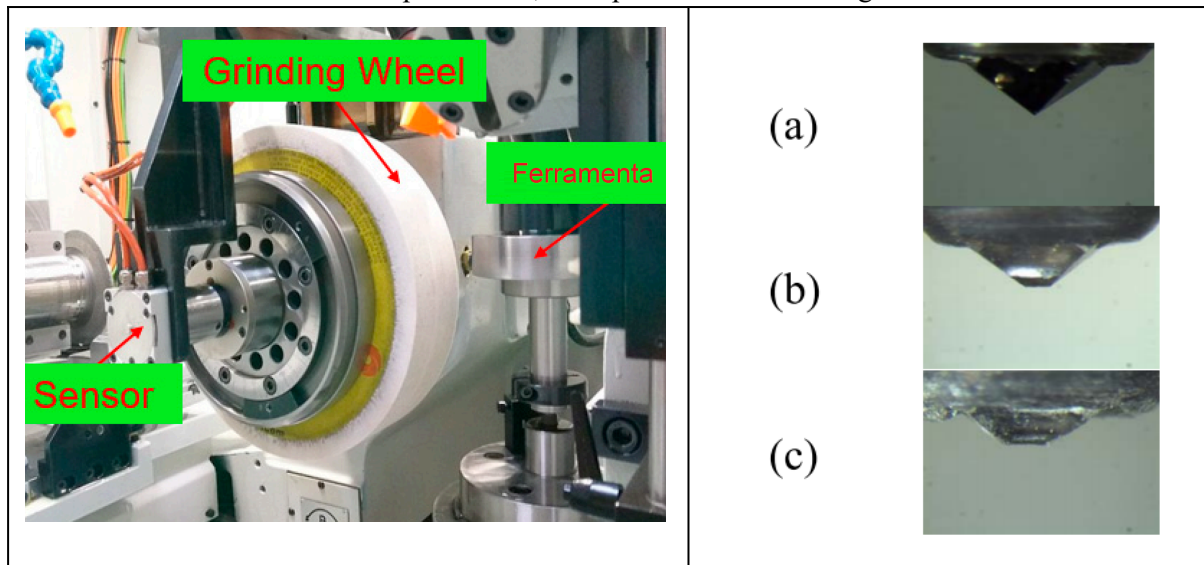
SEL5776- Condition Monitoring of Industrial Assets

Atividade prática: processamento e análises científica de dados

Enunciado: Considere os sinais do dataset fornecido (faça o download dos arquivos *.mat “DressPass001”, “DressPass050”, “DressPass150”; e algoritmos necessários [aqui nesta pasta](#)). Cada sinal (raw - sem processamento) corresponde à uma determinada condição de uma ferramenta de diamante (dressador) (veja um exemplo da ferramenta [aqui](#);) utilizada para restaurar a capacidade de corte de uma retífica (máquina usada para retificar superfícies, corrigir e polir irregularidades - veja um exemplo do processo [aqui](#) - * na imagem a ferramenta de diamante abaixo irá “afiar” a retífica que aparece na cor rosa). Neste processo, experimentos foram realizados a partir de um sensor de vibração/acelerômetro (transdutor piezoelétrico) que foi instalado na máquina para o monitoramento (Fig. 1 - ilustração). O sensor detecta os sinais acústicos durante cada passada da ferramenta de diamante ([vide exemplo aqui](#) do processo em funcionamento) pela retífica (até que a retífica recupere sua capacidade de corte e esteja pronta para ser usada em aplicações industriais).

Abaixo um exemplo completo do banco de experimentos e das várias condições da ferramenta de diamante ao longo da sua vida útil (Fig. 1), desde nova (sem danos, no início do experimento até a passada N° 20), intermediária (após a passada N° 50) e, por fim, danificada e com desgaste (passada N°150), isto é, quando não está mais adequada para uso, conforme área desgastada indicada no gráfico.

Figura 1 - Banco de experimentos; diferentes estágios da vida útil e área desgastada da ferramenta durante experimentos; exemplo de sinal acústico gerado



Da mesma forma, dos 150 sinais acústicos coletados pelo sensor (exemplo na Fig. 1), temos 3 principais condições que resumem o processo: sinal N° 1 (referência, imagem (a) da Fig. 1 - dresspass0001); n° 50 (imagem (b) da Fig. 1- dresspass0050) ; e N° 150 (imagem (c) da fig. 1 - dresspass0150), ou seja, os 3 sinais que foram disponibilizados para download para a presente atividade. Cada sinal foi coletado à uma taxa de amostragem de 2 MHz. O tempo de duração de cada sinal (cada passada) foi de aproximadamente 10 segundos (determine o valor exato no Matlab), que

também corresponde à janela de aquisição de dados (logo, o tamanho total de cada sinal é de aproximadamente 20 milhões de amostras - veja o valor exato no Matlab). A resposta em frequência do sensor usado compreende a faixa de 0 a 15 kHz. Recomenda-se, no entanto, que sejam aplicados filtros passa-altas a partir de 500 Hz, visando eliminar componentes de baixa frequência relativos a vibrações da própria máquina. Da mesma forma, recomenda-se eliminar frequências acima de 15 kHz pois não irão carregar informações relevantes já que estão acima da faixa de operação do sensor.

Portanto, para a atividade, execute os passos abaixo:

- a) Utilizando o Matlab, plote os três sinais na mesma figura, usando a função subplot do Matlab, e ajuste a escala do eixo “x” para ser dada em tempo (em segundos), ao invés do N° de amostras.
- b) Obtenha o espectro de frequências dos 3 sinais utilizando a transformada rápida de Fourier FFT . Desenvolva um script para fazer esse cálculo para uma janela de hanning de 8.192 amostras do sinal puro em algum trecho do sinal. Plote o espectro resultante de cada sinal em um gráfico (contendo os 3 sinais no mesmo gráfico usando a função “hold on”). Formate o gráfico, utilizando legendas, nome dos eixos, tamanho e estilo de fonte apropriado. Ajuste a escala em frequência (eixo “x” do gráfico) para a faixa de 500 Hz a 15 kHz. Salve na extensão “.fig” e “.jpg” (apresentar em editor de texto o gráfico “.jpg”, o script utilizado e as etapas do processo).
- c) Observando o gráfico original, no Matlab (.fig), selecione uma banda de frequência que melhor representa as condições do processo explicadas anteriormente, isto é, que representam as 3 condições que resumem o processo: ferramenta nova, intermediária, e desgastada, com base na intensidade e frequência dos sinais.
- d) A partir da seleção desta banda, aplique filtros “passa-faixas” na banda escolhida nos 3 sinais, no domínio do tempo, implementando a função fornecida: “BandPassFilter” (Filtro IIR Butterworth, usar ordem 5).
- e) Calcule o RMS (root mean square) para os sinais filtrados, resultantes do processo solicitado no item “c”, considerando blocos de 2048 amostras no sinal puro. Considere a função fornecida “RMSCalculation”. Repita o processo, calculando o RMS a cada 2048 amostras para os sinais puros sem ser filtrado. Plote os sinais de cada condição (RMS com e sem filtro) no mesmo gráfico usando o comando “hold on”. Plote os 3 gráficos na mesma figura, com a função subplot. Formate os gráficos, ajustando legendas, nome dos eixos, tamanho e estilo de fonte etc. Salve os arquivos “.fig” e “.jpg” (para apresentar em documento juntamente ao script desenvolvido e os passos realizados).
- f) Calcule o valor médio e o desvio padrão dos sinais RMS obtidos no item “d” de cada uma das três condições da ferramenta, com e sem filtro, e plote o resultado em um mesmo gráfico (use o comando “errorbar” do Matlab). Formate o gráfico, inserindo legenda para identificar os sinais, ajustar fonte, nome dos eixos etc. Salve os arquivos “.fig” e “.jpg” (para apresentar em documento de texto juntamente ao script desenvolvido e passos realizados).
- g) Repita os passos e) e f) substituindo o RMS pelo cálculo da energia do sinal, kurtosis e skewness. No entanto, para o passo f), calcular apenas a média, plotar sinais no formato de gráfico de barras, comparando os sinais filtrados com sem filtro.
- h) Por fim, sintetizar uma breve discussão dos resultados, com considerações finais e gerais, descrevendo: como os sinais das 3 condições estudadas se comportam ao longo do tempo e da frequência? Qual foi o impacto da seleção de uma banda de frequência específica e o que se observa quando se compara os valores médios da análise estatística com as diferentes métricas aplicadas dos sinais filtrados em relação aos não filtrados.

Referências

- MathWorks - Matlab Signal Processing ToolBox
<https://www.mathworks.com/products/signal.html>
- A Review on Acoustic Emission Testing for Structural Health Monitoring of Polymer-Based Composites <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/15/6945>
- **Monitoring and processing signal applied in machining processes – A review.** Measurement 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2014.08.035>
- **Systematic review on tool breakage monitoring techniques in machining operations.** IJMTM. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2022.10388>
- **Advance monitoring of hole machining operations via intelligent measurement systems: A critical review and future trends.** Measurement 2022
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.111757>
- **Advanced monitoring of machining operations.** CIRP Annals. 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.05.010>
- **Process monitoring of machining.** CIRP Annals 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.05.009>
- **A Systematic Review of Advanced Sensor Technologies for Non-Destructive Testing and Structural Health Monitoring.** Sensors 2023.
<https://doi.org/10.3390/s23042204>
- **Teti, R. Advanced IT Methods of Signal Processing and Decision Making for Zero Defect Manufacturing in Machining, Procedia CIRP, Volume 28, 2015, 3-15,**<https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.003>
- **Artigos consultados na atividade “Homework 2”**