

Capítulo I – Estudo para implantação de manutenção prescritiva em setor de moagem em indústria de milho

Everson do Carmo Souza ¹

Paulo Henrique Brassal ²

Pitstone Elias ³

Rodolfo Alexandre Hildebrandt ⁴

Daniel Almeida Colombo ⁵

Vicente De Lima Gongora ⁶

RESUMO

Em uma sociedade com número crescente de pessoas e aumento no consumo a eficiência na indústria de produção e beneficiamento de alimentos representa disponibilizar mais alimentos, para mais pessoas em um espaço menor de tempo. A regularidade na produção dos alimentos pode impactar na previsão de preços e no suprimento mais uniforme destes produtos para o mercado. Neste contexto, julgou-se interessante a implantação de manutenção preditiva e prescritiva no monitoramento e controle de alguns parâmetros do motor elétrico que move o moinho martelo de uma empresa de beneficiamento de milho. A implantação deste tipo de manutenção trará grandes benefícios para empresa, como a possibilidade de previsão do período em que pode ocorrer a quebra do equipamento e uma solução mais rápida para tomada de decisão em caso de falha ou defeito.

Palavras-chave: Agronegócio; Manutenção prescritiva; Monitoramento.

ABSTRACT

In a society with a growing number of people and increasing consumption, efficiency in the food production and processing industry means making more food available to more people in a shorter space of time. Regularity in food production can impact price forecasts and a more uniform supply of these products to the market. In this context, it was considered interesting to implement predictive and prescriptive maintenance in monitoring and controlling some parameters of the electric motor that moves the hammer mill of a corn processing company. The implementation of this type of maintenance will bring great benefits to the company, such as the possibility of predicting the period in which equipment breakdown may occur and a faster solution for decision-making in the event of a failure or defect.

Keywords: Agribusiness; Prescriptive maintenance; Monitoring.

¹ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, everson_forever@hotmail.com

² Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, paulobrassal@gmail.com

³ Pós-graduação em Gestão da Manutenção Industrial da UniSenai Londrina, pitstone.elias@hotmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

⁵ Mestre em Engenharia Mecânica, daniel_colz@outlook.com

⁶ Doutor em Engenharia Elétrica da UniSenai Londrina, vicente.gongora@sistemafiep.org.br

1. INTRODUÇÃO

O estado do Paraná é um dos maiores produtores de grãos do Brasil, sendo a soja, o milho e o trigo os principais produtos cultivados. Para auxiliar no plantio, colheita e realizar o beneficiamento destes grãos o Paraná conta com grandes cooperativas, onze delas figurando entre as maiores do mundo. A safra de grãos 2022/2023 no Paraná atingiu o volume de 46,6 milhões de toneladas, plantados em 10,85 milhões de hectares e gerando um faturamento de aproximadamente 200 bilhões de reais para setor.

Os produtos do Paraná são comercializados com 150 países. Para processar este grande volume de grãos e atender as demandas do mercado nacional e internacional, as indústrias de beneficiamento devem manter seus índices de produtividade elevados, evitando ao máximo paradas inesperadas na produção que possam atrasar o processo, principalmente em época de safra.

Foi realizado um estudo em uma indústria de beneficiamento de milho para identificar os equipamentos mais críticos com relação a produção, ou seja, aqueles equipamentos que no caso de falha interrompem a linha de produção. Dentre estes equipamentos foi selecionado o moinho martelo e para implantação de manutenção prescritiva foi selecionado o motor um que movimenta o moinho martelo, em caso de falha, o moinho para seu funcionamento, e por consequência toda a linha de montagem. Manter este motor operando de forma contínua, ou ter solução rápida para restabelecimento de sua função e retomar a produção é de grande interesse da empresa.

Pretende-se com a implantação da manutenção prescritiva no motor, evitar falhas intempestivas e ter disponível na máquina decisão ou informação para solução de possíveis problemas. Isso será executado através da medição, análise e controle de alguns parâmetros do motor, onde buscaremos prever um período de maior probabilidade de quebra. Bem como será implantado à máquina um sistema de tomada de decisão autônoma e/ou apresentação de solução para problemas, conforme análise destes parâmetros, sendo denominadas manutenção preditiva e manutenção prescritiva respectivamente.

Prever a quebra deste motor ou ter uma solução rápida para seu restabelecimento, diminuirá significativamente o tempo de parada da linha de

produção de milho da indústria, aumentará a produtividade e o volume de produtos disponibilizados para o mercado no mesmo período.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tipos de manutenção

Existem três tipos principais de manutenção: corretiva (reparação após falha), preventiva (manutenção programada para evitar falhas) e preditiva (monitoramento em tempo real para identificar problemas antes que ocorram). Cada abordagem tem seu papel na gestão eficaz de equipamentos e sistemas.

Além dos três tipos principais de manutenção mencionados anteriormente, a manutenção prescritiva é uma abordagem emergente. Ela utiliza análise avançada de dados e inteligência artificial para não apenas prever falhas, mas também recomendar ações específicas para otimizar o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos, levando em consideração fatores como condições operacionais e histórico de manutenção.

2.1.1 Manutenção Corretiva

A corretiva é a mais antiga, menos complexa e mais cara das manutenções. Tal prática consiste na fixação ou substituição de componentes após a falha ou quando ela está prestes a acontecer. Muitas vezes não é programada, o que aumenta seu impacto financeiro (por custar caro e por atrasar a produção).

Logo, a corretiva, especialmente a emergencial, deve ser evitada com a ajuda dos outros tipos de manutenção, mas não excluída do plano. Afinal, nem tudo é previsível e evitável, e o gestor deve estar sempre preparado para uma substituição ou um conserto surpresa de um equipamento crítico. Como dissemos anteriormente, existem subtipos dentro dos tipos mais conhecidos de manutenção.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Essencial para garantir a eficiência e a confiabilidade do maquinário industrial, a manutenção preventiva trabalha com atividades de detecção, substituição e reparação de componentes e ativos antes que alguma falha possa ocorrer. Explicando a definição da norma 5462 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as

atividades preventivas buscam reduzir o desgaste e a chance de falhas no equipamento, que geralmente surgem com o funcionamento inadequado.

Na prática, são as famosas revisões periódicas, lubrificações de rotina, calibrações e vistorias. Mas, apesar de as técnicas preventivas já serem muito populares, uma coisa que nem todos os manutentores sabem é que elas se dividem em dois tipos de manutenção: a preventiva baseada no tempo e a preventiva baseada na condição.

2.1.3 Manutenção Preditiva

Assim como a anterior, a manutenção preditiva se baseia nas condições atuais do ativo, podendo ser classificada como um monitoramento de rotina, idealmente realizado em tempo real. Tal monitoramento busca reduzir as falhas e desgastes do equipamento através de coletas e análises de dados e métricas de desempenho, analisando com base nesses resultados a condição operacional dos ativos.

Algumas das ferramentas mais inteligentes e vantajosas para a manutenção hoje derivam das práticas da manutenção preditiva, como é o caso dos softwares de monitoramento online. Com eles, o gestor fica a par de tudo o que acontece no equipamento, 24 horas por dia, e recebe diagnósticos e dados precisos que auxiliam na criação de um plano estratégico, com atividades corretivas e preventivas programadas de forma proposital e sábia, e não desnecessária e aleatória.

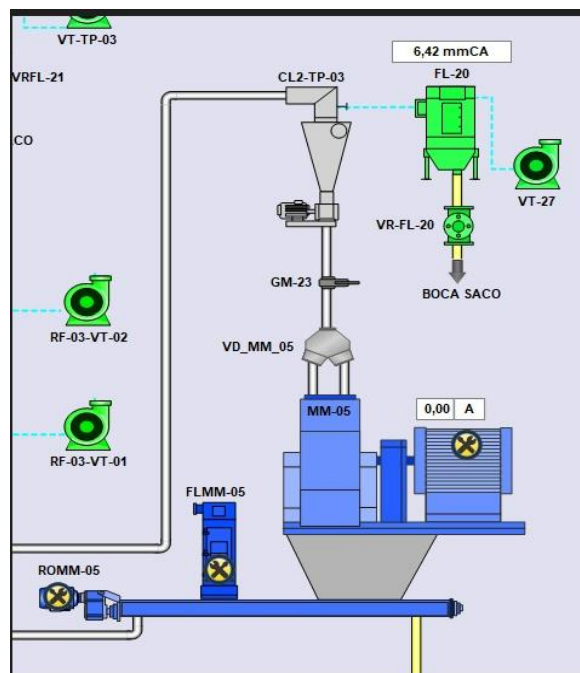
2.1.4 Manutenção Prescritiva

Graças à ascensão de tecnologias cada vez mais avançadas, surgiu na era da indústria 4.0 o conceito de manutenção prescritiva. Sua função é utilizar a inteligência artificial para desenvolver soluções para falhas potenciais identificáveis. Diferentemente da preventiva, a prescritiva não se prende a um cronograma voltado às falhas comuns.

Em comparação com a preditiva, ela vai além, visto que não apenas prevê com precisão o que vai acontecer como também sugere intervenções baseadas nas possibilidades calculadas por meio dos dados analisados. Isso te lembra alguma coisa? O sistema de monitoramento online se baseia em práticas de manutenção preditiva e prescritiva, sendo a última possível graças ao cruzamento de dados do histórico operacional e ao uso de inteligência artificial sobre as informações coletadas,

O moinho martelo é um equipamento desenvolvido para triturar diversos tipos de materiais e matérias primas, como milho, soja e outros. Sua principal função é reduzir a granulometria do material picado. O moinho martelo é geralmente construído em aço, o que confere resistência e durabilidade ao equipamento, possibilitando suportar o impacto dos martelos que batem no material a ser triturado. A Figura 2 representa o conjunto que compõe o moinho martelo.

Figura 2: Moinho Martelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O motor principal é o equipamento fundamental que movimenta o moinho martelo e sobre o qual será feito as medições para monitoramento e tomada de decisão de manutenção.

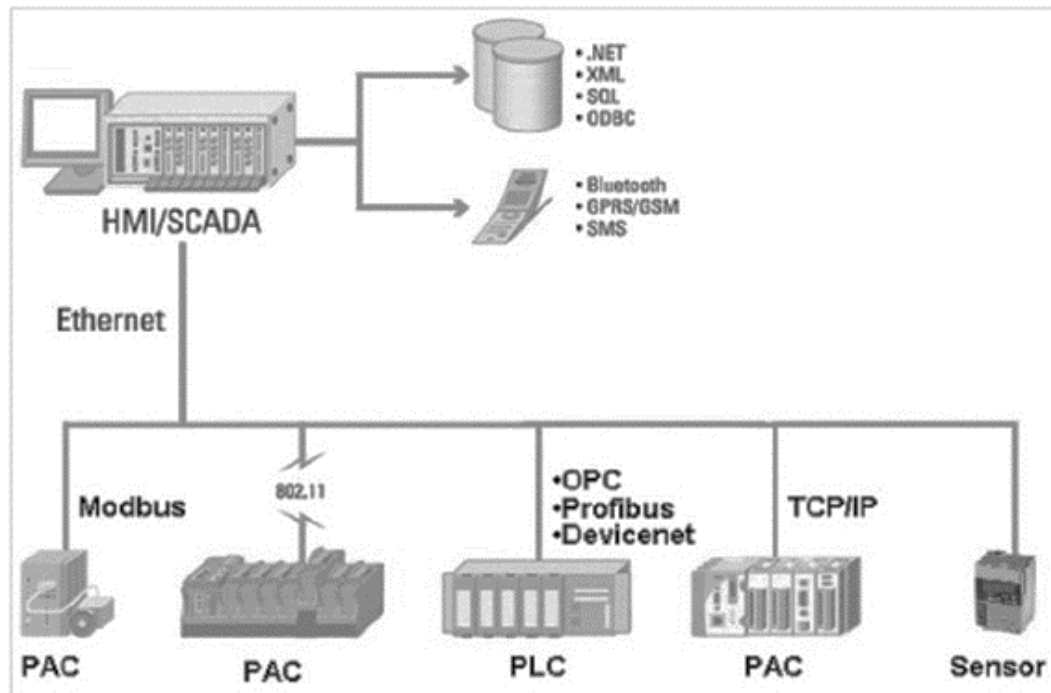
2.4 Sistemas Supervisórios

Para Rosário (2009) supervisor ou sistema de supervisão é um programa computacional que permite a comunicação entre o computador e a rede de automação, trazendo ferramentas para a construção de interfaces entre operador e o processo. Segundo Rosário (2009) a evolução da eletrônica e dos sistemas de comunicação direcionou a utilização em campo de um tipo de conexão similar a

utilizada pelas redes corporativas. Os próprios elementos de campo passaram a incorporar circuitos eletrônicos de maneira que toda informação enviada ou recebida obedeça ao mesmo protocolo de comunicação.

A Figura 3 ilustra um exemplo de arquitetura de um sistema supervisório demonstrando um diagrama de blocos desenvolvido pela National Instruments.

Figura 3: Diagrama de blocos mostra um típico sistema com arquitetura.



Fonte: www.profibus.org.br/news/fevereiro2012/tutorial.

2.5 Medição de Tensão e Corrente

A tensão elétrica, também conhecida como diferença de potencial, é a força que movimenta os elétrons ou carga elétrica através de um meio gerando a corrente elétrica. A diferença de energia potencial elétrica entre dois pontos gera uma diferença de “pressão” elétrica, o que movimenta as cargas elétricas de um ponto para outro. A unidade de medida da tensão é o Volt (V) e este representa a quantidade de energia potencial dividido pelo número de cargas entre dois pontos.

A corrente elétrica é o fluxo de elétrons portadores de carga elétrica dentro de um condutor. Sua unidade de medida é o ampere (A) e este representa a quantidade de elétrons que percorre o condutor em um intervalo de tempo.

2.6 Inversor de frequência

O inversor de frequência é um equipamento eletrônico utilizado para controle de velocidade de um motor trifásico. Através da variação da frequência da rede de alimentação do motor o inversor varia a velocidade de rotação dele. Este equipamento será utilizado para realizar a medição de tensão e corrente no motor principal, e transmitir via cabo de rede e protocolo de comunicação os dados em tempo real, para os sistemas supervisórios na sala de controle da indústria.

2.7 Redes de comunicação

Rede de comunicação é uma junção estruturada de equipamentos que permite a transmissão de informações entre terminais geograficamente distantes. Atualmente existe diversos tipos de redes de comunicação para as mais diversas formas de utilização dentro da sociedade. Na indústria, as redes de comunicação são utilizadas em conjunto com a automação de máquinas e processos para facilitar a transferência de dados, reduzir os protocolos de comunicação, aumentar a acessibilidade aos dados, realizar comunicação entre os equipamentos e dar subsídios para tomada de decisão autônoma ou não, na manutenção.

2.7.1 Protocolos de comunicação

Tecnicamente, é um conjunto de regras-padrão que caracterizam o formato, a sincronização, a sequência e, ainda, a detecção de erros e falhas na transmissão de informação entre computadores. Ou seja, é uma linguagem comum que deve existir entre o emissor e o receptor para que se possa efetivamente realizar a comunicação. O protocolo de comunicação aplicado é o Profibus. O Profibus é um protocolo de comunicação digital utilizado em sistemas de controle e automação, que permite a conexão com interoperabilidade de diversos equipamentos e fabricantes.

2.8 Instrumentação

2.8.1 Termografia

A termografia é uma técnica que permite realizar um mapa digital onde são distinguidas as diferentes temperaturas, este equipamento possui um termovisor, que

aponta luzes infravermelhas na superfície dos equipamentos. Um sistema de Termovisão conectado com sensores inteligentes, usando IoT, ajuda a desenvolver uma inteligência artificial necessária para monitorar o processo industrial (máquinas, equipamentos e ferramentas). A Figura 4 ilustra um exemplo.

Figura 4: Câmera termográfica



Fonte: Câmera termográfica PCE-TC 30N | PCE Instruments (pce-instruments.com).

A Tabela 1 representa as faixas de temperaturas ideal, máxima e ação a ser tomada para alguns tipos de equipamentos.

Tabela: 1 Temperatura de dispositivos elétricos.

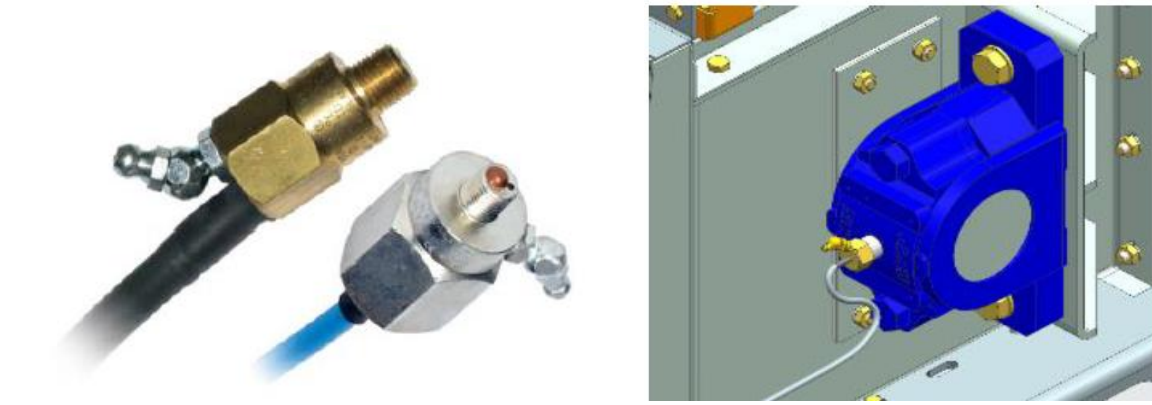
Componentes	Temperatura ideal	Temperatura máxima encontrada	Ação
Disjuntores	40°C a 65°C	79,2°C	Imediata
Contatores	"-25°C a 55°C	43,9°C	N/A
Capacitores	"-25°C a 55°C	76,3°C	Imediata
Barramentos	0°C a 90°C	44,2°C	N/A
Chaves de transferência	"-25°C a 55°C	75,0°C	Imediata
Retificadores	"-25°C a 90°C	145,1°C	Imediata
Fontes chaveadas	0°C a 45°C	44,2°C	N/A
CLP	0°C a 50°C	20,6°C	N/A
Inversor de frequência	0°C a 40°C	32,1°C	N/A
IHM	0°C a 50°C	22,7°C	N/A
Transformadores	0°C a 90°C	77,0°C	N/A
Placas eletrônicas	0°C a 45°C	23,7°C	N/A

Fonte: <https://docplayer.com.br/139917488-Applicacao-de-termografia-para-manutencao-preditiva-em-painéis-eletricos.html>.

2.8.2 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura é um equipamento de monitoramento cuja função é identificar variações de temperatura em equipamentos industriais. Existem diversos tipos de sensores de temperatura conforme a propriedade física que o constitui, dentre eles, podemos citar os termopares, detector de temperatura de resistência (RTD), termistores, interruptores bimetálicos e sensor de temperatura infravermelho. Existem sensores especialmente desenvolvidos para medir a temperatura de mancais de motores elétricos. Na Figura 5 ilustra um modelo de sensor de temperatura de mancal.

Figura 5: sensor de temperatura de mancal



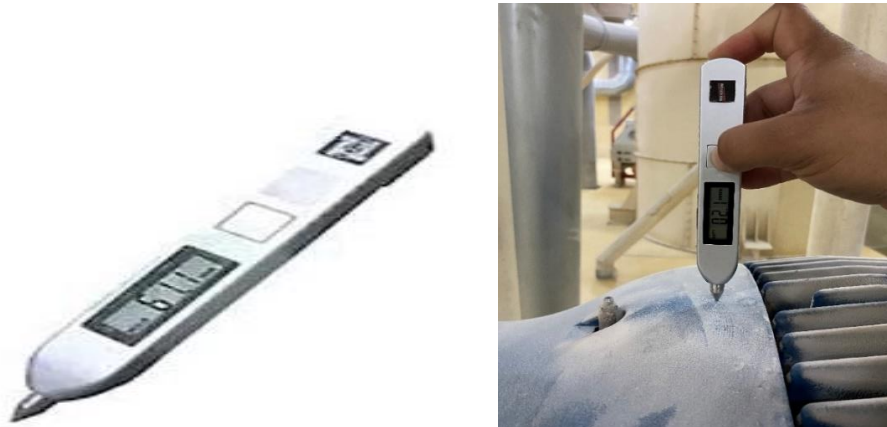
Fonte: catálogo Kepler Weber.

2.8.3 Análise de vibração.

Vibração é qualquer tipo de movimento que se repete de forma regular ou irregular dado um intervalo de tempo. Na indústria, a vibração é causadora de diversos problemas nas máquinas e na linha de produção como, degradação prematura do equipamento, desregulagem, aumento do consumo de energia, comprometimento da qualidade do produto, acidentes de trabalho, entre outros.

A Caneta de análise de vibração conforme ilustrado na Figura 6 capta está frequência através de sensores instalados em pontos estratégicos, os sensores transformam a energia mecânica de vibra sinais elétricos, vibração é a energia mecânica que o rolamento transmite para o eixo central, transmitindo para a base externa do motor.

Figura 6: Caneta análise de vibração.



Fonte: Medidor de vibração tipo caneta - 7120/7122/7126 - Beijing TIME High Technology Ltd.

Manualmente a caneta é colocada sobre o motor em funcionamento conforme ilustra a figura, com a ponta metálica encostada no ponto onde o rolamento está acoplado (carcaça), segure o botão que está acima do visor para que se inicie a leitura até que se estabilize a leitura.

Como referência para medição são necessários para uma análise de vibração os pontos fundamentais que estão relacionados a FREQUÊNCIA/PERÍODO, AMPLITUDE E FASE. As classes de vibração denominadas nas cores; i) verde para motor em repouso; ii) azul para operação em nível aceitável; iii) amarelo para estado de observação e iv) vermelho para estado crítico. A Tabela 2 abaixo representa a classificação do motor conforme a velocidade de vibração e classe de tensão.

Tabela 2: Limites de ruídos em máquinas.

Velocidade da Vibração – mm/s	Classe I (Até 15 KW)	Classe II (De 15 à 75 KW)
0,28	A	A
0,45		
0,71		
1,12	B	B
1,8		
2,8	C	C
4,5		
7,1	D	D
11,2		
18		
28		
45		

Fonte: http://manutencaodesistemasindustriais.blogspot.com/2016/05/manutencao-industrial-aula-13-analise_68.html.

3. METODOLOGIA

Para o sistema proposto é necessário o acompanhamento de parâmetros para o auxílio na manutenção prescritiva, sendo assim, algumas variáveis como: tensão, corrente, vibração e temperatura são registradas e acompanhadas durante todo o processo, desta forma, ao exceder um parâmetro de referência, a automação tem autonomia para diagnosticar, parar ou até mesmo compensar um desvio. A Figura 7 apresenta os pontos de medição e monitoramento.

Figura 7: sistema proposto



Fonte: elaborado pelo autor.

3.1 Parâmetros de corrente

O moinho martelo conforme os dados do fabricante apresentado na Tabela 3, possui a capacidade de 2.6 ton/h, e no processo em questão, está projetado para trabalhar em 2.2 ton/h. A variável monitorada para o processo de produção é a corrente em amperes do motor, de modo que 180A na média, em pleno funcionamento, o moinho está processando os 2.2 ton/h.

Tabela 3: Dados do moinho e do motor

DADOS					
Moinho Martelo		Motor			
Fabricante:	Coppi	Fabricante:	WEG	Tensão:	380v
Modelo:	TM-175	Carcaça:	280S/M	In:	215A
Capacidade:	2.6 Ton/h	Potência:	150 CV	Rot.:	1750 RPM

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode ser observado na Tabela 4, uma comparação entre milho processado (moído) em relação a corrente, nota-se que o motor em produção de 2.2ton/h, representa uma corrente de 180A, no qual está abaixo da corrente nominal do motor.

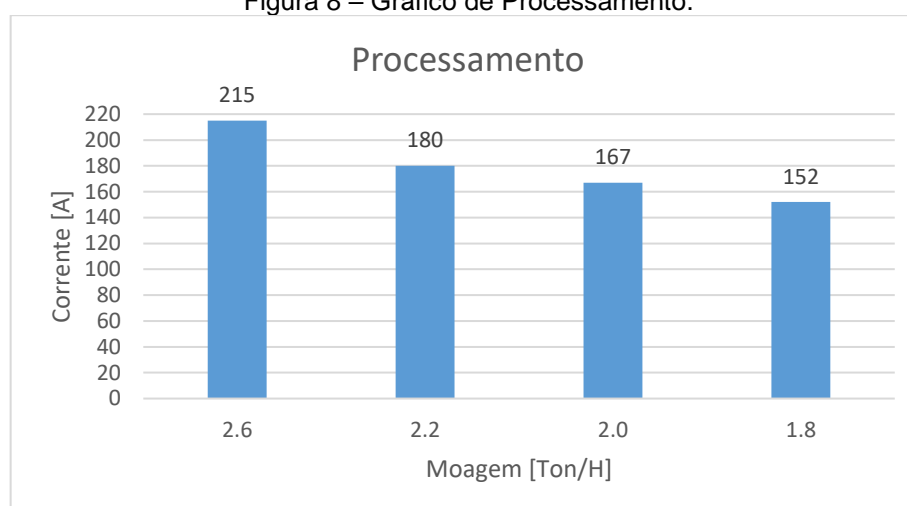
Tabela 4: Moagem de milho

Processamento		
Moagem [ton/h]	Dosagem [%]	Corrente [A]
2.2	80	180
2.0	70	167
1.8	55	152

Fonte: elaborado pelo autor.

A dosagem, é realizada pelo alimentado do moinho, e trabalha na margem de 80% respeitando e deixando margem para pequenas sobrecargas, e pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico de Processamento.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 Parâmetros de vibração

O sensor de vibração é implantado na parte traseira e dianteiras do motor, próximo a localização dos rolamentos, desta forma, pode-se observar os pontos de vibração conforme o seu funcionamento. Foram estabelecidos os parâmetros da Tabela 5, conforme especificação do manual do sensor, adotando a classe III, que são motores grandes e de base rígida.

Tabela 5: Vibração.

Grau de vibração	
velocidade (rms)	Classe III
0,28	Excelente
0,45	
0,71	
1,12	
1,8	
2,5	Bom
4,5	
7,1	Ruim
11,2	
18	Proibido
28	
45	

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3 Parâmetros de temperatura e tomada de ações

Os sensores de temperatura estão posicionados no junto a carcaça do motor, especificamente dentro da caixa de ligação, próximo ao estator e no mancal do moinho. A temperatura do motor está respeitando as recomendações do fabricante (WEG) que não pode exceder a temperatura de 180°C, assim como o mancal (SKF) não pode exceder a temperatura de 80°C.

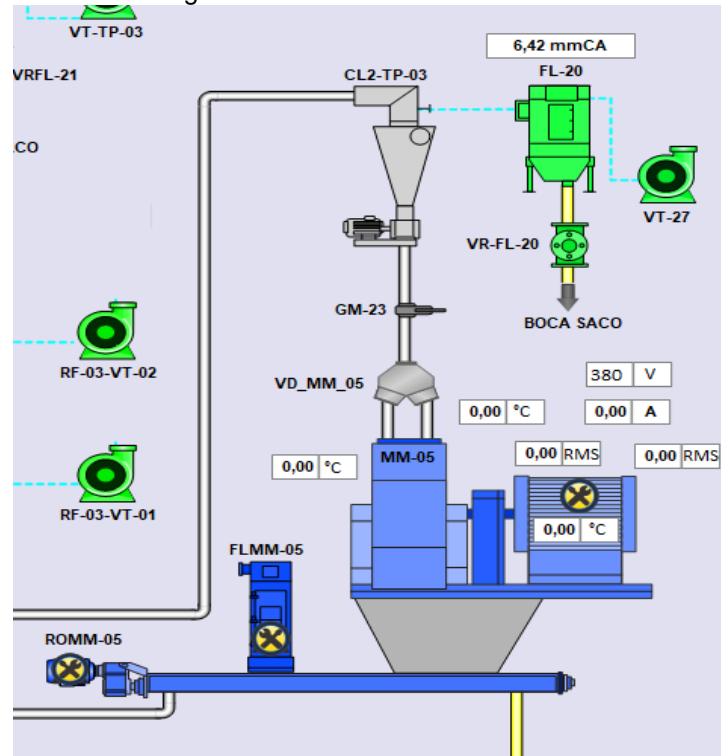
Definido os parâmetros a ser monitorados, conforme a Figura 9, o sistema de automação conforme ajustes dos parâmetros de referência, pode interagir com o usuário e realizar intervenções no moinho antes que o problema se agrave. Desta forma, pode ser observado no mapa de ações Tabela 6, as ações propostas para a máquina.

A Figura 9 é uma sugestão dos pontos de monitoramento, inseridos no supervisor, com isso, é visível em tempo real como cada grandeza vem se comportando. E com o decorrer do funcionamento, pode ser observado um padrão dos parâmetros, de modo a identificar facilmente um desvio.

A tomada de ação é com base nos parâmetros de referência, e podem ser ajustados conforme necessidade e observação da equipe de manutenção, e mesmo tendo ações de parada do equipamento de acordo com os parâmetros apresentados

acima, o sistema tem como objetivo indicar ao operador pequenos desvios mesmo que em condições normais.

Figura 11 – Monitoramento moinho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tensão de trabalho no motor por mais que seja um parâmetro simples, é um parâmetro de extrema importância para o conjunto, dado que está ligado diretamente na potência kw do motor, ou seja, tem influência direta na corrente de trabalho.

Tabela 6: Mapa de Ações

Mapa de Ações					
Grandeza	Referência	Status	Alerta	Ações Operação	Ações da Automação
Tensão	365 V	tensão baixa	tensão menor que 365V	verificar circuito elétrico	PARA - indicação de pontos a verificar
	380 V	normal			
	395 V	tensão elevada	tensão maior que 395V	verificar circuito elétrico	PARA - indicação de pontos a verificar
Corrente	160 A	corrente baixa	Realizar verificações	verificar dosagem e Peneiras	
	180 A	normal			
	200 A	corrente alta	Corrente maior que 200A	verificar dosagem produto	PARA - indicação de pontos a verificar
Vibração	0,28 a 1,8 (RMS)	normal			
	2,5 a 4,5 (RMS)	normal			
	7,1 a 11,2 (RMS)	ruim	Vibração maior que 7,1 RMS	verificar sensores e fixação da base	PARA - indicação de pontos a verificar
Temperatura Mancal	80°C	normal			
	100°C	Temp. elevada	Realizar verificações	verificar sensor e o mancal	
Temperatura Motor	180°C	normal			
	200°C	Temp. elevada	Realizar verificações	verificar sensor e o mancal	

Fonte: elaborado pelo autor.

Foram adotados os parâmetros de 365v para tensão baixa e 395v para tensão alta, respeitando a recomendação variação da concessionária que é de 4%. Deste modo, o sistema percebendo certas variações e proximidades aos extremos, tem a função de alertar o operador.

A corrente de trabalho é um parâmetro referência também para a produção, que representa o processamento em ton/h durante a moagem, porém, pode se observar, que mesmo em capacidade máxima, o motor não atinge a sua corrente nominal, desta forma, a proteção dele está assegurada no circuito de potência em seu painel elétrico. Já o sistema proposto, permite ajustar facilmente uma corrente de alerta ou até mesmo parada após uma determina corrente atingida, corrente no qual em condições de produção normal, não atingiria em regime permanente. Sendo assim, o sistema mantém uma segurança maior para equipamento evitando queima, e permitindo acompanhamento simplificado ao manutentor.

Os parâmetros de vibração estão classificados com base nas recomendações do fabricante, e medidas de 0,28 RMS a 4,5 RMS são consideradas normais, no entanto, variação dessa condição em curto espaço de tempo, pode alertar o manutentor a fazer inspeções, pois esses efeitos ocorrem já com pequenas anomalias mecânicas como exemplo o mal fixação da base, rolamento travado etc. Já com medidas superiores a 7,1 RMS o equipamento para de trabalhar imediatamente.

Os parâmetros de temperatura do mancal e do motor são facilmente extraídos e tem muito a dizer para a manutenção, facilitando na intervenção rápida e programada. Dificilmente essas peças param o equipamento, a não ser que seja um problema extremo, contudo, os parâmetros ajudam na decisão lubrificação ou troca, antes da quebra, que quando ocorre, gera paradas inesperadas no equipamento

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção prescritiva é um conceito que veio ganhando força com a implantação da indústria 4.0, e com a digitalização da indústria, a comunicação com as máquinas, internet das coisas e inteligência artificial, com o monitoramento de dados pode se obter maior assertividade nas tomadas de decisão, e para manutenção isso é um grande ganho, já que o objetivo da manutenção é disponibilidade de máquina e melhor gestão do ativo.

Para a indústria de milho, cuidar do moinho é essencial, dado que o equipamento é fundamental para vários processos e produtos na fábrica. O moinho em si tem o funcionamento simples, porém com pouco descuido, pode obter horas de parada e processos interrompidos.

O sistema proposto, permite o monitoramento de variáveis importantes no equipamento, de forma a orientar na operação, alertar desvios, ajudar na decisão de intervenção, orientar em tomada de ações em possíveis falhas detectadas e principalmente, no fornecimento de informações para a manutenção de modo a evitar paradas indesejadas.

REFERÊNCIAS

ENGEMAN. **Tipos de Manutenção.** 2023 Disponível em: <<https://blog.engeman.com.br/tipos-de-manutencao/>>.

WEG. **Motores Elétricos** – guia de especificações. 2015. disponível em: <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>>.

FRANÇA, Fernando A. **INSTRUMENTAÇÃO E MEDIDAS: grandezas mecânicas.** São Paulo: [s.n.], 2007.

COPPI. **Moagem Homogênea.** 2022. Disponível em: <<https://www.coppi.ind.br/produto/21/moinho-de-martelo>>.

ROSÁRIO, João Mauricio; **Automação industrial:** São Paulo: Baraúna, 2009.

National Instruments. Tutorial desenvolvido: Diagrama de blocos mostra um típico sistema com arquitetura: Disponível em: <https://www.profibus.org.br/news/fevereiro2012/tutorial>>.