

MONITORAMENTO ONLINE DE ANÁLISE DE VIBRAÇÃO ATRAVÉS DE SUPERVISÓRIO SCADA DE UM MOTOR SPINDLE EM UMA CÉLULA ROBOTIZADA

Deivid Santos da Silva

Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC
deivid.silva@tupy.com.br

Diego Santos da Silva

Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNISOCIESC
diego.ssilva@tupy.com.br

Carlos Roberto da Silva Filho

Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC
carlos.silva@unisociesc.com

Solange Alves C. A. De Oliveira

Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC
solange@unisociesc.com

RESUMO

O uso da técnica preditiva de análise de vibração em equipamentos industriais está sendo cada vez mais presente, com o objetivo de diminuir ao máximo as paradas não programadas de manutenção, ocasionadas por sua maioria devido a falhas de rolamentos em equipamentos rotativos. Este tipo de análise já existe há bastante tempo, porém sua forma de execução mais utilizada ainda é offline, com a necessidade da mão de obra de um técnico para realizar as medições nas máquinas com o auxílio de um equipamento específico. O avanço da indústria 4.0 nos permite coletar todo tipo de informação e parametrização de forma remota, sem a necessidade de expor as pessoas aos ambientes agressivos e inseguros, uma vez que a segurança do trabalho está cada vez mais rígida com relação às proteções das máquinas. Com o uso do monitoramento online podemos ter um excelente ganho de confiabilidade no funcionamento dos equipamentos, pois este tipo de sistema nos permite monitorar o ativo durante todo o tempo de trabalho, e não somente em medições pontuais que podem deixar escapar alguma anomalia. Neste trabalho, trataremos da continuidade no projeto de monitoramento por análise de vibração em um motor spindle de uma célula robotizada, onde será feita a comunicação do sistema através da rede corporativa Ethernet IP da empresa. Os dados coletados serão mostrados em um software supervisório SCADA, que apresentará as falhas conforme configuração pré-estabelecida, e com a possibilidade de registro e envio de e-mail das anomalias detectadas.

Palavras-chave: Indústria 4.0, segurança do trabalho, monitoramento online, Ethernet IP, falhas.

ABSTRACT

The use of the predictive technique of vibration analysis in industrial equipment is increasingly present, with the objective of reducing as much as possible the unscheduled maintenance stoppages, mostly caused by bearing failures in rotating equipment. This type of analysis has been around for a long time, but its most widely used form of execution is still offline, with the need for a technician's labor to perform measurements on the machines with the help of specific equipment. The advancement of industry 4.0 allows us to collect all kinds of information and parameterization remotely, without the need to expose people to aggressive and unsafe environments, since work safety is increasingly more rigid with regard to machine protections. With the use of online monitoring we can have an excellent gain in reliability in the operation of the equipment, as this type of system allows us to monitor the asset during the entire working time, and not only in specific measurements that may miss an anomaly. In this work, we will deal with the continuity of the monitoring project by vibration analysis in a spindle motor of a robotic cell, where the system will be communicated through the company's corporate Ethernet IP network. The collected data will be displayed in a SCADA supervisory software, which will present the faults according to the pre-established configuration, and with the possibility of registering and sending e-mail of the detected anomalies.

Keywords: Industry 4.0, job security, online monitoring, Ethernet IP, failures.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente industrial está se tornando cada vez mais competitivo, com as empresas sempre em busca de maior produtividade, e por consequência maior obtenção de lucro. Conforme a tecnologia vai avançando, surgem novas oportunidades de garantir uma maior disponibilidade dos ativos de uma empresa, e uma área que é muito importante para garantir essa premissa, é a manutenção. Mais especificamente, a manutenção preditiva, que tem a função de detectar as possíveis falhas nos equipamentos através de medições como termografia, análise de óleo, análise de vibração, entre outras.

A técnica de análise de vibração é amplamente utilizada na indústria para detectar previamente as principais falhas que causam paradas indesejadas dos equipamentos, como falhas de lubrificação, falhas de rolamentos, desalinhamentos e desbalanceamentos. Porém, uma das dificuldades para realizar as medições é a necessidade de um profissional para realizar a coleta dos dados, que envolve riscos de segurança, locais de difícil acesso e grandes intervalos de tempo entre as medições.

Para facilitar a realização das medições por análise de vibração, neste projeto será implementado um sistema de monitoramento online de um motor spindle, que utiliza sensores acelerômetros conectados a um módulo de comunicação, onde através de um software supervisor SCADA será possível monitorar os parâmetros remotamente, além de configurar os alarmes necessários para envio através de e-mail.

Nesta etapa do projeto será realizada a instalação dos sensores no motor, a configuração do endereço IP fixo do módulo, para acesso através da rede corporativa da empresa, o desenvolvimento da comunicação com o supervisor e as configurações de alarmes e histórico. Com este projeto concluído, teremos o objetivo de monitorar os parâmetros de vibração do motor para detectar as falhas antecipadamente e poder programar as paradas para manutenção com embasamento em relação às informações coletadas.

Os principais objetivos deste trabalho consistem em desenvolver um projeto para medições de análise de vibrações totalmente automatizado e confiável, onde não seja necessário intervir no equipamento e dispendir tempo para a análise de possíveis falhas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

A maioria das máquinas produz baixos níveis de vibração quando seu projeto é adequado. Em operação, todas as máquinas estão sujeitas à fadiga, desgaste, deformação e acomodação da fundação. Esses efeitos provocam um aumento nas folgas entre partes concordantes, desalinhamento em eixos, início de trincas em peças e desbalanceamento de rotores, e tudo isso gera um aumento no nível de vibração, que causa cargas dinâmicas adicionais nos mancais. Com o passar do tempo, os níveis de vibração continuam a crescer, o que, afinal, resulta em falha ou avaria da máquina. Alguns tipos comuns de falhas ou condições de operação que resultam no aumento dos níveis de vibração em máquinas são: eixos empenados, eixos excêntricos, componentes desalinhados, mancais defeituosos, engrenagens defeituosas, impulsores com pás defeituosas e peças mecânicas frouxas. (RAO, 2008)

Os problemas de vibração relativos ao motor de indução são uma combinação de dois grupos que podem ser chamados de 'mecânicos' e 'magnéticos', conforme surgem. Para ajudar a determinar quais dos dois grupos de vibração estão presentes, o engenheiro de manutenção pode escutar as batidas. Uma batida é identificada como uma amplitude oscilatória de vibração, devido a componentes de frequência próximos alternadamente reforçando e cancelando uns aos outros, conforme sua fase relativa varia. A ausência de batidas pode indicar que há apenas um problema "mecânico". Sua presença pode indicar um problema 'mecânico' e 'magnético' combinados. Por exemplo, tais componentes em um motor de indução de 2 pólos podem ocorrer em frequências próximas do dobro da velocidade de rotação e duas vezes a frequência de alimentação, respectivamente. (BRÜEL & KJAER).

Mais pode ser descoberto sobre o problema desconectando a alimentação elétrica (um 'teste de desligamento de energia'). Isso irá distinguir os componentes 'mecânicos' e 'magnéticos' da vibração, uma vez que os componentes 'magnéticos' desaparecerão imediatamente após a energia elétrica ser removida. O efeito do teste de disparo de energia deve ser observado estudando a variação da amplitude da vibração em um analisador de espectro. (BRÜEL & KJAER).

2.2 INDÚSTRIA 4.0 – AUTOMAÇÃO

Segundo Sacomano et al. (2018) a automação é definida como a realização de tarefas sem a intervenção humana, com equipamentos que funcionam sozinhos e possuem a capacidade de controlar a si próprios, a partir de condições e/ou instruções preestabelecidas. O uso de robôs tem especial importância em tarefas que apresentam risco ao trabalhador, exigem grande velocidade e/ou precisão de execução, sejam atividades extenuantes ou repetitivas. Em 2017, a taxa de retorno do investimento em robôs levava em torno de quatro anos. Sua implantação requer trabalhadores especializados e tem manutenção mais sofisticada e, por isso, mais onerosa.

2.3 MONITORAÇÃO CONTÍNUA

A monitoração contínua, que é também um acompanhamento objetivo, foi inicialmente adotada em situações onde o tempo de desenvolvimento do defeito era muito curto e em equipamentos de alta responsabilidade. Isso significa uma excelente proteção desde que, usualmente, a monitoração contínua venha associada a dispositivos que, em um primeiro momento,

alarmam e em seguida promovem a parada ou desligamento do equipamento uma vez atingido o valor-limite estipulado. Como os sistemas de monitoração contínua tinham um preço muito elevado, somente na situação descrita sua aquisição era justificada. (KARDEC; NASCIF, 2001).

A experiência prática tem mostrado que grande parte das empresas ainda possui um modelo de medição e análise de vibrações por amostragem, na maioria das vezes feita por técnico ou analista de vibrações terceirizado. A frequência de coleta pode variar, de espaçamentos mensais a trimestrais. Na verdade, é como uma fotografia da situação momentânea do ponto avaliado, que pode ou não ser repetido na próxima coleta de medição. Por isso, não consegue indicar uma tendência de falha. (DYNAMOX SOLUÇÕES CRIATIVAS, 2018).

Outros aspectos importantes da monitoração contínua:

- a) Independe de pessoal;
- b) Efetua monitoração realmente contínua, o que não é razoável de ser conseguido com pessoas operando instrumentos;
- c) Pode enviar os dados em tempo real para unidades lógicas de processamento ou computadores com programas especialistas;
- d) Pode ser configurada de acordo com as necessidades do cliente, fornecendo redundância onde se exija alta confiabilidade e saídas para acoplamento de instrumentos e processadores visando análises mais aprofundadas;
- e) Alguns fenômenos, particularmente na área de equipamentos rotativos, somente podem ser detectados através do acompanhamento permanente de determinadas variáveis;
- f) Alguns dados só podem ser levantados em situação de parada ou partida das máquinas, por serem muito rápidos ou por ocorrerem em horários e condições que inviabilizam o levantamento manual de dados;
- g) Sistemas de monitoração contínua são adequados para verificação de transientes, o que não ocorre com coletores manuais;
- h) A existência de sistemas de monitoração é fator de economia em relação a prêmios de seguros e tempo de campanha. (KARDEC; NASCIF, 2001).

A redução do custo do ciclo de vida e o prolongamento da vida útil do ativo: 80% das falhas em maquinários são aleatórias, isto é, não dão aviso prévio para acontecer. Um caminho é a manutenção preventiva, seguindo a orientação do fabricante. Outro, mais efetivo, é o monitoramento da condição de componentes ou do maquinário. Tem a vantagem de permitir o uso de peças e componentes até o ponto em que não geram riscos de paradas não programadas. Ao mesmo tempo em que registra um filme da condição operacional do maquinário, através das séries temporais de vibração e temperatura, também registra a análise espectral, sempre que houver a indicação de que algo está saindo da normalidade. (DYNAMOX SOLUÇÕES CRIATIVAS, 2018).

A confiabilidade é um atributo inerente ao projeto do produto. Representa a capacidade potencial de uso que dificilmente será atingida em condições habituais, exceto quando o item é fabricado conforme o projeto e mantido exatamente nas condições prescritas pelo fornecedor. Portanto, podemos considerar que a confiabilidade é relativa ao equipamento e sua investigação, havendo uma redução das necessidades de manutenção do equipamento no esforço de evitar avarias. (SELEME, 2015).

2.4 SOFTWARE SUPERVISÓRIO SCADA

Segundo Sajid et al. (2016) as indústrias estão sempre preocupadas em reduzir seus custos operacionais e despesas relacionadas. Entretanto, as empresas estão constantemente em busca de soluções que melhorem a estabilidade, tolerância a falhas, flexibilidade e custo de seus sistemas eficientes. Ao adotar tais soluções, a complexidade e interatividade das comunicações dentro dos sistemas industriais deverá ser expandida. Uma dessas soluções para preencher a necessidade de sistemas industriais é o conceito de IoT (internet das coisas). A combinação IoT-nuvem oferece a vantagem de integrar sistemas como o SCADA. Esta integração leva ao conceito de sistemas de indústria inteligente.

Plataforma HMI/SCADA para aplicações avançadas e distribuídas, ideal para sistemas de missão crítica e centros de controle. Líder no mercado brasileiro, o Elipse E3 é uma consagrada ferramenta SCADA para monitoramento e controle de processos, oferecendo escalabilidade e

constante evolução para diversos tipos de aplicações, desde simples interfaces HMI até complexos centros de operação em tempo real. (ELIPSE, 2015).

Desenvolvido para atender os mais exigentes requisitos de conectividade, flexibilidade e confiabilidade, o Elipse E3 é o sistema SCADA ideal para o seu projeto, não importa o tamanho da sua necessidade. Com alta performance de comunicação e conectividade com mais de 400 equipamentos, o Elipse E3 oferece recursos avançados de programação para o gerenciamento, em tempo real, de processos industriais, saneamento e infraestrutura, integrando todos estes sistemas em uma arquitetura única.

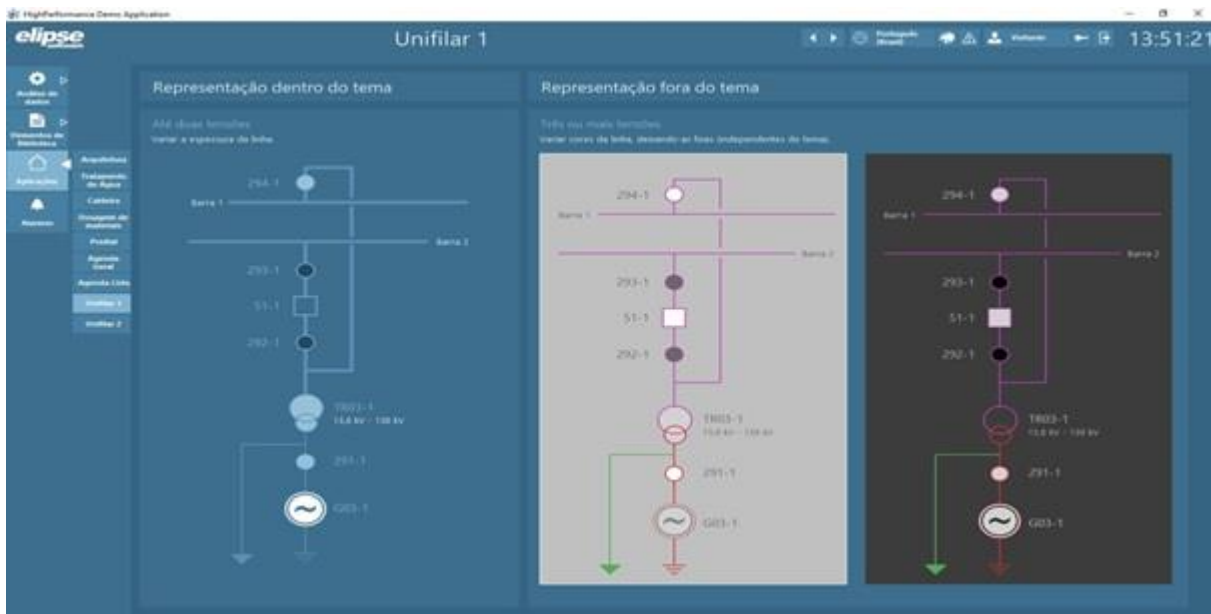
Através da integração com os demais produtos da Elipse, o Elipse E3 compõe uma solução avançada de supervisão, permitindo visualizar e operar o sistema via tablets e smartphones, gerenciando indicadores, alarmes e manipulando grandes massas de dados. (ELIPSE, 2015).

Principais benefícios: Multiusuários e multiprojetos: Permite editar e executar diversos projetos simultaneamente; Redundância nativa com sincronismo de dados históricos e alarmes; Bibliotecas de objetos gráficos e estruturas de dados reutilizáveis; Editor de telas completo e poderoso; Conexão nativa transparente entre servidores remotos; Segurança e compactação na transmissão de dados; Fácil gerenciamento da aplicação; Grande flexibilidade na gestão de alarmes e eventos; Poderosa ferramenta de scripts; Acesso nativo a bancos de dados comerciais; Ferramenta de logs, consultas e relatórios integrados; Alta segurança e rastreabilidade de acordo com a norma FDA CFR 21 Part 11; OPC Classic e UA; Integração com o Windows Active Directory. (ELIPSE, 2015).

Segundo Shiyong et al. (2017) a especificação OPC UA é uma evolução revolucionária do OPC padrão para fornecer comunicação interoperável, independente de plataforma, de alto desempenho, escalonável, segura e confiável entre aplicativos. Refere-se principalmente a informações de modelagem e transporte de dados.

Conforme Figura 1, é possível ver um exemplo de tela desenvolvida no software Elipse E3:

Figura 1 – Exemplo software supervisor SCADA (Elipse E3)



Fonte: ELIPSE (2019)

3 DESENVOLVIMENTO

Nesta parte do projeto será realizada a instalação dos sensores no motor e passagem dos cabos através da estrutura do robô. Os dados serão enviados via Ethernet IP utilizando o protocolo OPC para uma aplicação de supervisão, desenvolvida no software Elipse E3 conforme Figura 2.

Figura 2 – Tela supervisor análise de vibração (Elipse E3)



Fonte: Autores (2020)

Através do software de supervisão poderemos ter as informações dos níveis globais de vibração em tempo real, e também os alarmes pré-definidos conforme parâmetros de trabalho do motor. Outra possibilidade importante é o envio de e-mails das falhas ocorridas por vibração no motor.

3.1 INSTALAÇÃO DOS SENSORES ACELERÔMETROS

O sensor de aceleração VSA 005 (Figura 3) é um sensor piezoelétrico de um eixo, utilizado principalmente nas medições de vibração em máquinas e equipamentos. Possui frequência de medição de até 10KHz, tensão de alimentação de 7,2 a 10,8 Vcc. Os sensores devem ser ligados nas entradas do módulo VSE 100, que é responsável pela conversão do sinal elétrico em sinais de frequência para posterior análise no software de vibração. Neste projeto serão utilizados dois sensores posicionados radialmente no *spindle*, nos eixos x e y para detectar vibrações nos eixos horizontal e vertical. Este sensor permite a detecção de vários tipos de problemas relacionados à vibração do motor, como desbalanceamento, desalinhamento, falhas de rolamentos, falhas de lubrificação, entre outros.

Figura 3 – Sensor Acelerômetro VSA 005



Fonte: IFM (2020)

Foram utilizados sensores com cabo de 10 metros de comprimento para evitar qualquer tipo de emenda na instalação, pois isso poderia ocasionar ruído no sinal do sensor. Foram passados os cabos dos sensores através dos porta-cabos existentes na estrutura do robô, tomando o cuidado necessário para garantir as folgas nas curvas, e evitar que os cabos fossem esticados de acordo com os movimentos de trabalho do robô. Conforme Figura 4 é possível verificar os sensores fixados no spindle, nas posições horizontal e vertical.

Figura 4 – Instalação dos sensores no Spindle



Fonte: Autores (2020)

3.2 MÓDULO DE COMUNICAÇÃO ETHERNET IP

Neste projeto será utilizado o módulo de comunicação VSE 100 da marca IFM (Figura 5), onde serão conectados os sensores acelerômetros. O módulo possui 8 entradas e saídas configuráveis, analógicas e digitais. A tensão de alimentação é de 24 Vcc, e os dados de vibração coletados pelos sensores serão enviados para o sistema supervisório via comunicação Ethernet IP. O módulo foi instalado em um painel ao lado do robô que será monitorado. Para garantir a comunicação é necessário configurar o módulo manualmente, deve ser inserido um endereço IP fixo para o módulo, que será encontrado na rede corporativa através do software de análise de vibração.

Figura 5 – Módulo de comunicação VSE 100

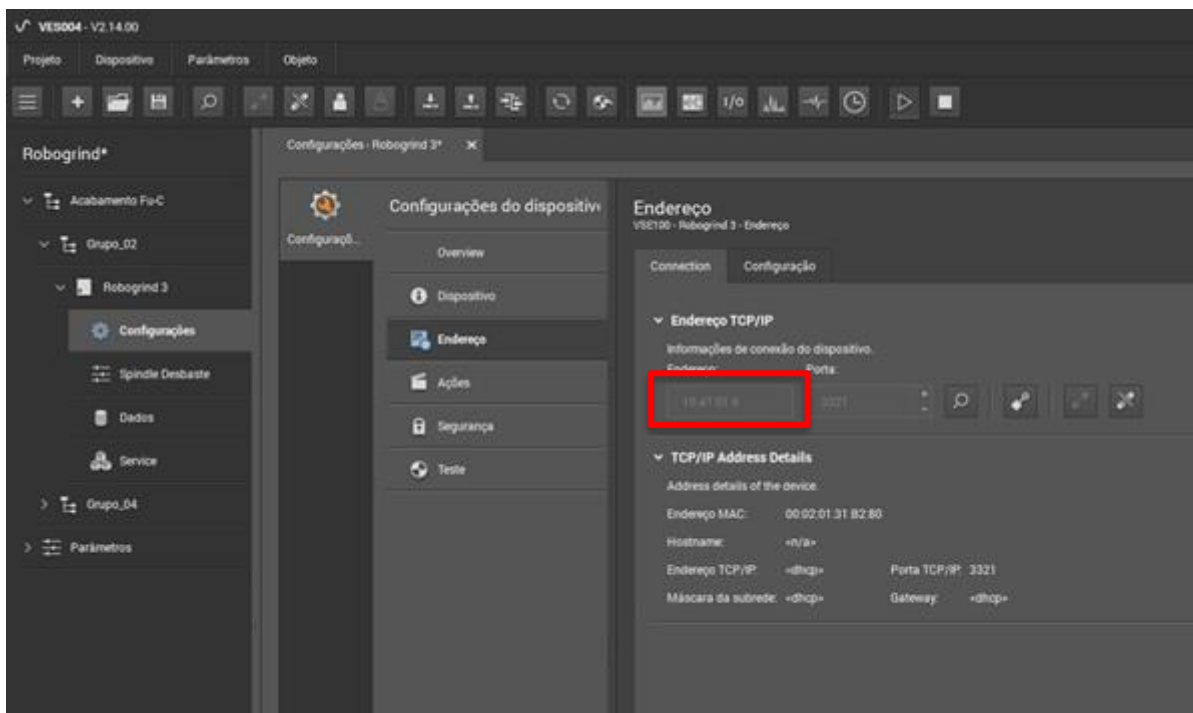


Fonte: IFM (2020)

Para ser possível ao software supervisório enxergar o módulo de comunicação na rede corporativa, foi necessário configurar manualmente o endereço IP do mesmo. Conforme Figura 6, foi atribuído o endereço IP de número 10.47.51.9 através do software de monitoramento de vibração da IFM, o VES 004. Com esta configuração realizada, o passo seguinte foi solicitar ao departamento de TI da empresa a liberação da porta do switch no qual o módulo está conectado, com o intuito de o mesmo poder ser ‘enxergado’ pelo software supervisório. Após

conversa com o técnico de TI, o mesmo realizou a liberação da porta do switch para o endereço IP solicitado. O teste de comunicação foi realizado no local e após algumas tentativas o software conseguiu se comunicar com o módulo através da rede corporativa da empresa.

Figura 6 – Modificação do endereço IP no software VES 004



Fonte: Autores (2020)

O software VES 004, que irá receber as informações dos sensores, será utilizado para a parametrização do sistema e também para análise dos espectros de frequência gerados pelos acelerômetros (Figura 7).

Figura 7 – Software de monitoramento VES 004

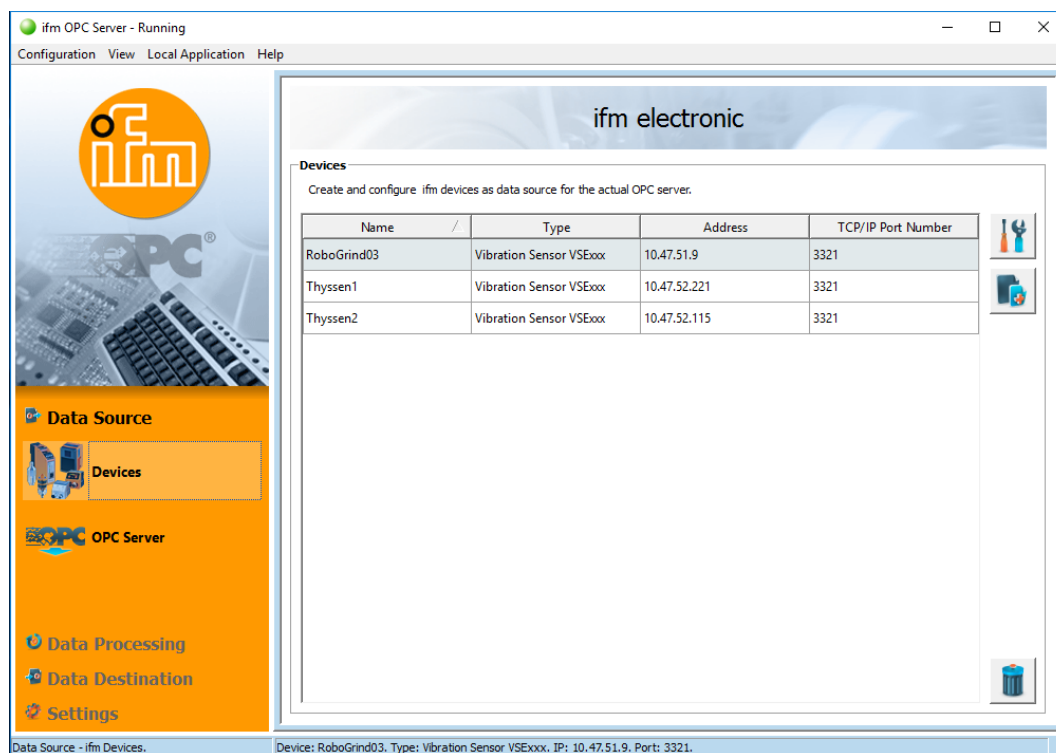


Fonte: Autores (2020)

3.2.1 SERVIDOR OPC IFM

O módulo IFM tem a possibilidade de comunicar diretamente com o supervisório Elipse E3 através do protocolo OPC, sendo necessária a instalação do software IFM OPC Server, onde são configurados até 25 módulos com a utilização de uma licença. Conforme Figura 8 podemos verificar a configuração do módulo utilizado neste projeto (RoboGrind03) juntamente com o endereço IP para o qual ele está parametrizado.

Figura 8 – Software IFM OPC Server



Fonte: Autores (2020)

O software supervisor Elipse E3 possui um servidor OPC próprio incorporado, o que possibilita que exista uma comunicação direta com o módulo de análise de vibração conforme Figura 8, bastando apenas efetuar o link das TAG's de comunicação recebidas pelo dispositivo. Toda a transmissão destes dados é feita através da rede corporativa Ethernet IP da empresa.

3.3 SUPERVISÓRIO SCADA - SIMON

Neste projeto será utilizada uma aplicação SCADA desenvolvida no software Elipse E3, onde teremos as telas de monitoramento online dos níveis de vibração do spindle (Figura 9). Será utilizada uma aplicação já existente que monitora vários tipos de sistemas e equipamentos na planta da empresa. Os sistemas são divididos em categorias, e para este projeto foi criada uma tela de monitoramento para a célula robotizada na categoria “VIBRAÇÃO” (Figura 9).

Figura 9 – Tela principal supervisorio Manutenção Preditiva



Fonte: Autores (2020)

Dentro de cada tipo de sistema temos uma divisão de acordo com a quantidade de equipamentos monitorados, conforme Figura 10. Essa divisão é feita através de balões posicionados geograficamente no layout da empresa, o que facilita uma localização inicial sem maiores problemas.

Figura 10 – Tela sistemas de análise de vibração



Fonte: Autores (2020)

3.3.1 DESENVOLVIMENTO DAS TELAS

Foi desenvolvida a tela conforme a Figura 2 mostrada anteriormente, que é acessada ao entrar no sistema número 8, na tela dos sistemas de análise de vibração. Esta tela mostra uma representação da célula robotizada que possui uma cabine com dois robôs de esmerilhação da marca ABB. Os sensores acelerômetros foram instalados no spindle do robô número 2. Para uma futura ampliação do projeto de monitoramento online, já foi criada a tela para os dois robôs da célula, pois os equipamentos são equivalentes.

A interface de operação onde o usuário final irá acompanhar o funcionamento do sistema, assim como parametrizar e configurar o mesmo, é o E3 viewer, que permite visualizar e operar em qualquer computador, a aplicação que está no servidor, podendo ser executado diretamente através do software instalado ou via browser. Não é necessária a instalação da aplicação (projeto) na máquina cliente, pois todos os componentes, telas e bibliotecas são baixados do servidor e registrados ou atualizados automaticamente.

3.3.2 DESENVOLVIMENTO DA COMUNICAÇÃO

O Elipse E3 possui um servidor OPC próprio para realizar a comunicação entre as TAG's oriundas dos dispositivos de controle dos equipamentos monitorados. Conforme Figura 11, o software do módulo de comunicação deve ser configurado de acordo com os objetos que serão mostrados no supervisório. O técnico de análise de vibração configura os parâmetros das falhas no software do módulo de comunicação e direciona a identificação do objeto que será utilizado.

Figura 11 – Configuração dos parâmetros dos objetos

ID	Nome	Tipo	Entrada
01	SE01 FOLGA_v_RMS_freq_01	v-RMS (taxa de frequência)	VSE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
02	SE01 DESBL SPINDL_v_RMS_freq_02	v-RMS (taxa de frequência)	VSE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
03	SE01 FALHA ROLAMENTO_03	Mancal de rolamentos	VSE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
04	SE01 FALHA LUBRIF_RMS_freq_04	a-RMS (taxa de frequência)	VSE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
13	SE02 FOLGA_v_RMS_freq_13	v-RMS (taxa de frequência)	VSE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
14	SE02 FALHA LUBRIF_a_RMS_freq_14	a-RMS (taxa de frequência)	VSE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
15	SE02 FALHA ELETR_v_RMS_freq_05	v-RMS (taxa de frequência)	VSE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)
16	SE02 DESBL SPIND_v_RMS_freq_16	v-RMS (taxa de frequência)	VSE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VSA001/2/4/5/6, 25 g)

Fonte: Autores (2020)

No software supervisor é feito o link dessa informação através de seu endereço, para então ser possível mostrá-la onde for necessário, conforme visto na Figura 12. Nesta tela podemos verificar o status da comunicação do módulo e também a qualidade do sinal.

Figura 12 – Comunicação dos objetos no Elipse E3

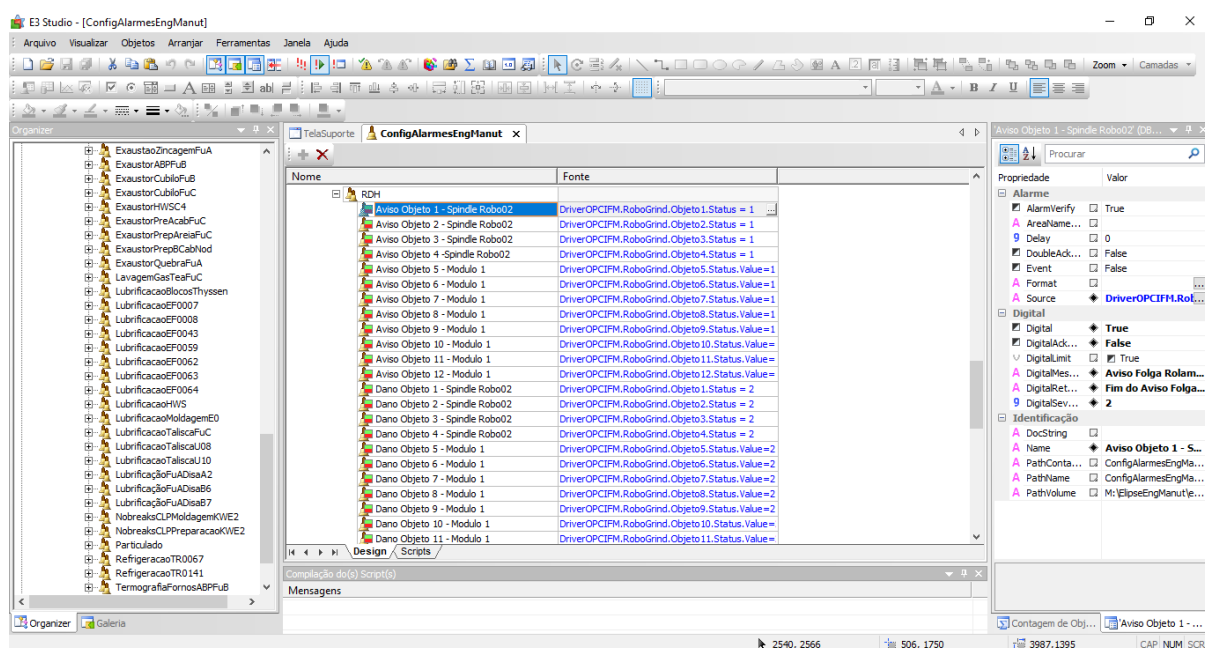
Nome	ID do item	Var...	Valor	Qua...	Estampa de tempo	Valor (sem escala)
DriverOPCIFM						
ThyssenE3_2			1000			
RoboGrind			1000			
Objeto1						
ValorRPM	ifm.VSE.RoboGrind03.Monitoring	g	10000	192	22/10/2020 12:01:30,751	g 10000
ValorObjeto	ifm.VSE.RoboGrind03.Monitoring	g	0,149503	192	23/10/2020 09:15:59,975	g 0,149503
Nome	ifm.VSE.RoboGrind03.Monitoring	A	SE01 FOLGA_v_RMS_freq_01	192	22/10/2020 12:01:30,733	A FOLGA_v_RMS_freq_01
Status	ifm.VSE.RoboGrind03.Monitoring	g	0	192	23/10/2020 09:15:24,304	g 0
Alarme	ifm.VSE.RoboGrind03.Settings.C	g	0,0145	192	23/10/2020 09:15:24,304	g 0,0145
Dano	ifm.VSE.RoboGrind03.Settings.C	g	0,018	192	23/10/2020 09:15:24,326	g 0,018
Fator	ifm.VSE.RoboGrind03.Settings.C	g	1000	192	23/10/2020 09:15:24,326	g 1000
Objeto2						
Objeto3						
Objeto4						
Objeto5						
Objeto6						
Objeto7						
Objeto8						
Objeto9						
Objeto10						
Objeto11						
Objeto12						
Objeto13						

Fonte: Autores (2020)

Como pode ser visto na Figura 11, foram criadas as seguintes falhas para o sistema de monitoramento: Folga no conjunto; Desbalanceamento; Falha de rolamento; Falha de lubrificação; Falha de origem elétrica.

Um dos objetivos do monitoramento online é a possibilidade de receber de forma remota e ágil os alarmes do sistema, pois os sensores estarão sempre verificando os eventuais problemas que podem ocorrer. O Elipse E3 possui um servidor de alarmes, que torna mais simples a parametrização dos mesmos. É necessário endereçar a TAG de comunicação da falha referente ao dispositivo monitorado, e posteriormente atribuir uma descrição ao alarme para facilitar seu entendimento, conforme pode ser verificado na Figura 13.

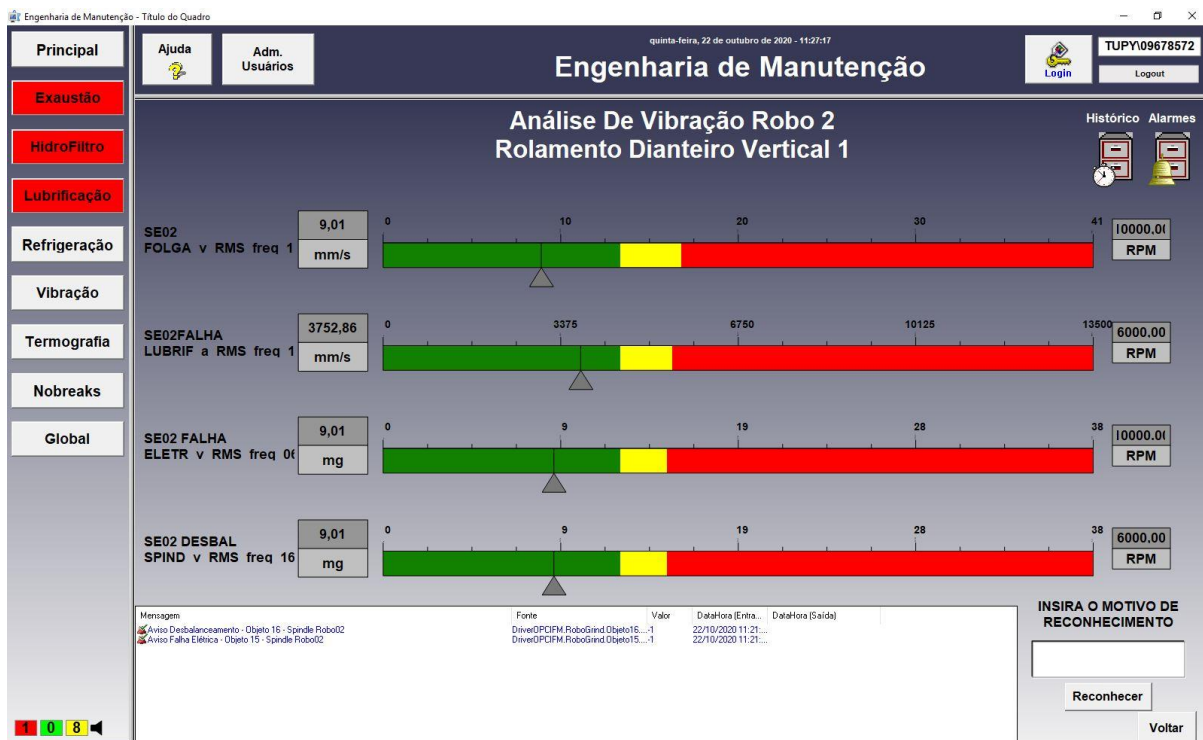
Figura 13 – Configuração dos alarmes no Elipse E3



Fonte: Autores (2020)

Através dos botões localizados na tela principal do sistema de monitoramento será possível acessar a tela que mostra os valores de todos os parâmetros do sensor, onde o usuário poderá acompanhar em tempo real as informações que o mesmo está coletando (Figura 14).

Figura 14 – Tela de monitoramento dos parâmetros de medição



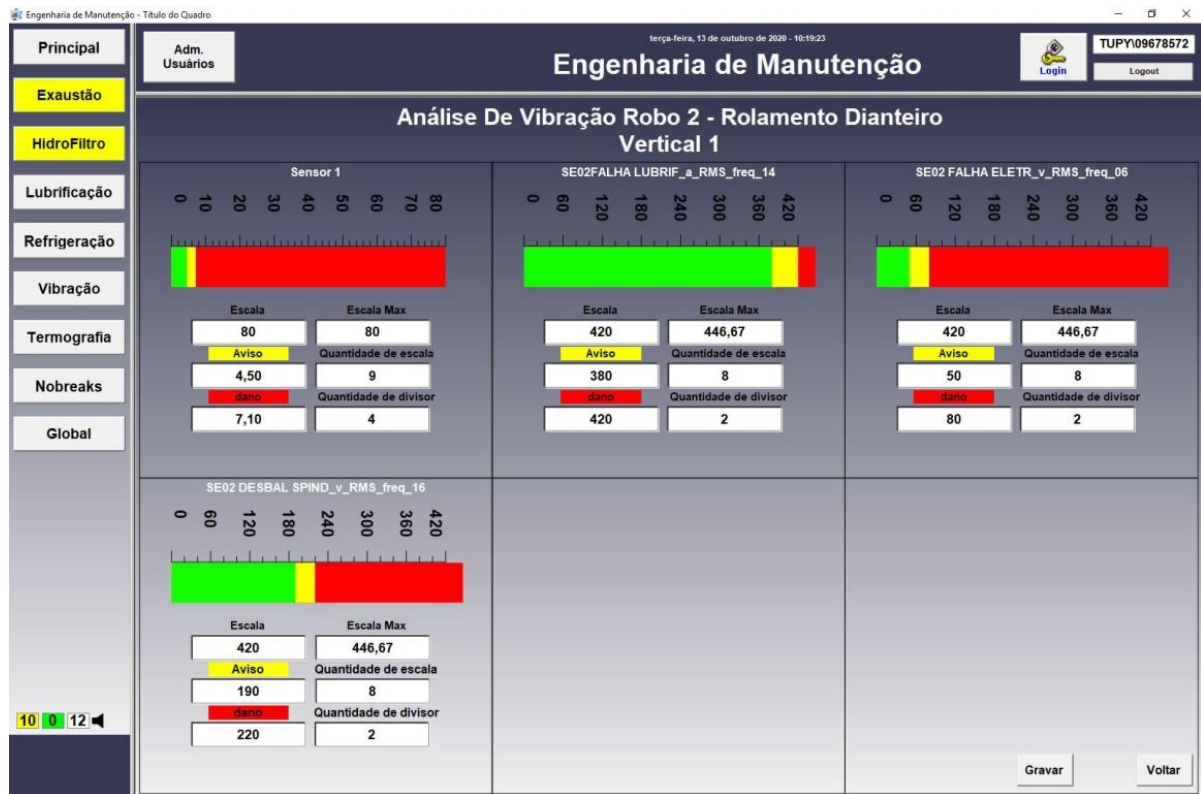
Fonte: Autores (2020)

Para facilitar a identificação de alertas ou danos detectados pelo sensor, foi desenvolvida uma representação gráfica através de uma barra horizontal onde pode ser verificado se há alguma falha através do indicador conforme Figura 14. Existem três faixas de monitoramento representadas por cores, são elas:

- Verde – Faixa de trabalho Normal;
- Amarelo – Nível de Alerta;
- Vermelho – Nível de Dano.

Os acelerômetros podem ser usados em diversos tipos de equipamentos, portanto é necessário que seja possível configurar a escala dos parâmetros de medição, pois os níveis de vibração são específicos para cada aplicação. De acordo com essa necessidade, foi criada uma tela para configurar todas as escalas dos parâmetros de medição dos sensores (Figura 15).

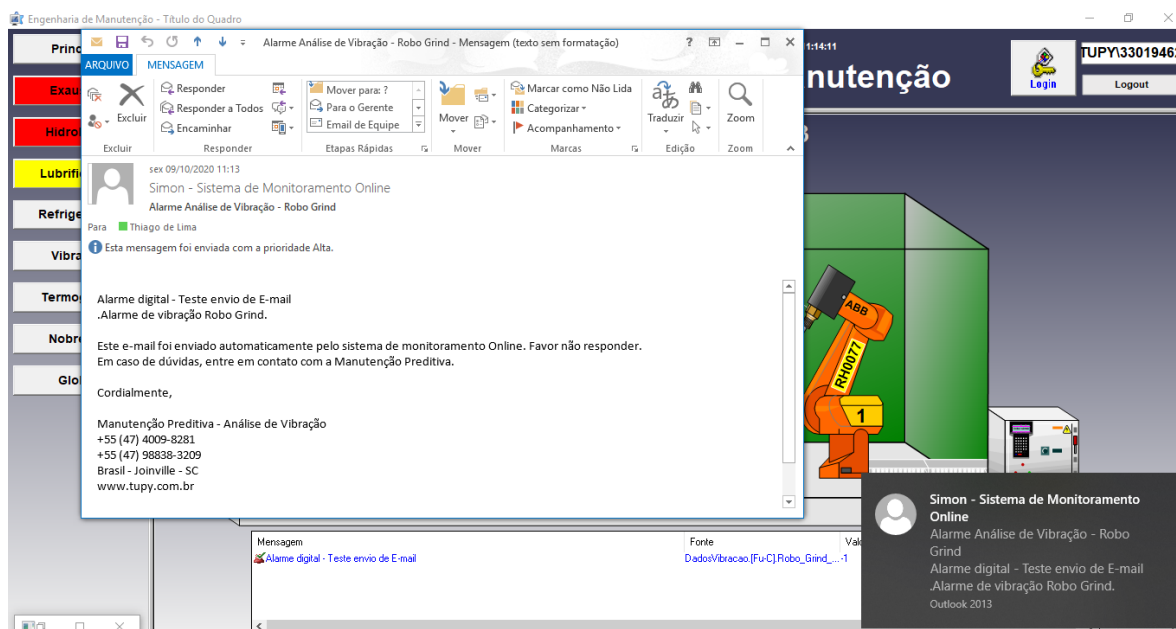
Figura 15 – Tela de configuração de escalas



Fonte: Autores (2020)

Esse sistema de monitoramento possui um driver de comunicação para envio de e-mails, pois como não há uma pessoa monitorando os parâmetros e falhas dos equipamentos em tempo integral, é preciso que os responsáveis sejam avisados das falhas mais críticas de uma maneira ágil. Podemos verificar a tela de configuração para envio de e-mails através da Figura 16.

Figura 16 – Tela de configuração de e-mail



Fonte: Autores (2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MEDIÇÕES REALIZADAS

Conforme Figura 17, após as configurações necessárias para o software supervisorio poder detectar o módulo e os sensores, temos os valores de vibração em tempo real, que nos ajuda a verificar se o motor está trabalhando em condições normais ou próximas a uma possível falha. Os valores dos níveis de vibração podem ser verificados diretamente no software da IFM, porém o intuito do projeto é a possibilidade de mostrar os valores onde quer que o Viewer do Elipse E3 esteja instalado. Uma informação importante para o técnico de análise de vibrações é o espectro de frequência, que é mostrado também no software da IFM conforme Figura 18.

Figura 17 – Tela de configurações software VES 004

VSE004 - V2.14.00

Projeto Dispositivo Parâmetros Objeto Exibição Janela Ajuda

Robogrind_03

- VSE100_01
- Configurações
- Parâmetros_01**
- Dados
- Servico
- Parâmetros

Objetos

Configuração geral

Entradas

Trigger

Ponderação de sinal

Objetos

Variantes

Contador

Histórico

Alarmes

Overview

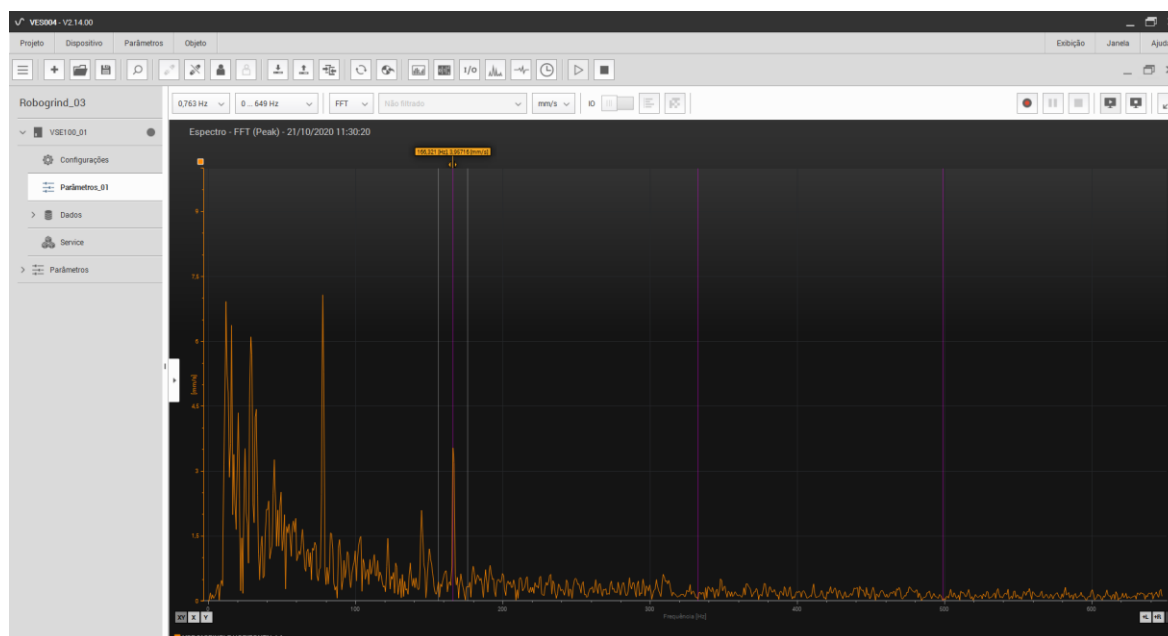
VSE100 - Parâmetros_01

ID	Nome	Tipo	Entrada
01	SED1 FOLGA_v_RMS_freq_01	v-RMS (baixa de frequência)	VISE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
02	SED1 DEBIL SPINDL_x_RMS_freq_02	v-RMS (baixa de frequência)	VISE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
03	SED1 FALHA ROLAMENTO_03	Mancal de rolamentos	VISE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
04	SED1 FALHA LUBRIF_RMS_freq_04	a-RMS (baixa de frequência)	VISE 01 SPINDLE HORIZONTAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
13	SED2 FOLGA_v_RMS_freq_13	v-RMS (baixa de frequência)	VISE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
14	SED2FALHA LUBRIF_a_RMS_freq_14	a-RMS (baixa de frequência)	VISE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
15	SED2 FALHA ELETR_v_RMS_freq_05	v-RMS (baixa de frequência)	VISE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)
16	SED2 DEBIL SPIND_v_RMS_freq_16	v-RMS (baixa de frequência)	VISE 02 SPINDLE VERTICAL LA (VISA001/2/4/5/6, 25 g)

Fonte: Autores (2020)

Através do software VES 004, o técnico de análise de vibrações configura qual modelo de módulo que será utilizado, que neste caso é o VSE 100. O módulo possui 24 objetos de leitura e escrita dos dados fornecidos, e o técnico deve configurar cada tipo de falha que se deseja identificar, atribuindo as mesmas a um determinado objeto.

Figura 18 – Espectro de frequência software VES 004



Fonte: Autores (2020)

4.2 CUSTOS x INVESTIMENTO

Para justificar a instalação de um projeto de monitoramento deste porte, foi apresentado as vantagens com o sistema em funcionamento. A principal vantagem é a possibilidade de monitorar o equipamento cem por cento do tempo em que o mesmo está trabalhando.

Sem o monitoramento online, é executada uma rota de medição de vibração pelo técnico responsável em uma frequência mensal. Nessa rota mensal, além de haver a necessidade do técnico de análise de vibração para efetuar a medição, também é preciso que algum colaborador da manutenção acompanhe o trabalho, para colocar o equipamento nas condições ideais para realizar as medições.

Tudo isso gera um custo mensal que será diminuído drasticamente com a instalação do sistema online. Para demonstrar de forma clara o quanto este projeto é vantajoso para a empresa, foi calculado o retorno sobre o investimento (ROI). Conforme Figura 19 pode-se verificar um exemplo do cálculo do ROI.

Figura 19 – Exemplo de cálculo do ROI

The diagram shows the ROI formula with handwritten annotations. At the top left, 'GANHO OBTIDO = R\$ 5.000' is written in green, with 'Operand' in orange below it. At the top right, 'VALOR INVESTIDO = R\$ 480' is written in red, with 'Operand' in orange below it. Dashed lines connect these values to the formula. The formula is
$$ROI = \frac{GANHO\ OBTIDO - VALOR\ INVESTIDO}{VALOR\ INVESTIDO}$$
 Below the formula, the calculation is shown:
$$ROI = \frac{5.000 - 480}{480}$$
 An arrow points to the final result, which is circled in blue:
$$ROI = 9,42$$
 Below this, 'Operand' in orange is written, followed by '(942%)' in parentheses.

Fonte: Blog Operand (2018)

Através do sistema ERP da empresa, foram coletados os valores de custos e investimento do projeto, e conforme Figura 20 foi feito o cálculo do ROI.

Figura 20 – Cálculo do ROI para o projeto implantado

$$ROI = \frac{R\$ 151.428,58 - R\$ 32.098,06}{R\$ 32.098,06}$$
$$ROI = 3,72 \text{ OU } 372\%$$

Fonte: Autores (2020)

Outro dado importante é o payback simples, que é o prazo de retorno dos investimentos, apresentado de uma forma simplificada, e conforme Figura 21 podemos verificar esse índice com relação ao projeto implantado.

Figura 21 – Cálculo do Paybak Simples para o projeto implantado

Formula do Payback Simples

$$\text{PayBack} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho no Período}}$$

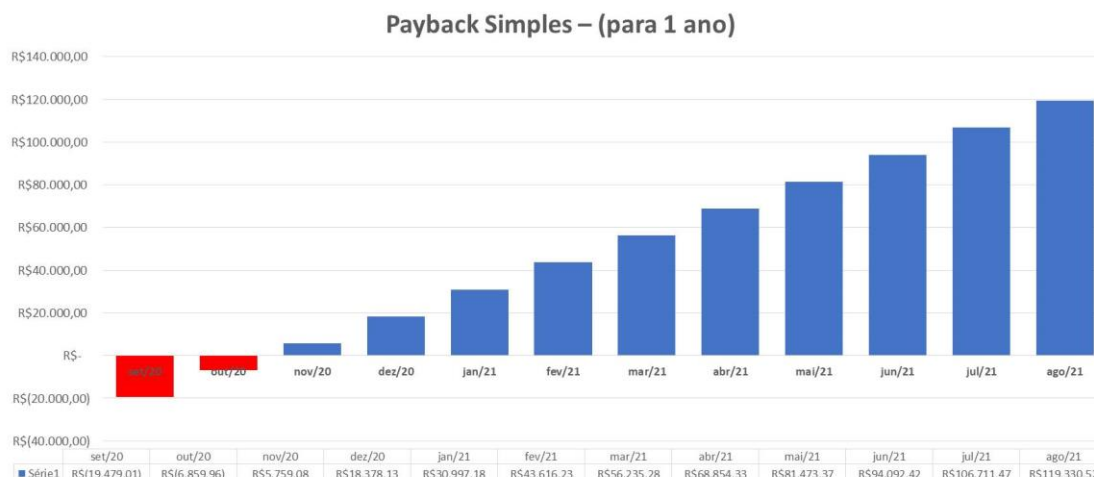
$$\text{PAYBACK SIMPLES} = \frac{\text{R\$ 32.098,06}}{\text{R\$ 151.428,58}}$$

$$\text{PAYBACK SIMPLES} = 0,2 \text{ ANOS (2,5 MESES)}$$

Fonte: Autores (2020)

Conforme Figura 22, podemos verificar de forma gráfica o payback simples para o período de um ano após a implantação do projeto, o que nos mostra que o investimento tem um retorno rápido e entrega um excelente resultado ao longo do tempo, justificando uma possível ampliação deste projeto para outros equipamentos semelhantes.

Figura 22 – Payback Simples para o período de um ano



Fonte: Autores (2020)

Conforme Anexo 1, temos uma ordem de serviço para realizar a troca do spindle, que foi aberta após a detecção de uma possível falha. Este diagnóstico foi feito após algumas medições realizadas com o analisador de vibrações offline. No Anexo 2 temos uma análise de falhas (DAF) com a possível causa raiz do problema encontrado e a sugestão da implantação de um sistema de monitoramento online, que é o objeto deste trabalho. A implantação deste sistema vai nos dar a garantia de um monitoramento de vibrações indesejadas durante todo o tempo de funcionamento da máquina, aumentando a confiabilidade do ativo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta etapa do projeto, foi concluída a instalação dos sensores no motor, realizado a configuração do módulo de comunicação para os valores no software supervisor, configurado as TAG's de comunicação das falhas que serão monitoradas e feito a otimização das telas do supervisor para uma melhor representação do sistema.

Foram realizados testes de funcionamento do sistema e coletado os dados de algumas medições para garantir que as configurações para o seu bom funcionamento estão corretas. Devido ao pouco tempo de funcionamento do sistema implantado neste trabalho, não foi possível detectar falhas no motor, somente projetar teoricamente as possíveis falhas que venham a ocorrer. O sistema mostrou-se confiável e apto a detectar os problemas que podem acontecer.

Através de um estudo com o valor do investimento e os custos com mão de obra, sobressalentes e paradas de manutenção, foi possível constatar que o sistema se tornou uma ferramenta indispensável para a manutenção preditiva da empresa. O intuito é replicar este projeto para outras máquinas com as mesmas características.

REFERÊNCIAS

Blog Operand, **Retorno financeiro de um software de gestão: como calcular?**, 2018, disponível em <<https://blog.operand.com.br/retorno-financeiro-de-um-software-de-gestao/>>

Dynamox Soluções Criativas. **O que é e qual a importância do monitoramento contínuo de ativos**. 2018. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/17425-o-que-e-e-qual-a-importancia-do-monitoramento-continuo-de-ativos#:~:text=Os%20benef%C3%ADcios%20do%20monitoramento%20cont%C3%ADnuo,segundo%20a%20orienta%C3%A7%C3%A3o%20do%20fabricante>>. Acesso em: 20 out. 2020.

Elipse E3, 2015, disponível em <<https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>>

Glenn H. Bate, **Vibration Diagnostics for Industrial Electric Motor Drives**. Naerum: Brüel & Kjaer. Disponível em: <<https://www.bksv.com/media/doc/BO0269.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2020>.

HANSEN, Robert C. (2006) “**Eficiência Global dos Equipamentos, uma Poderosa Ferramenta de Produção/Manutenção para o Aumento dos Lucros**”. Editora Bookman, 2006.

KARDEC, Alan, NASCIF, Júlio (2001) “**Manutenção função estratégica**”. Editora Qualitymark, 2001.

RAO, Singiresu (2008) “**Vibrações Mecânicas**”. Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

SACOMANO, José Benedito, GONÇALVES, Rodrigo Franco, SILVA, Márcia Terra da, BONILLA, Silvia Helena, SÁTYRO, Walter Cardoso (2018) “**Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**”. Editora Edgard Blücher Ltda, 2018.

SELEME, Robson (2015) “**Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**”. Editora Intersaberes, 2015.

VSA 005, **Sensor de Aceleração**, 2014, disponível em
<<https://www.ifm.com/br/pt/product/VSA005>>

VSE 100, **Eletrônica de Diagnóstico para Sensores de Vibração**, 2017, disponível em
<<https://www.ifm.com/br/pt/product/VSE100>>