

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/357285525>

# ANÁLISE VIBRACIONAL COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA MÁQUINAS ROTATIVAS VIBRATION ANALYSIS AS A PREDICTIVE MAINTENANCE TOOL FOR ROTATING MACHINES

Article · December 2021

DOI: 10.29367/issn.1809-3957.16.2021.192.

CITATIONS

0

READS

63

4 authors:



**Bruno Augusto Vieira**

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Vera Lucia Monteiro**

Fatec Sao Jose dos Campos

8 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Roque de Moura**

Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (FATEC-SP)

45 PUBLICATIONS 42 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Messias Borges Silva**

University of São Paulo USP and São Paulo State University UNESP

284 PUBLICATIONS 1,617 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Educação [View project](#)



Cyber-Cão [View project](#)

## ANÁLISE VIBRACIONAL COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA PARA MÁQUINAS ROTATIVAS

### VIBRATION ANALYSIS AS A PREDICTIVE MAINTENANCE TOOL FOR ROTATING MACHINES

Bruno Augusto Vieira<sup>1</sup>

Vera Lúcia Monteiro<sup>2</sup>

Roque Antônio De Moura<sup>3</sup>

Messias Borges Silva<sup>4</sup>

**Resumo** - As indústrias manufatureiras em geral, expostas a competição global, buscam diminuir custos, maior produtividade e confiabilidade de suas máquinas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é aplicar e aprimorar o monitoramento nas máquinas rotativas utilizando a metodologia da manutenção preditiva aliada à técnica de análise de vibração. A metodologia adotada neste trabalho contou com uma revisão da literatura recente alusiva ao assunto, normas de padronização e monitoramento de vibração on-line e off-line. Como resultado, o acompanhamento dos intervalos de manutenção e falhas, aumentou a percepção da confiabilidade da máquina rotativa. Conclui-se, que embora o investimento inicial da manutenção preditiva seja alto no início é uma ferramenta que permite verificar o início das quebras e falhas e com isso o seu custo inicial torna-se viável.

**Palavras-chave:** Análise de vibração; Confiabilidade; Manutenção preditiva.

**Abstract** - Manufacturing industries in general, exposed to global competition, seek to reduce costs, increase productivity and reliability of their machines. In this sense, the objective of this work is to apply and improve the monitoring in rotating machines using the methodology of predictive maintenance combined with the technique of vibration analysis. The methodology adopted in this work included a review of recent literature alluding to the subject, standardization norms and online and offline vibration monitoring. As a result, the monitoring of maintenance intervals and failures increased the perception of the reliability of the rotating machine. It is concluded that, although the initial investment of predictive maintenance is high at the beginning, it is a tool that allows to predict the beginning of breaks and failures and with that its initial cost becomes viable.

**Keywords:** Vibration analysis; Reliability; Predictive maintenance.

<sup>1</sup> Universidade de Taubaté – UNITAU. Contato: bruno.avieira@unitau.br.

<sup>2</sup> Faculdade de Tecnologia São José dos Campos. Contato: vera.monteiro@fatec.sp.gov.br.

<sup>3</sup> Universidade de Taubaté – UNITAU; Faculdade de Tecnologia São José dos Campos e Universidade Estadual Paulista – UNESP. Contato: roque.moura@fatec.sp.gov.br.

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP; EEL - USP LORENA. Contato: messias.silva@unesp.br

## I. INTRODUÇÃO

O monitoramento de máquinas rotativas é importante para os setores industriais, o que requer um número escolhido de indicadores de desempenho das máquinas e equipamentos e compreender a complexidade do sistema mecânico. Assim, uma correta manutenção é necessária para se modelar matematicamente um diagnóstico. Nesse sentido, o monitoramento dos sinais vibracionais e graficamente visualizáveis, contribui para monitorar previamente falhas de componentes no conjunto, ou seja, a técnica de análise de vibração e suas ferramentas espectrais evitam antevendo falhas na operação por excessiva vibração e/ou por gerar ruídos inesperados (KELLY, 2017).

A tecnologia de análise de vibrações e monitoramento de condições baseia-se na comparação das medições obtidas das chamados assinaturas espectrais, observados os modelos de máquinas e níveis permitidos de vibração sugeridos pelos fabricantes, ou ainda, valores de vibração fornecidos e normatizados com base em parâmetros, desvios e uso operacional ou ambiental em que a máquina se encontra, sendo aferidos tais índices de forma digital e com sistemas integrados de manutenção, geralmente com dados medidos em tempo real (ABNT, 2003).

Na indústria atual, na qual a máxima disponibilidade dos equipamentos conectados ao processo produtivo representa um fator crítico para a vanguarda no mercado, a manutenção industrial tem um papel estratégico para desempenhar preventivamente na detecção precoce de falhas de equipamentos (CARDOSO *et al.*, 2017).

Vibração e sua análise espectral de máquinas rotativas requerem o estudo dos vários sinais por máquina, sendo necessário encontrar pontos de referência adequados para comparar os parâmetros de vibração, que servem de referência e após padronizadas podem ser facilmente compreendidos por pessoas não conectadas com a análise detalhada dos espectros com valores que mostram a real condição dos elementos de máquinas sujeitos ao agente vibracional resultando na melhoria de parâmetros como o tempo médio entre falhas (BUDYNAS, R. G.; NISBETT, 2016).

O desenvolvimento constante de técnicas de análise de vibração tem sido disseminado na manutenção de máquinas e equipamentos rotativos, porque o monitoramento de padrões globais de velocidade não é totalmente eficaz nesta situação, e assim, a análise do espectro de vibração supre a necessidade e dá ao mantenedor condições de tomadas de decisões. No equipamento rotativo, a análise do espectro do envelope de aceleração tem sido a alternativa mais precisa para detectar defeitos no rolamento. Conhecer o espectro de vibrações permite aplicá-la como ciência básica da engenharia para solucionar problemas de manutenção (KELLY, 2017).

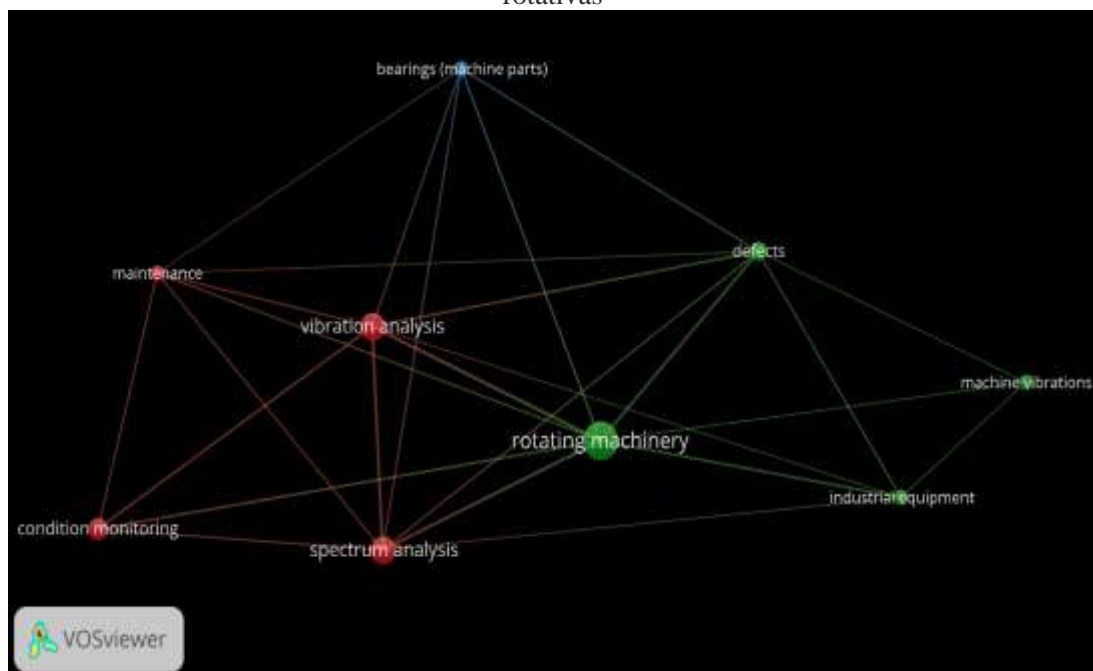
O objetivo deste trabalho é aplicar e aprimorar o monitoramento nas máquinas rotativas utilizando a metodologia da manutenção preditiva aliada à técnica de análise de vibração. A metodologia adotada neste trabalho, contou com uma revisão da literatura recente alusiva ao assunto, normas de padronização e monitoramento de vibração *on-line* e *off-line*. Segundo Rao (2008), a análise das vibrações mecânicas e o estudo da análise de sinais de vibração reais obtidos a partir do monitoramento de motores elétricos, bombas centrífugas, compressores e redutores permite conhecer da vida e uso dos equipamentos e máquinas.

Neste mesmo sentido, segundo Moura *et al* (2019), durante a manutenção preditiva, as dimensões corporais dos profissionais de manutenção devem ter medidas antropométricas que facilitem o alcance, movimentos do corpo e posturas nas atividades laborais independentemente de serem executadas pelo gênero masculino ou feminino.

A compreensão e a análise do comportamento dinâmico da vibração permitem a identificação e a localização da fonte da anomalia entre os elementos de máquinas, bem

como a quantificação do defeito e/ou desgaste de componentes em relação ao conjunto da máquina rotativa variando conforme tempo, frequência e velocidade de rotação. Um estudo bibliométrico, através da pesquisa na plataforma *Scopus*, com as palavras máquinas rotativas, manutenção análise por vibração é ilustrado na Figura 1 com as redes de correlação de palavras-chaves em torno da manutenção e uso da assinatura espectral única para máquinas rotativas proveniente da leitura vibracional.

Figura 1 - Rede de co-ocorrência com palavras manutenção, análise da vibração e máquinas rotativas



Fonte: Eck e Waltman (2020).

As cores nas marcações das palavras-chave simbolizam o agrupamento e afinidade nas publicações. Observa-se que manutenção, análise de vibração está correlacionada com máquinas rotativas e, portanto, há oportunidade de ser melhor explorado e pesquisado.

### 1.1 - Manutenção industrial e seus tipos

Segundo PMBK (2017), com conhecimento e experiência em gerenciamento, a manutenção industrial tem um papel essencial de manter e zelar pela sustentabilidade, disponibilidade, conserto ou reparo de máquinas, equipamentos e dispositivos, com ações para garantir a operabilidade, funcionalidade e confiabilidade.

Portanto, a manutenção industrial é um pilar importante para a saúde de máquinas, equipamentos e dispositivos. Vários tipos de manutenção, dividem espaço e orçamento, no sentido de manter uma planta industrial ou prestadora de serviço em pleno funcionamento e ausência de falhas. Os vários tipos de manutenção e sua peculiaridade podem ser verificados no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de Manutenção e suas peculiaridades

Manutenção	Peculiaridade conforme o tipo de intervenção
<b>Corretiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indesejável pelas empresas, porém é a mais comum;</li> <li>• Reativa quando as máquinas param de funcionar ou quebram;</li> <li>• Intervenção imediata e não programada;</li> <li>• Custos não programados e arriscado pois pode custar caro;</li> <li>• Interfere diretamente na perda do volume de produção;</li> </ul>
<b>Preventiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabalha na prevenção geralmente sem parar a produção;</li> <li>• Inspeções realizadas de forma periódica;</li> <li>• Ação de calibrar, lubrificar e limpar as máquinas;</li> <li>• Periodicidade do fabricante com troca ou substituição;</li> <li>• Cronograma com dados, componentes e prazos de intervenção.</li> </ul>
<b>Preditiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sempre um passo à frente da preventiva;</li> <li>• Avaliação de parâmetros quanto necessidade de intervenção;</li> <li>• A manutenção quando programada torna-se preventiva;</li> <li>• Portáteis que indicam pressão, temperatura, vibração.;</li> <li>• Variáveis analisadas são armazenadas e controladas;</li> <li>• Não interfere no volume de produção (OEE).</li> </ul>

Fonte: PMBK (2017).

Neste trabalho foram tratados assuntos e técnicas para manutenção preditiva e verificação dos elementos de máquinas, componentes e sistemas através do método de verificar a vibração e de uma máquina rotativa e comparação da variação de forças dinâmicas. Sabe-se que cada máquina tem sua assinatura particular de espectros, que pode ser obtida quando o equipamento é novo e todos os cuidados na instalação, carga e isenção de ruídos externos são considerados (PMBK, 2017).

## 1.2 - Máquinas rotativas

Máquinas elétricas rotativas são motores e gerado-res, chamadas rotativas por terem partes girantes em seu conjunto, por exemplo rotor em relação a um conjunto em repouso. A monitoração dos níveis de vibração nesses sistemas é de suma importância, pois falhas alteram o valor de amplitude da vibração.

A Figura 2 ilustra um motor trifásico que acionará um compressor parafuso para geração de ar comprimido, destacando os rolamentos do eixo do motor.

Figura 2 - Motor trifásico vista explodida



Fonte: WEG (2020).



Na manutenção preditiva, a análise por vibração, permite gerar um sinal espectral que possibilita a visualização particular da participação de cada componente (frequências e amplitudes) que dependem de alguns fatores, como as características dimensionais, a rotação da máquina, o nível de carga e exigência operacional (SPECTRUM, 2021).

Segundo SKF (2019) os principais defeitos típicos das máquinas rotativas: a) desbalanceamento da massa rotativa, que acontece com massa desequilibrada no eixo; b) defeito de desalinhamento entre eixos, que ocorre pela diferença mecânica entre centro de eixos, mancais e acoplamentos com características dinâmicas diferentes na montagem. Quando gira, as forças dinâmicas do conjunto interagem entre si excitando vibrações; c) defeito de folga mecânica entre elementos de máquinas que acabam gerando vibração de multifrequências durante a rotação, horizontalmente no sentido onde o eixo é fixado; d) defeito em rolamentos definidos pelas siglas como FFT (defeitos na região da gaiola), BSF (defeitos nos elementos rolantes), BPFO (defeitos no anel externo) e BPFI (defeitos no anel interno) .

### 1.3 - Monitor a vibração por sistemas: off-line e on-line

No sistema de monitoramento de vibração *off-line*, a empresa pode utilizar equipamentos para coleta e diagnóstico de vibração quando a máquina não possui sensores de vibração de monitoramento constante. No sistema *off-line*, cria-se um plano de inspeção periódico auxiliado por equipamentos que coletam anomalias, ruídos, e vibração, assistidos por *software*. No sistema *on-line*, há o monitoramento contínuo da vibração dos elementos de máquinas e da máquina, dispositivos e equipamentos como conjunto. No sistema *on-line* há sensores de vibração instalados, tais como acelerômetros e proximímetros (PEIXOTO NETO, 2016).

Para medir a vibração de um determinado equipamento, um sensor capta o sinal elétrico que é pré-amplificado, filtrado e através de cabos condutores é transmitido para um coletor ou analisador. Um *software* faz a modelagem do sinal elétrico na forma de sinal no tempo ou espectro de frequência conforme ilustra a Figura 3 sobre um esquema da medição da vibração de uma máquina rotativa no sistema *on-line*. Há registro da frequência, picos e vales ao longo do tempo, com curva de tendência, para facilitar a previsão de ocorrências das falhas e assim planejar as intervenções (INMAN, 2018).

Figura 3 - Captação de sinal desde o acelerômetro *on-line*



Fonte: Adaptado de SKF (2019).

O sensor de aceleração (acelerômetro) é fixado a uma superfície vibrante, que funciona utilizando discos cerâmicos piezoelétricos, que pelas suas propriedades físicas geram descargas elétricas. O princípio de que todo corpo possui sua frequência natural que pode ser definida por um modelo matemático que verifica a relação entre a rigidez (K) e a massa (M) do corpo ou sistema, que resulta na ressonância com dois ou mais eventos simultâneos (RAO, 2008).

O princípio fundamental da vibração, segue o Sistema Internacional de Unidades (SI), pois a análise vibracional especifica eventos onde componentes possam falhar. A

frequência e a amplitude da vibração seguidas da análise do espectro permitem identificar características de vibração de cada componente individualmente e possíveis causas do defeito, como por exemplo, a existência de desbalanceamento, desalinhamento, folgas, falta de rigidez (INMAN, 2018).

Rao (2008) nos ensina que o fator gerador das vibrações são as rotações por minuto (rpm) da máquina e as frequências do espectro serão proporcionais. Espectro vibracional é a transformação da vibração em relação do domínio do tempo para o domínio da frequência. O espectro é a modulação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) com unidades em milímetros por segundo para uma velocidade de aceleração e técnica de envelope de aceleração, que consiste na demodulação dos sinais de aceleração entre 5Hz a 40kHz, para que seja possível em baixas frequências (impactos) verificar defeitos em rolamentos e suas partes conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Rolamento, componente e vista internas



Fonte: Encurtador.com.br/jBFN7.

#### 1.4 - Validação da preditiva pela Overall Equipment Effectiveness ou Eficiência global do Equipamento (OEE)

Segundo Nusraningrum (2019), OEE é um dos indicadores chave de performance produtiva e portanto valida a taxa de sucesso de uma manutenção preditiva bem realizada, ou seja, uma das ferramentas de medição de desempenho da eficiência da manutenção na produção, considerando as máquinas como as fontes mais comuns de perdas de produtividade. Nesse sentido, precisam ser avaliadas quanto a disponibilidade, desempenho e qualidade do trabalho.

A disponibilidade considera a perda de tempo por inatividade de qualquer máquina ou equipamento, ou seja quanto mais inoperante estiver a máquina maior será a perda de produção. Desempenho é aferido pela velocidade de trabalho comparada com a velocidade projetada. Qualidade mede o percentual de unidades boas produzidas pela máquina. A taxa de qualidade geralmente é expressa como a quantidade processada menos o volume ou quantidades defeituosas, dividida pela quantidade processada (NUSRANINGRUM, 2019).

## II. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho, contou com uma revisão da literatura recente alusiva ao assunto, normas de padronização e monitoramento de vibração *on-line*.

A base de consulta foram publicações recentes, apostilas especializadas e bibliografia sobre vibração mecânica na plataforma *Scopus* em relação ao assunto e ano de publicação inerente ao tema em tela.

Todo procedimento de coleta de dados e inspeção para medição da vibração foi com base na ABNT NBR ISO 20.816:2016 (Mechanical Vibration and Measurements and Evaluation of machine vibration), sendo o monitoramento *on-line* realizado através

do sensor de aceleração (acelerômetro- piezoelétrico) que envia informação para amplificador com filtros de envelope, *interface* e interpretação auxiliado por um *software* específico.

O equipamento a ser monitorado é um motor de compressor 75 kW. Quanto ao protocolo de análise, o equipamento foi cadastrado no *software* “*skf@ptitude analyst*”, um programa específico para gerenciar tratar os dados coletados de rolamentos, mancais, acoplamentos, vazão, rotação, pressão do conjunto mecânico. As condições operacionais do compressor serão refletidas em variáveis indicativas como vibração axial, radial, vertical, pulsos de choque “*spike energy*”, corrente, vazão, pressão e temperatura, sempre considerando análises de frequência, fase, modal, tempo, órbita, extração da FFT e ruído.

A amplitude, refere-se ao tamanho ou intensidade da vibração, caracterizando o nível vibratório do equipamento, através dos seus três modos de manifestação vibratória: Aceleração, Velocidade e Deslocamento. Para altíssimas frequências na detecção de falhas em rolamentos, será usado a técnica do envelope. O limite máximo de aceite da vibração será baseada na recomendação dos fabricantes e nas normas técnicas.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 - Ganhos com aplicação da manutenção preditiva

O Quadro 2 apresenta de forma geral uma comparação antes após e ganhos com adoção da análise vibracional na manutenção preditiva, ou seja, entre disponibilidade, eficácia global do equipamento (OEE), confiabilidade, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo além da redução de custos pela troca desnecessária de todo o conjunto mecânico.

Quadro 2 - Comparativo análise vibracional na manutenção

Itens de manutenção para um motor do compressor	Antes	Após	Savings (%)
Expectativa disponibilidade (horas)	< 15.768	> 23.652	50
Expectativa disponibilidade (meses)	24	36	50
OEE do motor (%)	< 70	>80	11
Confiabilidade e substituição (%)	0 %	100 %	100
Tempo médio entre falhas (meses)	24	36	50
Tempo médio de reparo (dias)	30	6	80
Custos (1 US\$ = R\$ 5,20)	48,076.93	6,153,85	87

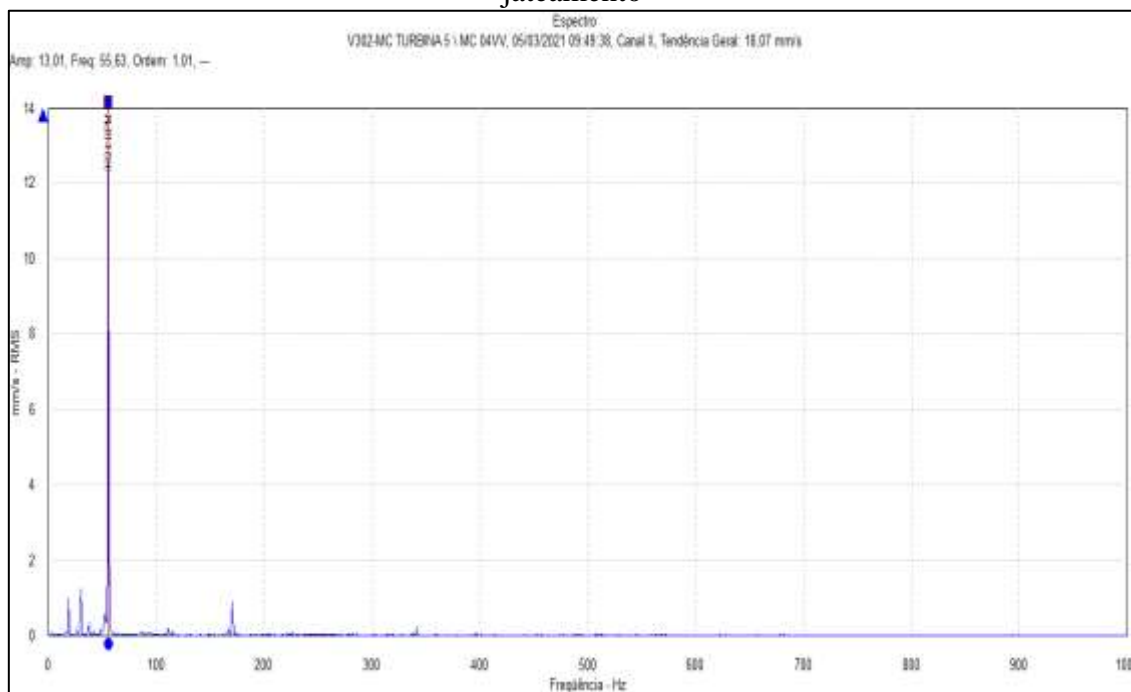
Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

#### 3.2 - Definição da assinatura espectral de defeitos comuns

O Gráfico 1 demonstra o espectro de frequência por desbalanceamento de massa.



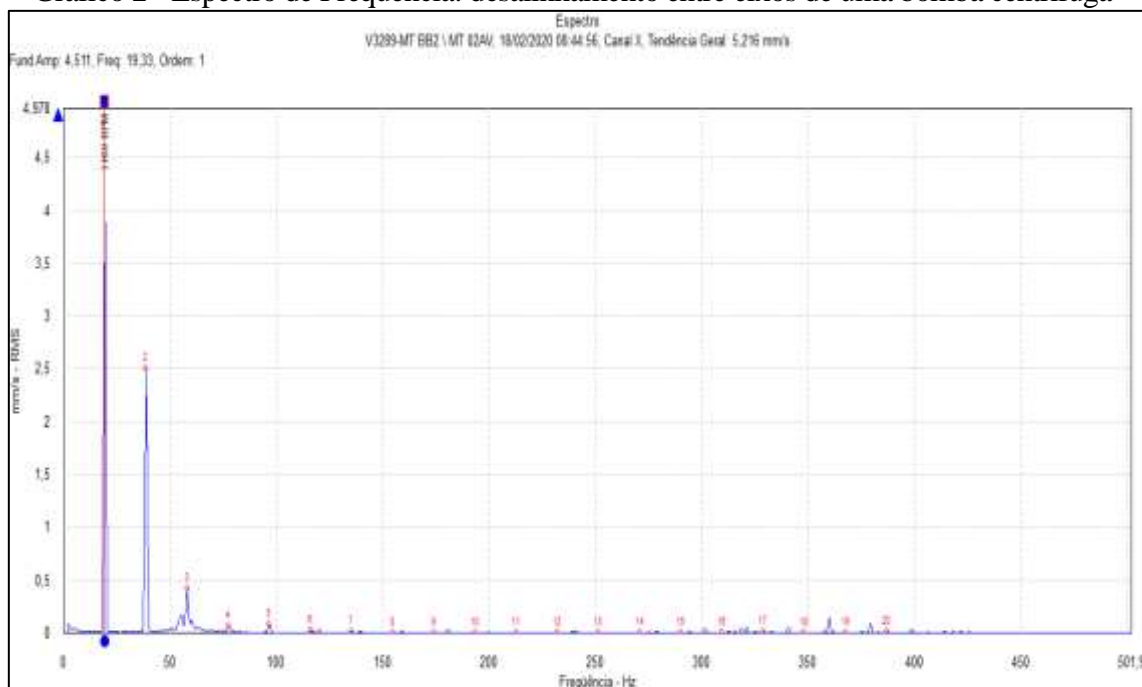
Gráfico 1 - Espectro de Frequência: desbalanceamento de massa de uma turbina de jateamento



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O Gráfico 2 demonstra o espectro de frequência causada por desalinhamento entre eixos (SKF, 2019).

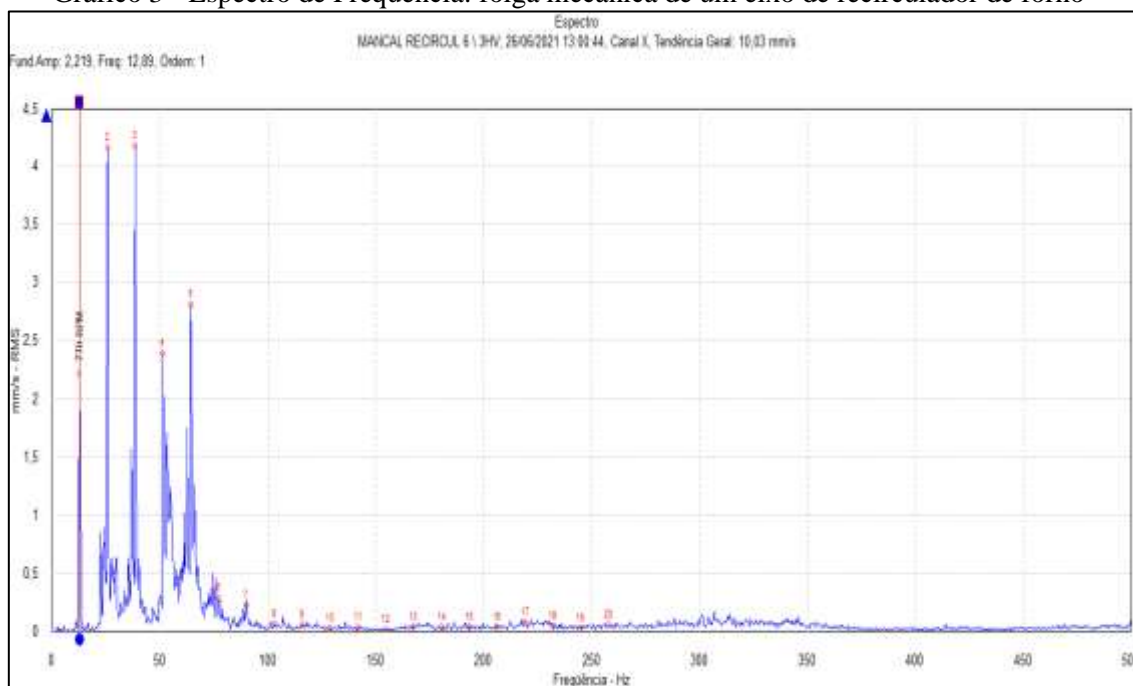
Gráfico 2 - Espectro de Frequência: desalinhamento entre eixos de uma bomba centrífuga



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O Gráfico 3 demonstra o espectro de frequência de folga mecânica.

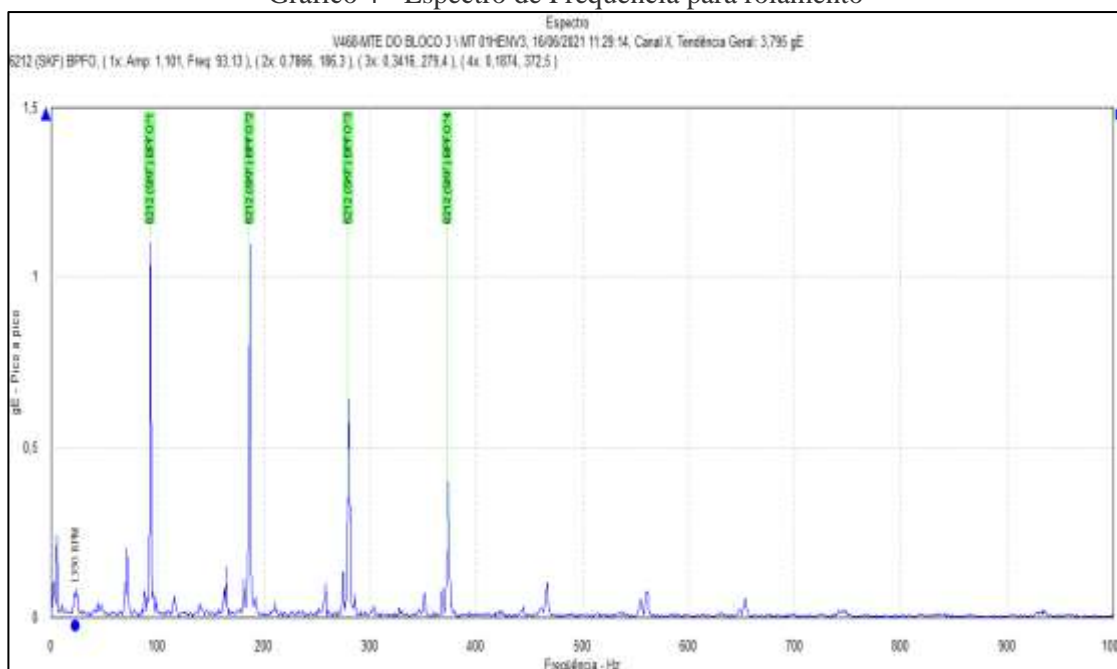
Gráfico 3 - Espectro de Frequência: folga mecânica de um eixo de recirculador de forno



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O Gráfico 4 demonstra o efeito da aplicação de uma análise de vibração em rolamentos na detecção de defeitos nas partes gaiola, BSF (esfera), BPFO (anel externo) e BPFI (anel interno), para que através de gráficos harmônicos com banda lateral se verifique defeitos e fim de vida útil do rolamento rígido de esfera.

Gráfico 4 - Espectro de Frequência para rolamento



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

#### IV. CONCLUSÃO

Este artigo científico aplicou o monitoramento em uma máquina rotativa utilizando a metodologia da manutenção preditiva aliada a técnica de análise de vibração.

Através de uma metodologia com uma revisão da literatura recente alusiva ao assunto, normas de padronização e abordou os fundamentos do monitoramento de vibração pelo sistema *on-line e off-line* que permitam o diagnóstico de preventivo de defeitos e falhas.

Após uma captação do sinal por acelerômetro fixados a máquina, foi possível definir assinaturas espectrais para defeitos de deslocamento, desbalanceamento, folga e avarias no rolamento através de inspeções rotineiras pelo pessoal de manutenção sem atrapalhar a produção e dessa forma otimizar tempo de disponibilidade de máquinas e reduzir custos de corretivas com aumento da confiabilidade das máquinas rotativas.

Conclui-se que embora seja necessário um investimento inicial maior para se implementar a manutenção preditiva, em relação aos outros tipos de manutenção, quando se torna rotineira, seu custo operacional é menor em relação aos outros tipos de manutenção, assim como a tecnologia e seus respectivos *software* estão cada vez mais acessíveis para as empresas.

Como trabalho futuro sugere-se uma amostragem com análise vibracional para outro parque de máquinas e equipamentos.

#### V. REFERÊNCIAS

- ABNT. 2003. **ISO 1940-1**. International Organizations for Standardization number 1940-1. Mechanical vibration. Specification and Verification balance tolerances. Genova, 2003. Disponível <https://www.iso.org/standard/27092.html> Acesso 27jul. 21.
- BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. ISBN 10: 858055554X; ISBN-13: 978-8580555547. 10ª Edição. Editora AMGH. 2016
- CARDOSO E. G.; RIGOLON, F.; SCARPELIN, M. A.; YUQULIS, V. M. **Manutenção mecânica industrial: Técnicas preditivas e de análise de falhas**. 2017. 1ª Ed. Editora Senai-SP. ISBN-10:8583938539. ISBN-13: 978-8583938538
- ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. (2020). **Vosviewer. VOSviewer: Visualizing a scientific landscapes**. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em 14.abr.2021
- INMAN, D. 2018. **Vibrações Mecânicas**. 1ª Edição. Editora GEN LTC. ISBN-10: 8535288899. ISBN-13: 9788535288896. EAN: 9788535288896. 2018.
- KELLY, S. G. **Vibrações mecânicas: Teoria e Aplicações**. ISBN-10: 852212700X. ISBN-13: 978-8522127009. 1ª Edição. Editora Cengage Learning. 2017.
- MOURA, R. A.; DE JESUS, N. M. R.; SOUZA, R. S. Ergonomia e antropometria como ferramentas de vanguarda produtivas nas indústrias do futuro. **Revista Sodebras [online]**. vol. 14. nº 157, pp 109-112. 2019. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2019.157>.
- NUSRANINGRUM, D. 2019. **Livro: Eficácia geral dos equipamentos (OEE)**. Bisac subject description code: BUS041000. 2019. Operation Management. Editora: Lambert Academic Publishing. 2019.
- PEIXOTO NETO, G. P. **Análise de vibração em equipamentos de mineração**. 2016. Edição 82. Volume 1. Área do conhecimento: Engenharia elétrica. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/analise-de-vibracao-em-equipamentos-de-mineracao> Acesso 27jul. 21.

PMBK. Project Manager knowledge base. **Conhecimento de gerenciamento de projetos. 2017.** Tipos de Manutenção. Disponível em: <https://pmkb.com.br/artigos/tipos-de-manutencoes-manutencao-corretiva-programada/> Acesso em 12.mar.2021.

RAO, S. Vibrações Mecânicas. 4ª Edição. Editora Pearson Universidades. 2008. ISBN 10: 8576052008. ISBN 13: 9788576052005. EAN: 9788576052005. São Paulo. 2008.

SKF. 2019. **Manual de manutenção.** Rolling bearings Rolamentos de esferas Disponível em [https://www.skf.com/binaries/pub45/Images/0901d19680416a2b-10000\\_2-PT-BR---Rolling-bearings\\_tcm\\_45-121486.pdf](https://www.skf.com/binaries/pub45/Images/0901d19680416a2b-10000_2-PT-BR---Rolling-bearings_tcm_45-121486.pdf) Acesso em 29jul.2021.

SKF. 2018. **Software** “skf @ptitude analyst installation” para captação, análise e armazenamento de sinais de vibração de máquinas e equipamentos rotativos. Disponível em: <https://dokumen.tips/documents/skf-ptitude-analyst-installation.html> Acesso em 27jul.2021.

SPECTRUM. 2021. Análises de vibração. Serviços de Manutenção Preditiva e soluções para a Indústria 4.0. Disponível: <https://www.spectrumpredictiva.com.br/servicos> Acesso em: 15jul.2021

WEG. **Catálogo Motores.** 2020. Solução de performance em motores elétricos industriais. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o---NEMA/Bombas/c/US\\_MT\\_NEMA\\_PUMP](https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Motores-El%C3%A9tricos/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o---NEMA/Bombas/c/US_MT_NEMA_PUMP) Acesso em: 15jul.2021.

## VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.