

ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA A CONTROLE DE QUALIDADE DE NÍVEL DE RUÍDO DE COMPRESSOR

Déborah Aparecida Souza dos Reis, FEMEC / UFU, deborahsreis@gmail.com
Marcus Antonio Viana Duarte, FEMEC / UFU, mvduarte@ufu.br

Resumo: O objetivo do presente trabalho é aplicar a metodologia de análise multivariada de dados no controle de qualidade de nível de ruído de compressores. A metodologia utilizada para distinção dos compressores entre adequados e inadequados quanto ao nível de ruído emitido é a análise multivariada de dados usando o software de análise estatística R. Pode-se concluir até o momento que a metodologia apresenta ótimos resultados em conformidade com a métrica curtose. Além disso, trata-se de uma aplicação inédita e redução de custo financeiro com licença de software.

Palavras-chave: análise multivariada, compressor, controle de qualidade, software R

1. INTRODUÇÃO

A competitividade entre empresas no cenário atual globalizado está acirrada e qualquer diferencial produtivo pode ser considerado de suma importância. Dessa forma, desenvolve-se muitas pesquisas que visam o controle de qualidade de bens e serviços, seja para ganhar “market share” – fatia de mercado ou para sobreviver em uma competição por preço, qualidade, atributos, entre outros. O controle de qualidade objetiva a eficiência e eficiência significa o uso de recursos de forma otimizada, para minimizar os desperdícios e maximizar o lucro, a receita do empreendimento.

Nesse sentido, o ouvido humano apresenta-se como uma boa ferramenta no controle de qualidade de nível de ruído de compressores, no entanto este pode ser afetado por fatores psicológicos, emocionais e ambientais. Ruídos de fundo também podem afetar a análise de ruído pelo ouvido humano. Dessa forma, uma metodologia que propicie informações exatas para a tomada de decisões mostra-se como uma alternativa mais racional para as empresas.

A metodologia de análise multivariada de dados já foi utilizada em experimentos agrícolas, previsão meteorológica e neste trabalho em controle de qualidade de nível de ruído de compressores. A aplicabilidade da análise multivariada em experimentos agropecuários mostrou a superioridade da técnica multivariada sobre o método univariado. Esta aplicação é inédita e representa uma redução no custo financeiro da análise de sinais, pois economiza-se o custo de licença do software R, o qual é um software livre.

2. METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram adquiridos por Duarte (2013) em um estudo de caso numa empresa fabricante de compressores, sediada em São Carlos, estado de São Paulo. Os sinais analisados são de aceleração coletados em um único ponto com intervalo de tempo constante de 0,000030 s. Após a análise multivariada de dados, calculou-se as métricas curtose e assimetria para os dados. A curtose é o grau de achatamento de uma distribuição, considerado em relação a distribuição normal conforme pode ser observado na Fig. (1). O exemplo da esquerda possui menor valor de curtose em relação ao exemplo da direita, pois apresenta maior achatamento da curva, maiores caudas e pico mais elevado.

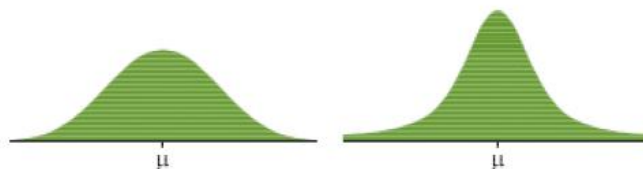


Figura 1: Exemplos métrica curtose Barreto (2003).

Quando a curtose apresenta valores muito acima de 3, é um indicativo de falhas. A assimetria é o grau de desvio de uma distribuição da sua simetria como pode ser visto na Fig. (2). A curva indicada com (a) é simétrica, a (b) é assimétrica negativa e a (c) assimétrica positiva.

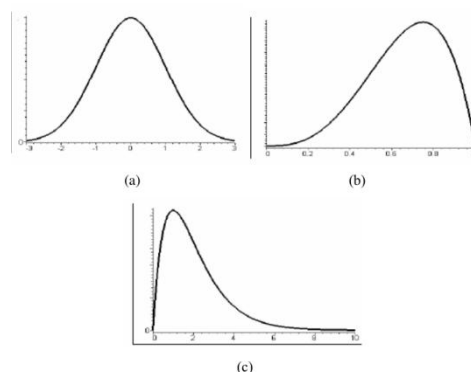


Figura 2: Exemplos métrica assimetria Duarte (2013).

Os dados dos compressores analisados neste trabalho foram adquiridos em câmaras semianecoicas, ou seja, em condições ótimas.

2.1. Compressores Rotativos

A fabricante de compressores define compressor rotativo como um dispositivo que utiliza a ação rotativa de um cilindro interno a uma câmara de mesmo formato, cuja função é a compressão do gás refrigerante. Para Fagundes Neto (2012) um compressor rotativo pode ser definido como um equipamento industrial para aumentar a pressão de um fluido em estado gasoso.

O espectro de ruído dos compressores rotativos é complexo devido a cinemática do processo de compressão e a grande área de carcaça. As baixas frequências são controladas pela cinemática do mecanismo, motor elétrico e palheta. As médias frequências ocorrem devido ao fluxo de gás, válvula, eixo e rolete. As altas frequências são ocasionadas pelo atrito.

2.2. Fontes de Ruído

Segundo HVAC (2008) as principais fontes de ruído ocorrem devido a turbulências internas, impactos das válvulas, atritos e motor elétrico. A turbulência de fluxo é ocasionada pela passagem não suave do fluido. Também ocorrem ruídos pela separação do fluxo pela interação fluxo – partes rotativas e fluxo – partes fixas ou por meio do fluxo com outras partes estruturais conforme Gerges(2000). Na Fig. (3) pode ser observado um compressor rotativo visto de forma didática com as suas principais partes destacadas.

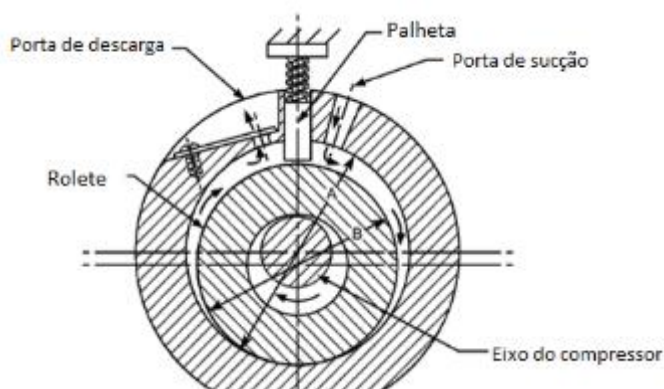


Figura 3: Compressor rotativo e suas partes principais Duarte (2013).

Além disso, há o fluxo não estacionário, ou seja, irregular nas pás dos rotores, e geração de ruído para a frequência de rotação e os seus harmônicos. Na Fig. (4) pode-se observar um exemplo de compressor utilizado neste trabalho.



Figura 4: Exemplo de compressor utilizado de Duarte (2013).

2.3. Software R

O software R é um software de análise estatística que encontra-se em contínuo desenvolvimento com o código fonte aberto. O uso do software R permite uma economia de recursos financeiros, pois trata-se de um software livre e não há o custo com aquisição de licenças para uso.

Inicialmente, o software R foi escrito por Ross Ihaka e Robert Gentleman, pesquisadores do Departamento de Estatística da Universidade de Auckland, localizada na cidade de Auckland na Nova Zelândia. O software R recebe várias contribuições por meio do envio de relatórios de código e erro. A partir do ano de 1997, surgiu o “R Core Team” que pode modificar o código fonte do software R.

O software R compila e roda em várias plataformas UNIX, Windows e MacOS. Este software consiste em uma linguagem mais um ambiente de execução de gráficos e um deparador. Ele possui acesso a determinadas funções do sistema e capacidade de executar programas armazenados em arquivos de script. Duas linguagens influenciaram o desenvolvimento do software R: linguagem R e linguagem S. A linguagem S constituiu o início do desenvolvimento do software R: linguagem S versão 3, S-PLUS 3.xe 4.x e linguagem S versão 4, S-PLUS 5.xe. Trata-se de uma linguagem de programação interpretada que permite ramificação e *looping* e programação por meio de funções. A maioria das funções visíveis ao usuário são escritas na linguagem R.

O software R apresenta várias funções para procedimentos estatísticos, como testes não paramétricos de modelos lineares generalizados, modelos de regressão linear e não linear, análise de séries temporais e geração de gráficos de diagrama de caixa, matriz de dispersão e histograma. As configurações do computador utilizado na simulação são: Sistema Operacional Ubuntu 16.04 LTS, memória 3,8 GiB, processador Intel® Core i5, tipo de sistema 64-bit e disco de 582,8 GB.

3. ESTUDO DE CASO

O método de análise multivariada de dados estuda várias variáveis simultaneamente e observa-se a relação entre elas. Esta metodologia permite várias medidas simultaneamente de vários objetos em várias amostras. Por medidas entende-se as variáveis e por objetos as observações. Neste trabalho, as unidades são os compressores e as variáveis são o tempo e a aceleração.

Tabela 1: Metodologia de análise multivariada dos dados.

	Variável 1: Tempo	Variável 2: Aceleração
Medida 1	X11	X12
Medida 2	X21	X22
...	...	...
Medida n	Xn1	Xn2

Dessa forma, gerou-se a matriz de dispersão simulada no software de análise estatística R a partir dos sinais de aceleração adquiridos por Duarte (2013). O diagrama de dispersão envolve duas ou mais variáveis em um mesmo

gráfico, organizadas uma em função da outra. Dessa forma, a matriz de dispersão é um diagrama de dispersão, mas aplicado a todos os pares de variáveis.

4. RESULTADOS

O método de análise multivariada de dados aplicado a análise de sinais mostrou-se eficiente na separação entre compressor adequado e inadequado quanto ao nível de ruído emitido. Na Fig. (5) pode-se observar a matriz de dispersão para o compressor rg1.

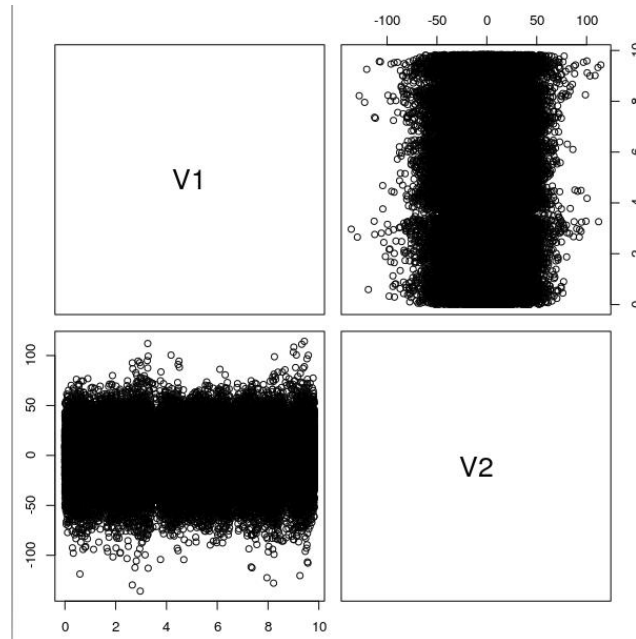


Figura 5: Matriz de dispersão para o compressor rg1

É possível observar na Fig. (5) que há vários pontos dispersos da área principal analisada, o que caracteriza um compressor inadequado quanto ao nível de ruído emitido de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho. A Fig. (6) apresenta a matriz de dispersão para o compressor rg2. Pela análise da Fig. (6), observa-se poucos pontos dispersos da área principal analisada, o que caracteriza um compressor adequado quanto ao nível de ruído emitido de acordo com a metodologia utilizada neste trabalho.

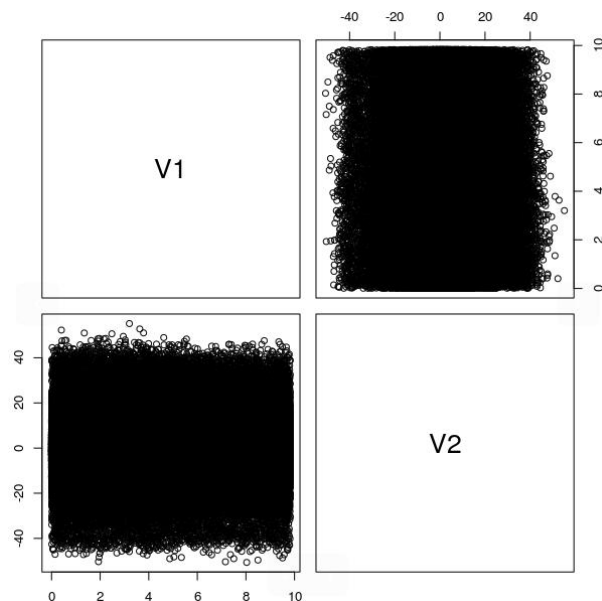


Figura 6: Matriz de dispersão para o compressor rg2

5. CONCLUSÕES E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

O método de análise multivariada de dados aplicado a análise de sinais mostrou-se eficiente na separação entre compressor adequado e inadequado quanto ao nível de ruído emitido. Calculou-se as métricas curtose e assimetria para análise da tendência dos dados.

Tabela 2: Comparação de resultados com as métricas curtose e assimetria.

Compressor	Curtose	Assimetria
Rg1	9,621578	-0,1876277
Rg2	6,277519	0,125312

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq e à Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcus Antonio Viana Duarte pela orientação realizada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a empresa Tecumseh.

Também agradeço aos colegas do Laboratório de Acústica de Vibrações, em especial a Me. Eng. Júlia Bertelli Duarte, à Me. Eng. Fabiana Alves Pereira, à Eng. Geisa Zuffi, à Eng. Fernanda Silvério Vanzo e ao Me. Eng. Marlipe Garcia Fagundes Neto pelas contribuições para com este trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ASHRAE Handbook, Chapter 37 – Compressor, 2008, “HVAC Systems and Equipment” (SI).
- BARRETO, R. A., “Definição de Parâmetros de Vibração e Ruído para Aceitação de Câmbios Automotivos em Linhas de Montagem”. Florianópolis - SC, Universidade Federal de Santa Catarina - Engenharia Mecânica, 2003, 115p. Dissertação de Mestrado.
- DUARTE, J. “Inteligência Artificial aplicada no Controle de Qualidade em Linhas de Produção”. Uberlândia – MG, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2013, 95 p. Dissertação de Mestrado.
- FAGUNDES NETO, M. G. “Identificação, Modelagem, Análise e Estudo de Medidas para o Controle de Níveis de Ruído gerado por Compressores Herméticos Rotativos”. Uberlândia – MG, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2012, 127 p. Dissertação de Mestrado.
- GERGES, S. N. Y. “Ruído Fundamentos e Controle”. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Mecânica. Laboratório de Vibrações e Acústica. Florianópolis: NR Editora, 2000.
- TECUMSEH. “Tecumseh Products Company”. 2015. Disponível em <http://www.tecumseh.com/pt/south-america>. Acesso em: 02 mar. 2016.

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.