IMPACTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA DISPONIBILIDADE DE UMA PLANTA DE CALCÁRIO/FOSFATO NO CONTEXTO DA ESTRUTURAÇÃO DE UMA MINERADORA

Nivaldo dos Reis Junior [(1)] (reisjuniormec@gmail.com), Lucas da Silva Cunha[(1)] (lucascunhabr@gmail.com) Gabriel do Carmo Dantas [(2)] (dan.tas@hotmail.com), Lucas Costa Brito [(2)] (brito.lcb@gmail.com), Jorge Nei Brito [(1)] (brito@ufsj.edu.br)

[(1)] Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Grupo de Estudos e Pesquisas Laboratório de Sistemas Dinâmicos (Gep_LASID)
[(2)] Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Departamento de Ciências Naturais (DCNAT)
[(3)] Universidade Federal de Uberlândia (UFU); Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC)

RESUMO: *A implementação do PCM - Planejamento e Controle da Manutenção têm como objetivo o aumentar e a vida útil do equipamento e redução das paradas por manutenção corretiva não planejada, esse trabalho tem como objetivo apresentar e analisar o impacto da manutenção preventiva na disponibilidade de uma planta de calcário/fosfato, onde se tem elevado índice manutenção corretiva tendo em vista que a média nacional segundo divulgado no Documento Nacional da Abraman de 2017, para mineração de 60% de manutenção corretiva no total de manutenções aplicadas na empresa, sendo apresentado técnicas usadas na manutenção com foco na redução do tempo de paradas corretivas, com auxílio de métodos como MTBF e MTTR, Índice de Corretiva e Índice de Preventiva, Disponibilidade Física. Concluindo a redução de horas com manutenção corretiva com aplicação da preventiva aumenta a disponibilidade do equipamento, redução das paradas não programadas para execução de corretivas, redução no custo H/H quando se tem menor gasto com mão de obra no tempo de manutenção não programada, menor desgaste dos equipamentos do ativo, aumento da vida útil do ativo além de maior confiabilidade quanto ao uso.*

PALAVRAS-CHAVE: *Manutenção Preventiva, Indicadores de Manutenção, Disponibilidade, PCM.*

IMPACT OF PREVENTIVE MAINTENANCE ON THE AVAILABILITY OF A LIMESTONE/PHOSPHATE PLANT IN THE CONTEXT OF THE STRUCTURING OF A MINING COMPANY.

ABSTRACT: *The implementation of PCM - Maintenance Planning and Control aims to increase the useful life of the equipment and reduce unplanned corrective maintenance stops, this work aims to present and analyze the impact of preventive maintenance on the availability of a limestone/phosphate plant, where there is a high rate of corrective maintenance, considering that the national average, according to the Abraman National Document of 2017, for mining is 60% of corrective maintenance in the total maintenance applied in the company. Techniques used in maintenance are presented with a focus on reducing the time of corrective stops, with the help of methods such as MTBF and MTTR, Corrective Maintenance Index and Preventive Maintenance Index, and Physical Availability. Concluding the reduction of hours with corrective maintenance with application of preventive maintenance increases the availability of equipment, reduction of unscheduled stops for execution of corrective, reduction in cost H / H when there is less spending on labor in the time of unscheduled maintenance, less wear of the equipment of the asset, increased useful life of the asset and greater reliability as to use.*

KEYWORDS: *Preventive Maintenance, Maintenance Indicators, Availability, PCM.*

1. INTRODUÇÃO

O setor de mineração global vem passando por diversas mudanças nos últimos anos, com avanço das tecnologias empregadas desde a pesquisa da área de mineração até a expedição do produto, globalização de comodities e a velocidade de acesso a dados e informações, o tempo entre revoluções está cada vez mais curto.

Na mineração de fertilizantes tem-se esse choque de mudanças num ritmo mais acelerado. Isso se deve devido ao aumento da população global e agravamento da fome no mundo. Segundo relatório do Estado da Segurança Alimentar e Nutrição no Mundo 2022, lançado pela ONU, o número de pessoas afetadas pela fome em todo o mundo subiu para 828 milhões em 2021. Isso significa uma alta de cerca de 46 milhões desde 2020 e 150 milhões desde o início da pandemia de Covid-19.

O Brasil importa 85% dos fertilizantes que consome, a Rússia é responsável por 23% dessas importações, sendo o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo e o maior importador desses insumos. Em 2021, dos mais de 40 milhões de toneladas de fertilizantes consumidos no país, 85% foram importados. A parcela das importações na demanda interna de adubos e fertilizantes tem crescido ano a ano: em 2017, os importados representavam 76% do total, segundo dados da Anda (Associação Nacional para Difusão de Adubos), (ONU, 2023).

Com o mercado aquecido na área de fertilizantes nacionais o aumento pela competitividade e consolidação de novas empresas no setor, faz com que as organizações procurem ferramentas e recursos, com ênfase nas melhores práticas de otimização de recursos, eliminação de desperdícios, consciência ambiental, aumento da produtividade e disponibilidade dos equipamentos, são ferramentas fundamentais para maior competividade.

Sendo essas ferramentas imprescindíveis para atingir as metas estipuladas pelas organizações, contudo deve-se utilizar metodologias de gerenciamento e gestão voltadas para o setor. A manutenção nesse cenário é considerada uma função estratégica tendo em vista a sua importância com relação aos resultados da empresa.

A execução da Manutenção dentro de uma empresa permite garantir maior confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Para que isso ocorra são necessários acompanhamentos, revisões periódicas e manutenções preventivas, preditivas e corretivas. A maioria das intervenções feitas pela manutenção tendem-se a serem feitas de forma programas e periódicas, necessitando de elaboração para sua execução. A Manutenção Preventiva tem como procedimento a forma de reduzir ou evitar falhar ou a redução na performance do ativo, respeitando um planejamento antecipadamente elaborado, definidos com base em períodos definidos como: tempo, quilometragem, ciclo de produção, números de ciclos ou por conhecimento da vida útil do equipamento ou instalação.

Através de metodologias, como aplicação de tagueamento, tem-se uma melhor identificação dos equipamentos, das coleta de dados através de relatos diários, da elaboração do escopo de parada em conjunto com planejamento e melhores práticas gerenciais na manutenção.

O estudo e aplicação de técnicas, ferramentas e processos de gestão com foco na disponibilidade dos ativos incorpora vários setores da organização. O conteúdo começa desde a coleta de dados com a inspeção até a comparação com literaturas com, destaque para avaliação das melhores práticas executadas.

Esse estudo de caso tem como objetivo principal a análise dos dados coletados para diminuição do tempo de manutenção corretiva e maior disponibilidade do ativo quanto a parada para execução de manutenções.

2. MÉTODOS

A confiabilidade nos ativos deve ser considerada como fundamental na estratégia financeira e produtiva da empresa. Neste contexto a manutenção dos ativos é primordial para aumento da confiabilidade e dispobilidade, a fim de evitar a degradação dos ativos causados pelo desgaste natural e pela operação. Degradação atinge o sistema produtivo de diversas formas como baixa qualidade e produtividade afetando a sobrevivência da empresa. A manutenção dos ativos desempenha a função papel de destaque quanto a melhorias dos ativos afetando a produtividade acima do esperado que não podem passar despercebidos. A conservação dos ativos resulta em ganhos desmedidos para a indústria, a manutenção tem o intuído de reduzir ao máximo as paradas corretivas não programadas, duração da vida útil do equipamento prolongada ou de acordo com a especificação do fabricante, evitar a queda de produção e qualidade que elevam a relação valor de produção versus valor de venda trazendo maior competividade no mercado.

Categoricamente, a manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462, 1994).

Segundo Kardec e Nascif (2019) a Manutenção para exercer papel estratégico, precisa ser voltada para os resultados empresariais da Organização, sendo preciso sobretudo deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz. Não basta apenas reparar o equipamento ou a instalação tão rápida quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para Operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção de forma não planejada.

2.1. Indicadores de Manutenção

2.1.1. MTBF (*Mean Time Between Failures*) | TMEF (Tempo Médio Entre Falhas)

Segundo Viana (2022), o MTBF (*Mean Time Between Failures*), em português TMEF (Tempo Médio Entre Falhas), é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento, considerando apenas tempos corretivos, pelo somatório de eventos de intervenções corretivas neste equipamento no período, Equação 1, onde HP "Horas Programadas para Produção" e HMC são as "Horas de Manutenção Corretiva".

$$\text{MTBF} = \frac{(\text{HP} - \text{HMC})}{\sum \text{Eventos Corretivos}} \quad (1)$$

2.1.2. MTTR (*Mean Time To Repair*) | TMR (Tempo Médio Para Reparo)

Segundo Viana (2022), o MTTR (*Mean Time To Repair*), em português TMR (Tempo Médio Para Reparo), é definido como sendo a divisão entre a soma do tempo de indisponibilidade para a operação devido às Horas de Manutenção Corretiva (HMC) pelo somatório de eventos de intervenções corretivas no período, Equação 2.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{HMC}}{\sum \text{Eventos Corretivos}} \quad (2)$$

Se o valor do MTBF for aumentando é um indicativo positivo para a Manutenção. Indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo e, consequentemente, o total de horas disponíveis para a operação, aumentando (VIANA, 2022).

2.1.3. Disponibilidade Física

A DF (Disponibilidade Física) é a capacidade de um item estar em condições de executar uma 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 (NBR 5462-1994).

A DF (Disponibilidade Física), Equação 3, representa a relação entre HT (Hora Trabalhadas) e as HG (Horas Totais no Período), onde HMT são as "Horas de Manutenção Totais".

$$\text{DF} = \frac{\text{HP} - \text{HMT}}{\text{HP}} \text{ x } 100\% \quad (3)$$

2.2. Planejamento de Paradas de Manutenção

A importância da elaboração de planejamento de paradas é de extrema importância. Dentre suas atribuições estão as apresentadas a seguir.

- Coordenação de reuniões estratégicas entre os setores da planta, operação, suprimentos, segurança, manutenção etc.

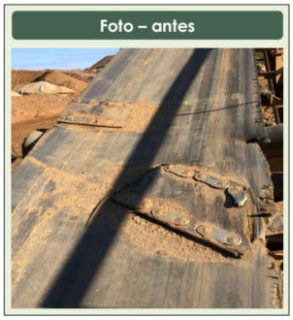
- Contratação de mão de obra terceirizadas, alocação de equipamentos de elevação de carga, definição de caminho crítico e melhoria de manutenibilidade.

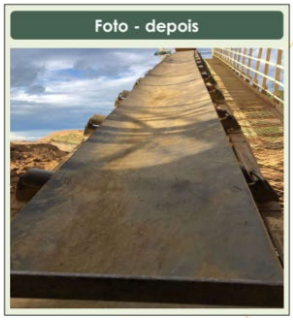
- Elaboração de relatórios de lubrificação, inspeção, fotografias antes e depois da parada, laudos que servirá como histórico técnico para planejamento, inspeção e execução de atividades futuras; exemplos de atividades realizadas e com inspeção e laudo para memorização técnica.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 tem-se exemplos de atividades realizadas.

Figura 1. Atividades Realizadas | Exemplo 1.

Atividade 09 – Dados:	
Descrição:	Troca da correia da TC-07 24"
Executante:	1 Vulc. e 1 Aux.
Equipamento:	TC-07
Tempo Execução:	08:00 h

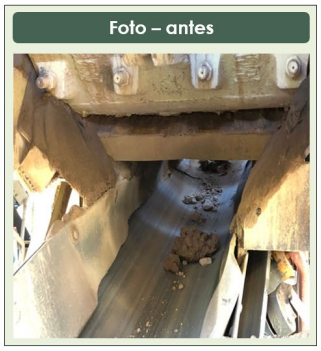




Fonte. Autor (2022).

Figura 2. Atividades Realizadas | Exemplo 2.

Atividade 15 – Dados:	
Descrição:	Melhoria na chapa direcionadora do BR-01 p/ a TC-01
Executante:	Roberto e João
Equipamento:	BR-01
Tempo Execução:	01:30 h





Fonte. Autor (2022).

Figura 3. Atividades Realizadas | Exemplo 3.

Atividade 16 – Dados:	
Descrição:	Instalação da proteção do contra peso
Executante:	Dalton, Lincon e Divino
Equipamento:	PN-01
Tempo Execução:	02:00 h

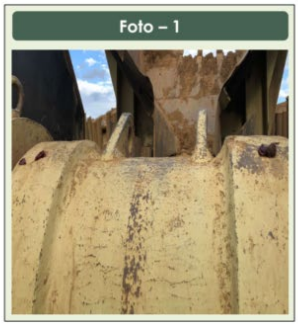




Fonte. Autor (2022).

Figura 4. Atividades Realizadas | Exemplo 4.

Atividade 19 – Dados:	
Descrição:	Lubrificação dos equipamentos
Executante:	Fábio e Silvano
Equipamento:	P300
Tempo Execução:	02:30 h



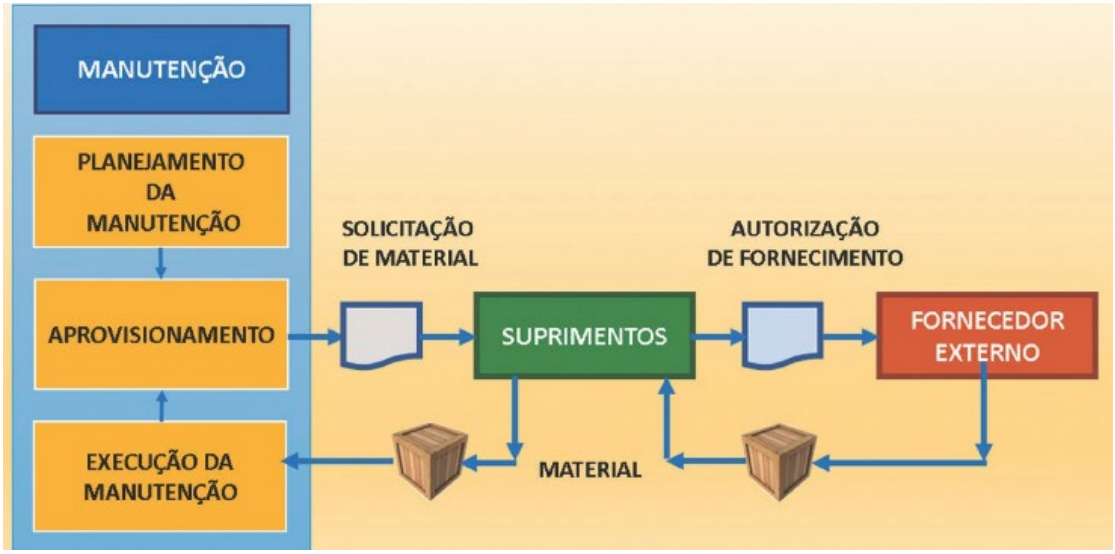


Fonte. Autor (2022).

2.3. Interface Manutenção-Suprimentos

Segundo Kardec e Nascif (2019), a relação de "Interface Manutenção-Suprimentos", Figura 5, é de importância estratégica para qualquer empresa. Através dela tem-se a substituição de itens em paradas, *renews* (renovações), manutenção diária, ressuprimento automático, compra direta, compras especificas, armazenamentos, estoque de enxuto, qualidade do item de reposição, agilidade no tempo de reparo e entre outras relações que faz com que a organização tenha agilidade, controle e planejamento a curto e longo prazo.

Figura 5. Interface Manutenção-Suprimentos.



Fonte. Kardec e Nascif (2019).

3. ESTUDO DE CASO

O "Estudo de Caso" qualitativo é caracterizado como dispêndio de boa parte do tempo no local, pessoalmente em contato com as atividades/operações do caso. Refletindo e revisando significados dos acontecimentos. Enumera que a pesquisa qualitativa requer: observação, entrevistas, codificação, gestão de dados e interpretação. Diante do exposto, o líder deve sintetizar, apanhando as críticas do grupo e fontes dos dados de modo cético (STAKE, 2000; FLYVBJERG, 2004).

Para elaboração do objetivo principal do trabalho, utilizou-se uma mineração de pequeno porte brasileira localizada no estado de Minas Gerais para estudo de caso. A mineração está presente no mercado nacional de fertilizantes, busca aumentar a sua competitividade através da maior disponibilidade de seus equipamentos e redução dos custos com manutenções.

Os dados foram coletados com base nos métodos de critério, avaliação, relatos e estruturação gráfica com uso do Microsoft Excel®, análise da disponibilidade por meio da redução das Manutenções Corretivas, Indicadores de Manutenção (MTBF, MTTR, IC-IP e Disponibilidade Física).

3.1. Tagueamento

A termologia Tagueamento vem da palavra inglesa eu "TAG" significa "Etiqueta de Identificação". O termo Tagueamento, nas indústrias de transformação, representa a identificação da localização das áreas operacionais e seus ativos físicos. Eles facilitam a representatividade para elaboração de relatórios, paradas, busca nos sistemas informatizados de suprimentos, manutenção e fiscal, colaborando para o Controle da Manutenção.

O Tagueamento é a base da organização da manutenção, pois ele será o mapeamento da unidade fabril, orientando a localização de processos, e de ativos físicos para receber manutenção (VIANA, 2022).

3.2. Relatório Diário

Os "Relatórios Diários" são fundamentais para controle das horas de operação, manutenção corretivas e ordens de serviço, o preenchimento correto dos relatórios com ações realizadas e tempo gasto de cada equipamento torna-se fundamental para aplicação de medidas preventivas e análises de falhas dos ativos.

No caso de estudo os "Relatórios Diários" são a base de coleta de dados com eles temos os tempos de paradas corretivas diários de cada equipamento por TAG".

A coleta de dados de Manutenção Corretiva e Manutenção Preventiva vem do "Relatórios Diário" e "Relatório de Manutenção" do período de agosto de 2022 à dezembro de 2022, sendo também feita a comparação anual de Manutenções Corretivas.

3.3. Planejamento

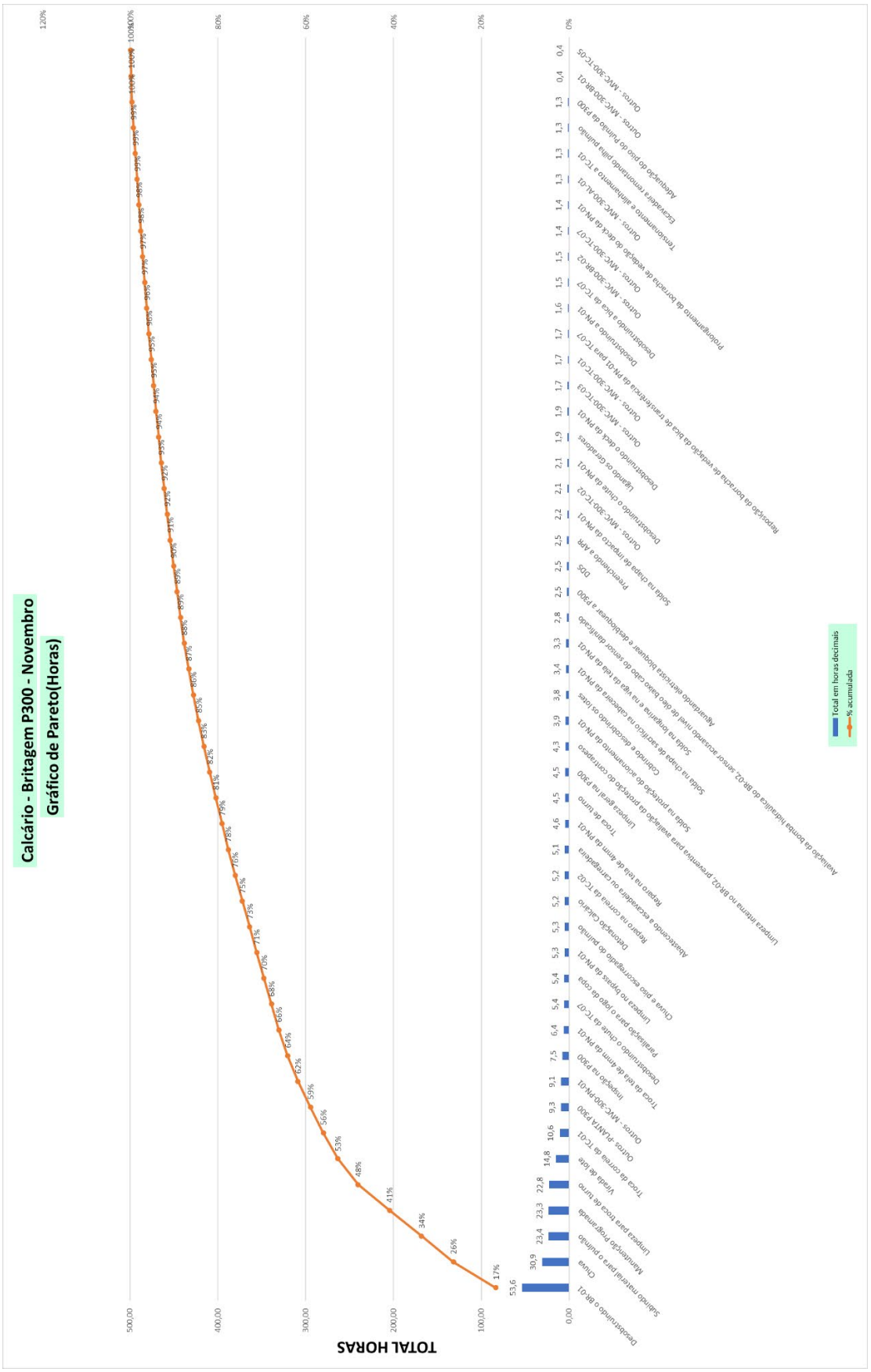
As atividades de "Planejamento" são executadas em conjunto com o PCM - Planejamento e Controle da Manutenção e com PCP - Planejamento e Controle de Produção, são integrados ao modelo de Gestão da Manutenção afim de conservação, limpeza e execução de Ordens de Serviço.

3.4. Melhores Práticas Gerenciais na Manutenção

As "Melhores Práticas Gerenciais na Manutenção" são as que demostram soluções com resultados mais eficientes dentro de um processo sistemático, sendo adaptadas para atender as demandas de cada organização. Cada uma tem suas singularidades físicas e operacionais.

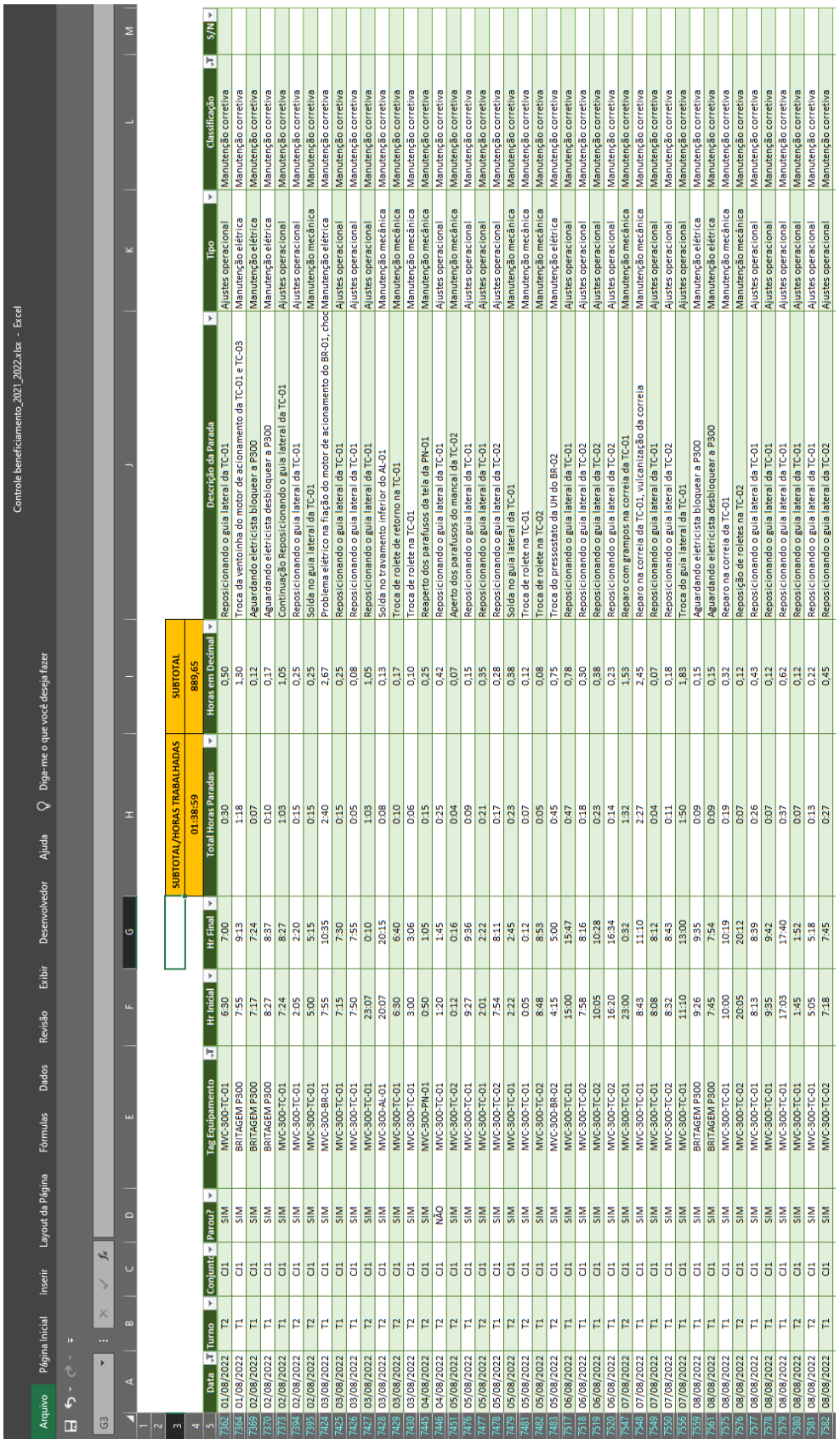
Para a análise de falhas tem-se ferramentas consagradas como Histórico, Gráfico de Pareto, Padronizações e além de inúmeros meios de análise para encontrar a causa raiz das falhas. Na Figura 6 tem-se o Gráfico de Pareto e na Figura 7 tem-se o Histórico. Ambas as figuras foram geradas no Microsoft Excel®.

Figura 6. Calcário | Britagem P300 | Novembro | Horas Paradas.



Fonte: Autor (2022).

Figura 7. Exemplo do banco de dados dos "Relatórios Diário".



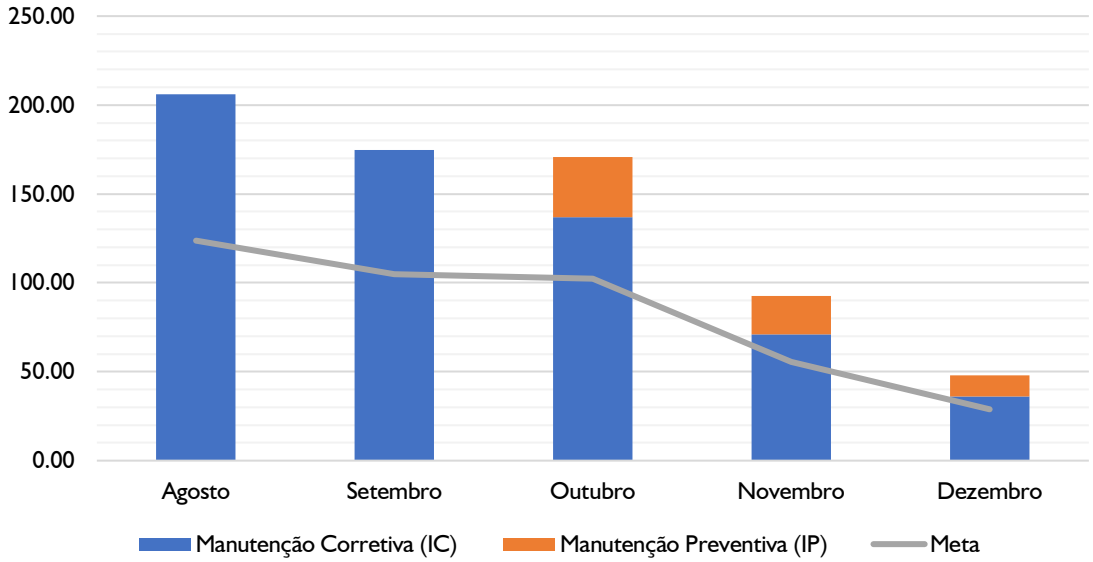
	Data	Turno	Conjunto	Parou?	Taq Equipamento	Hr Inicial	Hr Final	Total Horas Paradas	Horas em Decimal	Descrição da Parada	Tipo	Classificação	S/N
7362	01/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	6:30	7:00	0:30	0,50	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7364	01/08/2022	T1	C11	SIM	BRITAGEM P300	7:55	9:13	1:18	1,30	Troca da ventoinha do motor de acionamento da TC-01 e TC-03	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7366	02/08/2022	T1	C11	SIM	BRITAGEM P300	7:17	7:24	0:07	0,12	Aguardando eletricista bloquear a P300	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7370	02/08/2022	T1	C11	SIM	BRITAGEM P300	8:27	8:37	0:10	0,17	Aguardando eletricista desbloquear a P300	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7373	02/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	7:24	8:27	1:03	1,05	Continuação Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7394	02/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	2:05	2:20	0:15	0,25	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7395	02/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	5:00	5:15	0:15	0,25	Solda no guia lateral da TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7424	03/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-BR-01	7:55	10:35	2:40	2,67	Problema elétrico na fiação do motor de acionamento do BR-01, choc	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7425	03/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	7:15	7:30	0:15	0,25	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7426	03/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	7:50	7:55	0:05	0,08	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7427	03/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	23:07	0:10	1:03	1,05	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7428	03/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-AL-01	20:07	20:15	0:08	0,13	Solda no travamento inferior do AL-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7429	03/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	6:30	6:40	0:10	0,17	Troca de rolete de retorno na TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7430	03/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	3:00	3:06	0:06	0,10	Troca de rolete na TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7445	04/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-PN-01	0:50	1:05	0:15	0,25	Reaperto dos parafusos da tela da PN-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7446	04/08/2022	T2	C11	NÃO	MVC-300-TC-01	1:20	1:45	0:25	0,42	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7451	05/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-02	0:12	0:16	0:04	0,07	Aperto dos parafusos do mancal da TC-02	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7476	05/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	9:27	9:36	0:09	0,15	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7477	05/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	2:01	2:22	0:21	0,35	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7478	05/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	7:54	8:11	0:17	0,28	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7479	05/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	2:22	2:45	0:23	0,38	Solda no guia lateral da TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7481	05/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	0:05	0:12	0:07	0,12	Troca de rolete na TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7482	05/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	8:48	8:53	0:05	0,08	Troca de rolete na TC-02	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7483	05/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-BR-02	4:15	5:00	0:45	0,75	Troca do pressostato da UH do BR-02	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7517	06/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	15:00	15:47	0:47	0,78	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7518	06/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	7:58	8:16	0:18	0,30	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7519	06/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	10:05	10:28	0:23	0,38	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7520	06/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	16:20	16:34	0:14	0,23	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7541	07/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	23:00	0:32	1:32	1,53	Reparo com grampos na correia da TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7548	07/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	8:43	11:10	2:27	2,45	Reparo na correia da TC-01, vulcanização da correia	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7549	07/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	8:08	8:12	0:04	0,07	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7550	07/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	8:32	8:43	0:11	0,18	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7555	07/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	11:10	13:00	1:50	1,83	Troca do guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7559	08/08/2022	T1	C11	SIM	BRITAGEM P300	9:26	9:35	0:09	0,15	Aguardando eletricista bloquear a P300	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7561	08/08/2022	T1	C11	SIM	BRITAGEM P300	7:45	7:54	0:09	0,15	Aguardando eletricista desbloquear a P300	Manutenção elétrica	Manutenção corretiva	
7575	08/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	10:00	10:19	0:19	0,32	Reparo na correia da TC-01	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7576	08/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-02	20:05	20:12	0:07	0,12	Reposição de roletes na TC-02	Manutenção mecânica	Manutenção corretiva	
7577	08/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	8:13	8:39	0:26	0,43	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7578	08/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	9:35	9:42	0:07	0,12	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7579	08/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-01	17:03	17:40	0:37	0,62	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7580	08/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	1:45	1:52	0:07	0,12	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7581	08/08/2022	T2	C11	SIM	MVC-300-TC-01	5:05	5:18	0:13	0,22	Reposicionando o guia lateral da TC-01	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	
7582	08/08/2022	T1	C11	SIM	MVC-300-TC-02	7:18	7:45	0:27	0,45	Reposicionando o guia lateral da TC-02	Ajustes operacional	Manutenção corretiva	

Fonte: Autor (2022).

4. RESULTADOS

Para analisar a efetividade da estruturação da manutenção preventiva em um curto intervalo de tempo foi levado em consideração a quantidade de horas, paradas com manutenção corretiva com e sem aplicação da manutenção preventiva. O período considerado foram os meses de agosto a dezembro do ano de 2022, com produção de calcário e fosfato em períodos alternados dependendo da disponibilidade de material, Figura 3.1.

Figura 8. Índice de Manutenção.



Fonte: Autor (2022).

Na Tabela 1 tem-se a "Composição dos Custos Manutenção", segundo o "Documento Nacional de 2017" publicado pela Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos, (ABRAMAN, 2017).

Tabela 1. Composição dos Custos Manutenção.

Setor	Manutenção Corretiva	MPS(Manutenção Prenvetiva Sistemática)	MPC(Manutenção Preventiva Condicional	Outras Atividades de Manutenção
Açucar e Alcool, Alimento e Bebidas	42%	40%	18%	0%
Aeronautico e Automotivo	42%	48%	4%	5%
Eletroeletrônicos e Energia Elétrica	28%	44%	12%	16%
Químico e Saneamento	25%	50%	20%	5%
Mineração e Siderúgico	60%	23%	13%	5%
Petróleo e Petroquímica	47%	39%	14%	0%
Papel, Celuloses e Plástico	24%	31%	31%	14%
Predial e Prestação de Serviços	45%	44%	5%	6%
Máquinas e Equipamentos - Metalúrgico	25%	48%	7%	20%

Fonte: Autor (2022).

De acordo com os dados da Tabela 1, a média de porcentagem no setor de mineração para Manutenção Corretiva é de 60%, a de Manutenção Preventiva Sistemática é de 23% e a de Manutenção Preventiva Condicional é de 13%.

Na Tabela 2 tem-se os valores das Manutenções Corretiva e Preventiva em horas/mês 2022 ocorridas na empresa, as manutenções realizadas atualmente na empresa são aplicadas entre corretiva e preventiva, pode-se observar a relação mês a mês da aplicação delas sendo que observamos redução significativa quando aplicada a preventiva frente a corretiva. Exemplo de comparação quando aplicada a preventiva constantemente a corretiva tende-se a reduzir e significativamente a preventiva acompanha essa redução, elevando a disponibilidade do ativo com relação as manutenções.

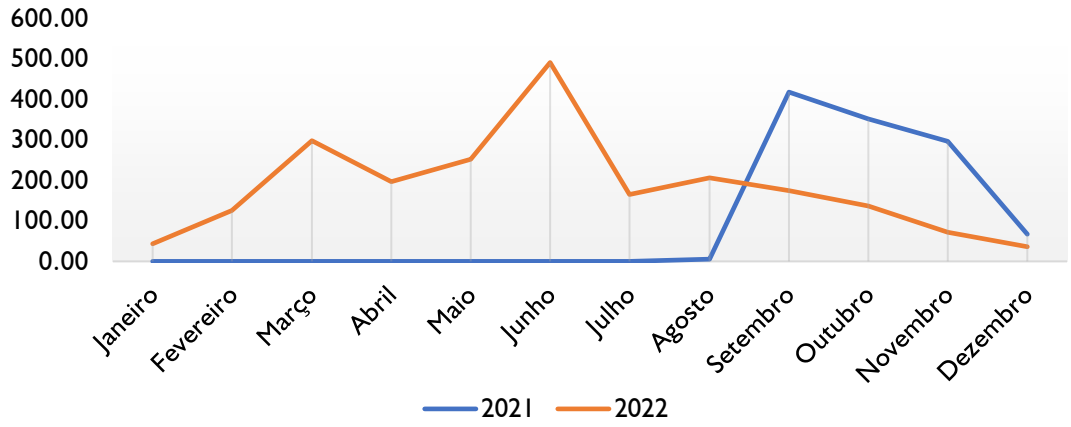
Tabela 2. Valores das Manutenções Corretiva e Preventiva em horas/mês 2022.

Tipo de Manutenção	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Manutenção Corretiva	206,20	174,60	136,90	71,18	36,10
Manutenção Preventiva	0,00	0,00	33,77	21,30	12,00

Fonte: Autor (2022).

A comparação desde o ano de 2021, ano da implementação da planta com o ano de 2022 na relação de horas gastas com Manutenção Corretiva é apresentada na Figura 9.

Figura 9. Horas com Manutenção Corretiva 2021-2022.



Fonte: Autor (2022).

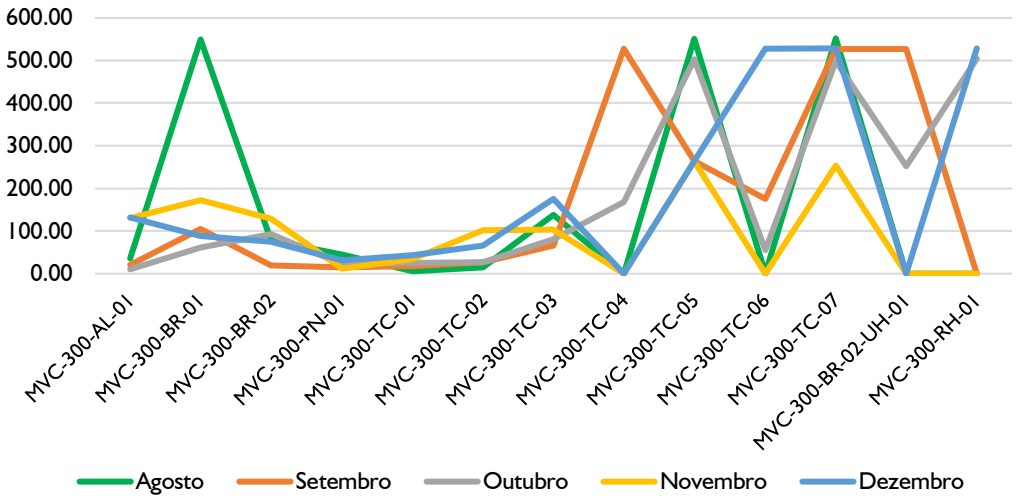
A qual representa o tempo gasto em cada mês com início em agosto de 2021 com a conclusão e início de operação da planta P300. A coleta dos dados de horas gastas torna-se fundamental para implementação de atividades pontuais em determinadas épocas do ano, com base nos desgastes de equipamentos críticos, tipo do material que está sendo britado, desgaste natural, condições climáticas e material a ser passado no caso da planta em questão calcário ou fosfato.

Segundo Viana (2022) os "Indicadores da Manutenção", MTBF e MTTR, comparados mês a mês, são importantes para identificar o comportamento dos equipamentos diante as ações realizadas pela manutenção. Quanto maior o valor do MTBF melhor a confiabilidade do ativo físico. Quanto menor o indicador MTTR mais maduro o atributo de Mantenabilidade do ativo físico.

Na Figura 10 tem-se a análise do estudo de caso da planta na questão do MTBF de cada componente de agosto a dezembro de 2022. Com avaliação de mês a mês tende-se a atacar pontos críticos dos componentes com intuído de aumentar o tempo médio entre as falhas para um índice de confiabilidade maior do ativo em questão, como exemplo a variação do equipamento MVC-300-BR-01 nos meses analisados existe uma queda no MTBF consequente uma melhoria no mês de novembro.

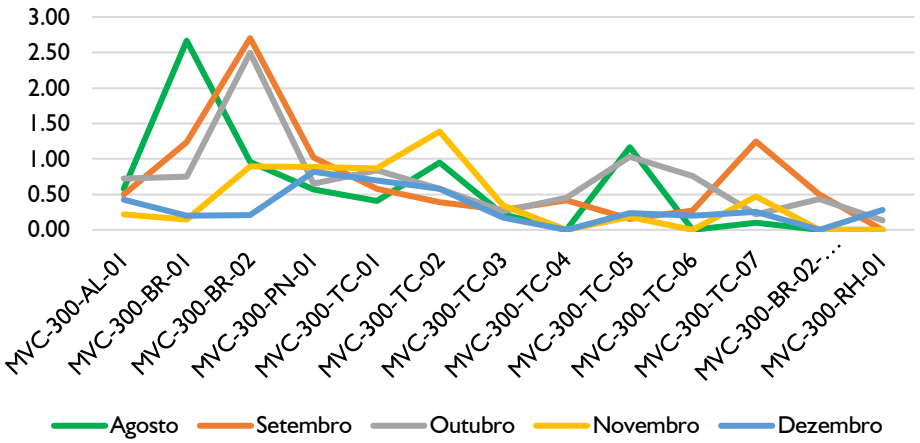
Na Figura 10 tem-se a análise do estudo de caso da planta na questão do MTTR de cada componente de agosto a dezembro de 2022. Com base nas coletas de dados apresentada analisamos a redução do tempo médio de reparo quanto menor esse tempo médio melhor o valor do MTTR do componente, um exemplo desse redução do índice temos o componente MVC-300-BR-02 que nos meses de setembro e outubro apresentou altos índices com base em reparos que precisaram de maior tempo ou por falta de material de manutenção, podemos ver com nos meses subsequentes houve uma redução significativa do índice sendo essa redução possível pela análise dos dados coletados.

Figura 10. MTBF (Mean Time Between Failures) | TMEF (Tempo Médio entre Falhas).



Fonte: Autor (2022).

Figura 11. MTTR (Mean Time To Repair) | TMR (Tempo Médio de Reparo).



Fonte: Autor (2022).

5. CONCLUSÕES

O presente estudo de caso objetivou demostrar a importância da Manutenção Preventiva na diminuição do tempo de Manutenção Corretiva e no aumento de disponibilidade do ativo com base nos indicadores de manutenção, em uma empresa de mineração calcário/fosfato no estado de Minas Gerais. Para tal fim, valeu-se a coleta de dados como instrumento principal de pesquisa documental, com base nos dados fornecidos pelos setores de PCP e PCM.

A partir dos dados coletados, pode-se observar a diminuição das horas manutenção corretiva respectivamente no período de agosto a dezembro de 206,20 h a 36,10 h; com aplicação percentual menor a cada parada programada com manutenção preventiva dos equipamentos.

Portanto uma redução de 100% de corretiva para 75,05%, valor próximo da média brasileira segundo os resultados apresentados pela ABRAMAN no ano de 2017. Consequentemente a redução desse período com manutenção corretiva traz ganhos para empresa, a maior disponibilidade do equipamento elevando a produtividade diária, redução no custo H/H quando se tem menor gasto com mão de obra no tempo de manutenção não programada, menor desgaste dos equipamentos do ativo, aumento da vida útil do ativo além de maior confiabilidade quanto ao uso.

A aplicação de técnicas com o intuito de melhores práticas gerenciais na manutenção ocasiona em soluções com resultados eficientes para os processos as organizações, planejamento e as interações entre setores proporcionam desenvolvimento entre os setores. Na relação do desenvolvimento futuro, a adoção de práticas de manutenções preditivas através da coleta de dados a campo com apoio do inspetor e emissões de O.S. (Ordens de Serviços), viabiliza uma nova análise quanto a disponibilidade e qualidade da manutenção aplicada.

A busca pela melhor relação entre os tipos de manutenção tem sido um fator crucial para empresa, com essa redução de horas pode-se diminuir as horas gastas com empresas terceirizadas quanto a manutenção e fabricação de peças e equipamentos, diminuição do banco de horas de

colaboradores da manutenção e melhor relação na interface manutenção-suprimentos sendo essa responsável pela redução de itens parados no estoque.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO. Documento Nacional - 2017: A situação da manutenção no Brasil. Rio de Janeiro.

CRISE DE FERTILIZANTES ARRASTA METADE DO MUNDO PARA INSEGURANÇA ALIMENTAR. Guiné-Bissau, 14 dez. 2022. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2022/12/1806712. Acesso em: 10 jan. 2023.

FLYVBJERG, Bent. Five Misunderstanding about Case Study Research. In: SEALE, Clive et al. (Eds.) Qualitative research practice. London: Sage, 2004. P.420-434.

FOLGLIATTO, Flávio Sanson; DUARTE, José Luis Ribeiro. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier: Abrepro, 2011.

FOME CRESCE NO MUNDO E ATINGE 9,8% DA POPULAÇÃO GLOBAL. Brasil, 6 jul. 2022. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2022/07/1794722. Acesso em: 10 jan. 2023.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção - Função estratégica. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2019. 560 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2022.

OUTRAS FONTES CONSULTADAS

ARRUDA, Nathan da Silva. Implementação de um Sistema da Gestão de MANUTENÇÃO Preventiva Industrial. 2019. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Rs, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20078/TCC%20-%20Nathan%20da%20Silva%20Arruda.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 05 jan. 2023.

GOMES, Lucas Vinício. Metodologias para Melhoria dos Processos de Manutenção Aplicadas nas Indústrias. 2016. Disponível em: https://www.linkedin.com/pulse/metodologias-para-melhoria-dos-processos-de-aplicadas-silva-gomes. Acesso em: 02 jan. 2023.

ITSS TECNOLOGIA. MTTR e MTBF: Entenda a importância dessas métricas para a manutenção. 2021. Disponível em: https://itsstecnologia.com.br/blogs/mttr-e-mtbf-entenda-a-importancia-dessas-metricas-para-a-manutencao/ Acesso em: 08 dez. 2022.

MEGIOLARO, Marcello Rodrigo de Oliveira. Indicadores de Manutenção Industrial Relacionados à Eficiência Global de Equipamentos. 2015. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Utfpr,

Pato Branco, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15030/1/PB_COELT_2015_1_09.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. Manutenção orientada para resultados. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2018.

RODRIGUES, João Propício Dutra. Avaliação da eficiência de peneiramento e perdas de produtividade em usina de beneficiamento de calcário. 2019. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Mineração, Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019.

STAKE, R. E. Case studies. In: DENZIN, N. K. (Edit.); LINCOLN, Y. S.(Edit.). Handbook of qualitative research. Thousand Oaks: SAGE, 2000.

VALENTIM, Édipo de castro. Ferramentas da qualidade aplicadas ao gerenciamento de manutenção: Estudo de caso em uma frota de caminhões. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 01, Vol. 05, pp. 87-136 Janeiro de 2019. ISSN:2448-0959.

POPOV, E. P. Introdução à mecânica dos sólidos. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, EUA, 534 p., 1978.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.