

CAPÍTULO 1

MANUTENÇÃO AUTÔNOMA COMO ESTRATÉGIA DE EFICIÊNCIA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Lucas Vinícius Feitel de Farias

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
lucasfeitelfarias@gmail.com

Marlon de Sousa Sampaio da Silva

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
marlonsampaio@souunisuam.com.br

Higor Alves dos Santos

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção
higoralves@souunisuam.com.br

George Gilberto Gomes Junior

Professor Mestre em Engenharia de Materiais
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso
george.junior@souunisuam.com.br

Leonardo Lopes de Campos

Mestre em Desenvolvimento Local com ênfase em Cadeias Produtivas Sustentáveis
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM),
leonardolopes@souunisuam.com.br

Everton Rangel Bispo

Professor Doutor em Engenharia de Materiais e Processos Metalúrgicos
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso
evertonbispo@souunisuam.edu.br

RESUMO

Nos últimos anos, a competitividade industrial elevou a manutenção de um custo operacional para um pilar estratégico, essencial para garantir a confiabilidade e a eficiência produtiva, especialmente em setores de alta demanda como o alimentício. Nesse contexto, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e a Manutenção Autônoma (MA) emergem como ferramentas cruciais para a gestão proativa de ativos. O presente trabalho se configura como um Estudo de Caso, voltado a propor um plano de ação integrado entre o PCM e a MA para otimizar o desempenho de um equipamento na linha de produção. A metodologia adotada incluiu um diagnóstico das causas de falha, complementado por uma revisão das atividades para embasar a proposta de intervenção. A devida aplicação dessas práticas visa transformar a cultura operacional, transferindo aos

operadores a responsabilidade pela conservação primária, e estruturar o planejamento de manutenção. Como resultado, o modelo proposto de PCM e MA tem como foco elevar a confiabilidade e a disponibilidade do maquinário, maximizando a Eficiência Global do Equipamento (OEE). A aplicação coordenada dessas metodologias é imperativa para garantir a redução de falhas não programadas, o controle de custos e o cumprimento sustentável das metas de produção e manutenção.

Palavras-chave: Planejamento e controle da Manutenção; Manutenção Autônoma; Confiabilidade; OEE.

INTRODUÇÃO

No ambiente industrial, a gestão da manutenção é fundamental para melhorar processos, aumentar a produtividade, garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos e controlar os custos operacionais e de manutenção. Conforme Pinto e Xavier (2001), a manutenção deve garantir o pleno funcionamento dos equipamentos e das instalações, alinhando-se aos processos produtivos, ao mesmo tempo que garanta a segurança, a confiabilidade, a preservação do meio ambiente e a adequação dos custos. Desta forma, a manutenção deve ser integrada a todos os setores da organização, pois impacta diretamente na produtividade, na qualidade dos produtos e nos resultados financeiros.

O uso de indicadores de desempenho e ferramentas de gestão possibilita decisões mais acertadas, facilitando a identificação rápida de falhas e a proposição de soluções eficientes. Entretanto, o desafio principal é equilibrar a redução de custos com a maximização da confiabilidade e da disponibilidade operacional. Por isso, o trabalho estratégico de ferramentas gerenciais é essencial para atingir esses objetivos.

Este trabalho tem como foco analisar a gestão da manutenção em uma empresa, avaliando seu desempenho, impactos operacionais e soluções definidas para problemas recorrentes. Além disso, busca dados coletados que permitem identificar falhas e proporcionar melhorias que contribuem para o aprimoramento dos processos de manutenção. Entre os objetivos específicos estão: a utilização de sistemas para armazenamento e análise de dados de manutenção e custos; o monitoramento de máquinas e operadores para subsidiar estudos futuros; a revelação de dados atuais com registros existentes para aumentar a confiabilidade das análises; e a identificação de falhas para sugerir melhorias na gestão da manutenção.

Assim, o planejamento adequado da manutenção se apresenta não apenas como um suporte operacional, mas como uma estratégia chave para aumentar a confiabilidade, melhorar a eficiência produtiva, reduzir custos, preservar a qualidade e garantir a sustentabilidade dos equipamentos.

OBJETIVO GERAL

Analisar e propor melhorias na gestão da manutenção industrial por meio da aplicação integrada de práticas de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e Manutenção Autônoma (MA), visa aumentar a confiabilidade e a disponibilidade operacional dos equipamentos, assim como a eficiência produtiva, buscando simultaneamente a redução dos custos e a sustentabilidade dos processos produtivos.

Objetivos específicos

- Utilização de sistemas informatizados para o armazenamento e análise de dados relacionados à manutenção e seus custos, aprimorando a gestão da informação.
- Monitorar o desempenho operacional de máquinas e operadores, garantindo o suporte necessário para diagnósticos e melhorias contínuas.
- Correlacionar os dados atuais com registros históricos da empresa, aumentando a confiabilidade e a precisão das análises gerenciais.
- Identificar falhas recorrentes e estabelecer processos de melhoria contínua para melhorar a eficiência da manutenção.
- Avaliar o impacto da gestão de manutenção na produtividade, qualidade dos produtos e sustentabilidade do processo produtivo.

REFERÊNCIA TEÓRICO

Tipos de Manutenções e sua evolução Histórica

A manutenção industrial passou por várias transformações ao longo do tempo, refletindo avanços tecnológicos e a necessidade de atender às demandas crescentes das linhas produtivas. Inicialmente, durante os primórdios da industrialização, predominava o modelo de manutenção corretiva não planejado, caracterizado por atuar de forma reativa: as intervenções eram realizadas somente após a ocorrência de falhas nos equipamentos, o que resultava em altos custos operacionais, baixa disponibilidade dos ativos e impactos negativos na produtividade (Silva, 2023; Costa, 2024).

Com o desenvolvimento industrial, a década de 1950 marcou a introdução da manutenção preventiva, que se caracteriza por inspeções periódicas e substituições programadas de componentes. Essa abordagem trouxe maior controle sobre os equipamentos, interrupções inesperadas e promoveu mais previsibilidade ao processo produtivo, o que resultou em maior eficiência operacional (Silva, 2023).

Posteriormente, nas décadas de 1970 e 1980, a manutenção preditiva emergente, influenciada pelo avanço da automação e da instrumentação industrial. Essa modalidade utiliza o monitoramento contínuo de variações como vibração, temperatura e desgaste para identificar sinais precoces de falhas iminentes, possibilitando intervenções pontuais que otimizem recursos e minimizem custos (Silva, 2023; Costa, 2024).

Paralelamente, desenvolveu-se a filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), originada no Japão, que propõe uma abordagem colaborativa e integrada entre operadores, engenheiros e gestores para aumentar a confiabilidade dos equipamentos e eliminações. A TPM promove a participação ativa dos funcionários na manutenção autônoma, que compreende atividades básicas de inspeção, limpeza e lubrificação, incentivando a melhoria contínua e a eficiência global dos equipamentos (Nakajima, 1989; Silva, 2023).

Com o advento da Indústria 4.0, a manutenção industrial entrou em uma nova fase, incorporando tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial, análise de big data e sistemas ciberfísicos. Essa revolução possibilita a implementação da manutenção preditiva avançada e da manutenção prescritiva, que não apenas antecipam falhas com elevada precisão, mas também recomendam ou executam ações corretivas automatizadas, elevando o nível de eficiência e sustentabilidade dos processos produtivos (Costa, 2024; Schwab, 2016).

Além disso, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) passou a ser um componente essencial da gestão industrial moderna, estruturando e organizando as atividades de manutenção com foco em indicadores como MTTR (Tempo Médio de Reparo) e MTBF (Tempo Médio Entre Falhas). O PCM permite decisões baseadas em dados, promovendo a disponibilidade e confiabilidade dos ativos, ao mesmo tempo em que otimiza custos operacionais (Silva, 2023).

Desta forma, o estudo da evolução dos modelos e práticas de manutenção é fundamental para compreender o cenário atual da gestão da manutenção industrial. A integração progressiva das abordagens tradicionais com as inovações tecnológicas representa um caminho para maximizar a eficiência produtiva, reduzir custos e garantir a sustentabilidade dos processos industriais (Costa, 2024; Silva, 2023).

I) Tipos de Manutenção com suas características e aplicações:

- a. Manutenção Corretiva: intervenção após falha, normalmente não planejada, gerando custos elevados e indisponibilidade;
- b. Manutenção Preventiva: inspeções e trocas programadas em intervalos definidos, reduz falhas inesperadas, mas pode causar trocas desnecessárias;
- c. Manutenção Detectiva: identificação de falhas ocultas.
- d. Manutenção Preditiva: utiliza monitoramento de vibração, termografia, análise de óleo e outros recursos para prever falhas

- antes de ocorrerem, otimizando custos;
- e. Manutenção Autônoma: parte integrante da TPM, com atividades básicas de limpeza, inspeção e lubrificação feitas pelos operadores, promovendo maior engajamento;
 - f. TPM (Total Productive Maintenance): filosofia japonesa de participação de todos na manutenção, com foco em confiabilidade, qualidade e eliminação de perdas. Maximização da eficiência com participação dos operadores.
 - g. Indústria 4.0: Ela utiliza tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial (IA), big data, automação e robótica para otimizar a produção

PCM

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é um dos pilares da gestão industrial moderna, sendo responsável por estruturar, organizar e otimizar as atividades de manutenção em uma empresa. A função principal do PCM é garantir que os equipamentos estejam disponíveis e operando com eficiência, de forma segura e com o menor custo possível. Para isso, o PCM atua desde a programação das ordens de serviço até o acompanhamento de indicadores de desempenho, permitindo que as decisões sejam tomadas de forma estratégica e baseadas em dados.

Nesse contexto, os indicadores de manutenção se tornam ferramentas indispensáveis. Eles permitem mensurar a performance dos ativos e do próprio processo de manutenção, auxiliando na identificação de falhas, gargalos e oportunidades de melhoria. Entre os mais relevantes destacam-se o MTTR e o MTBF.

Indicadores da Manutenção (MTTR, MTBF, DISP e OEE)

O **MTTR** mede o tempo médio de reparo de um equipamento, ou seja, o período necessário para corrigir uma falha e restabelecer o funcionamento normal. Esse indicador é fundamental para avaliar a eficiência da equipe de manutenção e a eficácia dos processos de intervenção. Quanto menor o MTTR, mais ágil é a manutenção, contribuindo para a redução das paradas e o aumento da disponibilidade operacional.

Forma de calcular: $\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo total gasto de Reparo}}{\text{Número de Reparos}}$.

Já o **MTBF** corresponde ao tempo médio entre falhas, representando a confiabilidade do equipamento. Um MTBF elevado indica que a máquina opera por longos períodos sem interrupções, o que reflete maior qualidade, robustez e eficácia das ações preventivas e preditivas aplicadas. Portanto, o MTBF está diretamente ligado à confiabilidade do processo produtivo.

Forma de calcular: $\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total de bom funcionamento}}{\text{Número de falhas}}$

A análise conjunta do MTTR e do MTBF fornece uma visão abrangente da manutenção: enquanto o primeiro está associado à manutenibilidade, o segundo se relaciona à confiabilidade dos ativos. Dessa forma, quando integrados ao PCM, esses indicadores permitem que a empresa atue de forma proativa, equilibrando custos, disponibilidade e produtividade.

Assim, a utilização do PCM aliado ao acompanhamento de indicadores como MTTR e MTBF fortalece a gestão da manutenção, promove maior competitividade e assegura que os objetivos estratégicos da organização sejam alcançados de maneira sustentável trazendo um aumento no OEE e Disponibilidade da máquina.

Disponibilidade mede o percentual de tempo em que um equipamento está operacional e disponível para uso, excluindo paradas não planejadas (como falhas) e, às vezes, as planejadas.

Forma de calcular: **$Disponibilidade = MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100\%$**

OEE – (Overall Equipment Effectiveness) é um indicador de performance que mede a eficiência de máquinas e processos de fabricação.

Forma de calcular: **$OEE = \%Disp \times \%Performance \times \%Qualidade do produto$**

Total Productive Maintenance - TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM), foi originada no Japão na indústria Nippondenso, organização responsável por fornecer as peças eletrônicas para a Toyota no começo dos anos 60 no século XX. Nesse período a TPM teve como finalidade proporcionar a metodologia *Just in Time*, por meio da melhoria e credibilidade dos equipamentos (JIPM, 2008). O objetivo desse tipo de manutenção dos equipamentos é eliminar as perdas. No TPM é necessário que tenha investimento na instrução e no conhecimento dos colaboradores, demandando na adesão de algumas ferramentas, tais como conferências, compartilhar os aprendizados e práticas, quadro de tarefas. Segundo Nakajima (1989) a melhor prevenção contra falhas deve partir do operador. É possível observar que são procedimentos de baixos custos e uma respectiva aptidão dos funcionários.

A inserção dessa metodologia auxilia na redução das despesas e no desenvolvimento dos procedimentos, avaliando, supervisionando e extinguindo gradualmente os defeitos identificados no sistema de produção (FERNANDES, 2005). Takahashi et al. (1993) destaca que na aplicação deste método é recomendado que seja de maneira perspicaz, de acordo com as particularidades das organizações.

O TPM é estabelecido em oito pilares, e assim em cada ícone é necessário uma equipe e um líder, obedecendo a hierarquia da indústria, sendo eles:

- manutenção planejada;
- manutenção autônoma;
- manutenção da qualidade;

- melhorias específicas;
- controle inicial;
- treinamento e educação;
- segurança, higiene e meio ambiente;
- áreas administrativas.

A Figura 1 expõe os pilares que amparam a filosofia do TPM.

Figura 1 – Pilares do TPM



2.4.1 – Manutenção Autônoma

Em um ambiente produtivo busca-se melhorar a eficiência dos processos com redução de custos e desperdícios. Uma das metodologias responsáveis por auxiliar as organizações a

alcançar seus resultados em suas linhas de produção é a manutenção autônoma, essa metodologia que envolve a todos os funcionários na melhoria da eficiência dos equipamentos (AHUJA; KUMAR, 2009).

Segundo Suzuki (1993), a manutenção autônoma tem como principais objetivos evitar a deterioração do equipamento por meio de uma operação correta e inspeções periódicas garantindo o equipamento em seu estado ideal e em sua condição padrão com uma gestão adequada para estabelecer condições básicas necessárias de manutenção. Por meio dessa metodologia o funcionário aplica sua força de trabalho para preservar os equipamentos. Dessa forma é possível aumentar a vida útil e eficiência do equipamento.

A manutenção autônoma possuí 7 passos para que se alcance o estado ideal de eficiência do equipamento. Os 3 primeiros passos buscam garantir a limpeza, condição básica e lubrificação do equipamento. Esses passos também são voltados para eliminar fontes de contaminação e áreas de difícil acesso. Nos passos 4 e 5 busca-se inspecionar os pontos trabalhados nos passos anteriores através da inspeção a nível de

componentes. Através do passo 6 integra-se as áreas de trabalho inteiras e os processos de produção, ordenando e organizando materiais e ferramentas, padronizando e gerenciando visualmente todas as atividades (SHIROSE et al., 1999). No último passo encontra-se o controle autônomo da manutenção.

Na Figura 2 tem-se uma representação resumida dos passos de implementação da manutenção autônoma:

Figura 2 – Passos da implementação da manutenção Autônoma



Limpeza inicial do equipamento – Envolve uma limpeza profunda, onde os operadores identificam fontes de sujeira, vazamentos, ruídos e falhas. O objetivo é restaurar o estado básico do equipamento e estimular o cuidado com o ambiente de trabalho.

i. Eliminação das fontes de sujeira e zonas de difícil acesso – Após a limpeza inicial, busca-se eliminar as causas de sujeira e melhorar o acesso a pontos críticos, facilitando inspeções futuras.

ii. Padronização da limpeza, inspeção e lubrificação – São criados checklists padronizados e rotinas diárias que garantem a execução contínua das tarefas básicas de manutenção.

iii. Inspeção geral do equipamento – Os operadores recebem treinamento técnico para identificar anomalias simples, desgastes, folgas e vibrações, antecipando possíveis falhas.

iv. Autonomia nas inspeções – O operador passa a ter domínio total das atividades de inspeção e pequenos ajustes, reduzindo a necessidade de intervenção externa.

v. Organização e controle visual – Utiliza-se a gestão visual (etiquetas, cores, painéis e indicadores) para facilitar o acompanhamento do estado dos equipamentos e das atividades realizadas.

vi. Consolidação e melhoria contínua – Por fim, os operadores tornam-se capazes de propor melhorias contínuas no processo, contribuindo para a eliminação das perdas e falhas reincidentes.

Escopo da Linha de Produção, equipamentos contemplados:

A linha de envase analisada neste estudo é composta por um conjunto de equipamentos interligados e automatizados, projetados para garantir eficiência operacional, qualidade do produto final e segurança durante o processo produtivo. O escopo contempla os seguintes equipamentos principais: Despaletizadora, Enchedora/Recravadora, Pasteurizador, Empacotadora e Paletizadora/Envolvedora.

A operação inicia-se na Despaletizadora, responsável por remover automaticamente as embalagens vazias dos paletes e posicioná-las nas esteiras transportadoras. Essa etapa é essencial para garantir o fluxo contínuo de garrafas, frascos ou latas, reduzindo o manuseio manual e o risco de danos às embalagens.

Em seguida, as embalagens são direcionadas à Enchedora/Recravadora, equipamento que realiza o enchimento preciso do produto e o fechamento hermético das tampas. Essa etapa requer controle rigoroso de volume, pressão e temperatura, assegurando que o produto seja envasado dentro dos padrões de qualidade e segurança alimentar estabelecidos.

O Pasteurizador tem a função de garantir a estabilidade microbiológica do produto por meio do tratamento térmico controlado. Esse processo elimina micro-organismos indesejáveis, preservando as características físico-químicas e sensoriais do produto, sendo fundamental para atender às normas de qualidade e conservação. Tem sido o maior impacto da linha de produção devido as suas quebras.

Após o envase, o produto segue para a Empacotadora, que agrupa as unidades individuais em pacotes ou fardos padronizados. Essa etapa visa otimizar o transporte interno, facilitar a armazenagem e aumentar a produtividade da linha.

Por fim, o processo é concluído pela Paletizadora/Envolvedora, responsável por organizar os pacotes em paletes e aplicar o filme stretch, garantindo a estabilidade das cargas durante o transporte e armazenamento. Essa fase final assegura que os produtos cheguem ao destino com integridade e qualidade preservadas.

A integração entre esses equipamentos permite uma operação contínua, automatizada e eficiente. O controle das etapas é realizado por sistemas eletrônicos e sensores que monitoram o desempenho e sincronizam os tempos de operação. A gestão eficiente dessa linha, aliada à aplicação de práticas de manutenção preventiva, preditiva e autônoma, contribui diretamente para o aumento da confiabilidade dos equipamentos, redução de paradas não programadas e melhoria da produtividade global.

Custos da manutenção e impactos na produção

O gerenciamento eficaz dos custos de manutenção é indispensável para promover a eficiência operacional e financeira em linhas de produção do setor alimentício, pois impacta diretamente fatores como confiabilidade e

disponibilidade dos ativos, conforme Xenos (1998). Quando se adota a manutenção autônoma, estratégia onde operadores realizam tarefas básicas de inspeção, limpeza e pequenos reparos, há uma descentralização das rotinas de manutenção e fortalecimento da cultura de cuidado com os equipamentos.

Segundo a classificação de Kardec e Nascif (2013), os custos de manutenção subdividem-se em:

- **Custos Diretos:** referentes a inspeções e trocas de equipamentos
- **Custos Indiretos:** abrange perdas produtivas na linha de produção e custos administrativos
- **Custos das falhas:** esses custos são ligados às falhas inesperada dos equipamentos.

Na indústria alimentícia, qualquer interrupção na linha de produção, compromete toda a cadeia produtiva e pode ser acompanhada por indicadores como o OEE (Overall Equipment Effectiveness), descrito por Nakajima (1988), que monitora a disponibilidade, desempenho e qualidade dos ativos.

A manutenção autônoma, ao envolver os próprios operadores nas tarefas rotineiras, contribui para identificação precoce de falhas e adoção de ações corretivas rápidas, promovendo a melhoria contínua, abordagem incentivada por Slack et al. (2019). Ademais, a integração de práticas preventivas e preditivas, conforme indicado por Suzuki (1993), diminui o risco de paradas emergenciais, prolonga a vida útil dos equipamentos e, especialmente nas indústrias alimentícias, assegura melhores índices de produtividade, segurança e qualidade dos produtos.

Ferramentas da Qualidade aplicadas à Manutenção

A manutenção industrial tem papel estratégico na garantia da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, impactando diretamente a produtividade e os custos operacionais. Para que a gestão da manutenção seja eficaz, torna-se essencial a utilização de ferramentas da qualidade que possibilitem a análise sistemática de falhas, identificação de causas raízes e implementação de soluções estruturadas. Entre as ferramentas mais utilizadas destacam-se o Diagrama de Ishikawa, 5W2H, PDCA, 5 Porquês, MASP, RCM e FMEA, cada uma oferecendo abordagens específicas para prevenção e resolução de problemas.

I) **Diagrama de Ishikawa:** também conhecido como diagrama de causa e efeito, permite a identificação das causas potenciais de falhas, organizando-as em categorias como método, mão de obra, máquina, material, meio ambiente e medição.

II) **5W2H:** ferramenta de gestão que organiza ações a partir das perguntas What (O quê?), Why (Por quê?), Where (Onde?), When (Quando?), Who (Quem?), How (Como?) e How much (Quanto custa?), sendo eficaz no planejamento e controle de atividades de manutenção.

III) **PDCA:** ciclo de melhoria contínua composto pelas etapas Planejar, Executar, Verificar e Agir. No contexto da manutenção, o PDCA possibilita padronizar processos e promover ajustes contínuos que aumentam a confiabilidade dos equipamentos.

IV) **5 Porquês:** técnica de análise de causa raiz que consiste em questionar repetidamente “por quê?” até identificar o problema central.

V) **MASP** (Método de Análise e Solução de Problemas): metodologia estruturada em oito etapas, da identificação do problema à padronização da solução, permitindo análises detalhadas e implementações de melhorias consistentes.

VI) **RCM** (Manutenção Centrada em Confiabilidade): abordagem que visa assegurar que os ativos mantenham suas funções operacionais, priorizando ações de manutenção com base na criticidade de cada equipamento.

VII) **FMEA** (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos): técnica preventiva que avalia potenciais modos de falha, seus efeitos e causas, atribuindo índices de criticidade que orientam ações preventivas.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se na aplicação integrada de ferramentas e práticas avançadas de gestão da manutenção, com foco na melhoria da confiabilidade operacional de uma linha de produção industrial alimentícia. A abordagem contempla a implementação da Manutenção Autônoma, o uso sistemático do Book CIL, a filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM), os princípios da Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e a técnica de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).

A Manutenção Autônoma, como pilar da TPM, será aplicada por meio da capacitação dos operadores para realizarem atividades básicas de inspeção, limpeza e lubrificação, promovendo o engajamento direto na preservação dos ativos. Essa prática visa reduzir a dependência exclusiva da equipe de manutenção, antecipar falhas e fortalecer a cultura de responsabilidade compartilhada.

O Book CIL, será utilizado como ferramenta de padronização das rotinas de manutenção autônoma, contendo instruções visuais, rotinas operacionais para cada etapa do processo e procedimentos detalhados para cada atividade designada ao funcionário.

A filosofia TPM, será incorporada como estratégia sistêmica, envolvendo todos os setores da organização na busca pela eficiência global dos equipamentos (OEE). A aplicação dos oito pilares do TPM, com destaque para a melhoria específica e o desenvolvimento de habilidades, contribuirá para a eliminação de perdas e o aumento da produtividade.

A metodologia também contempla a aplicação da RCM, com o objetivo de identificar as funções críticas dos maquinários da linha de produção, os

modos de falha mais relevantes e as consequências associadas. A partir dessa análise, serão definidas ações de manutenção mais adequadas, priorizando intervenções que assegurem a confiabilidade dos ativos e a continuidade operacional. Complementarmente, será realizada a FMEA, visando mapear os modos de falha potenciais, suas causas e efeitos, atribuindo índices de severidade, ocorrência e detecção. Essa técnica permitirá a priorização das ações corretivas e preventivas, contribuindo para a redução de riscos e o aumento da segurança operacional. A integração dessas ferramentas será conduzida por meio de um plano estruturado de PCM, com acompanhamento de indicadores como MTBF, MTTR e OEE. A coleta de dados será realizada em campo, com apoio dos operadores e técnicos, permitindo a análise comparativa entre o cenário atual e os resultados obtidos em sua implementação.

Estudos de Caso: Indústria Alimentícia, Implementação da Manutenção Autônoma e PCM

A Indústria Alimentícia de bebidas Alfa é uma empresa de médio porte localizada no sudeste do Brasil, especializada em bebidas não alcoólicas. Em 2023, a companhia enfrentava altos índices de falhas não planejadas em sua linha de envase, principalmente no Pasteurizador resultando em paradas de produção superiores a 40 horas mensais e um OEE médio de 38,91%, abaixo do padrão internacional de excelência (85%). Para mitigar esses impactos, a empresa implementou um programa integrado de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) aliado à Manutenção Autônoma, dois pilares estratégicos do TPM (Total Productive Maintenance). A metodologia aplicada foi estruturada em três etapas principais:

Diagnóstico Inicial:

- Levantamento de dados de MTTR e MTBF dos últimos 3 meses;
- Identificação dos modos de falha mais recorrentes do equipamento que foi cabeça do Pareto – Pasteurizador (Travamento da malha)
- Mapeamento de gargalos operacionais.

Implementação de Práticas de Manutenção Autônoma:

- Treinamento dos operadores para inspeção, limpeza e lubrificação (Book CIL)
- Implantação de checklists padronizados
- Introdução de controles visuais e indicadores na linha de produção.

Monitoramento e Indicadores:

- Acompanhamento de OEE, MTBF e MTTR;
- Aplicação de ferramentas da qualidade (Ishikawa, 5 Porquês e PDCA);
- Reuniões semanais entre operadores e equipe de manutenção.

A imagem 3 a seguir do cenário atual através do sistema LMS da empresa.

Imagen 3 - Estratificação dos indicadores de manutenção



- Após 3 meses de implementação, os resultados foram expressivos:
- Redução no tempo de parada não programada;
 - Aumento do MTBF em 60%;
 - Redução do MTTR em 35%;
 - Melhoria da confiabilidade e disponibilidade operacional para 98,86%;
 - Aumento do OEE para 50,04%.

Esses números aproximam a empresa dos padrões internacionais e demonstram a eficácia da integração entre manutenção autônoma e PCM. A Imagem 4 a seguir da evolução dos indicadores.

Imagen 4 - Estratificação da evolução dos indicadores



Aplicação Prática 5PQS e 6M para a causa raiz da quebra da máquina Pasteurizador da linha de produção.

A aplicação das ferramentas 5 Porquês e 6M foi realizada com foco na máquina Pasteurizador, visando identificar as causas principais de falhas operacionais e propor ações corretivas eficazes. Inicialmente, utilizando o método dos 5 Porquês, analisou-se a recorrência de paradas não programadas por travamento da esteira. A investigação revelou que o problema estava relacionado à falha operacional e peça, causada por falta de inspeção da malha e falta de peça para reposição. Como ação corretiva, definiu-se a inclusão de inspeções semanais e plano de manutenção preventiva. Em complemento, aplicou-se o Diagrama 6M (Método, Mão de Obra, Máquina, Material, Meio Ambiente e Medição) para avaliar outros fatores que poderiam contribuir para a instabilidade do processo.

Análise do problema

A causa raiz identificada foi a ausência da execução do Padrão operacional, não realizando a manutenção corretamente quando necessário. Como solução, propõe-se a implementação de um treinamento sobre o plano e manutenção autônoma, estruturado com apoio do 5PQS e Diagrama 6M para definição de responsáveis, frequência das atividades e recursos necessários. Essa aplicação evidencia como ferramentas da qualidade auxiliam a transformar dados e problemas observados na manutenção em ações concretas, promovendo maior confiabilidade, disponibilidade operacional e redução de custos. A imagem a seguir de uma análise de 5PQS e 6M.

Imagen 5 – Análise ddo 5PQS e 6M.

The screenshot shows a digital form for 5PQS and 6M analysis. At the top, there are five sections labeled 'Porquês' (Why) with the following descriptions:

- Primeiro Porquê: Piso M540 superior esquerdo travo em produção
- Segundo Porquê: Malha travada na entrada pasteurizador apresentando anomalia
- Terceiro Porquê: Roda retorno dasalinho malha gerando sobre carga malha
- Quarto Porquê: Ocasionalmente rompimento módulo
- Quinto Porquê: Módulo Malha travando na roda retorno

Below this is a section titled 'Causa raiz' (Root Cause) with the following details:

- Causa raiz encontrada: Manutenção Corretiva - Priorização
- Manutenção Corretiva - Priorização
- 6M

Icons for 'MÃO DE OBRA' (Labor) and 'MÉTODO' (Method) are present at the bottom left. A rating of five stars for 'Clareza e propósito da investigação' (Clarity and purpose of investigation) is shown at the top right.

Solução para correção do problema

Após a análise do problema ocorrido no Pasteurizador, identificou-se que a causa principal da falha estava relacionada à quebra da malha durante o processo do equipamento, o que comprometeu o funcionamento do sistema e ocasionou paradas inesperadas na linha de envase. Como solução, foram implementadas ações corretivas e preventivas, incluindo a realização de treinamento específico com a equipe de manutenção e operação, abordando os cuidados necessários no manuseio da malha do equipamento, além da criação de um plano de inspeção semanal para verificação das condições da malha e dos componentes associados. A imagem a seguir da causa raiz e ações preventivas.

Imagen 6 – Ações para causa Raiz do 5PS:

The screenshot shows a digital form for a 5PS root cause action plan. At the top, there is a section titled 'Causa raiz' (Root Cause) with the following details:

- Causa raiz encontrada: Manutenção Corretiva - Priorização
- Manutenção Corretiva - Priorização
- 6M

Icons for 'MÃO DE OBRA' (Labor) and 'MÉTODO' (Method) are present at the bottom left. A rating of five stars for 'Coerência da causa raiz' (Consistency of the root cause) is shown at the top right.

Below this is a section titled 'Comentário sobre a causa raiz encontrada' (Commentary on the found root cause) with the following text:

Módulo lateral com anomalia travada na roda retorno

At the bottom, there is a section titled 'Ações preventivas' (Preventive Actions) with the following details:

- Ações sugeridas: #SWIFT Programa semanal inspeção malhas do pasteurizador em todo PCM e oportunidades com linha parada

On the right, a rating of five stars for 'Relevância das ações propostas' (Relevance of proposed actions) is shown. The table below lists the proposed actions:

Responsável	Data de execução	Reunião	Status da ação
RICARDO MATA DINIZ	02/04/2025	Segurança/Meio Ambiente OWC	● Backlog ●

Indústria 4.0 e Manutenção Preditiva

A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) é definida pela fusão de mundos físico e digital através da integração de sistemas ciberfísicos, viabilizando ambientes de manufatura inteligente e altamente responsivos (SCHWAB, 2016). Essa transformação tem um impacto direto na gestão de ativos, impulsionando a transição de modelos de manutenção reativos para estratégias proativas e preditivas, fundamentadas em dados.

No contexto da linha de produção analisada, onde a eficiência depende da interconexão entre ativos como a Despaletizadora, o Pasteurizador e a Paletizadora, a Manutenção Preditiva emerge como a estratégia ideal para garantir a fluidez do processo. A Paletizadora, sendo a etapa final da linha — responsável por organizar e despachar o produto acabado —, tem seu desempenho diretamente atrelado ao OEE. Sua falha não só interrompe a expedição como também causa o acúmulo de produto nas etapas anteriores, paralisando toda a cadeia a montante.

A manutenção preditiva na era 4.0 utiliza tecnologias como sensores de Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial (IA) (LEE et al., 2014) para monitorar continuamente o estado de componentes críticos da Paletizadora (como braços robóticos ou sistemas de elevação). Essa coleta e análise de dados em tempo real permitem:

Prever o desgaste: Identificando anomalias na vibração ou temperatura antes que causem a parada da máquina.

Otimizar a intervenção: Programando a manutenção no momento ideal, minimizando o tempo de inatividade e evitando o alto custo induzido da paralisação de toda a linha.

Dessa forma, a implementação de práticas de PCM e Manutenção Autônoma no presente estudo de caso representa um passo fundamental na adoção de uma cultura mais próxima dos princípios da Indústria 4.0, ao transferir a inspeção básica para o operador e estruturar o planejamento para futuras intervenções baseadas em dados.

CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi descrever um Estudo de Caso focado em otimizar o desempenho de um equipamento na linha de produção, na indústria alimentícia, por meio da integração estratégica do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e da Manutenção Autônoma (MA). A questão de pesquisa foi respondida com a proposta de um plano de ação que transforma a cultura operacional, transferindo aos operadores a responsabilidade pela conservação primária, conforme a filosofia do Total Productive Maintenance (TPM), cuja aplicação é sustentada por autores como Nakajima (1989). Os principais resultados esperados do plano-piloto são o aumento da Confiabilidade e da Disponibilidade do ativo, com reflexos positivos na Eficiência Global do Equipamento (OEE), e a consequente redução de custos de manutenção.

A principal conclusão que se pode extrair do estudo é que a Manutenção Autônoma transcende a esfera técnica de limpeza e inspeção: ela é uma estratégia de gestão humanizada de ativos. Ao inserir o operador como protagonista da conservação e do monitoramento proativo, o TPM e a MA elevam a eficiência da manutenção como fator estratégico e, simultaneamente, promovem o engajamento e a valorização do conhecimento tácito dos colaboradores, aumentando a capacidade de competição da manufatura.

Como continuidade de pesquisa, aponta-se a necessidade de realizar a validação do plano de ação proposto, acompanhando sua implementação para mensurar os impactos reais nos indicadores de desempenho (OEE, MTTR, MTBF) e a evolução do clima organizacional. Outra oportunidade reside em explorar a integração dos princípios da MA com conceitos da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção Função Estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- VIANA, H. R. G. Planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção Função Estratégica. 4. ed Rio de Janeiro: Qualitymark, 440 p. 2013
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e mantinabilidade – Terminologia. Rio de Janeiro, 1994.
- MARTINS, P. G. Administração da Produção. São Paulo: Saraiva, 2012.
- TAVARES, L. A. Administração moderna de manutenção. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2001.
- DA SILVA NETO, J. C.; GONÇALVES DE LIMA, A. M. Implantação do controle de manutenção. Revista Club de Mantenimiento, n. 10, 2002.
- SIQUEIRA, I. P. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- BALDISSARELLI, L.; FABRO, E. Manutenção preditiva na Indústria 4.0. Scientia cum Industria, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção – Função Estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- NAKAJIMA, S. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1989.
- XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. Rio de Janeiro: INDG, 1998.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, p. 1- 16, 2008.
- PEREIRA, M. J. Engenharia de manutenção: teoria e prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.

- GUIMARÃES, G. D. G. A importância da utilização de ferramentas de gestão de manutenção para aumentar a disponibilidade e confiabilidade de uma empresa mineradora de Serra do Salitre: um estudo de caso. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Finom de Patos de Minas.
- SILVA, Marlon. Custos da manutenção: implementação e gestão da técnica de manutenção preventiva checklist e seus impactos. [S.I.]: [s.n.], 2023. Trabalho acadêmico.
- GACAPPI, [Autor]. Análise da eficiência operacional com base em indicadores de manutenção. [S.I.]: [s.n.], 2022. Trabalho de Conclusão de Curso.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- BÜCHI, G.; CUGUERÓ-ESCOFET, N.; ABREU, A. Digitalization in the manufacturing industry: Challenges and opportunities. *Computers in Industry*, v. 123, p. 103–150, 2020.
- KANG, H. S. et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, v. 3, n. 1, p. 111–128, 2016.
- LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, v. 3, p. 18–23, 2014.
- LU, Y. et al. 5G and Industrial IoT: A review of applications, challenges, and future trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 16, n. 8, p. 4808–4819, 2020.
- MAYER-SCHÖNBERGER, V.; CUKIER, K. *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo: Edipro, 2016.
- TAO, F. et al. Digital twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 61, p. 101837, 2019.
- WAN, J. et al. Industrial IoT with blockchain technology in distributed cloud: A review. *IEEE Access*, v. 4, p. 1101–1111, 2016.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM*. Productivity Press, 1989.
- BÜCHI, G.; CUGUERÓ-ESCOFET, N.; ABREU, A. *Digitalization in the manufacturing industry: Challenges and opportunities*. Computers in Industry, 2020.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. *Manutenção: Função Estratégica*. Qualitymark, 2013.
- SCHWAB, K. *A Quarta Revolução Industrial*. Edipro, 2016.
- SILVA, Marlon. Custos de manutenção: melhoria e gestão da técnica de manutenção preventiva checklist e seus impactos. [S.I.]: [s.n.], 2023. Trabalho acadêmico.
- COSTA, HP da. *Manutenção Industrial: inovação e tecnologias*. São Paulo: Editora Técnica, 2024.