

MAPEAMENTO E IDENTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS CRÍTICOS PARA VIBRAÇÕES EM UM ENGENHO DE ARROZ

Luciano de Souza Oliveira, lucianosouzat@gmail.com¹

Carlos Eduardo de Souza, carlos.souza@ufsm.br²

Charles Rech, charles.rech@ufsm.br²

¹Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Camobi, Santa Maria, RS

²Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul Rodovia Taufik Germano, 3013 - Passo D'Areia - Cachoeira do Sul/RS – Brasil

Resumo. O objetivo deste trabalho é identificar e avaliar equipamentos críticos em um engenho de arroz. Foi feito um levantamento dos principais equipamentos da empresa, sob o ponto de vista de vibrações mecânicas. Estes equipamentos foram plotados numa planta base e em seguida foram utilizados princípios da manutenção para realizar a análise de criticidade. Buscou-se identificar a máquina mais crítica, a partir do histórico e vivência dos funcionários da Dickow Alimentos, para permitir o planejamento de um monitoramento contínuo específico. Com isso, foi determinado o Motoredutor SEW R87, como o mecanismo mais crítico para a produção. Foram utilizadas técnicas de análise de vibração, com aquisição de dados de aceleração através de um aparelho celular e aplicação de transformada de Fourier, de forma a trabalhar no domínio das frequências, para fazer um monitoramento do equipamento. Após o processamento do sinal é possível identificar as suas principais características, permitindo um estudo que compara o sinal obtido continuamente com um sinal saudável. O monitoramento permite a realização de manutenção preditiva, o que ajuda a diminuir custos e evitar falhas catastróficas.

Palavras chave: Manutenção. Criticidade. Vibração. Previsão de falhas. Prevenção de falhas.

Abstract. The objective of this work is to identify and evaluate critical equipment in a rice mill. A survey was made of the main equipment of the company, from the point of view of mechanical vibrations. These equipment were plotted on a base plan and then maintenance principles were used to perform the criticality analysis. We sought to identify the most critical machine, based on the history and experience of Dickow Alimentos employees, to allow the planning of a specific continuous monitoring. As a result, the SEW R87 Gearmotor was determined as the most critical mechanism for production. Vibration analysis techniques were used, with acceleration data acquisition through a smartphone and application of Fourier transform, in order to work in the frequency domain, to monitor the equipment. After processing the signal, it is possible to identify its main characteristics, allowing a study that compares the signal obtained continuously with a healthy signal. Monitoring enables predictive maintenance to be performed, which helps to lower costs and avoid catastrophic failures.

Keywords: Maintenance. Criticality. Vibration. Failure prediction. Failure prevention.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas mecânicos ou equipamentos mecânicos estão sujeitos à deterioração devido ao desgaste operacional, que pode levar ou não a defeitos que afetam a qualidade ou a continuidade do processo. Uma falha de um sistema importante pode ocasionar em uma parada completa da linha de produção, gerando na maioria dos casos prejuízos enormes e também aumentar o lead time, ou seja, o tempo em que o sistema de produção gasta para transformar a matéria prima em produto para o consumidor. (Lago, 2006).

Diante de um grande aumento da automação das linhas de produção nas indústrias, as máquinas se tornam um dos principais recursos para a produção. Contudo, muitas vezes a gestão de manutenção preventiva ou preditiva é deixada de lado e atua, apenas, utilizando ações corretivas. Essa estratégia acaba por gerar quedas de produção, e a constante

ocorrência de avarias resulta em mobilização de recursos que poderiam ser alocados para aumentar a produtividade (Herpich e Fogliatto, 2013).

A manutenção é a principal ferramenta para manter ou para readequar os equipamentos e mantê-los funcionando. Segundo a NBR 5462 a manutenção pode ser classificada como corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. A manutenção preventiva por sua vez é manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. E a manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Uma das principais técnicas de acompanhamento do funcionamento de máquinas é a análise de vibrações, que permite, através de parâmetros pré estabelecidos, saber se um conjunto mecânico está em bom funcionamento ou é necessário executar manutenção, através da comparação com padrões de sinais de operação da máquina saudável (Rao, 1990).

A criticidade de equipamentos é uma ferramenta muito utilizada, para que as empresas possam elaborar planos de manutenção de máquinas e equipamentos. Ela tem como principal função alinhar o planejamento da manutenção de acordo com a criticidade e o impacto de cada equipamento ao negócio (Pires, 2018). Desse modo, sabendo a criticidade de cada equipamento, é possível identificar o tipo de manutenção e o modo mais eficiente de abordagem de acordo com a importância da máquina, assim, tendo um plano de manutenção mais eficiente e alinhado com os objetivos da empresa.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de um engenho de arroz, onde foram identificados os componentes mecânicos com maior grau de criticidade na linha de secagem do arroz, além de uma análise de vibração deste sistema mecânico. Primeiramente foi feito um estudo bibliográfico, para fundamentar os principais conceitos utilizados na execução deste estudo, tendo técnicas de gestão de manutenção, conceitos sobre criticidade além de uma breve introdução sobre vibrações mecânicas. Por último, foi realizado um estudo de caso do engenho, com a identificação de uma máquina crítica e iniciado um estudo sobre vibrações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são tratados os principais conceitos sobre monitoramento e manutenção de máquinas, e uma breve introdução aos conceitos de vibrações mecânicas.

2.1. Manutenção

Segundo a NBR 5462, manutenção é um conjunto de ações técnicas, e administrativas que tange como um todo o ramo da área industrial. É um sistema único que destina manter ou recolocar um equipamento, instalação ou maquinário de um determinado setor. Sua principal função é manter em ordem o funcionamento dos equipamentos por meio de intervenções corretas e oportunas. Pode ser classificada como corretiva, preventiva ou preditiva.

A manutenção corretiva é aquela empregada em equipamento que apresenta defeito ou funcionamento diferente ao esperado. Além disso, a manutenção corretiva pode ser utilizada como meio de corrigir uma falha que foi por exemplo, identificada a partir da análise das variáveis operacionais, ou seja, não atua exclusivamente como uma ação de emergência. A manutenção preventiva é utilizada como meio de prever a falha, contudo muitas vezes é necessário tirar o equipamento de funcionamento, e é comum realizar a intervenção da manutenção preventiva sem necessidade, o que pode gerar prejuízos (Kardec; Nascif, 2009).

A manutenção preditiva é executada a partir da avaliação de alteração em parâmetros operacionais, cujo acompanhamento é feito a partir de uma sistemática. Também é conhecida como manutenção baseada no estado do equipamento. Tem como objetivo tentar definir o estado futuro de um equipamento, por meio da análise de dados coletados ao longo do tempo, por instrumentos específicos (NBR 5462, 1994).

Os processos produtivos de uma empresa são compostos por instalações e equipamentos, que são expostos a condições que vêm ou não a influenciar seu desempenho. A falhas no equipamento que dizem respeito a manutenção, como, qualidade do planejamento e execução, comprometimento e qualidade dos fornecedores, podem refletir diretamente na confiabilidade e disponibilidade do processo produtivo. Assim, quanto maior a influência da falha de uma máquina no processo maior é sua criticidade (Macedo, 2011).

2.2. Vibração

O método de análise de vibrações usado para a manutenção preditiva, utiliza a análise dos dados de parâmetros pré-estabelecidos, coletados de forma periódica e contínua. Assim, pode-se conhecer o estado da máquina, evitando paradas inesperadas e a substituição de peças. Após a análise é possível então fazer um plano de ação para corrigir o problema e evitar paradas inesperadas (Cyrino, 2015)

A análise de vibrações está baseada no princípio de que as estruturas das máquinas, que são excitadas por esforços dinâmicos, expressam sinais vibratórios que têm frequências idênticas ao sinal de entrada, e a soma das respostas vibratórias da estrutura aos diferentes esforços excitadores, pode ser medida em algum ponto (Wang e Williang, 1995). Quando se conhece o sinal vibratório da máquina quando nova ou em bom estado de funcionamento, pode-se, por comparação, acompanhar a evolução do sinal no tempo e identificar, quando houver, novos esforços oriundos de uma possível degradação em processo de desenvolvimento (Azovtsev e Barkov, 1998).

Defeitos mecânicos ou interferências secundárias podem ser a causa dos ruídos e vibrações gerados por equipamentos giratórios. Tais fenômenos vibratórios são compostos por frequências, e através da análise desses sinais, pode-se determinar valores individuais de amplitude e de possíveis defasagens entre elas. O método geralmente utilizado para a análise em frequências é o método do físico matemático Jean Baptiste Fourier (1768-1830) (Almeida, 1990).

Atualmente a transformada de Fourier é uma técnica comumente utilizada em analisadores de vibração. A partir de n amostras do sinal no domínio do tempo, calcula o espectro de frequências composta por m valores distintos. A transformada é expressa por:

$$X(m) = \frac{1}{N_a} \sum_{n=0}^{N_a-1} x(n) e^{-i2\pi \left(\frac{nm}{N_a}\right)} \quad (1)$$

em que: $X(m)$ é o resultado da Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*, FFT) de um sinal discretizado no domínio do tempo com m bandas discretas e $N_a = a \cdot m$, é o número de amostras a serem coletadas, (Almeida, 1990).

Na última década os sistemas de monitoração tiveram grande evolução sendo sistemas integrados com funções avançadas de acompanhamento e monitoração de performance dos equipamentos (Kardec; Nascif, 2009). Podendo este monitoramento ser feito online, em casos de equipamentos extremamente críticos, ou off-line quando a aferição pode ser executada de forma preventiva e a coleta de forma manual.

3. METODOLOGIA E ESTUDO DE CASO

Este trabalho se baseia no histórico de manutenção da empresa Dickow Alimentos e também no referencial teórico apresentado na seção 2. Primeiramente é feito um levantamento de todos os equipamentos, através da *plotagem* destes na planta base da empresa e, em seguida, o cadastro de todos os equipamentos para identificar os principais componentes. Após, é executada uma análise a partir do histórico e vivência dos funcionários do setor de manutenção, a fim de identificar o equipamento mais crítico e, por último, é executado um estudo sobre análise de vibração do mesmo.

3.1. Estudo da planta

Nesta etapa para a *plotagem* dos equipamentos na planta base, é feita a localização presencial, a fim de saber onde estava cada equipamento da área de secagem da empresa. Com a localização de todos os equipamentos, é definido de forma a segregar os equipamentos uma cor para cada grupo de máquinas, apresentadas na Fig 1. Após a segregação em grupos, os equipamentos são desenhados na planta base utilizando-se o *software* AutoCAD.

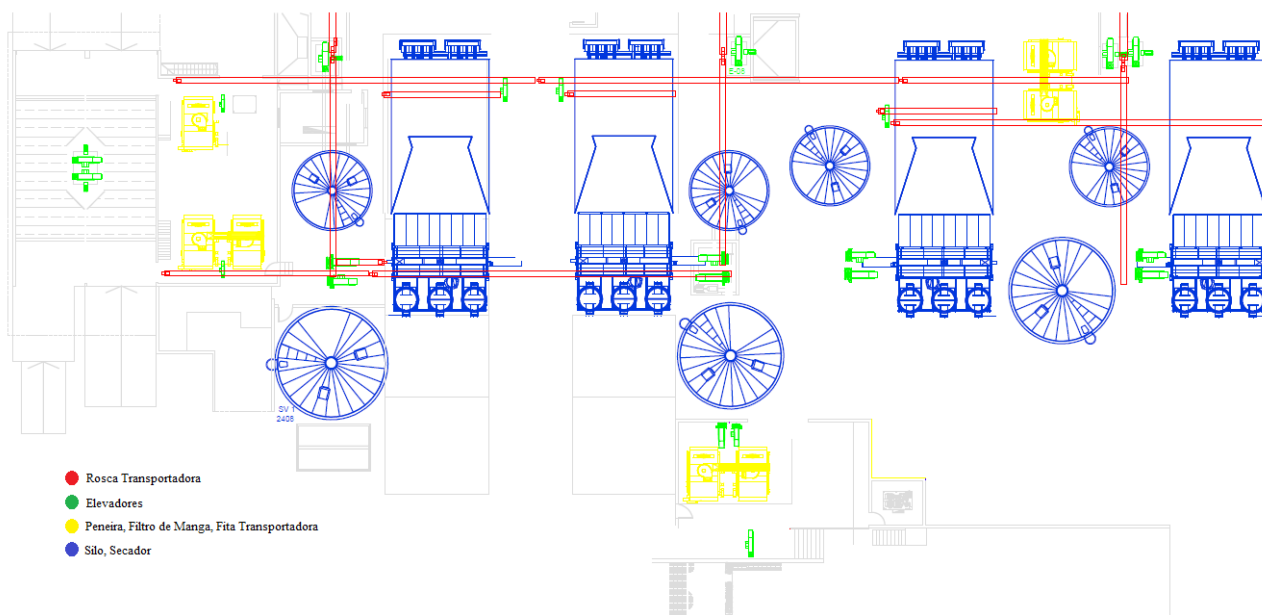


Figura 1. Planta da área de secagem do engenho, com identificação dos tipos de máquinas

3.2. Cadastro de equipamentos

Com todos os equipamentos localizados e segregados em grupos, o cadastro é feito em uma planilha eletrônica, onde são definidos os nomes de identificação, sendo EL para elevadores, RT para roscas transportadoras, SV para silo de arroz verde, SS para silos de arroz seco, P para peneira, FM para filtro de manga e SEC para secador. Nesta planilha são inseridas informações importantes, como rotação de saída do motoredutor, capacidade, modelo e etc.

Com todos os dados em mãos, o próximo passo é a execução de uma pesquisa interna, em documentos digitais e “boca a boca” com os funcionários do setor de manutenção e produção, que forneceram as informações apresentadas na Tab 1.. Junto ao chefe de manutenção da empresa, é identificado a caixa de engrenagem, motoredutor SEW modelo R87 (Fig. 2), como sendo a de maior importância para o pleno funcionamento da empresa, durante o período de maior produção que é durante a safra do arroz. Os resultados obtidos das pesquisas são:

- Período: durante a safra
- Local: área de secagem do arroz
- Máquina: roscas transportadoras
- Componente: motoredutor



Figura 2. Motoredutor SEW R87

3.3. Análise de Vibração

Após a identificação da máquina foi desenvolvido um estudo de vibração do redutor SEW R87. O estudo foi feito a partir de um celular, Samsung A8 fabricado em 2018, que por possuir um acelerômetro, um aplicativos de monitoramento de vibração como o iNVH da BOSCH, e por ser uma ferramenta de ótimo custo-benefício é utilizado na obtenção dos sinais de vibração, conforme Fig 3. Para realizar a análise desse sinal, foi utilizado o *software* livre

Octave, através da utilização da Transformada de Fourier. Foram identificadas as frequências conforme a Fig. 4, as frequências do motor e do redutor.

O sinal representado na Fig 4 a) é a aceleração no tempo no eixo x, esse eixo é representado na Fig 3, o segundo sinal é a aceleração no eixo y e por fim no eixo z.

Na Fig 5 são apresentados os sinais que são o resultado da aplicação da função FFT no sinal do eixo x, y e z (Fig 5 I), III) e V)). O sinal apresentado nos outros gráficos são resultados da aplicação de um filtro no sinal anterior, filtro feito pela função comp PSD (*Power Spectral Density*), que nos permite tirar o ruído nos mostrando somente as frequências mais importantes, assim, é possível observar com mais clareza as principais frequências.

No eixo x é possível observar picos principalmente nas frequências de 18, 28, 35 e 41 (Fig 5 II)), como o pico em aproximadamente 28 Hz que equivale a frequência do motor, contudo há duas frequências de 18, 35 e 41 Hz que não é possível identificar em um primeiro estudo. Já na Figura 5 IV) é possível observar os picos mais fortes nas frequências de 9,72 ; 49 e 91, onde são os que se destacam dos demais, contudo ainda possui um pico pequeno em 28 . Por fim na Fig 5 VI) é possível observar que há um grande pico em 15 Hz e picos de menor amplitude em 28, 35, 39 e 47, podemos observar que as frequências 28 e 35 são comuns aos eixos x e z, a frequência de 28 Hz pode ser observado em todos os eixos, mas com um pico menor no eixo y.



Figura 3. Celular posicionado para a obtenção do sinal de aceleração nos três eixos, representados os eixos X e Y

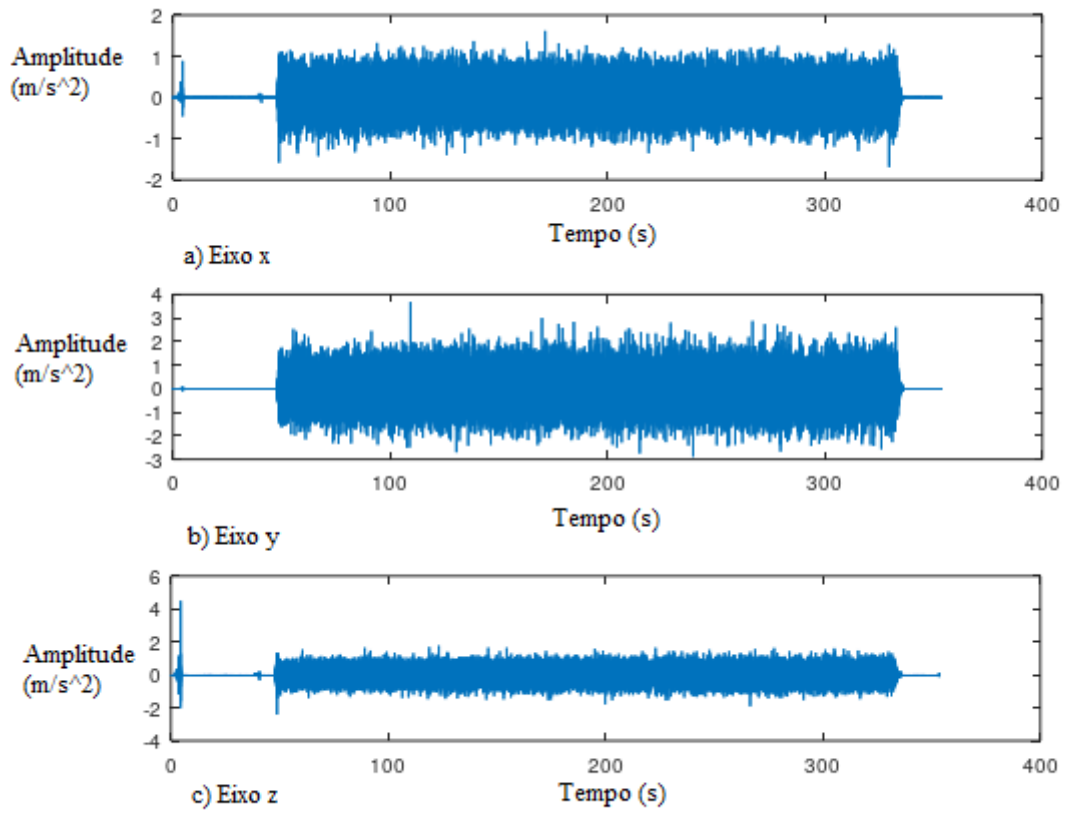


Figura 4. Deslocamento no eixo x, y e z

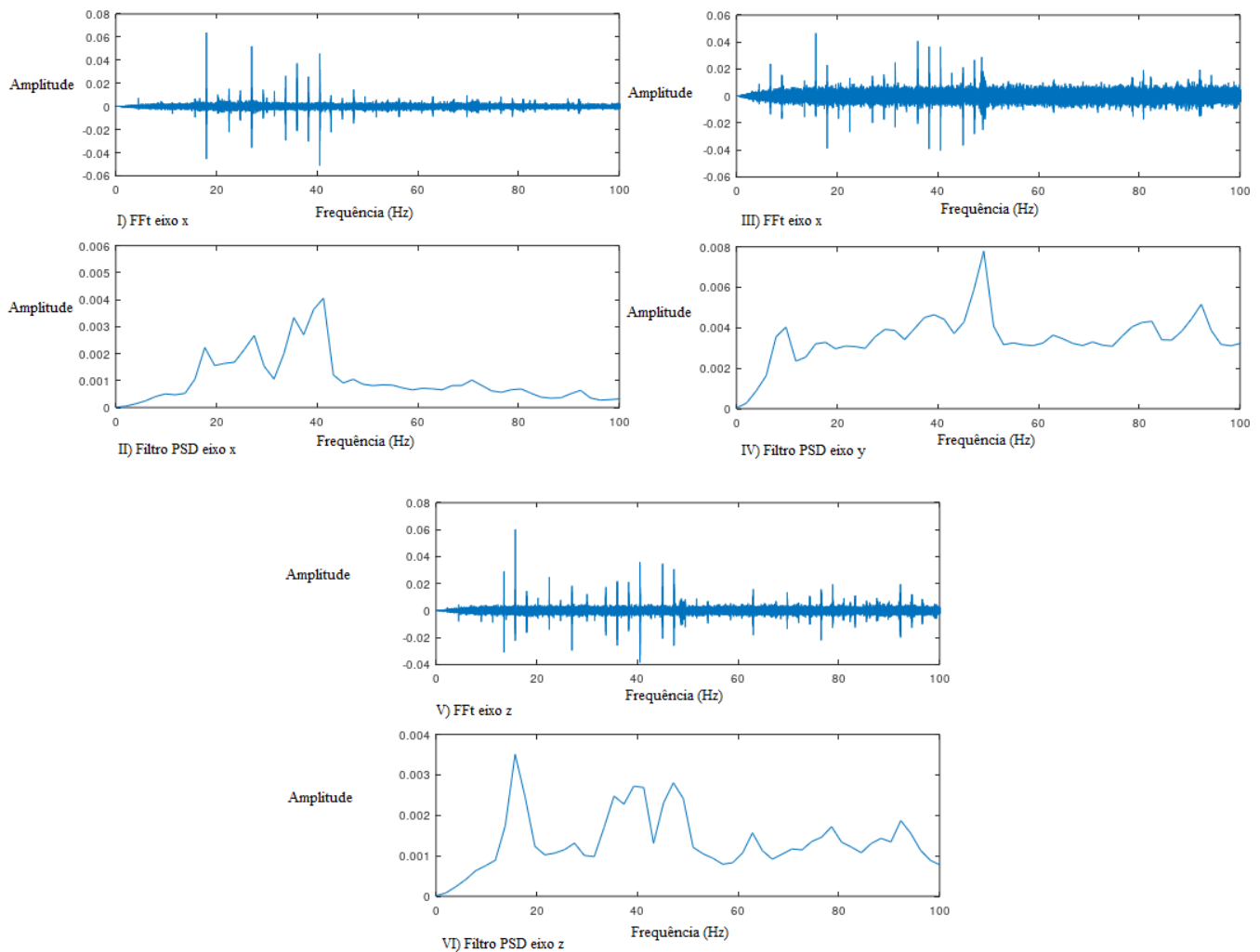


Figura 5. Aplicação da FFt e do Filtro PSD nos eixo x, y e z

4. CONCLUSÃO

Foi realizado um mapeamento de uma área crítica em um engenho de arroz, identificando os equipamentos existentes e foi realizada uma análise de criticidade dos mesmos. Dentre os equipamentos mais críticos, foi identificado o motoredutor SEW, modelo R87 para realizar um monitoramento mais específico, devido ao fato dele estar apresentando o ruído fora do padrão. Foram identificadas frequências do conjunto motor e redutor em operação. Em uma próxima etapa há a necessidade de monitorar um sinal saudável para comparação.

O objetivo do trabalho foi cumprido, pois avaliou-se a viabilidade de utilização de um celular para quantificar a vibração em uma máquina em funcionamento. A próxima etapa é comparar as medições com acelerômetros industriais e avaliar as incertezas de medição.

5. REFERÊNCIA

ALMEIDA, M. T. de. "Vibrações mecânicas para engenheiros." E. Blucher, *São Paulo* 2, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

AZOVTEV, A.; BARKOV, A., 1998, “Development of Condition Diagnostics in Russia Using Vibration”, Vibro Acoustical Systems and Technologies, Inc. (VAST), Saint Petersburg, Russia, 16p.

CYRINO, L. “Análise de vibração: método de Preditiva”. Blog Manutenção em Foco. 2015. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/analise-de-vibracao/>> . Acesso em: 08 jan. 2022.

DANIEL, E. et al. “Manutenção preditiva de um redutor usando análise de vibrações e de partículas de desgaste”,[s.l:s.n.]. Disponível em: <<http://web.posfemec.org/posmec/16/PDF/PM16-0087.pdf>>.

HERPICH, C.; FOGLIATTO, F. S. Aplicação de FMECA para Definição de Estratégias de Manutenção em Um Sistema de Controle e Instrumentação de Turbogeneradores. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 5, n. 9, p. 70–88, 30 jun. 2013.

KARDEC, A. P., NASCIF. X. A. J., “Manutenção função estratégica”, qualitymark editora, 2010.

MACEDO, M. A., 2011. Subtil. “Contribuição metodológica para a determinação da Criticidade de equipamentos na gestão da manutenção”. Dissertação para obtenção de título em Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2011.

PIRES, C. et al. “Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção”. [s.l:s.n.]. Disponível em : <<https://pmkb.com.br/wp-content/uploads/2018/07/Criticidade-de-Equipamentos-Gestao-da-Manutencao.pdf>>.

WANG, H.; WILLIAMS, K., 2003, “The Vibrational Analysis and Experimental Verification of a Plane Electrical Machine Stator Model”, Mechanical Systems and Signal Processing, p.429-438.

RAO, S.S. (1990). “Mechanical vibrations.” Ed. Addison-Wesley.