

MANUTENÇÃO PREDITIVA: O USO DE SENSORES INTELIGENTES EM MOTORES INDUSTRIAIS

AUTORES

André Fernando DINIZ

Discente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

Tonie Wender da Silva ULIANA

Docente da União das Faculdades dos Grandes Lagos – UNILAGO

RESUMO

Este trabalho aborda a implementação de sensores inteligentes na manutenção preditiva dentro da Indústria 4.0. Foi realizado um estudo de caso em uma indústria de Olímpia-SP, onde um sensor WEG Motor Scan foi instalado em um motor de exaustor de fuligens. A utilização do sensor permitiu a coleta de dados em tempo real, identificando problemas nos rolamentos do motor e permitindo a intervenção antecipada. Os resultados mostraram uma significativa redução de paradas não programadas, aumento da confiabilidade dos equipamentos e economia de custos com mão de obra especializada, demonstrando que a implementação do sensor trouxe uma solução eficaz para a manutenção preditiva, podendo ser expandida para outros motores da empresa.

PALAVRAS - CHAVE

Sensores, WEG Scan, Manutenção Preditiva

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, temos testemunhado uma busca incessante por inovação no cenário industrial. As empresas, cientes da necessidade de se manterem competitivas, estão investindo em desenvolvimento tecnológico para otimizar seus processos e garantir a confiabilidade operacional de seus ativos. A eficiência operacional é o objetivo primordial. Afinal, uma produção eficiente não apenas reduz custos, mas também aumenta a competitividade no mercado. Para alcançar esse objetivo, é imperativo que as empresas estejam dispostas a mudar. Essas mudanças podem envolver desde o aumento do número de ativos físicos nas instalações até a aquisição de sistemas mais complexos (FUENTES-HUENTAS et al., 2018).

Com esse cenário atual, a manutenção ganha mais ênfase e assume um papel muito importante dentro de uma indústria, sendo responsável pela confiabilidade operacional das máquinas produtivas, fazendo reduzir ao máximo as quebras e danos corretivos dos equipamentos. Para manter um ativo em operação e sem atendimentos corretivos por quebras ou falhas, a equipe de manutenção deve estar atualizada com os planos preventivos e preditivos, seguindo com rigidez a periodicidade dos planos. (MUSSO; 2022).

Para Kardec e Nascif (2009) o plano preditivo em uma indústria existe com o propósito de aumentar a produtividade das empresas e prevenir as falhas nos ativos através de um acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento. A manutenção preditiva dá preferência para a disponibilidade, não promovendo a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois para a coleta de medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo.

Segundo Martins e Fabro (2020) com a chegada da indústria 4.0 a manutenção preditiva teve um avanço significativo diante do novo cenário, que foi o uso de sensores inteligentes acoplados diretamente no ativo coletando os dados e transformando em informações e transmitidas em tempo real até o painel do analista preditivo e gestor da área, permitindo uma análise mais precisa do desempenho dos equipamentos e ação imediata.

O objetivo deste trabalho foi descrever como a implementação de um sensor inteligente em um motor de um exaustor de fuligens de uma empresa de Olímpia-SP, trouxe ganhos com a inovação da manutenção preditiva na indústria 4.0, fazendo com que a empresa tenha redução de custos com mão de obra especializada em coleta e análise de vibração e ganho na confiabilidade dos ativos monitorados em tempo real.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tipos de manutenção

Segundo Willich (2022), a manutenção industrial abrange diversas modalidades, sendo as mais reconhecidas e amplamente adotadas atualmente a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva. Neste artigo, daremos maior ênfase à manutenção preditiva, destacando sua relevância e aplicação na indústria

2.1.1 Manutenção Corretiva

A Manutenção corretiva é a forma mais simples de entender, pois envolve basicamente o ato de reparar o que está quebrado, fora de operação ou ineficiente. Caracteriza-se por ser uma manutenção não planejada, reativa, na qual a correção de falhas ou de desempenho reduzido ocorre de maneira aleatória, sem que a ocorrência tenha sido prevista. No passado, as ações corretivas eram a única forma de manutenção aplicada aos

equipamentos de produção. Segundo Vianna (1991), citado por Wyrebski (1997), essa modalidade de manutenção é definida como a "atividade que visa corrigir falhas resultantes do desgaste ou deterioração de máquinas ou equipamentos". Em outras palavras, consiste em consertar as partes que apresentaram falhas, o que pode incluir reparos, realinhamentos, balanceamentos, substituição de componentes ou até mesmo a troca completa do equipamento.

Segundo Moro e Auras (2007) a manutenção corretiva pode variar desde a simples substituição de um parafuso de fixação quebrado até a troca completa de um sistema elétrico em pane.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Segundo Silva (2007), manutenção preventiva consiste na realização de tarefas de inspeção e/ou serviço que são previamente planejadas para serem executadas em momentos específicos, com o objetivo de preservar as capacidades funcionais dos equipamentos ou sistemas operacionais. Ao contrário da Manutenção Corretiva, a Manutenção Preventiva visa, de forma rigorosa, evitar a ocorrência de falhas, ou seja, busca prevenir problemas antes que ocorram.

Conforme informado por Moro e Auras (2007) para evitar esses problemas, as empresas introduziram o planejamento e a programação da manutenção. A manutenção preventiva é o estágio inicial da manutenção planejada, e obedece a um padrão previamente esquematizado. Ela estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir os reparos programados, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um tempo predeterminado. E as empresas têm como objetivo a implementação da manutenção preventiva a redução de custo, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes de trabalho.

2.1.3 Manutenção Preditiva

De acordo com Moro e Auras (2007) a manutenção preditiva é um tipo de manutenção que busca antecipar problemas potenciais em maquinários, monitorando continuamente o equipamento ou sistema e utilizando os dados coletados ao longo do tempo para prever seu estado futuro. Buscando evitar falhas e paralisações dos equipamentos, ela é realizada somente quando o ativo apresenta uma mudança na sua condição de operação. Significa prever as condições do equipamento monitorado e interferindo com antecedência, fazendo o ativo em operação com um maior tempo possível.

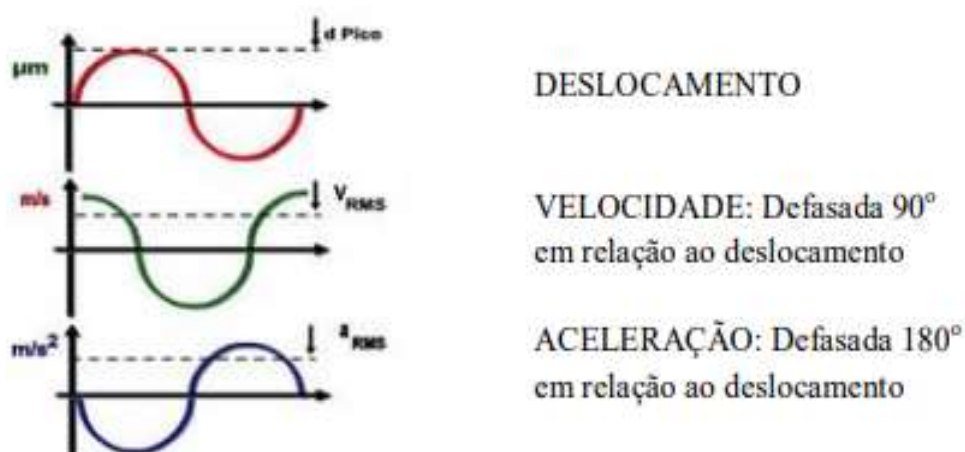
Segundo Nepomuceno (2014), a manutenção preditiva vai além da manutenção preventiva, pois não se baseia em intervalos fixos de tempo, mas sim na condição real dos equipamentos. Com isso, é possível otimizar os recursos, reduzir custos de manutenção, evitar paradas inesperadas e prolongar a vida útil dos equipamentos.

2.1.3.1 Análise de Vibração

Segundo Kardec e Nascif (2009), existem várias técnicas preditivas que variam de acordo com a classe dos equipamentos, sejam usadas para análises de defeitos e falhas quanto para garantir a disponibilidade do equipamento.

A análise de vibração, segundo Kardec e Nascif (2009) é um dos meios mais importantes de avaliação preditiva na indústria, tendo maior destaque em equipamentos/máquinas rotativas. Os parâmetros de vibração são retratados em deslocamento, velocidade e aceleração cujas representações estão ilustradas na Figura 1.

Figura 1 – Representação da Defasagem dos Parâmetros de Vibração



Fonte: Kardec e Nascif, 2009.

2.1.3.2 Manutenção Preditiva com Coleta de Vibração Manual

De acordo com Kardec e Nascif (2009), para uma intervenção em um determinado equipamento precisa ser realizado o seu acompanhamento e ou até mesmo monitoramento, quando são realizados de formas subjetiva, sem a utilização de aparelhos específico, essa análise é realizada pelo tato, audição, visão, olfato do avaliador. Esta forma de avaliação exige experiência e técnica apurada do avaliador, que utiliza de seus sentidos para identificar os problemas do equipamento.

Há também o monitoramento feito de forma objetiva, que é realizado através da utilização de equipamentos e instrumentos especiais, (sobre os quais falaremos com maiores detalhes no item 3 deste trabalho), neste tipo de avaliação, independente de quem opere o instrumento, os resultados serão consistentes, desde que o aparelho esteja corretamente calibrado, a análise dos dados seja feita corretamente e o utilizador tenha treinamento adequado e conhecimento técnico, pois são realizados de acordo com parâmetros e valores pré-estabelecidos (KARDEC; NASCIF, 2009).

A utilização de um coletor de vibração do modelo SKF Microlog Analyzer série AX ilustrada na Figura 2, é uma das ferramentas escolhida para coleta de dados de vibração em uma indústria.

Essa ferramenta foi projetada para ajudar os usuários a estabelecer ou atualizar um programa de monitoramento de condições existente, os analisadores SKF Microlog lidam com as tarefas necessárias para realizar manutenção preditiva em máquinas rotativas em inúmeras indústrias. Certificada para uso em áreas perigosas, a série SKF Microlog captura medições completas dinâmicas (vibração) e estáticas (processo) de rota e fora de rota de muitas fontes.

Figura 2 – Coletor de Vibração SKF Microlog Analyzer serie AX



Fonte: ALMEIDA, 2022.

2.1.3.2 Manutenção Preditiva com Coleta de Dados Online

A coleta de dados de forma online é realizada através de sensores inteligentes instalados no ativo, fazendo a realização da coleta de dados durante a operação da máquina. Toda comunicação deste sistema é realizada através da tecnologia Bluetooth, que realiza a comunicação sem fio conectada a um smartphone, levando os dados diretamente ao supervisor de forma rápida e confiável. Também pode ser coletada através de uma antena gateway, que realiza a coleta automática dos dados e sem a necessidade do deslocamento de um profissional para realizar a coleta.

Os dados após serem coletados são enviados a plataforma Weg Management, que podem ser monitorados em qualquer momento, com dashboards intuitivos, notificações diárias dos ativos em estado de alerta e/ou crítico para visão gerencial e análise técnica, podendo avaliar o estado operacional dos motores. Com isso é possível implementar uma metodologia de manutenção preditiva, bem orquestrada, e monitorando a condição operacional do ativo, contribuindo significativamente para a otimização dos recursos de manutenção, aumentando a disponibilidade dos ativos, reduzindo os custos diretos e indiretos e fazendo com que a equipe tome decisões de forma rápida e precisa (WEG, 2024).

O processo de aquisição, processamento e análise de dados pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3: Fluxo de aquisição, processamento e geração de diagnóstico dos dados



Fonte: WEG, 2024.

2.2 Sensores Inteligentes

Os sensores inteligentes são dispositivos que recebem como entrada algum parâmetro físico do ambiente e, através de recursos internos computacionais para executar funções internas predefinidas, detectam esse parâmetro, processando e transmitindo os dados referentes a ele em seguida (FREITAS, 2016).

Com o uso de sensores inteligentes, a manutenção preditiva agora consegue eliminar quase completamente a necessidade de inspeções presenciais. A coleta de dados é feita de modo online e automaticamente, sem que seja preciso desmontar e remontar máquinas para saber se elas estão funcionando bem. Os sensores conectados às máquinas geram dados que são capturados e transmitidos via internet (SEMEQ, 2024).

Segundo Martins e Fabro (2020) a hierarquia de IoT consiste em camada de detecção, camada de rede e camada de aplicação. A tecnologia IoT nas aplicações de gerenciamento de equipamentos conclui: a camada de detecção atua principalmente como coleta de informações e os sensores do sistema de monitoramento e diagnóstico incluem sensor de deslocamento, sensor de velocidade, acelerômetro, sensor de temperatura, sensor de pressão e sensor de fluxo. A camada de rede se encarrega da entrega de informações (como rede móvel, rede fixa, internet e rede de transmissão), enquanto o sistema de monitoramento e diagnóstico geralmente utiliza a internet (ou intranet) para transmissão de dados; a camada de aplicação realiza a análise e a tomada de decisão.

2.2.1 Sensor WEG Scan

O sensor inteligente fabricado pela marca WEG, foi lançado no ano de 2018 e é uma solução inovadora para monitoramento de motores elétricos e outros equipamentos industriais. O sensor coleta dados como vibração, temperatura e horas de funcionamento dos motores. O sistema é composto por sensor, aplicativo móvel (App) para IOS e Android, portal Web (WEG IoT Platform). O sensor não possui fios para conexão, pois, sua alimentação é feita através de uma bateria de Lítio que está incorporada ao dispositivo. A expectativa de vida da bateria é de 3 anos, considerando a operação em temperatura ambiente de 25 °C com 12 aquisições de dados ao dia.

O valor de aquisição do sensor com todas essas funcionalidades, está no valor de R\$822,00, com a instalação sendo realizada pelo requisitante. Podemos observar melhor o sensor WEG Scan na Figura 4:

Figura 4: Sensor Weg Scan.



Fonte: WEG, 2024.

Os dados armazenados no sensor são enviados para a nuvem via Bluetooth ou coletados automaticamente por uma antena Gateway, os dados são analisados e transformados em relatórios, permitindo acesso remoto e análise detalhada através da plataforma WEG Motion Fleet Management.

Com o módulo WEG Motor Specialist, uma solução que utiliza inteligência artificial e machine learning para diagnosticar, monitorar e recomendar manutenções preditivas em motores elétricos, os diagnósticos são realizados de forma autônoma, permitindo ao usuário executar manutenções rapidamente e antecipar quebras e danos dos motores (WEG, 2024).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho é um estudo de caso, realizado em uma indústria de componentes elétricos da cidade de Olímpia-SP. Neste estudo foram avaliadas as vibrações mecânicas em motor elétrico de uma indústria, através da utilização de um sensor inteligente sem fio instalado na carcaça do motor. Os dados gerados e coletados desse sensor devem auxiliar a equipe de manutenção, com o monitoramento realizado poderá intervir de forma preventiva, no motor que apresente qualquer sinal de alarme. Fazendo com que aumente a confiabilidade do equipamento e estabilidade na produção.

O equipamento alvo do estudo foi um motor elétrico trifásico de 18.5 kW de 220V com 4 polos e com a rotação de 1760 rpm da Fabricante WEG. Este motor é usado em um exaustor de fuligens de fornos do setor de fundição de uma metalúrgica da cidade de Olímpia-SP, o equipamento é responsável de retirar de dentro do setor toda fumaça e fuligem geradas pelos fornos e enviada para o sistema de filtros mangas.

Deu-se a escolha desse motor em função de sua criticidade para operação, com o seu não funcionamento o setor de produção fica com um ambiente inacessível por conta do grande acúmulo de fumaças e fuligens, e por sua localidade de instalação, pois, em caso de uma parada repentina do ativo, o acesso até o local deve ser realizado através de Plataformas Elevatórias (PTA) ou Empilhadeira, por conta do motor estar instalado a mais de 3 metros do solo, ocasionando um trabalho demorado e de difícil acesso da equipe de manutenção. O local de instalação do motor pode ser observado na Figura 5:

Figura 5: Exaustor de Fuligens cujo motor foi o ativo de estudo.



Fonte: Autores, 2024.

No motor foi instalado um sensor WEG Motor Scan sem fio, com o número de série 475510AC3138. A Figura 6 mostra o local da carcaça onde foi instalado.

Figura 6: Motor WEG 18.5 kW 220v.



Fonte: Autores, 2024.

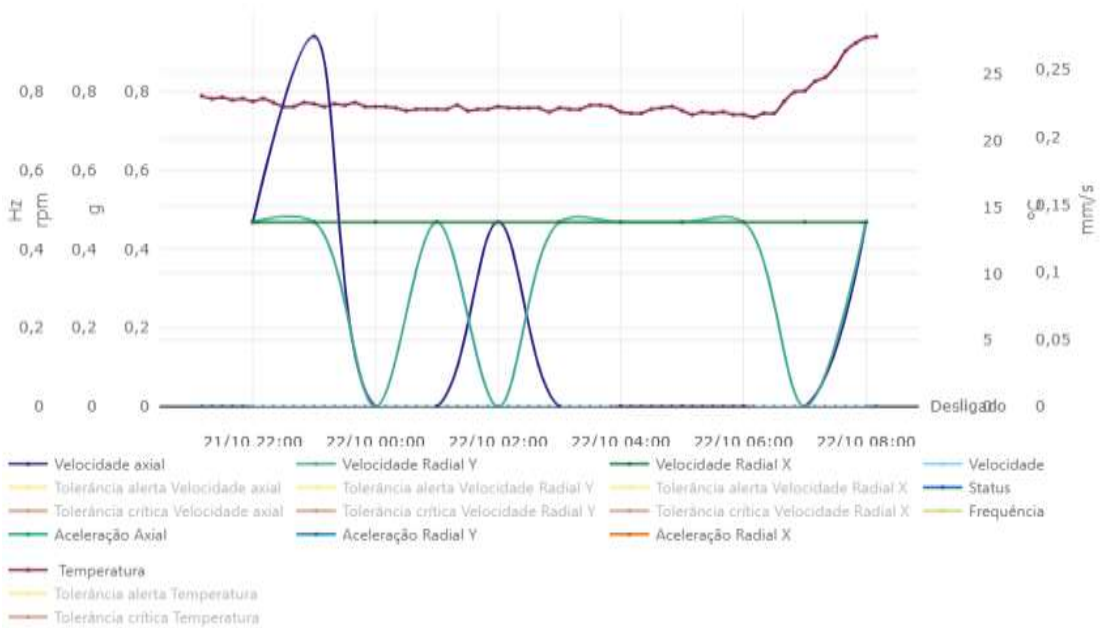
A coleta dos dados foi feita através de um smartphone Moto G22, com a versão para Android 12, utilizando o aplicativo de celular Weg Motor Scan instalado no aparelho. Os dados gerados puderam ser visualizados no próprio aplicativo do smartphone como mostra a Figura 7 e enviados via rede Wifi para a plataforma WEG MFM de forma instantânea como ilustrado na Figura 8.

Figura 7. Dados de coleta no Smartphone.



Fonte: WEG, 2024.

Figura 8: Dados de coleta na plataforma MFM Weg.



Fonte: WEG, 2024.

Os parâmetros de limite de alarme estabelecidos acompanham a recomendação da fabricante WEG, que através de estudos globais com outros motores da mesma funcionalidade, estabeleceram os seguintes limites de alerta na cor amarela e crítico na cor vermelha, conforme ilustrado no Quadro 01.

Quadro 01: Tendencias Globais de níveis de Vibração e Temperatura.

	Alerta	Crítico
Temperatura de Contato	60 °C	75 °C
Velocidade Axial	5,625 mm/s	8,875 mm/s
Velocidade Radial Y	5,625 mm/s	8,875 mm/s
Velocidade Radial X	5,625 mm/s	8,875 mm/s

Fonte: WEG, 2024.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A instalação do sensor inteligente no motor elétrico WEG 18.5 kW 220v do Exaustor de Fuligens nos concedeu dados importantes para a atuação da equipe de manutenção de forma antecipada à falha e também nos concedeu uma redução orçamental para a empresa, sendo que a contratação anual de uma equipe terceira para realizar a coleta e análise de vibração sairia no valor de R\$ 3.000,00, conforme é realizado hoje em uma filial do mesmo grupo.

Após a análise dos dados coletados após 24 horas de funcionamento do sensor acoplado a carcaça do motor, foi indicado pelo próprio sensor que os eixos Radial X e Y e o eixo Axial estavam com o status crítico de

vibração como podemos ver na Figura 09 que representa a tabela de eventos fornecida pela plataforma MFM Weg.

Figura 09: Tabela de eventos de anomalias no motor.

Nível	Estado	Mensagem	Descrição
Critico	-	Novo	O limite de 8.875 mm/s foi excedido: Vibração Radial-Y = 35 mm/s
Critico	-	Novo	O limite de 8.875 mm/s foi excedido: Vibração Radial-X = 11.529 mm/s
Critico	-	Novo	O limite de 8.875 mm/s foi excedido: Vibração Axial = 35 mm/s

Fonte: WEG, 2024.

O Eixo Radial Y e Axial apresentou vibração de 35 mm/s, onde seu limite crítico é de 8.875 mm/s como apresentado na Figura 10.

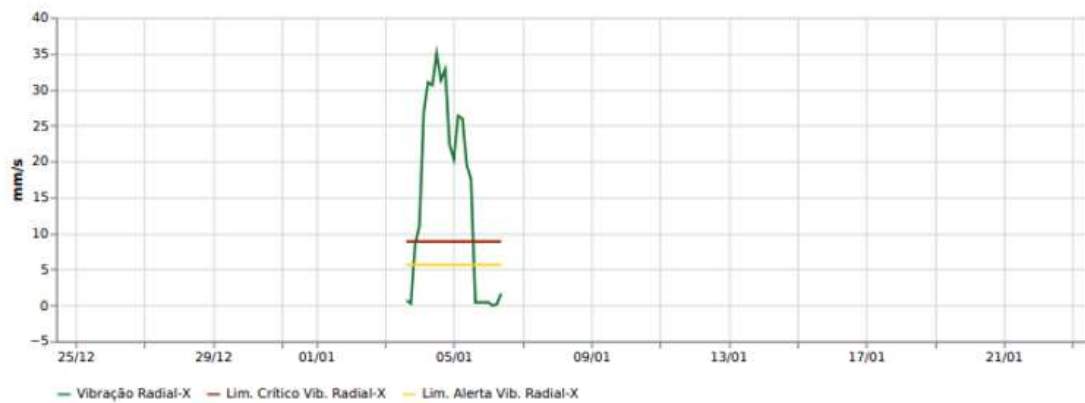
Figura 10: Histórico de Vibração Eixo Radial Y



Fonte: WEG, 2024.

Já o Eixo Radial X apresentou vibração de 11.529 mm/s, excedendo seu limite de 8.875 mm/s como apresentado na Figura 11.

Figura 11: Histórico de Vibração Eixo Radial Y

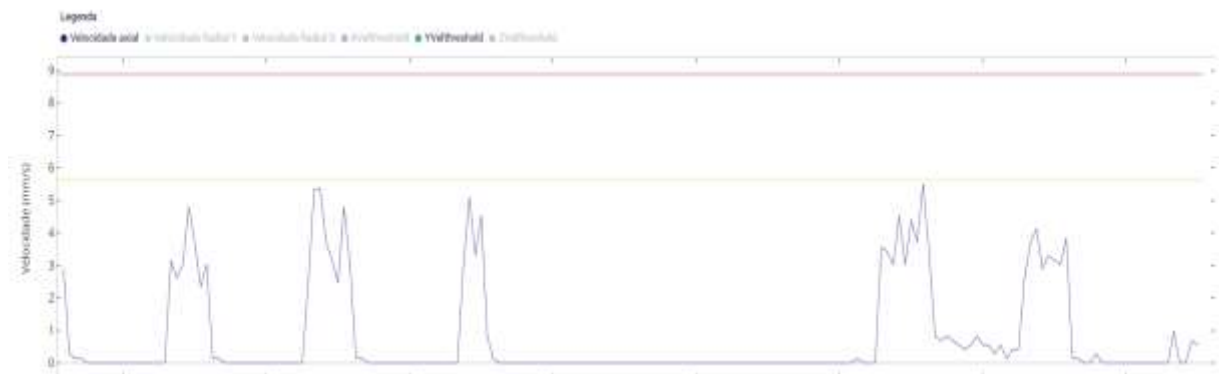


Fonte: WEG, 2024.

Através dos dados coletados foi analisado que os rolamentos do motor estavam danificados, fazendo com que a equipe de manutenção antecipasse de forma programada a troca dos rolamentos dianteiro e traseiros.

Após a instalação e ligação do motor na base, foi realizado o monitoramento dos dados coletados pelo sensor motor scan, onde podemos ver nas Figuras 12, 13 e 14 respectivamente, os parâmetros de vibração estão dentro da tolerância.

Figura 12: Gráfico de Vibração Axial após intervenção



Fonte: WEG, 2024.

Figura 13: Gráfico de Vibração Radial X após intervenção



Fonte: WEG, 2024.

Figura 14: Gráfico de Vibração Radial Y após intervenção



Fonte: WEG, 2024.

5. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho, pode-se concluir que a implantação de um sensor inteligente em um motor de criticidade alta e de difícil acesso, obteve um grande ganho referente a redução de paradas não programadas, aumento da eficácia do equipamento, economia na mão de obra da equipe de manutenção e aumento da produtividade do ativo, mostrando que esse novo método de coleta e análise de dados de vibração pode ser implantados para os demais motores da empresa e ser acompanhado através do sistema de monitoramento MFM Weg, facilitando a tomada de decisão da equipe de manutenção.

A utilização de sensores inteligentes é um investimento relativamente pequeno quando comparado à economia de manutenção e de perdas com paradas de equipamentos em uma indústria atualmente. Sua implementação é um grande começo para a empresa que busca inserir-se na Indústria 4.0 e para a equipe de manutenção que almeja ser reconhecida como um setor de confiabilidade para a Indústria.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2022. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2024.

FREITAS, M. S. Sensores Inteligentes e suas aplicações no cotidiano. 2016. **Revista de Trabalhos Acadêmicos UNIVERSO São Gonçalo**. v. 1, n. 2. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=2TRABALHOSACADEMICOSAOGONCALO2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=3091&path%5B%5D=2033>. Acesso em: 30 set. 2024.

FUENTES-HUERTA, M A. et al. Implementação de RCM em máquina de moldagem por injeção de plástico considerando modos de falha correlacionados e amostra de tamanho pequeno. 2018. **Int. J. Adv. Manuf. Technol.** v. 95, p. 3465–3473. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1402-y>. Acesso em: 25 jul. 2024.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MARTINS, F. J; FABRO, E. Uso do sensor inteligente na manutenção preditiva do motor de uma extrusora. 2020. **Ciência com Indústria**, v. 2, p. 1–9. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/8057>. Acesso em: 10 ago.2024.

MORO, N.; AURAS, A. P. **Introdução à gestão da manutenção**. 2007. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina Gerência Educacional de Metal Mecânica- Curso Técnico de Mecânica Industrial. Florianópolis-SC. Acesso em: 21 out. 2024.

MUSSO, M. **A manutenção na indústria 4.0: O papel do software de gestão**. 2022. Disponível em: <https://traction.com/blog/manutencao-na-industria-4-0-e-o-software-de-gestao>. Acesso em: 12 jun. 2024.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. 2014. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1989. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 26 ago. 2024.

SEMEQ. **Sensores inteligentes na indústria 4.0: saiba como eles revolucionaram o monitoramento preditivo**. Disponível em: <https://semeq.com/pt/blog/sensores-inteligentes-industria-4-0/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SILVA, A. L., **Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva**. 2007.

WEG. **Motor Motor Scan - Sensor**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Digital-Solutions/Dispositivos-para-Conectividade-e-Monitoramento/Sensores-de-Monitoramento-de-Condi%>. Acesso em: 22 out. 2024.

WILLICH, J. **Tipos de manutenção: quais suas diferenças?** 2022. Disponível em: <https://www.produttivo.com.br/blog/tipos-de-manutencao-quais-suas-diferencas/>. Acesso em: 04 set. 2024.

WYREBSKI, J. **Manutenção produtiva total - um modelo adaptado**. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/>. Acesso em: 15 jun. 2024.