


TÉCNICA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE AÇÚCAR E ETANOL

 DOI: 10.5281/zenodo.7045014

Raissa Lima da Silva

*Graduanda em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Maurício de Nassau-
UNINASSAU- Natal/RN.*

Sânia Maria Belísio de Andrade

*Docente no Centro Universitário Mauricio de Nassau-UNINASSAU-Natal/RN,
Doutorado e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio
Grande do Norte- UFRN, Graduação em Engenharia Têxtil pela Universidade
Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Graduação em Secretariado executivo pela
Faculdade de Ciências Cultura e Extensão do Rio Grande do Norte - FACEX,
Especialização em Cooperativismo pela Universidade Federal do Rio Grande do
Norte – UFRN e Graduação (incompleta) em administração pela Universidade
Potiguar.*

E-mail: saniaandrade33@gmail.com

Resumo: O trabalho apresenta a Técnica de Planejamento e Controle de Manutenção-PCM em uma empresa de açúcar e etanol, na Usina Estivas-RN, durante o estágio supervisionado no período de entressafra da empresa. No Brasil a técnica do PCM começou a ser utilizada a partir do início da década de 90. O Planejamento e Controle de Manutenção- PCM é uma área oriunda da manutenção que tem como objetivo apoiar tecnicamente as atividades e processos desse segmento, gerenciando e controlando suas ferramentas. A qualidade dos produtos se beneficia com o PCM, que contribui para o aumento do desempenho dos equipamentos, resulta em melhor qualidade dos produtos, aumenta a confiabilidade e disponibilidade da infraestrutura, aperfeiçoa níveis de controle do estoque de peças, atualiza registros de manutenção dos equipamentos, conhece melhor a base de custos da manutenção, bem como identifica e recomenda redução de custos. Foi possível alcançar o sucesso pretendido pela análise correta dos indicadores utilizados e aplicações durante o processo de desenvolvimento do PCM, de maneira a elevar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos. Todo processo de controle inserido e desenvolvido durante a criação do PCM pode ser considerado como um benefício para o processo de Gestão da Manutenção, desde o nascimento dos primeiros processos de controle utilizados.

Palavras-chave: PCM. Implantação. Manutenção. Gestão.

Abstract: The work presents the Maintenance Planning and Control Technique-PCM in a sugar and ethanol company, at Usina Estivas-RN, during the supervised internship during the company's off-season. In Brazil, the PCM technique It started to be used in the early 90's. Maintenance Planning and Control - PCM is an area originated from maintenance that aims to technically support the activities and processes of this segment, managing and controlling its tools. Product quality benefits from PCM, which contributes to increased equipment performance, results in better product quality, increases infrastructure reliability and availability, improves parts inventory control levels, updates equipment maintenance records , knows better the maintenance cost base, as well as identifies and recommends cost reduction. It was possible to achieve the desired success by the correct analysis of the indicators used and applications during the PCM development process, in order to increase the reliability and availability of the equipment. Every control process inserted and developed during the creation of the PCM can be considered as a benefit to the Maintenance Management process, since the birth of the first control processes used.

Keywords: PCM. Iplantation. Maintenance. Indicators. Management.

1 INTRODUÇÃO

Diante de um mercado competitivo, as empresas necessitam cada vez mais se adaptarem ao mercado, uma dessas formas é a otimização dos processos visando reduzir custos de produção, mantendo qualidade dos produtos e serviços. O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) têm muito a contribuir neste quesito. Segundo Souza (2008), o PCM é uma técnica de manutenção amplamente aplicada tanto no continente europeu quanto nos EUA.

No Brasil a técnica do PCM começou a ser utilizada a partir do início da década de 90. O PCM é "um conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa, usando meios disponíveis." (Branco Filho, 2008, p. 5). O uso destas técnicas e conceitos é essencial para aumentar a lucratividade, disponibilidade e confiabilidade das máquinas. Nas empresas esta função é suportada por uma equipe de manutenção, que é reconhecida como contribuinte para a medição da empresa. Os objetivos principais do PCM podem ser descritos como aumentar produção, aperfeiçoar níveis de controle do estoque de peças, atualizar registros de manutenção dos equipamentos, conhecer a base de custos da manutenção, bem como identificar e recomendar redução de custos.

Tal atividade deve promover a disponibilidade dos equipamentos para atender, durante todo o tempo, o processo de produção para se evitar perdas por paradas não programadas. Nesse contexto tem-se a proposição do tema: Planejamento e Controle de Manutenção em uma Empresa de cana de açúcar e etanol alcançar o sucesso pretendido, para isso é de vital importância a análise correta dos indicadores utilizados e como foram aplicados durante o processo de desenvolvimento do PCM de maneira a elevar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos influenciando diretamente na receita.

Como justificativa pontua-se a baixa confiabilidade e alto índice de máquinas paradas têm grande impacto na receita de empresas. Esses indicadores chaves de desempenho da manutenção estão ligados a diversos fatores, entre eles o principal e mais impactante é a falta de uma gestão eficiente, por isso a importância de um bom planejamento. Este trabalho mostra a importância dos indicadores oriundos do PCM e como eles podem auxiliar no desenvolvimento de tratativas a fim de melhorar o processo e a gestão como um todo, elevando a rentabilidade da organização estudada.

Nesse contexto; a implementação do PCM contribui para a melhoria de desempenho nos indicadores de manutenção tendo como objetivo reduzir as chances de falhas de equipamentos, programando as manutenções de forma estratégica e assim otimizar o desempenho das instalações como um todo, aumentando a vida útil do maquinário e reduzindo as falhas.

Com a programação das manutenções, as chances de ocorrerem problemas com os ativos são menores, aumenta a segurança dos operadores e promove uso eficiente de aparelhos com os ativos em pleno funcionamento, há redução do desgaste de peças e componentes fundamentais consumindo também menos energia. Em elevar a produtividade, uma vez que as interrupções ou emergências ocorrem com menos frequência ou também são eliminadas. Para conter perdas, ao programar as paradas, as perdas na produção são contidas, reduzindo desperdícios e também perdas provocadas pelas falhas dos equipamentos.

Para garantir uso dos itens de segurança com os critérios estabelecidos pelo PCM, existem boas práticas para os operadores de máquinas, equipamentos e verificações de segurança periódicas. Prevenir acidentes de trabalho e doença ocupacional

Ao evitar falhas dos equipamentos, principalmente daqueles críticos, como empilhadeiras, caldeiras, entre outros, evita-se acidentes de trabalho e doenças ocupacionais como surdez, LER, etc. Minimizar custos de manutenção (preventiva ou preditiva) é muito mais barata que uma corretiva, pois o objetivo é a conservação dos componentes de ativos e não a substituição por novas peças.

A qualidade dos produtos se beneficia com o PCM, o aumento do desempenho dos equipamentos resulta em melhor qualidade dos produtos, aumenta a confiabilidade e disponibilidade da infraestrutura e pode desempenhar seu papel com sucesso durante o intervalo de tempo entre as manutenções, sem ocorrer interrupções.

Nesse trabalho análise e identificação dos benefícios de implementação do PCM no gerenciamento e controle dos processos de manutenção de equipamentos na empresa Usina Estivas são verificados, assim como as etapas e indicadores do PCM implantadas, resultados alcançados e oportunidades de melhorias evidenciadas.

Como metodologia a pesquisa é de natureza exploratória e tem como finalidade proporcionar maiores informações sobre o assunto a ser analisado, entender os conceitos aplicados no processo de implementação do PCM. Raupp e Beuren (2004), afirmam que o estudo dessa natureza permite aprofundar no assunto estudado para facilitar o seu entendimento e a condução de pesquisa. Foi utilizado como método de pesquisa o estudo de caso como estratégia, estruturado em torno de questões básicas que referem ao como e ao por que da investigação. Através dos dados adquiridos facilitou a análise crítica sobre os conceitos e técnicas de gerenciamento de manutenção utilizada.

2. MANUTENÇÃO

Segundo o autor Almeida (2014) pode-se definir o termo manutenção como um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento, e ao reparo de máquinas, peças, moldes e ferramentas. Ele traz a origem da palavra manutenção, que é derivada do latim “manus tenere” que significa “manter o que se tem”. Isso implica que ela é utilizada para manter uma máquina ou equipamento em um bom estado de funcionamento.

Quanto ao conceito de manutenção, não atua apenas em máquinas e ferramentas que estão em operação, mas também na elaboração de um projeto

pensando em critérios para facilitar as operações futuras, este são a acessibilidade para substituição e disposição de peças de um equipamento e até no dimensionamento das peças e componentes, assim tornando possível a realização de manutenções em qualquer tipo de máquina que passou por bom planejamento do seu projeto.

Desde o início da industrialização, as máquinas, ferramentas, materiais e tecnologia passaram por um grande processo de evolução a fim de atender as necessidades das empresas e pessoas, ficando cada vez mais eficientes e modernas. O mesmo processo ocorreu com a manutenção em seus procedimentos básicos, e também em procedimentos mais avançados, como na sua "Administração" e no desenvolvimento de novos tipos de manutenção, como afirma Almeida (2014). Para Pinto e Xavier (2009) a evolução da manutenção ocorreu desde os anos 30 onde a mesma foi dividida em quatro gerações.

Primeira Geração que abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, com indústrias pouco mecanizadas, e equipamentos em sua maioria superdimensionados, com suas questões produtivas sem prioridade levando a uma manutenção não sistematizada, este período pode ser marcado pela manutenção corretiva (conserto após a falha).

Segunda Geração que ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, entre os anos de 1950 e 1970, o cenário pós-guerra aumentou as demandas por todos os tipos de produtos e em contrapartida diminuiu o contingente de mão de obra industrial, o que resultou em um forte período de aumento da mecanização. Houve o surgimento do conceito de disponibilidade e confiabilidade com foco em uma maior produtividade, que levou a ideia de que falhas dos equipamentos poderiam ser evitadas, assim resultando em manutenção preventiva (por tempo). Com o aumento de manutenções, seus custos aumentaram em relação a outros custos operacionais ocasionando em um aumento dos sistemas de planejamento e controle de manutenção onde eram feitos de forma manual ou em computadores grandes e lentos.

Terceira Geração que aconteceu após a década de 70 onde houve uma aceleração do processo de mudança nas indústrias, bem como pelo crescimento da automação e mecanização. Na área de manufatura, os efeitos de períodos de paralisação foram agravados pela tendência just-in-time onde pequenas pausas na produção/entrega poderiam paralisar a fábrica. Para evitar essas paralisações e

atender a outras necessidades, foi aumentada a utilização de conceitos de manutenção preditiva e análise de risco, bem como da aplicação do conceito de confiabilidade pela engenharia e na manutenção, do desenvolvimento do processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade e de softwares para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção permitidos devido aos computadores pequenos e rápidos.

A Quarta Geração acontece desde meados dos anos de 1995 até o presente, e as expectativas da terceira geração ainda existem. Nesta geração a disponibilidade se torna o principal medidor de desempenho para a manutenção, seguida pela confiabilidade. Teve um aumento significativo referentes a manutenção preditiva com o objetivo de reduzir drasticamente as falhas prematuras, ocasionando em uma minimização das manutenções preventivas e corretivas não planejadas. Novos conceitos surgiram para melhorar o desempenho dos equipamentos, como a análise de falhas, técnicas de confiabilidade, manutenção e também do custo do ciclo de vida. Evolução da Manutenção Fonte: Pinto e Xavier (2009).

3.1 TIPOS DE MANUTENÇÕES

Podem-se identificar os principais e mais utilizados tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Produtiva Total e a Manutenção Centrada na Confiabilidade. Cada tipo apresenta um objetivo, pontos fracos e fortes diferentes, assim deve ser feita uma análise para identificar qual irá atender mais em cada situação.

3.1.1 Manutenção Corretiva

A Seleme (2015) chama a manutenção corretiva de manutenção emergencial, e diz que este tipo ocorre onde um equipamento/máquina é operado sem manutenção até que ocorra uma quebra, para então ocorrer a manutenção solucionando a falha apresentada. Esse tipo de manutenção tem foco em corrigir uma falha ou defeito tendo como ação principal restaurar as condições normais de funcionamento do equipamento ou melhorar sua eficiência. Não oferece vantagem alguma, pois se baseia apenas na realização dos reparos necessários para o retorno da disponibilidade do equipamento para suas atividades e tornando produtivo novamente.

Essas paradas inesperadas resultam em gastos elevados e perda de produção, gerando prejuízo para a empresa. Falha: "Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida "(NBR 5462-1994)". Defeito: "Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos". Um defeito pode, ou não, afetar as capacidades de um item desempenhar uma função requerida" (NBR 5462-1994). Formas: Manutenção Corretiva não Planejada (Emergencial), decorrente de uma falha que acontece de forma aleatória, colocando a máquina fora de operação de modo não esperado. Costumam ser manutenção com custos elevados e que exigem urgência no conserto.

Manutenção Corretiva Planejada provém de uma falha que compromete o desempenho da máquina, onde ela continua em operação, porém com menor produtividade. Possui um custo de manutenção inferior ao da não planejada, mas ainda com alto custo e não exige tanta urgência, já que poderá ser planejada com antecedência quando será realizada a manutenção.

3.1.2 Manutenção Preventiva

A Manutenção preventiva, Figura 1, é toda forma de atuação para evitar uma falha que ocorre de forma sistemática, ou seja, procura prevenir uma queda de desempenho por meio de acompanhamento periódico, Pinto e Xavier (2009). Diferentemente da manutenção corretiva, temos nessa uma data pré-determinada para manutenção da máquina, levando em consideração alguns fatores para seus planejamentos de parada como tempo de uso, ciclo de operações, especificações do fabricante ou a própria política da empresa.

Para que ocorra de forma eficaz esse modelo de manutenção, a empresa tem de ter um controle das revisões e deixar tudo registrado, pois as informações são de vital importância para realização das próximas paradas, nisso trazendo uma ampliação do tempo de vida útil da máquina, menor custo, maior agilidade e consequentemente maior disponibilidade. Apresenta um plano de manutenção preventiva, onde contém informações de identificação da operação realizada, data prevista de execução, data de execução, identificação do equipamento, responsável pela elaboração e responsável pela aprovação.

Figura 1 Roteiro de execução de manutenção preventiva.

PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor 10 cristizador Massa C	Equipamento apresenta folga na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor elevador de caneca da vetek	Equipamento apresenta folga na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor elevador de caneca da vetek	Vazamento de óleo no retentor
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor elevador de caneca da Salgytter	Corrigir alinhamento do conjunto
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor elevador de caneca da Salgytter	Corrigir alinhamento do conjunto
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor da rosca 04 secador de açúcar	Corrigir alinhamento do conjunto
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor da rosca 04 secador de açúcar	Corrigir alinhamento do conjunto
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor 01 massa C	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Bomba nemo 01 massa C	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor 02 massa C	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Bomba nemo 02 massa C	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor 01 massa B	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Bomba nemo 01 massa B	PREVENTIVA
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor malaxeur massa B	Redutor apresenta folga no engrenamento
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor malaxeur massa C	Equipamento apresenta folga na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor malaxeur massa C	Equipamento apresenta folga na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor rosca sem fim massa B	Equipamento apresenta desgaste na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Redutor rosca sem fim massa B	Equipamento apresenta desgaste na transmissão
PREVENTIVA	FABRICAÇÃO DE AÇUCAR	Motor 01 de massa cristalizada	Substituir rolamentos

Fonte: Usina Estivas

3.1.3 Manutenção Preditiva

Segundo Pinto e Xavier (2009) a manutenção preditiva tem como objetivo prevenir falhas nos equipamentos e sistemas através de acompanhamentos dos parâmetros variados (medição de temperatura, porosidade, ruído entre outros), permite que a operação do equipamento seja feita continuamente pelo maior tempo possível. O principal objetivo da Manutenção Preditiva é beneficiar a disponibilidade devido a não ocorrência da intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são feitas com o próprio equipamento em funcionamento.

À medida que os componentes vão se deteriorando com o passar do tempo até certo grau de degradação e novos sintomas vão surgindo, é tomada a decisão de parar o equipamento. Esse tipo de acompanhamento permite uma organização prévia do serviço em questão, além disso, ajuda nas decisões e alternativas relacionadas à produção. Pode se dizer então que a Manutenção Preditiva anuncia de forma antecipada as condições dos equipamentos, fazendo com que uma intervenção seja realizada de forma planejada.

3.1.4 Ordem de Serviço

As Ordens de Serviço (OS) ou Ordens de Trabalho (OT) constituem no principal documento do PCM. Define e detalha os serviços a serem executados e indicam os meios e recursos necessários a realizar. Recebem as apropriações que

alimentam o sistema financeiro da organização e fornecem os dados necessários ao histórico de manutenção, dentre outros.

As ordens de serviços são geradas pelo PCM a partir das solicitações de serviço ou dos planos de 52 semanas. Compete aos planejadores aprofundamento dos serviços, criando as ordens que devem conter no TAG (identificação) do equipamento para grupamento por especialidade. Nela contém a descrição do tipo de serviço (Inspeção, Manutenção Preditiva, Preventiva ou Corretiva). As tarefas são: definição da mão-de-obra especialista, indicação dos procedimentos de trabalho aplicáveis, ferramentas e máquinas de apoio necessárias à análise de risco das atividades, os EPIs especiais necessários, identificar motivos de bloqueio de serviços, material, liberação, mão-de-obra.

Este detalhamento permite definir com relativa precisão a expectativa de duração das ordens de serviços (OS) e proporciona uma visão global das atividades de manutenção, que inclui:

Os planos de 52 Semanas, carga futura, tamanho da lotação necessária, previsão de consumo de materiais e sobressalentes A quantificação para a contratação de serviços de terceiros, distribuição percentual de aplicação de técnicas de: inspeção e manutenção preditiva, manutenção preventiva, manutenção corretiva (a qual deve ser percentualmente decrescente da primeira para a terceira).

4. PCM

O PCM é um conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa, usando meios disponíveis. A manutenção está presente em várias atividades diferentes da empresa; estando ligada diretamente no desempenho final, de modo a gerenciar os recursos e manter um bom desempenho para não alterar a qualidade dos serviços e ou produtos.

4.1 ORGANIZAÇÃO

Para sincronizar todos os processos que interagem na manutenção é importante adotar mecanismos de identificação e controle, que devem permitir identificar e avaliar. Para Viana (2002), de modo a controlar a manutenção de uma empresa, essa deve manter um nível base de organização, que deve ser realizado

pelo PCM. Essa base auxiliará principalmente na identificação dos equipamentos, no qual, segue com cronograma, codificação de equipamentos, fluxogramas de serviço e ordem de manutenção:

- Cronograma: sistema de identificação dos equipamentos serve como base para a organização, lançamentos e planejamento da manutenção. Pelo sistema PIRÂMIDE é possível extrair de forma rápida informações como: histórico do equipamento e manutenção de itens, localização, custos com manutenção e etc.
- Fluxograma de serviço: estabelece regras organizacionais oriundas dos planos de manutenção, inspeções, requerimento da área de operação e corretivas.
- Ordem de manutenção: autorização do serviço de manutenção a ser executado, de modo a organizar e registrar a manutenção executada. Cada pendência de manutenção na maquinaria deve necessariamente possuir um registro e constituir em uma OS.

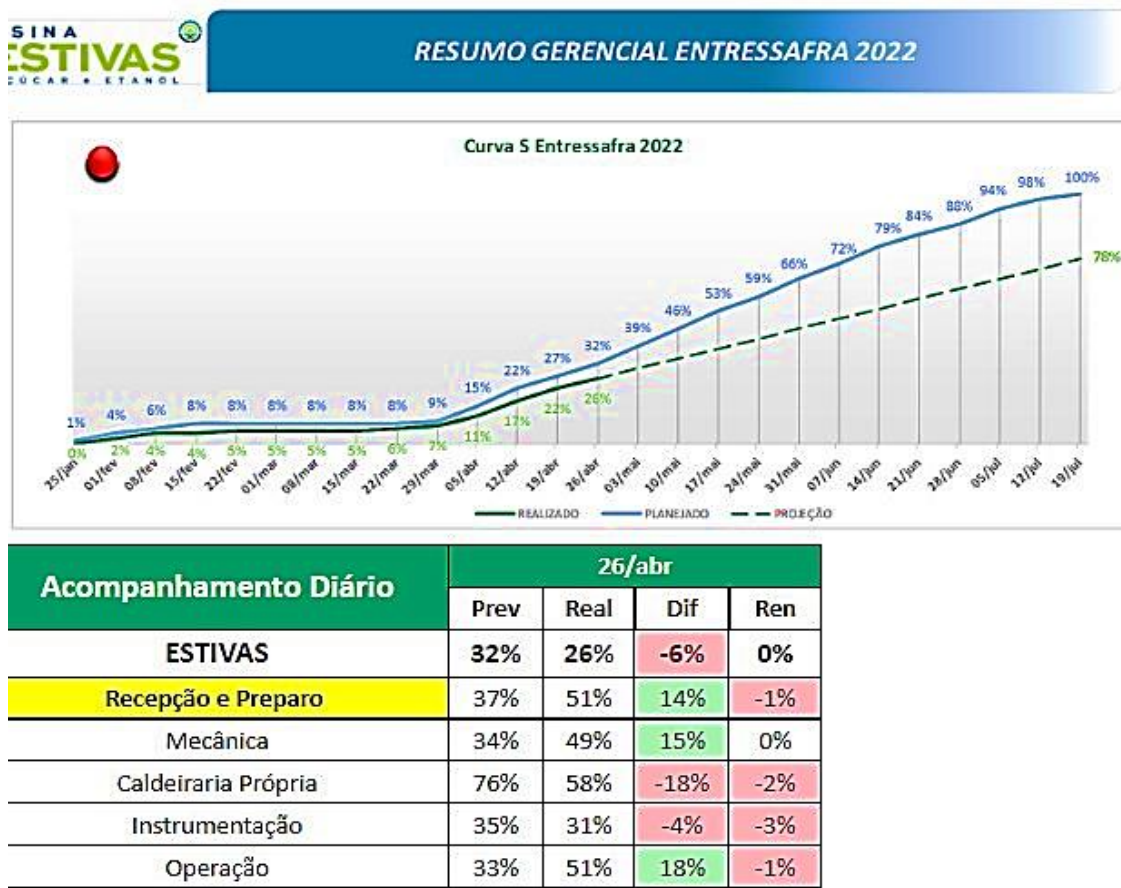
4.2 PLANO DE MANUTENÇÃO

São informações para orientação de atividades de manutenção preventiva. Representa o detalhamento da estratégia de manutenção assumida por uma empresa. Assim, para a melhor execução de uma manutenção, o PCM é responsável pelos planos de manutenção, que são informações que servirão como orientação de tudo que será realizado em uma manutenção com detalhamento dos recursos necessários para a execução de serviços, a fim de aumentar a sua produtividade e qualidade.

É uma programação de fundamental importância para empresas de todos os portes, pois, define quando e quem fica responsável pelas vistorias e devidas intervenções. Influencia diretamente no tempo de inatividade dos equipamentos e na produtividade de forma geral. Com o plano sendo realizado de forma eficaz tem-se um maior controle da vida útil do equipamento, além de desenvolver um histórico de manutenções, qualquer intervenção é registrada para mensurar os custos e a viabilidade. Para ter esse controle é necessário uma estrutura bem definida, contando com os prazos que variam de acordo com o tipo de manutenção (corretiva, preditiva, preventiva), além de uma equipe de colaboradores capacitados para executar e controlar as ferramentas de gestão. Conforme coleta de dados, Figura 2, acompanhamento diário da gerência.

Figura 2. Acompanhamento diário da gerência

Marcos	Dias
Início de Safra	80
Início de Safra (dias úteis)	56



Fonte: Usina Estivas

4.2.1 Índices da Manutenção

O PCM deve escolher meios para acompanhar um processo e isso é possível através dos indicadores de manutenção, Figura 3, que são índices que refletem o desempenho da manutenção. Cada indicador pode agregar, ou não, valor a uma empresa, por isso é preciso analisar aqueles que serão mais úteis para a situação. Existem muitos indicadores da manutenção, alguns apresentam grande utilidade para a maioria das empresas, entre eles podemos citar MTBF, MTTR, confiabilidade, disponibilidade.

Figura 3. Índice de manutenção

Modo da		% concluíd	Duração	Início	Término
	MECÂNICA - Entressafra 2022	58%	85,8 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	RECEP. CANA	65%	85,5 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	MOENDA	65%	85,5 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR	59%	85,8 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	DESTILARIA	54%	85,7 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	UTILIDADES	52%	85,8 dias	Seg 24/01/22	Sex 15/07/22
	CO-GERAÇÃO	86%	68 dias	Seg 24/01/22	Seg 20/06/22
	LABORATÓRIOS	48%	78,3 dias	Sex 28/01/22	Ter 12/07/22
	ARMAZÉM	34%	83,6 dias	Qua 26/01/22	Sex 15/07/22

Fonte: Usina Estivas

4.2.1.1 MTBF

Significa Tempo médio entre falhas, onde se considera o fim e o início de uma nova falha no equipamento. Para o cálculo do MTBF de um equipamento utiliza-se a equação (1): $MTBF = \text{somatório das horas de trabalho em bom funcionamento} / \text{número de paradas por manutenção corretiva}$:

Quanto maior o valor de MTBF obtido, melhor será para a empresa. Diretamente ligado aos fatores de paradas e de horas em funcionamento, onde o resultado de um MTBF maior foi consequência de menor número de paradas para manutenção corretiva ou um maior somatório de horas de trabalho em funcionamento do equipamento, ou seja, um maior tempo de operação sem falhas.

4.2.1.2 MTTR

É a média dos tempos gastos para reparar um equipamento. Faz o cálculo da média aritmética para determinação do MTTR, como expresso matematicamente na equação (2): $MTTR = \text{somatório dos tempos de reparo} / \text{número de intervenções realizada}$.

Diferentemente de MTBF, é melhor para a empresa, um resultado menor de MTTR, já que se ele abaixar em relação ao último cálculo, menor será ter sido o tempo que o equipamento ficou parado para a realização do seu último reparo.

4.2.1.3 Confiabilidade

A confiabilidade é o sucesso de um item em realizar um trabalho sem falhas e quebras em certo intervalo de tempo e em condições previamente conhecidas. Em 1960 foi criado pela FAA (Federal Aviation Administration) um estudo e desenvolvimento de um programa de confiabilidade, onde concluíram que para certos itens, uma manutenção preventiva pode não ser eficaz e que revisões programadas afetam pouco o nível de confiabilidade do item.

A confiabilidade deve apresentar valores entre zero e um e que os axiomas clássicos da probabilidade podem ser aplicados em cálculos de confiabilidade. Para calcular a confiabilidade de um equipamento durante um determinado tempo, utiliza-se a equação (3) a seguir: $R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \times 100$

% (3) onde λ = número de falhas / número de horas de operação = 1 MTBF de Cálculo de Confiabilidade.

4.2.1.4 Disponibilidade

Capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção. Supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

A disponibilidade de um equipamento específico pode ser obtida pela equação (4) a seguir, no qual pode ser utilizada para cálculo da proporção da disponibilidade: $D = \frac{\text{tempo disponível para utilização}}{\text{tempo disponível} + \text{tempo ocioso}}$ (4) Onde: Tempo disponível= MTBF Tempo ocioso= MTTR Assim $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$

Sabendo-se dados como o tempo médio de funcionamento e também do tempo médio de reparo de um equipamento, podemos calcular a sua disponibilidade.

4.3 FMEA

Metodologia de origem norte americana, na qual constitui de procedimentos para desempenhar um modo de falha, seus efeitos e análise da sua criticidade. e tem como objetivo determinar efeito de falha em um equipamento ou sistema, ou seja, busca detectar potenciais falhas futuras e determinar ações preventivas. Para

Viana (2002), com a utilização dessa ferramenta, torna-se possível a responder às seguintes perguntas:

- Quais são os modos de falhas possíveis de ocorrer?
- Quais componentes do sistema, ou subsistemas, serão afetados por esses modos de falhas?
- Quais os efeitos das falhas ao sistema, ou subsistema, em termos de danos físicos, segurança, perda financeira e qualidade final do produto?
- Qual ação, ou ações, pode ser tomada para evitar a ocorrência de falha?

Tendo todas as respostas para as perguntas acima, pode-se realizar o controle de falhas dentro da manutenção, prevenindo problemas futuros, antes que eles venham a ocorrer:

Pinto e Xavier (2009) afirmam que especialistas recomendam a adoção de três níveis de FMEA, que são de projeto, sistema e processo:

4.3.1 Histórico de revisões

Quadro 1. Histórico de revisões

Revisão	Data	Responsável	Descrição das Alterações
08	13/03/2020	Supervisor de manutenção	Documento original. Substitui o documST PR 000024

Fonte: Usina Estivas

4.3.2 Requisitos regulamentares

Resolução RDC nº 42, de 29 de Agosto de 2013 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.

- Portaria nº 326, de 30 de julho de 1997 - Regulamento Técnico Sobre as Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação Para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.

- Resolução RDC nº 275, de 21 de Outubro de 2002 - Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de

Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.

- CFR - Code of Federal Regulations Title 21 - Sec. 178.3570 - Lubricants with incidental food contact.

4.3.3 Fluxo de publicação

Quadro 2. Fluxo de publicação

Elaborador	Validador	Aprovador
Supervisor de manutenção Industrial	Gerente industrial	Gerente industrial

Fonte: Usina Estivas

5. RESULTADOS

A coleta de dados ocorreu conforme acompanhamento abaixo para garantir maior precisão e confiabilidade dos resultados obtidos, Figura 4.

Figura4: Acompanhamento

Acompanhamento Diário	26/mai				27/mai				28/mai		
Início de Safra	51				50				49		
Início de Safra (dias úteis)	35				34						
ESTIVAS	Prev	Real	Dif	Ren	Prev	Real	Dif	Ren	Prev	Real	Dif
	62%	55%	-7%	0%	63%		-63%	-56%	63%		-63%
Recepção e Preparo	66%	74%	8%	1%	67%		-67%	-75%	67%		-67%
Moenda	66%	63%	-3%	0%	67%		-67%	-64%	67%		-67%
Caldeiras	60%	49%	-11%	-1%	61%		-61%	-50%	61%		-61%
Cogeração	55%	65%	10%	1%	56%		-56%	-66%	56%		-56%
Fabricação de Açúcar	63%	53%	-10%	-1%	64%		-64%	-54%	64%		-64%
Fabricação de Etanol	57%	52%	-5%	1%	58%		-58%	-53%	58%		-58%
Laboratórios	55%	46%	-9%	-1%	56%		-56%	-47%	56%		-56%
Armazéns	60%	56%	-4%	0%	62%		-62%	-58%	61%		-61%
Pacote Caldeiraria	35%	24%	-11%	-11%			0%	11%			0%

Fonte: Usina Estivas

Através da pesquisa qualitativa foi possível detalhar o processo de implantação do setor de Planejamento e Controle de Manutenção na Usina Estiva. Foi perceptível que o comprometimento com a evolução contínua levou em conta a observância da ética, a responsabilidade social, a valorização empresarial com a melhoria contínua de produtos e serviços. Bem como; o desenvolvimento do ser humano e o respeito indispensável ao meio ambiente. A equipe de manutenção para atender as necessidades da empresa e colocar em prática as ferramentas e controles em processo de implantação sempre á disposição de inovações.

Toda movimentação de equipamentos passou pelo Sistema PIRÂMIDE (Pirâmide contábil/financeiro). O relatório foi elaborado nos momentos da mobilização e da desmobilização de veículos/máquinas/equipamentos próprios e terceirizados, de forma rastejável, Figura 5.

Figura 5. Rastreabilidade

CENTRO DE CUSTO	MATERIAL/ SERVIÇO	APLICAÇÃO	STATUS
1192944	MATERIAL	Aquisição de camisas inferior de saída moenda ZANINI e camisa superior moenda ZANINI. Além do serviço	27/01: pedido enviado ao fornecedor, início das entregas em julho com término em dezembro. Felipe informou 14/03: Previsão de entrega 10/06/2022
1192944	MATERIAL	Aquisição de camisas inferior de saída moenda ZANINI e camisa superior moenda ZANINI. Além do serviço	27/01: pedido enviado ao fornecedor, início das entregas em julho com término em dezembro. Felipe informou 14/03: Previsão de entrega 10/06/2022
1192944	SERVICO	Mão de obra especializada para desmontar, inspecionar, ajustar e montar 01 (uma) camisa superior perfurada "NOVA" (Ø 990 mm), da Moenda Zanini-MB 36"x 72", em eixo de sua propriedade, a ser enviado	27/01: pedido enviado ao fornecedor, início das entregas em julho com término em dezembro. 02/03: Felipe informou: conforme informado no WhatsApp, os serviços dos eixos ainda não foram
1192944	SERVICO	Mão de obra especializada para desmontar, inspecionar, ajustar e montar 04 (quatro) camisas interiores com	27/01: pedido enviado ao fornecedor, início das entregas em julho com término em dezembro. 02/03: Felipe informou: conforme informado no WhatsApp, os serviços dos eixos ainda não foram
1192944	SERVICO	Mão de obra especializada para revestimento de solda inox nas faces da camisa, com 50 mm de largura x 3	27/01: pedido enviado ao fornecedor, início das entregas em julho com término em dezembro. 02/03: Felipe informou: conforme informado no WhatsApp, os serviços dos eixos ainda não foram
1192944	SERVICO	Solicitação referente ao serviço de inspeção, revisão, alinhamento e montagem de acionamento da moenda	REALIZADO (02/03) 15/03: NFS-e 161 será entregue ao recebimento
1192944	SERVICO	Solicitação referente ao serviço de inspeção em componentes mecânicos industriais.	REALIZADO
1192212	MATERIAL	Compra de rolamentos CONE/CAPA 48190/48120 e M224748/M224710 para aplicação em torno mecânico.	ENTREGUE
1192212	MATERIAL	Compra de rolamentos CONE/CAPA 48190/48120 e M224748/M224710 para aplicação em torno mecânico.	ENTREGUE
1192158	SERVICO	Serviço de Hidrojateamento de 04 caldeiras para preparação do Ensaio IRI.	REALIZADO
1192158	SERVICO	Serviço de Ensaio IRI de 04 caldeiras e Moto/Desmolo equipe	27/01: pedido enviado. 11/03: Serviço em andamento (previsão de término no dia 18/03)
1192155	SERVICO	Reforma Corrente 113/c p=6", r=0 81mm, c.p.inox, (bucha 1,0 a 1,2mm), (chapa) das esteiras de cana nº 02 e 01	27/01: pedido enviado para o fornecedor. Correntes para reforma chegaram recentemente e estão em fase de desmontagem, pode
1192155	SERVICO	Reforma Corrente 116/c p=8", r=0 101,6mm, c.p.inox (chapa) da esteira de cana nº 01.	27/01: pedido enviado para o fornecedor. Correntes para reforma chegaram recentemente e estão em fase de desmontagem, pode
1192158	SERVICO	Reforma Corrente 305/c p=8", r=0 81mm, c.p.inox, adit. 04 eixos, borb. Ch. 1/2" furo 17,5mm (c/c=120) c/ raio sup	27/01: pedido enviado para o fornecedor. Correntes para reforma chegaram recentemente e estão em fase de desmontagem, pode
1192158	SERVICO	Reforma Corrente 308/c p=8", r=0 81mm, c.p.inox, adit. 04 eixos, borb. Ch. 1/2" furo 17,5mm (c/c=120) raio Alivi	27/01: pedido enviado para o fornecedor. Correntes para reforma chegaram recentemente e estão em fase de desmontagem, pode

Fonte: Usina Estivas

O preenchimento PIRÂMIDE ou ERP evidenciou as condições em que o equipamento se apresenta, no momento do início e término da utilização para a safra. Após emissão e aprovação do comunicado de desmobilização de equipamentos, seus componentes devem ser inspecionados novamente evidenciando as condições do equipamento após sua atividade. Caso haja suspeita de que o custo da reforma ou manutenção do equipamento seja desvantajoso para a empresa, o Engenheiro Mecânico deve inspecionar os componentes e relacionar o custo. No ERP de Mobilização são creditados na empresa de destino os valores referentes às avarias pendentes do equipamento.

A vantagem de se utilizar esse relatório é que ele possibilita realizar a apropriação das despesas por manutenção ou mal uso para o centro de custo correto. O coordenador deve identificar os equipamentos através de teste e os dados alimentar a planilha, gerando um banco de dados capaz de auxiliar no controle das informações e vida útil que tem a responsabilidade de inserir as informações sobre o desgaste de cada equipamento.

O acompanhamento permite controlar o momento ideal em que cada equipamento deve passar pelo processo de recuperação, ampliando o aproveitamento reduzindo os custos em até 60% comparados a um novo, Figura 6.

Figura 6. Sistema Pirâmide

Fonte: Usina Estivas

A falta de manutenção preventiva é uma das principais causas de indisponibilidade de equipamentos e dos altos custos de manutenção. As manutenções são solicitadas pela Ordem de Serviço e executadas através do Plano de Manutenção, que orienta periodicidades e ações para cada família de equipamento. As paradas são registradas no relatório de máquinas paradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebeu-se que a interação entre indicadores e ferramentas da gestão de manutenção na Usina Estivas, influenciou nos índices de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, que impactam diretamente o faturamento da empresa estudada.

Com base nessa realidade, todo processo de controle inserido e desenvolvido durante a criação do PCM pode ser considerado como um benefício para o processo de Gestão da Manutenção. Desde o nascimento dos primeiros processos de controle utilizados, o PCM contribuiu para o aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos da usina e diminuiu os custos com a manutenção corretiva emergencial, através da intensificação do uso do plano de manutenção preventiva.

Pode-se concluir que a implantação do PCM contribuiu consideravelmente para o desempenho dos indicadores de manutenção para prevenir possíveis perdas de equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 5462-1994 Confiabilidade e manutenibilidade. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8044/abnt-nbr5462>> Acesso em 5 de junho de 2021.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica, 2014.

BEUREN, Ilse Maria. (coord.). Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2003.

BRANCO FILHO, Gil. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

CRESWELL, John W., e Vicki L. Plano CLARK. Pesquisa de Métodos Mistos. 2o edição, Penso, 2013.

DHILLON, B. S. Engineering maintenance: a modern approach. 2ª. ed. Florida: CRC Press, 2002.

FILHO, G. B. A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda.; 2008.

FOGLIATTO, Flavio S., e José Luís Duarte RIBEIRO. Confiabilidade e manutenção industrial. 2009.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luís Duarte. Confiabilidade e manutenção industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIL, Antônio C. Método e Técnicas de Pesquisa Social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2007. Gil AC. Como elaborar projetos e pesquisa. 3a ed. São Paulo: Atlas; 1995.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Auricélio Barros. Engenharia de Manutenção. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Biblioteca A, PUC-Go.

MAGDA Maria Ventura 1,2 O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa - Pedagogia Médica.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, v. 1. Fernando P. Administração da produção. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. Manutenção: Função Estratégica. 3. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 45.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da pesquisa aplicável às Ciências Sociais. In: BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2004, p. 76-97.

SEIXAS, Eduardo de Santana. Confiabilidade Aplicada na Manutenção, Rio de Janeiro, 2002.

SELEME, Robson. Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento. 1a edição, InterSaberes, 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, José. Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): Uma abordagem analítica. Ponta Grossa, UTFPR: 2008.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM. Planejamento e Controle da Manutenção. 1a edição, Quality Mark, 2002.