



PLANO ESTRATÉGICO DE MANUTENÇÃO PARA MÁQUINA ESCAVADEIRA DE ESTEIRA: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE LOCAÇÃO DE MÁQUINAS

Higor Cechinel¹

Anderson Daleffe²

Joelson Vieira da Silva³

Gilson de March⁴

Henrique Cechinel Casagrande⁵

Hadrian Martins⁶

Resumo: Tendo em vista a necessidade de uma empresa locadora de equipamentos industriais em aprimorar os seus processos internos relacionados à conservação e manutenção, a fim de garantir a qualidade dos seus serviços e equipamentos, o objetivo deste estudo consistiu em implementar um plano estratégico de manutenção preventiva para uma máquina escavadeira de esteira, já que a mesma apresenta um alto valor agregado tanto em seu valor quanto na manutenção e locação e executa constantes movimentações de cargas. Considerou-se desenvolver e implementar um plano de manutenção preventiva a fim de detectar falhas e intervenções constantes preventivamente, reduzindo as interrupções durante a operação do equipamento. Devido a situação inicial da empresa, que trabalhava sem nenhum planejamento de manutenção dos equipamentos, adotou-se metodologias para a coleta de dados através de informações do fabricante e entrevista com os funcionários da empresa locadora. Com a junção destas informações, foi possível evidenciar as partes importantes do equipamento e aquelas que apresentam maiores desgastes e paradas para manutenção. A partir disso, foram elaborados planos de manutenção periódicos e um Checklist de manutenção preventiva, o qual foi implementado com a empresa locadora. Após a implementação das ações pode-se evidenciar, através dos indicadores de manutenção aplicados, um aumento nas horas disponíveis de aproximadamente 16,5%, aumento do tempo médio entre falhas de aproximadamente 216,5% e uma redução nos custos de manutenção de aproximadamente 76,0%.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva; Parada de Máquina; Escavadeira

1 INTRODUÇÃO

No setor industrial e da construção civil é comum o serviço de locação de máquinas, equipamentos e ferramentas, principalmente pelos altos custos de aquisição

¹ Graduando em Engenharia Mecânica. Ano: 2022-2. E-mail: higor_cechinel@hotmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: Anderson.daleffe@satc.edu.br

³ Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: joelson.silva@satc.edu.br

⁴ Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁵ Mestrando em Eng. Metalúrgica UniSATC E-mail: henrique_cechinel@hotmail.com

⁶ Graduando em Eng. Mecânica UniSATC E-mail: hadrian.martins@satc.edu.br



destes produtos. Além disso, as empresas contratantes ficam protegidas de possíveis gastos com manutenção ou reparo destes equipamentos, sendo que geralmente esses custos estão inclusos no contrato e ficam sob responsabilidade da locadora.

De acordo com Almeida, a manutenção pode ser entendida como o conjunto de cuidados técnicos necessários ao bom funcionamento e, também, ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, ferramentas e instalações. Os cuidados técnicos que são desenvolvidos estão relacionados à conservação, adequação, restauração, substituição e prevenção (Almeida, 2014).

A finalidade da manutenção não é apenas consertar, nem agir antes que a falha ocorra, mas atuar de forma que nenhuma falha aconteça no período em que o sistema foi programado para funcionar, evitando assim, gargalos de produção. Entretanto, estes gargalos gerados nos processos produtivos são muito recorrentes, devido a muitas empresas ainda não possuírem um sistema eficiente de manutenção de seus equipamentos. Visto que, a manutenção preventiva minimiza as paradas imprevistas e, também, a depreciação excessiva do equipamento. Esses dados são alimentados com o número de ocorrências/mês e custo com manutenção/mês (Miot, Daleffe, Fernandes, 2020).

Frente a estes conceitos, evidenciou-se em uma empresa locadora de equipamentos para indústria, situada na cidade de Criciúma, a falta de procedimentos adequados e definidores de manutenção preventiva dos equipamentos disponíveis para locação.

E, por entender que a empresa contratante precisa ter segurança nos equipamentos alugados e garantia de que esses produtos funcionarão em suas melhores condições, faz-se necessário que a locadora possua acompanhamento constante de sua base de equipamentos, englobando serviços de inspeção e manutenção programada. Tais intervenções devem estar definidas em um plano de manutenção do equipamento, possibilitando detectar peças a serem trocadas preventivamente, reduzindo as interrupções na sua operação.

Dessa forma, tendo em vista a necessidade da empresa já citada em aprimorar os seus processos internos relacionados à conservação e manutenção, a fim de garantir a qualidade dos seus serviços e equipamentos, o objetivo deste estudo consistiu em implementar um plano estratégico de manutenção preventiva para uma máquina escavadeira de esteira, já que a mesma apresenta um alto valor agregado na manutenção e locação e executa constantes movimentações de cargas.



Para isso, foi analisado o histórico de paradas do equipamento, determinada a periodicidade de manutenção e elaborado o Plano de Manutenção e Controle. A eficácia da implementação do plano foi avaliada através da análise comparativa dos custos envolvendo o plano proposto de Manutenção Preventiva Custos de manutenções corretivas; e também através da mensuração de alguns indicadores de manutenção utilizados para este fim, como: Disponibilidade, Tempo Médio entre Falhas e Tempo Médio para Reparar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O SEGMENTO DE LOCAÇÃO INDUSTRIAL

A competitividade tornou-se questão de sobrevivência para uma organização, o que força as empresas a otimizar seus retornos financeiros. Dessa forma, o aluguel de equipamentos no setor industrial e da construção civil tem alavancado nos últimos anos.

Conforme o portal Pólitán, “a locação de equipamentos industriais é uma solução bastante viável para empresas que precisam modernizar seu maquinário, mas que não estão em um momento viável para investir”. Dentre as vantagens apresentadas às empresas que utilizam deste serviço, encontram-se: elimina um alto custo de aquisição, não apresentam custos de depreciação e a manutenção é por conta da empresa que está disponibilizando o equipamento (locadora) (Pólitán, 2022).

Entretanto, para ter garantido um bom funcionamento destes equipamentos é preciso que a empresa locadora tenha uma efetiva Gestão da Manutenção dos seus ativos. O que torna uma vantagem para ambas, já que para uma empresa de locação de equipamentos, um dos grandes desafios a ser enfrentado nesse processo diz respeito ao tempo de disponibilidade dos equipamentos locados.

2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (apud Veloso, 2009) entende-se por manutenção “todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado, de modo a permanecer de acordo com uma condição específica”. Ou seja, manutenção é um conjunto de cuidados técnicos



indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

Segundo Fuentes, a manutenção não deve seguir de forma isolada do restante das funções de uma organização e, por isso a gestão da manutenção deve ser um apoio efetivo com o objetivo de se atingir as metas de produção, produtividade, redução de custos, segurança e proteção ambiental. Logo, as atividades de manutenção em equipamentos e estrutura devem ser realizadas e acompanhadas de forma que se atendam a estes objetivos (Fuentes, 2006).

O mercado demanda métodos de fabricação mais dinâmicos, versáteis e econômicos (Varnier, Daleffe, 2023). De acordo com Araújo, deficiências na manutenção podem prejudicar uma empresa de diversas formas. Segundo o autor, equipamentos que perdem o desempenho têm paradas na produção, além de que a fabricação de produtos de má qualidade prejudica o meio ambiente e impacta negativamente na produtividade. Assim, a baixa qualidade e o declínio na produtividade acabam afetando de forma negativa a longevidade da empresa (Araújo, 2021).

Dessa forma, a fim de se evitar o colapso em uma empresa e seu processo produtivo, é essencial a definição de um programa de gestão da manutenção com métodos preventivos e previsão de vida útil de cada elemento do equipamento, definindo assim um plano de manutenção.

Conforme Nunes, a implementação de um plano de manutenção fornece a eliminação ou redução de perdas de produtividade, através de inspeções e trocas de componentes dos equipamentos em períodos pré-determinados, garantindo um aumento da disponibilidade do equipamento e redução nos custos da produção (Nunes et al., 2019).

Entretanto, o gerenciamento da manutenção industrial se apresenta como uma atividade complexa, pois para que a manutenção aconteça de forma eficiente e efetiva, garantindo a utilização de uma máquina ou equipamento com plena capacidade de funcionamento e total disponibilidade, é necessária a aplicação de conhecimentos específicos e adoção de métodos bem estruturados, além da adoção de ferramentas de mapeamento e gestão da manutenção

Conforme Almeida, a manutenção pode ser classificada de acordo com a programação e com seus objetivos. Em função da programação, têm-se a



Manutenção Programada e a Não Programada. E quando classificada em razão dos objetivos, pode ser dividida em seis categorias com base na atitude do executor: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva, manutenção produtiva e manutenção proativa (Almeida, 2014).

A Manutenção Programada ocorre de forma periódica, quando realizada em intervalos fixos de tempo, ou aperiódica, se acontecer em intervalos variáveis. Já a Manutenção Não Programada é a que ocorre de forma imprevista e geralmente é uma intervenção de caráter corretivo (Siqueira, 2005).

Durante muito tempo, as organizações utilizavam-se apenas de Manutenções Corretivas, ou seja, esperava-se que os equipamentos quebrassem para só então realizar o conserto. Nos dias atuais, essa prática danosa foi reduzida, mas ainda ocorrem paradas do equipamento, custos demasiados, excesso de esforço humano e prejuízos diretos e indiretos, decorrentes de falhas de planejamento da manutenção, atentando-se à necessidade de se utilizar outras formas de manutenção, como a Preventiva, Preditiva e Detectiva (Souza, 2007).

2.2.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, segundo Monchy, é efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha, caracterizando-se por ser um processo de manutenção previsto, programado e preparado antes do aparecimento de uma possível falha (Monchy, 1989).

É a atividade realizada com o intuito de reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho, obedecendo a um plano antecipadamente efetuado com base em intervalos definidos de tempo (Kardec; Nascif, 2019).

O desgaste precoce de peças mecânicas nas indústrias resulta em significativas perdas de produção, custos e despesas com manutenção de mão de obra (Fernandes et. al, 2020). Com base em acontecimentos passados de manutenções corretivas e se baseando no fabricante das peças é possível ter uma noção do desgaste e vida útil dos equipamentos. Assim, a manutenção preventiva consegue ter uma margem para programar e realizar uma manutenção antes que a falha aconteça (Araújo, 2021)

Em síntese, esse tipo de manutenção está voltado para evitar com que



falhas ocorram, se precavendo em realizar uma inspeção conforme critérios adotados para a realização do diagnóstico. Acontece também mesmo que o equipamento esteja em boas condições, antes de ocorrer as primeiras falhas ou do equipamento apresentar baixo desempenho ou defeito, porque o objetivo é verificar como estão as peças, se está próximo a troca e, se precisar de troca evitar a paralisação imprevista. (Trojan et al., 2013)

Dessa maneira, a manutenção preventiva é um mecanismo utilizado para evitar a redução no desempenho ou o aparecimento de erros e falhas, bem como defeitos no próprio equipamento, com a realização de um planejamento e execução em períodos previamente agendados. O sucesso desse tipo de manutenção é o intervalo de tempo predestinado a esse procedimento, quanto menos tempo mais a empresa tem produtividade (Otani; Machado, 2008).

A efetivação das manutenções preventivas requer um Plano de Manutenção Preventiva (PMP), o qual pode ser definido como: “uma lista de tarefas e um cronograma, que descreve o prazo necessário para a conclusão da atividade e o nome da pessoa responsável pela execução e finalização das tarefas” (Branco filho, 2008).

Para a elaboração de um “PMP”, deve-se verificar quais tarefas de manutenção são mais importantes e com qual periodicidade devem ser executadas (Branco filho, 2008). Sendo que a melhor maneira de levantar esses itens é por meio de consulta ao manual do fabricante e/ou pelo histórico de manutenções. A partir disso, é possível elaborar o PMP do equipamento.

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO DE MANUTENÇÃO

Os itens de controle ou indicadores de manutenção são medidas ou dados numéricos utilizados para analisar o desempenho e possibilitar a tomada de decisões (Branco filho, 2008). Viana (2006) descreve Índices de Manutenção como um meio de acompanhar a evolução da ação humana mantenedora. O autor afirma ainda que os indicadores não são utilizados apenas no acompanhamento dos desafios da manutenção, mas também no que diz respeito a sua rotina diária.

A competitividade de uma empresa perpassa pela melhoria contínua de controle dos custos da manutenção e pela realização de investimentos assertivos que



logrem bons rendimentos. Para tanto, faz-se necessário o conhecimento de alguns indicadores de manutenção (Teles, 2019).

Souza (2007) afirma que existem seis indicadores de manutenção chamados de “Índices de Classe Mundial”, definidos abaixo:

- MTBF – Mean Time Between Failures, ou TMEF – Tempo Médio entre Falhas;
- MTTR – Mean Time To Repair, ou TMR – Tempo Médio de Reparo;
- TMPF – Tempo Médio para Falha;
- Disponibilidade Física da Maquinaria;

Dessa forma, cabe ao departamento de PCM definir quais índices são expressivos de acordo com a atividade da empresa.

2.3.1 Tempo médio entre falhas (TMEF ou MTBF)

Segundo Piechnicki, o TMEF ou MTBF (em inglês, Mean Time Between Failures) é, basicamente, a medida de tempo entre uma parada e outra do equipamento e representa uma aproximação estatística de quanto tempo um dispositivo deve durar antes da falha (Piechnicki, 2011).

Em síntese, é o tempo médio em que um serviço fica disponível sem interrupção. É medido a partir do momento em que o serviço começa a funcionar, até sua próxima falha. Dessa forma, quanto mais alto o seu valor, maior a confiabilidade no funcionamento do equipamento, ou seja, apresenta uma maior capacidade em se manter livre de falhas.

A Eq. 1 representa a fórmula para obtenção do valor do TMEF:

$$TMEF = \frac{(TD - TM)}{(NP + 1)}$$

Onde:

TD = tempo disponível;

TM = tempo de manutenção;

NP = número de períodos.



2.3.2 Tempo médio para reparo (TMR ou MTTR)

O TMR, ou também MTTR (em inglês, Mean Time To Repair) é a média de tempo que se leva para executar um reparo devido a ocorrência da falha. Ou seja, é o tempo gasto durante a intervenção em um determinado processo (Opservices, 2017). Inclui, além do tempo gasto efetivamente na execução do reparo, todas as fontes que atrasam a colocação do equipamento em operação novamente.

Dessa forma, é medido a partir de quando o serviço/equipamento falha até que ele seja reparado.

Além disso, o Tempo Médio para Reparos contribui para demonstrar a sustentabilidade, já que o serviço sustentável é aquele que tem a capacidade de ser mantido rapidamente após a ocorrência de uma falha. Logo, quanto menor o TMR, maior será a sustentabilidade do serviço (Chaves, 2019).

A Eq. 2 representa a fórmula para obtenção do valor do TMR:

$$TMR = \frac{\sum TR_i}{Nav}$$

Onde:

$\sum TR_i$ = tempos de reparação de todos os equipamentos do conjunto no período;

Nav = número de avarias em todos os equipamentos de no período de análise.

Este indicador também é fundamental para avaliação de desempenho dos colaboradores, podendo ser parâmetro para a necessidade de treinamentos adicionais ou falta de procedimento (Tavares, 1996).

2.3.3 Tempo médio para falha (TMPF)

Esse índice é denominado não reparável, sendo a média aritmética dos tempos de entrada em funcionamento de uma peça, máquina ou equipamento. O TMPF é a relação da somatória do tempo total de operação de itens não reparáveis ($\sum \text{itemOp}$) e o número total de falhas (n° falhas), durante o período observado (Damas et al., 2018).



A Eq. 3 representa a fórmula para obtenção do valor do TMPF:

$$TMPF = \frac{\sum itemOP}{n^{\circ} falhas}$$

Onde:

$\sum itemOP$ = tempo total de operação de itens não reparáveis.

A diferença entre o TMEF e o TMPF é na sua utilização. Por exemplo, como o TMPF é utilizado somente para itens não reparáveis (itens que quando falham são substituídos) o seu TMPR é zero. Por outro lado, o TMEF, é utilizado para itens reparáveis (Damas et al., 2018).

2.3.4 Disponibilidade

A disponibilidade de um ativo é representada pelo tempo em que o mesmo ficou à disposição da empresa para desempenhar a atividade para qual foi adquirido. Ou seja, é um indicador que se refere à probabilidade de o equipamento continuar disponível operando em sua total capacidade por um determinado período de tempo, sendo, dessa forma, um dos indicadores mais importantes para o planejamento e controle de manutenção (Teles, 2019).

Esse indicador representa diretamente a performance ou desempenho do equipamento em sua vida útil. Isso porque relaciona seu tempo disponível de operação (TD) com o tempo em que esteve parado em manutenção (TM). Neste indicador são consideradas todas as paradas (corretiva, preventiva, preditiva ou outras) (Damas et al., 2018).

A Eq. 4 representa a fórmula para obtenção do valor da Disponibilidade:

$$DISP = \frac{\sum TD}{\sum (TD + TM)} \times 100$$

Onde:

TD = tempo disponível;

TM = tempo de manutenção;

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O seguinte estudo buscou desenvolver um Plano de Manutenção Preventiva para uma máquina escavadeira de esteira Bob Cat modelo E26. A mesma foi adquirida em 2011 (0 km) por uma empresa locadora de equipamentos localizada na cidade de Criciúma, e está disponível para locação para indústrias da região. Além disso, possui um valor atual de mercado de aproximadamente R\$ 195.000,00.

Para o desenvolvimento do estudo e implementação do plano de manutenção foram seguidas as etapas apresentadas na Fig. 1:



Fonte: Autor (2022)

Na Fig. 2, pode ser observada a máquina Escavadeira de Esteira, a qual serviu como base para este estudo, com desenvolvimento e implementação do plano de manutenção para a mesm

Figura 2 - Escavadeira de Esteira



Fonte: Autor (2022)



3.1 LEVANTAMENTO DE HISTÓRICOS DE MANUTENÇÃO

Devido a empresa não possuir um controle ou registro do histórico de manutenções das máquinas, o levantamento do mesmo foi baseado no conhecimento dos mecânicos da empresa, e o levantamento destas informações foi realizado através de entrevista. Considerou-se um período de análise das manutenções feitas nos últimos dois meses, sendo o detalhamento observado na Tab. 1:

Tabela 1 - Histórico de Paradas Mini Escavadeira Bob Cat E26

Data	Ocorrência	Tempo de Parada + deslocamento (h)
05/05/2022	A escavadeira apresentou problema no funcionamento na roda motriz (principal componente para o giro da esteira), sendo visto que as engrenagens da mesma estavam gastas devido à falta de lubrificação, ocasionando a parada da máquina.	6:00
13/05/2022	A máquina apresentou folga nos pinos pivô do braço principal, ocasionada devido ao desgaste do tempo de uso, sendo necessário a troca ou conserto.	3:00
19/05/2022	A máquina apresentou problemas elétricos, como o não funcionamento das luzes do painel, ocorrido devido ao baixo nível de eletrólito da bateria.	2:50
27/05/2022	O equipamento teve a quebra de uma das alavancas de acionamento do braço da escavadeira, devido à corrosão ocasionada pela falta de limpeza do barro e lama no equipamento. Parada de máquina para substituição da máquina locada.	2:00
03/06/2022	O equipamento apresentou problema em uma das mangueiras hidráulicas, onde ela apresentou rachaduras devido ao ressecamento e colisões na movimentação do braço, ocasionando o vazamento de óleo e perda de pressão.	2:00
08/06/2022	A máquina teve o encarrilhamento das aletas ocorrido devido ao mal tensionamento da esteira.	3:00
22/06/2022	O braço da escavadeira apresentou desgaste na haste do pistão, devido à sujeira no óleo hidráulico, ocasionando uma redução operacional da máquina.	4:00
30/06/2022	A máquina teve a quebra de um farol devido ao mal uso do equipamento.	1:50
30/06/2022	A máquina apresentou quebra em um dos pinos pivô da concha, sendo necessário sua troca.	1:50

Fonte: Empresa (2022)

Considerando este histórico de paradas e manutenções, fez-se o levantamento e relação de funções das principais partes do equipamento, com registros de problemas, conforme Qd. 1:

Quadro 1 - Partes do equipamento

Pinos do pivô		Tem a função de auxiliar a articulação do sistema de levante da máquina
Roda motriz		Uma das peças tem a função de garantir que todo o sistema rodante do equipamento, ficando na parte traseira e suportando o peso da máquina
Alavanca de acionamento		responsável pelo acionamento das operações da máquina
Mangueiras hidráulicas		Responsável pela condução do óleo hidráulico até os pistões
Aletas da esteira		Conjunto de peças que dão movimento a máquina
Haste do pistão		Haste de acionamento de movimento do braço da escavadeira

Fonte: Empresa (2022)



3.2 ANÁLISE DAS MANUTENÇÕES RECOMENDADAS

As recomendações gerais do fabricante fornecem informações gerais para que o equipamento possa trabalhar em condições ideais e que aumente a durabilidade dos componentes de toda estrutura. Para o equipamento em questão, Mini Escavadeira Bob Cat E26, as recomendações do fabricante podem ser verificadas no Qd. 2, juntamente com a periodicidade:

Quadro 2 - Recomendações do Fabricante

Item	Serviço Requisitado	Tempo (h)					
		8-10	50-100	250-500	500-750	750-1000	1000
Líquido de arrefecimento do motor	Verificar o nível do líquido de arrefecimento. Adicione refrigerante pré-mistura conforme necessário	[1]					
Óleo de motor	Verificar o nível de óleo do motor e adicionar conforme necessário	[1]					
Óleo hidráulico, mangueiras e tubos, tampa de registro do reservatório	Verifique o nível de óleo hidráulico e adicione conforme necessário. Verifique se há danos e vazamentos. Repare ou substitua conforme necessário	[1]					
Filtro de ar do motor e sistema de ar	Verifique o indicador de condição e esvazie o coletor de pó conforme necessário. Verifique o sistema de ar para vazamentos	[1]					
Faixas	Verifique e ajuste a tensão da esteira conforme necessário	[1]					
Indicadores e luzes	Verifique o funcionamento correto de todos os indicadores de luzes	[1]					
Alarme de buzina e movimento	Verifique o funcionamento correto e repare conforme necessário	[1]					
Dossel/Cabine de operador	Verifique a condição. Verifique as ferragens da montagem	[1]					
Cinto de Segurança	Verifique a condição. Verifique as ferragens da montagem	[1]					
Sinais de segurança (decalques)	Verifique se há sinais danificados (decalque), substitua a quaisquer sinais que estejam danificados	[1]					
Pontos de pivô	Lubrifique todos os pontos de articulação do maquinário	[1]					
Filtros de ar da cabine/aquecedor	Limpe os filtros conforme necessário	[1]					
Bloqueio de console	Verifique o bloqueio de console para operação adequada	[1]					
X-Change	Lubrifique e inspecione quanto a danos ou peças soltas	[1]					
Girar Círculo e Pinhão	Lubrifique duas condições		[2]				

[continua]



Quadro 2 - Recomendações do Fabricante

[continuação]

Tanque de Combustível e Filtro	Drene a água e os sedimentos do tanque de combustível e do filtro de combustível		[2]				
Bateria	Verifique a bateria, cabos, conexões e nível de eletrólito. Adicione água destilada conforme necessário		[2]				
Correia do alternador	Verifique a condição e tensão. Ajuste ou substitua conforme necessário			[2]			
Filtro de combustível	Substitua o filtro do combustível				[3]		
Motor de viagem	Verifique o nível de óleo em ambos os motores				[3]		
Óleo de motor e filtro	Substitua o óleo e o filtro				[3]		
Radiador, Resfriador de óleo, A/C Condensador	Limpe os detritos das aletas do radiador					[3]	
Filtro Hidráulico, filtro de dreno da caixa e respiro do reservatório	Substitua o filtro hidráulico, o filtro de drenagem da caixa e os respiros do reservatório					[3]	
Alternador e Partida	Verifique as conexões do alternador e do motor de partida					[3]	
Correia compressora de Ar	Verifique a condição e substitua conforme necessário					[3]	
Válvulas do motor	Verifique e ajuste a folga das válvulas do motor					[3]	
Sistema hidráulico	Substitua o óleo hidráulico e os filtros. Limpe o reservatório						[3]
Motor de viagem	Substitua o lubrificante em ambos os motores de deslocamento						[3]
Líquido de arrefecimento do motor	Drena e lave o sistema de arrefecimento. Substitua o refrigerante.	A cada 2 anos					

Fonte: Manual Fabricante (2022)

Ainda, conforme o fornecedor, as peças e equipamentos tem sua vida útil aumentada consideravelmente com a prática correta dos procedimentos de manutenção, conforme orientações apresentadas no Qd. 2.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O Plano de Manutenção foi elaborado com base nas informações coletadas inicialmente, como histórico de paradas e manutenções da máquina e orientações do fornecedor.



Foram desenvolvidos *checklists* a fim de operacionalizar a implementação do planejamento. Com isso, foram desenvolvidas tabelas de manutenções diárias, semanais, mensais e semestrais, contendo os procedimentos que os operadores e mantenedores deverão realizar para que seja mantido o controle e execução das manutenções, conforme podem ser observados nos Qds. 3, 4, 5 e 6.

Para as manutenções diárias (Qd. 3), recomenda-se que devem ser feitos pelo próprio operador da máquina a fim de se reduzir custos e tempo de ociosidade dos colaboradores.

Quadro 3 - Plano de Manutenção Diária

Período	Atividade à ser executada
Diária	Verificar o nível do líquido de arrefecimento
	Verificar o nível de óleo hidráulico e do motor
	Verificar e ajustar a tensão da esteira
	Lubrificar os pontos de articulação, mancais de oscilação do eixo, mancais do cilindro de direção, inclinação e de articulação da caçamba e mancal de apoio de comando
	Verificar o indicador de condição do filtro de ar do motor

Fonte: Autor (2022)

Para a tabela de manutenções semanais e mensais (Qds. 4 e 5), é aconselhado fazê-las aos sábados ou ao final do expediente, pois com a finalização do trabalho semanal os procedimentos permitirão a identificação de possíveis defeitos provenientes de má utilização da máquina, podendo ser efetuado o reparo, sem parada de tempo e utilização da máquina. E, também, garantir a disponibilidade das máquinas para a produção da semana seguinte.

Quadro 4 - Plano de Manutenção Semanal

Semanal	Limpeza geral da escavadeira (cabine, braço, esteira, radiador etc.)
	Verificar o nível de óleo em ambos os motores
	Verifique as conexões do alternador e do motor de partida
	Verificar as condições da correia compressora de ar
	Inspecionar e ajustar correias
	Verifique e ajuste a folga das válvulas do motor
	Verificar o funcionamento correto dos indicadores de luzes
	Lavação do equipamento

Fonte: Autor (2022)



Conforme mencionado, a tabela de manutenção mensal segue as mesmas orientações de aplicação, quanto à parada de máquina, sendo também bastante voltada para análise das condições de segurança do equipamento (Qd. 5).

Quadro 5 - Plano de Manutenção Mensal

Mensal	Verificar o funcionamento do alarme de movimento e da buzina
	Verificar as condições da cabine (cinto, decalques de indicação, peças soltas ou danificadas)
	Drenar a água e os sedimentos do tanque de combustível e do filtro de combustível para limpeza
	Lubrificar círculo e pinhão
	Verificar funcionamento do sistema elétrico em geral
	Verificar condição e tensão da correia do alternador
	Substituir o filtro de óleo hidráulico, do combustível, de drenagem da caixa e do óleo do motor conforme necessidade

Fonte: Autor (2022)

Já as manutenções semestrais, sendo procedimentos mais específicos, necessita de profissional adequado para sua realização. Onde para a realização destes procedimentos será necessário a paralização da máquina para que sejam efetuados os procedimentos, Qd. 6.

Quadro 6 - Plano de Manutenção Semestral

Semestral	Substituir o lubrificante em ambos os motores de deslocamento
	Substituir o óleo hidráulico e filtro e limpar o reservatório

Fonte: Autor (2022)

Por fim, na Fig. 3 pode ser verificado o Checklist completo, que deve ser aplicado e registrado pelos manutentores e operadores do equipamento, a fim de que seja mantido o controle e execução destas manutenções.

A execução das manutenções diárias propostas deverá ser realizada pela manhã antes de ser dado início aos trabalhos com o equipamento, para que seja evitado qualquer tipo de contratempo. As manutenções semanais deverão ser executadas aos sábados ao final do expediente, para garantir disponibilidade do equipamento no começo da semana seguinte.

Além disso, eventuais paradas, devem ser registradas no Checklist, a fim de gerar histórico de paradas e futuras adequações no plano de manutenção preventiva.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram levantadas algumas informações de parada de máquinas e horas ativas e em manutenção do equipamento, com o objetivo de realizar o acompanhamento e levantamento dos custos de manutenção. Com estes dados, tornou-se possível realizar uma comparação antes e após a implementação do plano.

Estes levantamentos podem ser observados no Tab. 2:

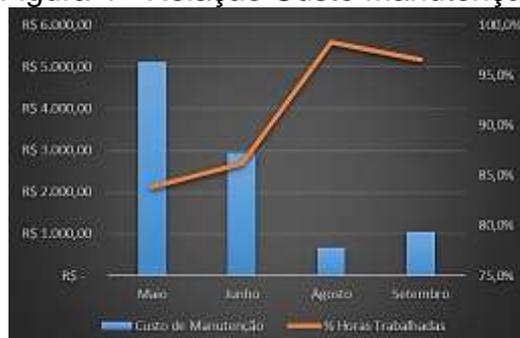
Tabela 2 – Dados de Manutenção

	Maio	Junho	Agosto	Setembro
Nº de paradas	4	5	1	2
Horas Trabalhadas	70h	75h	86h	83h
Horas em manutenção	13,5h	12,0h	1,5h	3,0h
Custo / hora	R\$ 120,00	R\$ 120,00	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Custo mensal de paradas	R\$ 1620,00	R\$ 1440,00	R\$ 180,00	R\$ 360,00
Custo de manutenção	R\$ 3500,00	R\$ 1500,00	R\$ 500,00	R\$ 700,00
Custo total	R\$ 5120,00	R\$ 2940,00	R\$ 680,00	R\$ 1060,00
% Horas paradas	16,2%	13,8%	1,7%	3,5%
% Horas trabalhadas	83,8%	86,2%	98,3%	96,5%

Através dos dados observados na Tab. 2, pode-se verificar uma redução no número de paradas e horas em manutenção, impactando diretamente no aumento da disponibilidade do equipamento, quando comparado antes da implementação (Maio e Junho) e após (Agosto e Setembro).

Na Fig. 4 torna-se evidenciada esta informação, onde pode ser observado o declínio dos custos com manutenção e aumento de horas trabalhadas do equipamento, nos períodos já citados.

Figura 4 - Relação Custo Manutenção



Fonte: Autor (2022)



Ainda, com base no levantamento de dados e tempos, evidenciado na Tab. 2, foi possível calcular e acompanhar o indicador de Tempo Médio entre Falhas e o indicador de Disponibilidade do equipamento, apresentados na sequência, na Tab. 3.

Tabela 3 – Indicadores de Manutenção

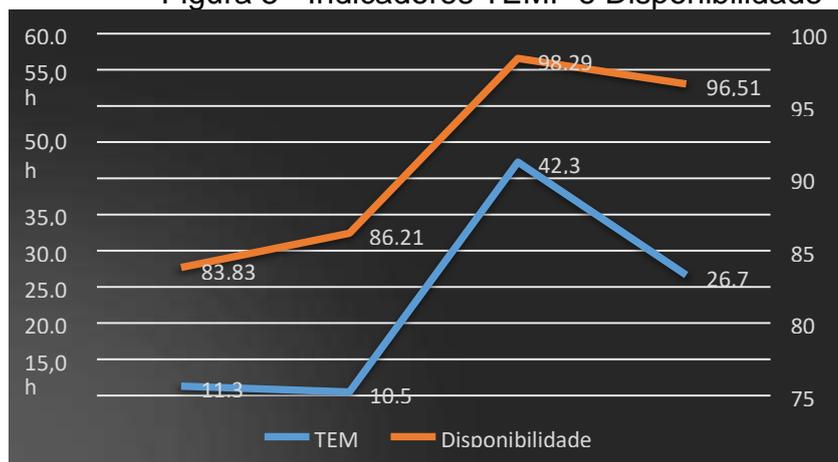
Mai	$TEMF = \frac{(TD-TM)}{(NP+1)}$ $TEMF = \frac{(70-13,5)}{(4+1)} = 11,3h$	
	$DISP = \frac{\sum TD}{\sum(TD+TM)} \times 100$ $DISP = \frac{70}{\sum(70+13,5)} \times 100 = 83,8\%$	
Junho	$TEMF = \frac{(TD-TM)}{(NP+1)}$ $TEMF = \frac{(75-12)}{(5+1)} = 10,5h$	
	$DISP = \frac{\sum TD}{\sum(TD+TM)} \times 100$ $DISP = \frac{75}{\sum(75+12)} \times 100 = 86,2\%$	
Agosto	$TEMF = \frac{(TD-TM)}{(NP+1)}$ $TEMF = \frac{(86-1,5)}{(1+1)} = 42,3h$	
	$DISP = \frac{\sum TD}{\sum(TD+TM)} \times 100$ $DISP = \frac{86}{\sum(86+1,5)} \times 100 = 98,3\%$	
Setembro	$TEMF = \frac{(TD-TM)}{(NP+1)}$ $TEMF = \frac{(83-3)}{(2+1)} = 26,7h$	
	$DISP = \frac{\sum TD}{\sum(TD+TM)} \times 100$ $DISP = \frac{83}{\sum(83+3)} \times 100 = 96,5\%$	

Fonte: Autor (2022)

A evolução dos resultados pode também ser mais bem visualizada na Fig.

5:

Figura 5 - Indicadores TEMF e Disponibilidade



Fonte: Autor (2022)

Com base nos cálculos de tempo médio entre falhas e disponibilidade (Fig. 5) e em relação aos custos (Fig. 4), é possível observar que a implementação de um plano de manutenção preventiva para a máquina escavadeira de esteira reduziu consideravelmente os custos de manutenção além de aumentar muito a



disponibilidade da máquina para novos serviços e aumentar o tempo médio entre as falhas ocorridas.

5 CONCLUSÕES

A principal causa dos custos da empresa em relação às manutenções é o tempo de parada de máquina, e dessa forma, a aplicação do plano de manutenção preventiva proposto pelo presente trabalho visa reduzir drasticamente o este problema. Além de, aumentar o tempo de disponibilidade de máquina. E, considerando os dados coletados na empresa locadora, antes e após a implementação das ações pode-se evidenciar, através dos indicadores de manutenção aplicados, um aumento nas horas disponíveis de aproximadamente 16,5%, aumento do tempo médio entre falhas de aproximadamente 216,5% e uma redução nos custos de manutenção de aproximadamente 76,0%.

Dessa forma, o plano de manutenção preventiva implementado apresentou-se eficaz, pelo fato de não gerar custos adicionais para sua aplicação e controle, além de ser de fácil entendimento para qualquer colaborador que possa posteriormente estar aplicando-o no dia a dia da empresa, através de controles simples, como o Checklist.

Assim, a contínua aplicação do plano e as boas práticas de manutenção utilizadas, ajudarão na formação de uma nova cultura de funcionamento geral da empresa, permitindo melhorias em geral para a empresa, além da replicação do plano para demais equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **Confiabilidade e manutenibilidade**: NBR ISO 5462. Rio de Janeiro, 1994.

ALMEIDA, P.S. **Manutenção mecânica industrial**: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica, 2014.

ARAÚJO, G.H. **Manutenção preventiva**: aplicação de um plano de manutenção para o redutor do Yaw de um aerogerador. Natal: UFRN, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38061/1/ManutencaoPreventivaAplicao_Araujo_2021.pdf. Acesso em: 16 Mai. 2022.

BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da**



manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

DAMAS, L.F.Q.; NASCIMENTO, L.V.M.; COSTA, E.M.L.; SILVA, E.S. **Implantação de PCM em máquinas industriais:** um estudo de caso em uma indústria de autopeças no polo industrial de Manaus sob a perspectiva de gestão de projetos em manutenção. VII SINGEP: São Paulo. 2018. Disponível em: <http://www.singep.org.br/7singep/resultado/455.pdf>. Acesso em: 12 Abr. 2022.

FERNANDES, T.S.; DALEFFE, A.; ROSA, M.; ZANINI, L.C.; MILANEZ, A. **Análise de Desgaste nas Lastrinas da Caixa Matriz na Indústria de Revestimento Cerâmicos.** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 11, p.85756-85774. 2020.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial.** 2006. 208 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88894/232836.pdf?se>. Acesso em: 21 Mar. 2022.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção:** função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.

LIMA, W.C.; ARANTES, J.A.S. **Manutenção Preditiva:** Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva. XIII SIMPEP. Bauru- SP Brasil, v.6, 2008. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf>. Acesso em: 03 Abr. 2022.

MIOT, J.; DALEFFE, A.; FERNANDES, W.Z. **Estudo Comparativo de Eficiência e Confiabilidade entre Elevadores à Relé Associados à Máquinas com Engrenagem e Elevadores Microprocessados Associados à Máquinas sem Engrenagem.** Revista Vincci. v.5, n. 2, p. 154-171. 2020

MIRSHAWKA, V. **Manutenção preditiva:** caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

MONCHY, F. **A função manutenção:** formação para a gerência da manutenção industrial. EBRAS/DURBAN – Brasil, 1989.

NUNES, J.C.F.; CUTRIM, M.A.M.; SOUSA, A.S.; MAIA, J.S.; CORRÊA, A.S. **Proposta de implementação de um plano de manutenção de uma prensa enfardadeira:** o caso de uma empresa do ramo de reciclagem. Mato Grosso do Sul: UFGD, 2019. Disponível em: <https://ocs.ufgd.edu.br/index.php?conference=sinep&schedConf=IISINEP&page=paper&op=viewFile&path%5B%5D=1256&path%5B%5D=1141>. Acesso em: 16 Mai. 2022.

OPSERVICES. MTTR e MTBF, o que são e quais suas diferenças?. Disponível em: [MTBF & MTTR | O que são esses indicadores quais as suas diferenças?](https://opservices.com.br/MTBF%20e%20MTTR%20-%20O%20que%20s%C3%A3o%20esses%20indicadores%20quais%20as%20suas%20diferen%C3%A7as%3F) (opservices.com.br). Acesso em: 01 Abr. 2022.

OTANI, M.; MACHADO, W.V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista



Gestão Industrial, Ponta Grossa, v.4, n.2, 2008.

PIECHNICKI, A.S. **Metodologias para implantação e desenvolvimento de sistemas de gestão da manutenção:** as melhores práticas. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: [Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná \(RIUT\): Identificador inválido \(utfpr.edu.br\)](#). Acesso em: 01 Abr. 2022.

PÓLITAN. **Locação de equipamentos industriais:** vantagens e desvantagens. Disponível em: <https://politan.com.br/locacao-de-equipamentos-industriais-vantagens-e-desvantagens/#:~:text=As%20vantagens%20de%20alugar%20equipamentos%20industriais&text=A%20primeira%20vantagem%20%C3%A9%20que,na%20contabilidade%20de%20sua%20empresa..> Acesso em: 12 Abr. 2022.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, V.C. **Organização e gerência da manutenção:** planejamento, programação e controle da manutenção. 2. ed. São Paulo: All Print Editora, 2007.

TAVARES, L. **Excelência na Manutenção.** 2. ed. Salvador: Casa da Qualidade, 1996.

TELES, J. **Planejamento e controle da manutenção descomplicado.** 1.ed. Brasília: Engeteles, 2019.

TROJAN, F.; MARÇAL, R.F.M.; BARAN, L.R. **Classificação dos tipos de manutenção pelo método de análise multicritério Electre Tri.** XLVSBPO – Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Natal – RN, set, 2013. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0338.pdf>. Acesso em: 03 Abr. 2022.

VARNIER, R.; DALEFFE, A. **Desenvolvimento de um Equipamento para Afiação de Brocas com Insertos de Metal Duro para Perfuração em Mina de Carvão Mineral.** Revista Vincci. v.8, n. 1, p. 327-348,.2023

VELOSO, N. **Gerenciamento e manutenção de equipamentos móveis.** 1. ed. São Paulo: Sobratema, 2009.

VIANA, H.R.G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção.** 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.