



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

LUIZ FELIPE RODRIGUES SILVA

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PÁ
CARREGADEIRA CAT 924H DE UMA AGROINDÚSTRIA EM TERESINA/PI**

TERESINA

2024

LUIZ FELIPE RODRIGUES SILVA

ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PÁ
CARREGADEIRA CAT 924H DE UMA AGROINDÚSTRIA EM TERESINA/PI

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do curso de Engenharia Mecânica, do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, *Campus Teresina Central*.

Orientador: Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho
Serra.

TERESINA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Luiz Felipe Rodrigues

S586e Elaboração de plano de manutenção preventiva para uma pá carregadeira CAT 924H de uma agroindústria em Teresina/PI / Luiz Felipe Rodrigues Silva. - 2024.

60 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2024.

Orientador : Prof Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra.

1. Manutenção preventiva . 2. PDCA. 3. Pá carregadeira. I.Título.

CDD - 620

Elaborado por Maria Rosismar Farias CRB 3/631

LUIZ FELIPE RODRIGUES SILVA

ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA UMA PÁ
CARREGADEIRA CAT 924H DE UMA AGROINDÚSTRIA EM TERESINA/PI

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do curso de Engenharia Mecânica, do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, *Campus* Teresina Central.

Aprovada em: 20/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Orientador

Prof. Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI
Examinador Interno

Prof. Wesley Rick Viana Sampaio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA
Examinador Externo

Aos pais, irmão, namorada, melhor amiga, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e clareza durante a minha graduação, por diversos momentos foi meu confidente diante das dificuldades e adversidades, que por vezes me fizeram querer desistir.

A minha família, em especial aos meus pais Luiz da Silva e Márcia Borges Rodrigues Silva e meu irmão Lucas Rodrigues Silva, que deu todo o apoio necessário para que eu chegasse até aqui e que me deram força para que continuasse sempre tendo determinação e mantendo o foco mesmo diante das dificuldades para a conclusão da graduação.

A minha namorada, Jaqueline Moreira Rodrigues que apareceu em minha vida e mesmo com o pouco tempo ao meu lado, não deixou de ser companheira, amiga, incentivadora nesse momento tão importante da minha vida.

A minha melhor amiga Shaymar de Sousa Soares por sempre estar comigo durante toda essa caminhada, pelas brigas, ajudas, surtos e desabafos, por sempre ter me motivado a acreditar que eu conseguiria.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra por aceitar e acreditar na oportunidade de me direcionar, pelos ensinamentos durante a execução dessa etapa.

Sou grato também a todos os meus amigos do trabalho, Marcus, Gislene, Rosana Gabriel, Vanessa e Victor, pelo companheirismo e amizade durante todo o tempo de desenvolvimento desse projeto.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos do curso: André, Nilson, Lucas, Giovanni, Matheus, José e Jordan por toda irmandade durante esses 6 anos de graduação, sem vocês nada disso seria possível.

*“Em tudo, daí graças, porque esta é à vontade
de Deus em Cristo Jesus para convosco.”*

1 Tessalonicenses 5:18.

RESUMO

No contexto agroindustrial atual, especialmente na produção de farelo e óleo de soja, as máquinas pesadas são essenciais para garantir a eficiência e continuidade das operações, com isso, as pás carregadeiras, que desempenham um papel vital na movimentação de materiais pesados, contribuem significativamente para a produtividade, mas exigem manutenção rigorosa devido ao uso contínuo e à alta demanda por desempenho. O presente trabalho, apresenta a elaboração de um plano de manutenção preventiva utilizando a metodologia PDCA e ferramentas de qualidade, como 5W2H e Ishikawa, que facilitam a identificação de pontos de melhoria e a correção rápida de problemas, criando procedimentos de manutenção mais precisos. Dessa forma, foi possível alcançar resultados definindo parâmetros de custos e prever paradas antecipadas, relacionadas diretamente à execução das atividades do plano preventivo da pá carregadeira, além de atestar a eficácia do checklist diário do equipamento, que ajuda a dar um panorama das condições reais da pá carregadeira. O estudo mostrou que a implementação do plano de manutenção preventiva na Pá Carregadeira CAT924H está sendo muito eficaz. A criação de uma metodologia eficiente acompanhada da aplicação de um plano de manutenção preventiva bem estruturado, indicando a real condição do equipamento, garantiu o início de uma base de dados sólida, além de mostrar os pontos de melhoria possíveis para uma repetição de ciclo da metodologia.

Palavras-chave: Manutenção preventiva; PDCA; Pá carregadeira.

ABSTRACT

In the current agroindustrial context, especially in the production of soybean meal and oil, heavy machinery is essential to ensure the efficiency and continuity of operations. In this regard, wheel loaders, which play a vital role in the handling of heavy materials, significantly contribute to productivity but require rigorous maintenance due to continuous use and the high demand for performance. This work presents the development of a preventive maintenance plan using the PDCA methodology and quality tools such as 5W2H and Ishikawa, which facilitate the identification of improvement points and the quick correction of problems, creating more precise maintenance procedures. As a result, it was possible to achieve outcomes by defining cost parameters and anticipating downtimes directly related to the execution of the loader's preventive maintenance plan, in addition to confirming the effectiveness of the equipment's daily checklist, which helps provide an overview of the actual conditions of the loader. The study showed that the implementation of the preventive maintenance plan for the CAT924H Wheel Loader has been very effective. The creation of an efficient methodology, along with the application of a well-structured preventive maintenance plan indicating the equipment's actual condition, ensured the beginning of a solid database and revealed possible improvement points for repeating the methodology cycle.

Keywords: Preventive maintenance; PDCA; Loader

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Representação da Curva PF.....	24
Figura 2	- Equipamento utilizado no estudo: Pá Carregadeira Caterpillar 924H.....	25
Figura 3	- Esquema de funcionamento do Ciclo PDCA.....	26
Figura 4	- Exemplificação do diagrama de Ishikawa.....	28
Figura 5	- Sistema <i>pipefy</i> (Processo de Acompanhamento).....	30
Figura 6	- Visualização da Interface do <i>Power Query</i>	31
Figura 7	- Metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto.....	32
Figura 8	- Representação do Diagrama de Ishikawa do Projeto.....	34
Figura 9	- Operação de Pá Carregadeira auxiliando no transporte de Matriz Energética.....	36
Figura 10	- Campo de condições do pipe: <i>CHECKLIST</i> – Equipamentos Móveis.....	39
Figura 11	- Visualização inicial pelo celular do formulário para preenchimento do <i>checklist</i>	40
Figura 12	- Etapas do Preenchimento do <i>checklist</i> online.....	41
Figura 13	- Aba de Exportação da base em <i>xlsx</i>	44
Figura 14	- Tratamento da Base exportada do <i>pipefy</i> no <i>Power Query</i>	44
Figura 15	- Base tratada no <i>Power Query</i> conectada ao <i>Excel</i>	45
Figura 16	- Índice de Conformidade do <i>checklist</i> da Pá Carregadeira CAT924H.....	47
Figura 17	- Gráfico de aderência ao preenchimento do <i>checklist</i> – CAT924H.....	47

Figura 18 – Ocorrências Preventivas e Corretivas (junho – julho – agosto)....	48
Figura 19 – Custos preventivos realizados nos 3 primeiros meses e previsão até o final de 2024.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ferramenta de Qualidade – Método 5W2H.....	28
Tabela 2 – <i>PLAN</i> (Etapa de identificação do problema/oportunidade de melhoria).....	33
Tabela 3 – Plano de Ação “5W2H” para o projeto de estudo.....	35
Tabela 4 – Metodologia de Treinamento utilizada no projeto.....	38
Tabela 5 – Plano de Manutenção Preventiva – Pá Carregadeira Caterpillar 924H.....	42
Tabela 6 – Detalhamento dos serviços preventivos para o ano de 2024.....	49
Tabela 7 – Situações das causas mapeadas com 5W2H.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ajustado
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
C	Conformidade
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
NC	Não Conformidade
PDCA	<i>Plan/Do/Check/Action</i>
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

© *Copyright*

R\$ Real

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	CONCEITO DE MANUTENÇÃO	20
3.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	22
3.2.1	Manutenção Corretiva	22
3.2.2	Manutenção Preventiva	22
3.2.3	Manutenção Preditiva.....	23
3.3	PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR – MODELO 924H.....	24
3.4	CICLO PDCA.....	25
3.4.1	<i>Plan</i> (Planejar)	26
3.4.2	<i>Do</i> (Executar)	26
3.4.3	<i>Check</i> (Checar)	27
3.4.4	<i>Act</i> (Agir)	27
3.4.5	Ferramentas de Qualidade	27
3.5	<i>PIPEFY</i>	29
3.6	<i>POWER QUERY</i>	30
3.7	<i>EXCEL</i>	31
4	METODOLOGIA	32

4.1	PROCESSO DE COLETA DE DADOS.....	32
4.2	ANÁLISE DOS DADOS.....	34
4.3	IMPLEMENTAÇÃO DOS DADOS.....	36
4.3.1	Implementação do <i>checklist</i> diário no Equipamento	36
4.3.2	Treinamento da Equipe	37
4.3.3	Implementação do <i>pipefy</i>	38
4.4	ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA	41
4.5	TRATAMENTO DOS DADOS	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICE A – <i>CHECKLIST</i> PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR 924H – FRENTE	57
	APÊNDICE B – <i>CHECKLIST</i> PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR 924H – VERSO	58
	APÊNDICE C – MODELO DE LISTA DE TREINAMENTO – FRENTE	59
	APÊNDICE D – MODELO DE LISTA DE TREINAMENTO – VERSO	60

1. INTRODUÇÃO

No cenário agroindustrial atual, especialmente na produção de farelo e óleo de soja, a utilização de máquinas pesadas desempenha um papel crucial para garantir a eficiência e a continuidade das operações. De acordo com o Grão Direto (2024), uma plataforma digital na América Latina dedicada à comercialização de grãos, o mercado da soja tende a ter valorizações consideráveis, principalmente pela prospecção da bolsa de Chicago para o ano de 2025. Com essa tendência de valorização do mercado externo, as indústrias que trabalham diretamente com a soja como matéria prima tendem a ter um mercado cada vez mais acirrado, em situações em que a produção deve minimizar as perdas em seus meios que auxiliam o processo produtivo.

De acordo com Tracbel (2023), as pás carregadeiras exercem função principal na movimentação de materiais pesados e volumosos, resultando na otimização de tarefas que envolvem a transferência de materiais de um ponto a outro, gerando ganhos significativos de produtividade. Porém, a necessidade de utilizar o equipamento em demandas contínuas propiciam a exigência de um acompanhamento de manutenção rigoroso, a fim de evitar quebras inesperadas que possam comprometer a produção como um todo.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462/1994) estabelece a manutenção como uma 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.

Sabendo dessa importância, a elaboração de um plano de manutenção preventivo para o equipamento visa proporcionar sua disponibilidade nos processos e evitar possíveis falhas ou desgastes prematuros de seus componentes, garantindo a longevidade e a eficiência dos equipamentos, minimizando o risco de interrupções imprevistas e garantindo a estabilidade das operações. Conforme afirma Dombroysk (2021), um plano estruturado contribui para um fluxo contínuo de trabalho, economiza recursos financeiros, aumenta a vida útil e a confiabilidade operacional.

Diante desse panorama, para o desenvolvimento de um plano de manutenção preventiva eficiente, é de suma importância a utilização de metodologias que auxiliem no desenvolvimento desse processo, tais como: *Kaizen*, *Lean Seis Sigma* e PDCA. O uso da metodologia PDCA junto às suas ferramentas de qualidade, como:

5w2h e Ishikawa, é imprescindível, pois ajudam a identificar pontos de melhoria contínua com o processo já em andamento, facilitando a rápida atuação e a correção dos parâmetros. Cordeiro (2022), ilustra que essa utilização também pode ser usada como uma ferramenta para obter melhores resultados dentro do setor, realizando a divisão do trabalho em etapas e criando procedimentos e planos de manutenção mais assertivos para ver mudanças reais.

1.1. JUSTIFICATIVA

Perante o cenário de uma indústria com alto rendimento produtivo diário e funcionamento de 24h/dia, considera-se que os resultados estejam devidamente voltados para a capacidade produtiva máxima da planta fabril, por isso, deve-se assumir uma condição de minimização de perdas, ou seja, máxima eficiência.

Partindo desse pressuposto, as etapas de análise dos parâmetros para elaboração do plano de manutenção preventiva, execução correta desses planos, restauração de condições básicas e aplicação de metodologias voltadas a um fluxo de melhoria contínua com redução de custos é de suma importância dentro do ambiente fabril.

Com isso, o presente trabalho surge da necessidade de criar um acompanhamento adequado de manutenção preventiva voltada para um equipamento piloto (Pá Carregadeira Caterpillar 924H) no ambiente de uma indústria de beneficiamento de soja, sediada na cidade de Teresina/PI, analisando o acompanhamento contínuo de preventivas do equipamento, com o auxílio da metodologia PDCA impulsionando na obtenção dos resultados e redução de custos com melhoria contínua.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Implementar um plano de manutenção preventiva para uma pá carregadeira da marca Caterpillar, realizando o acompanhamento dos primeiros três meses de implementação, modelo 924H, com o auxílio de ferramentas de qualidade visando prever possíveis paradas futuras para manutenção preventiva, prevendo os custos dessas manutenções e, conseqüentemente, aumentando a eficiência operacional do equipamento.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar principais dificuldades de execução e seu reflexo nos resultados;
- Desenvolver um cronograma de manutenção preventiva e uma análise e custos futuros, baseado nos dados coletados;
- Analisar a efetividade do modelo de gestão de manutenção aplicado;
- Monitorar a continuidade de implementação e melhoria contínua do processo de implantação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Conforme é dito por Motter (1992) *apud* Donas (2004), a manutenção é baseada em um conjunto de técnicas, capazes de conservar sistemas de equipamentos, instalações e edificações, assim garantindo uma melhor eficiência no maior tempo possível, sempre visando o mínimo de recursos desperdiçados. A manutenção então pode ainda ser entendida como um conjunto de ações, sejam elas corretivas ou preventivas, que permitem manter o funcionamento de qualquer equipamento e de seus componentes.

De acordo com Pinto e Xavier (2001), a manutenção precisa garantir a disponibilidade da função requerida de cada equipamento, a fim de atender as demandas do processo produtivo, e preservar o meio ambiente, com segurança, confiabilidade e custos adequados.

Segundo Kardec *et al.* (2009), a manutenção passou por 3 gerações, desde o início do século passado, caracterizando assim um cenário de constante mudança, principalmente devido:

- Evolução de projetos e produção de máquinas cada vez mais complexas;
- Inovação nas técnicas de manutenção;
- Surgimento de novas maneiras de organizar a manutenção como um todo;
- Aumento da competitividade empresarial, visando redução de custos e uma estratégia mais eficiente relacionada ao uso da manutenção para obtenção de lucros;
- Crescimento e evolução industrial – Aumento das instalações, número de equipamentos e edifícios a serem mantidos.

Kardec *et al.* (2012) determinam as 3 gerações da seguinte forma:

1. Primeira Geração: A primeira geração surge pouco antes da Segunda Guerra Mundial, quando o grau de mecanização industrial era baixo e os equipamentos eram mais simples. Levando em consideração a situação econômica da época, a produtividade não era uma prioridade. Logo, não havia necessidade de um processo de manutenção mais sistemático, ou seja,

existia um princípio fundamentalmente corretivo, com ações baseadas em serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra.

2. Segunda Geração: Esta geração engloba desde a Segunda Guerra Mundial até meados da década de 60. As demandas dessa época aumentaram consideravelmente, principalmente por uma variedade maior de produtos, em um período que a mão de obra industrial havia diminuído consideravelmente. Por consequência, ocorreu uma necessidade do aumento da mecanização, bem como da complexidade dos equipamentos e de suas instalações industriais. Começou-se a evidenciar uma carência em uma maior disponibilidade fabril, a fim de obter uma maior produtividade, bem como uma maior confiabilidade visando o bom funcionamento do equipamento. Essa ideia levou ao questionamento de que falhas poderiam ser evitadas, dando início ao conceito de manutenção preventiva. Os custos das manutenções também se elevaram, dando ênfase à necessidade de um planejamento e controle mais eficaz dos processos.
3. Terceira Geração: Após a década de 70, o processo dentro das indústrias começou a mudar significativamente, o fato de o setor produtivo parar, gerando um aumento de custos e impactando diretamente na qualidade dos produtos gerava uma preocupação generalizada. O crescimento da automação e da mecanização passou a evidenciar que a disponibilidade e a confiabilidade se tornaram pontos chave para um processo produtivo eficiente e rentável. Com isso, vendo a necessidade dos padrões de exigência cada vez maiores, necessidades de satisfazer as expectativas de segurança e de preservação ambiental, reforçou-se o conceito de manutenção preditiva.

De acordo com Viana (2002), na quarta geração, que compreende do final da década de 90 até o final da primeira década de 2000, consolidou-se boas práticas de manutenção, a partir disso, a análise de falhas se consagra como metodologia para garantir a uma boa *performance* dos equipamentos. Criou-se uma filosofia de integração das áreas de engenharia, manutenção e produção, a fim de que as metas fossem atingidas em conjunto, evitando disputas improdutivas entre as áreas.

3.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

3.2.1. Manutenção Corretiva

De acordo com Nascif *et al.* (2001) a manutenção pode ser definida como sendo a atuação para correção da falha ou do menor índice desempenho de desempenho esperado.

Conforme dito por Kardec *et al.* (2009), manutenção corretiva são ações com intuito de corrigir falhas com o desempenho menor que o esperado. Nessas circunstâncias, existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva:

- Desempenho deficiente;
- Ocorrência da falha.

Gregório *et al.* (2018, p.13) elucida que a manutenção corretiva é realizada após uma ocorrência de pane, ou seja, quando o componente é forçado e utilizado até sua exaustão. O principal objetivo desse tipo de manutenção é realocar o item para exercer suas funções requeridas de funcionamento e podem ser divididas em: corretivas não planejadas e corretivas planejadas. Respectivamente, a primeira ocorre quando se corrige uma falha após o seu acontecimento, já a segunda é quando se corrige o desempenho antes do esperado, ou seja, defeito que não tenha implicado em uma falha completa.

3.2.2. Manutenção Preventiva

Segundo Kardec *et al.* (2009), a manutenção preventiva é a atuação realizada com objetivo de reduzir, evitar falha ou queda de desempenho do equipamento, seguindo um plano previo e devidamente elaborado, se baseando em intervalos de tempo pré-definidos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462/1994) cita que a manutenção preventiva é realizada com critérios prescritos e destinada a reduzir probabilidade de falhas ou funcionamento do item.

Consoante a Xenos (2014), é afirmado que a manutenção preventiva deve ser a base principal de manutenção de qualquer empresa. Conforme Almeida (2014) *apud* Rabelo (2021), a implementação de manutenção preventiva resultará no controle de lubrificação adequada do equipamento, além da substituição adequada de peças, levando a um controle de previsão das demandas de compra e estoque,

isso levará a uma melhor gestão de tempo da mão de obra técnica da equipe de manutenção e na diminuição de paradas não planejadas da produção fabril.

Partindo desse contexto, Pinto (2016) descreve que esse método de parada do equipamento deve ser planejado junto ao setor de produção, a fim de reduzir perdas de rendimento no processo produtivo. Por conta disso, a manutenção preventiva realizará a substituição de componentes pré-determinados no plano, diminuindo a possibilidade de ocorrência de paradas não planejadas, isso resultará em uma elevação de custos, tendo em vista que o componente foi substituído antes do final de sua vida útil (falha).

3.2.3. Manutenção Preditiva

Segundo Almeida (2015), a manutenção preditiva se trata de um método aplicado à administração da manutenção desenvolvido para verificar quais as reais condições das peças e componentes de determinada máquina, com objetivo de acompanhar os fenômenos provenientes desses defeitos e planejar uma manutenção corretiva para sanar o problema.

Mucida (2017) relata que a manutenção preditiva é fundamentada na tentativa de prever o estado futuro do equipamento e seus componentes, através da coleta de dados em um determinado período, ou seja, pode-se dizer que se trata de uma análise de tendência de variáveis do equipamento. Esse tipo de manutenção define-se pela possibilidade de previsão da degradação, prevenindo as falhas com o monitoramento dos parâmetros principais de funcionamento do equipamento em análise.

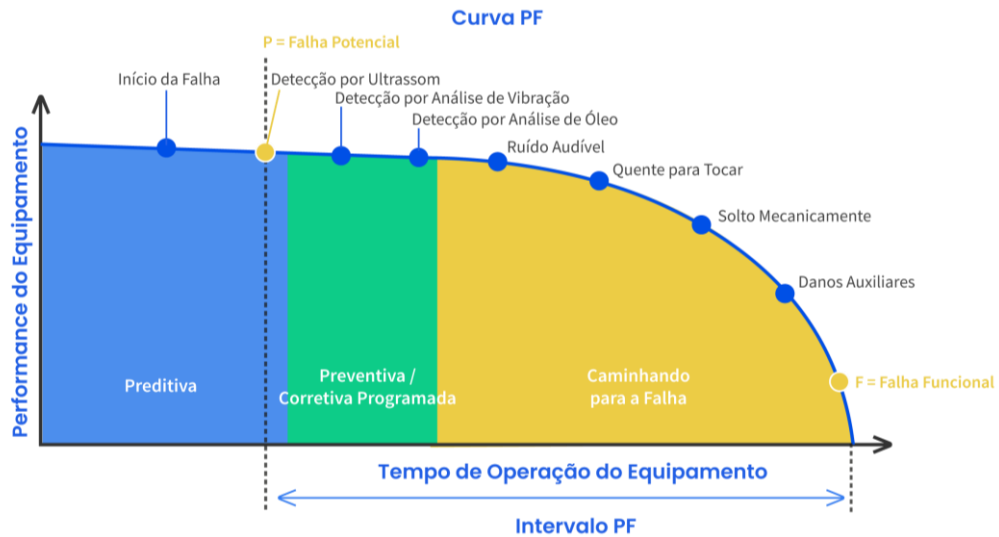
Gregório (2018) cita que, por apresentarem comportamento padrão durante a operação, alguns parâmetros acompanhados pela manutenção preditiva são:

- Vibração;
- Temperatura;
- Ruído;
- Energia elétrica de alimentação das máquinas.

De acordo com Teles (2018), através da manutenção preditiva, é possível gerar uma curva PF (potencial de falha), que dispõe o intervalo de tempo entre a falha potencial e a falha funcional. Na figura 1, podemos ver a representação da

curva PF, de acordo com Cyrino (2022).

Figura 1 – Representação da Curva PF.



Fonte: Cyrino (2022).

3.3. PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR – MODELO 924H

Segundo a Caterpillar (2008), a carregadeira de rodas 924H Caterpillar® é um equipamento que apresenta ótimo desempenho e muita eficiência em atividades que exigem transporte de produtos/cargas no setor industrial, além disso apresenta ótima relação “peso x potência”, que faz com que esta máquina seja ideal para as atividades voltadas para beneficiamento de soja. Por apresentar curtos tempos de ciclo, faz com que consiga um trabalho mais eficiente na movimentação de mais material, seja ele farelo de soja, matéria prima bruta – soja – e matriz energética – cavaco de eucalipto, castanha de caju e bagaço da cana de açúcar. No mais, apresenta uma cabine grande e espaçosa com controles do tipo joystick mantém o conforto do operador durante todo o dia de trabalho, permitindo uma maior produção operacional. Na figura 2, pode-se ter uma visualização do equipamento em uma atividade auxiliar ao processo fabril.

Figura 2 – Equipamento utilizado no estudo: Pá Carregadeira Caterpillar 924H.



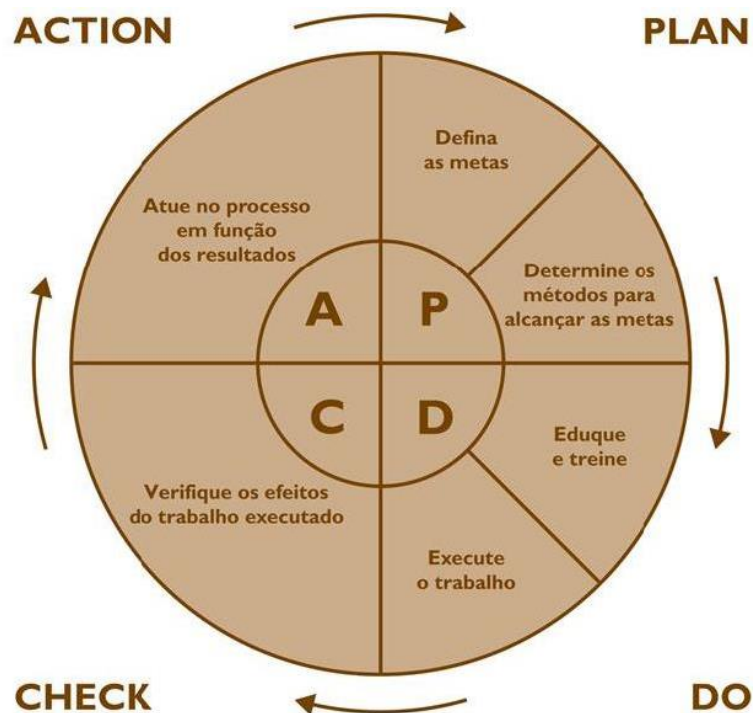
Fonte: Próprio Autor (2024).

3.4. PDCA

De acordo com Rosales (2023), o ciclo PDCA é uma metodologia utilizada para implementação de mudanças e constitui uma parte da filosofia Lean de Fabricação, assim como, um método para alcançar melhorias contínuas nos mais variados tipos de processos. Ainda segundo ele, a abordagem iterativa pode ser aplicada perfeitamente nos setores de manutenção industrial e tornou-se uma parte essencial da Gestão Lean, nos últimos anos.

Conforme definido por Xenos (2014), o ciclo PDCA é definido como o método universal para atingir metas, com base em processos de melhoria contínua, no qual é dividido em quatro etapas distintas: Planejamento (*Plan*), Execução (*Do*), Verificação (*Check*) e Atuação (*Action*), como pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 – Esquema de funcionamento do Ciclo PDCA.



Fonte: Werkema (2012, p.30).

3.4.1. Plan (Planejar)

De acordo com Vicente (2021), a etapa “PLAN” é onde são realizados os procedimentos para identificação do problema, entender sua complexidade, reconhecer características, descobrir as suas principais causas (Diagrama de Ishikawa) e criar um plano de ação (5W2H) em contramedida às principais causas.

Segundo Campos (2001) *apud* Vicente (2021), para a correta execução dessa etapa são necessários os seguintes procedimentos:

- Identificação do problema/Oportunidade de Melhoria;
- Observar o problema/fenômeno;
- Análise da causa raiz;
- Elaboração de um plano de ação.

3.4.2. Do (Executar)

Segundo Andrade (2003) *apud* Silva (2023), para garantir uma execução eficiente, é primordial possuir um plano de ação bem elaborado na etapa anterior

(*plan*). Nessa etapa, as atenções estão direcionadas para o processo de implementação e direcionamento para execução do plano de forma organizada, ordenada e progressiva, buscando a máxima eficiência.

Por conta disso, Vicente (2021) afirma que o plano deve ser compartilhado com toda a equipe envolvida, isso facilitará que toda a equipe entenda seu papel e suas responsabilidades, além de envolver todos na busca dos resultados esperados. Para isso, é muito importante que ocorram treinamentos dos funcionários para que seja alinhado a execução das atividades da forma correta.

3.4.3. Check (Checar)

Conforme ressalta Aguiar (2002), a fase “*check*” trata diretamente da verificação das metas estabelecidas no plano de ação, atestando se foram devidamente atingidas. Nesse ponto, se confirmada a eficiência e o atingimento da ação, é realizada a padronização de todo o processo, através de um POP (Procedimento Operacional Padrão), por exemplo. Caso a meta não tenha sido atingida, ou foi encontrado alguma oportunidade de melhoria, o ciclo é reiniciado. É de suma importância entender que o trabalho (processo anterior) não seja descartado, mas sim complementado com as melhorias identificadas.

3.4.4. Act (Agir)

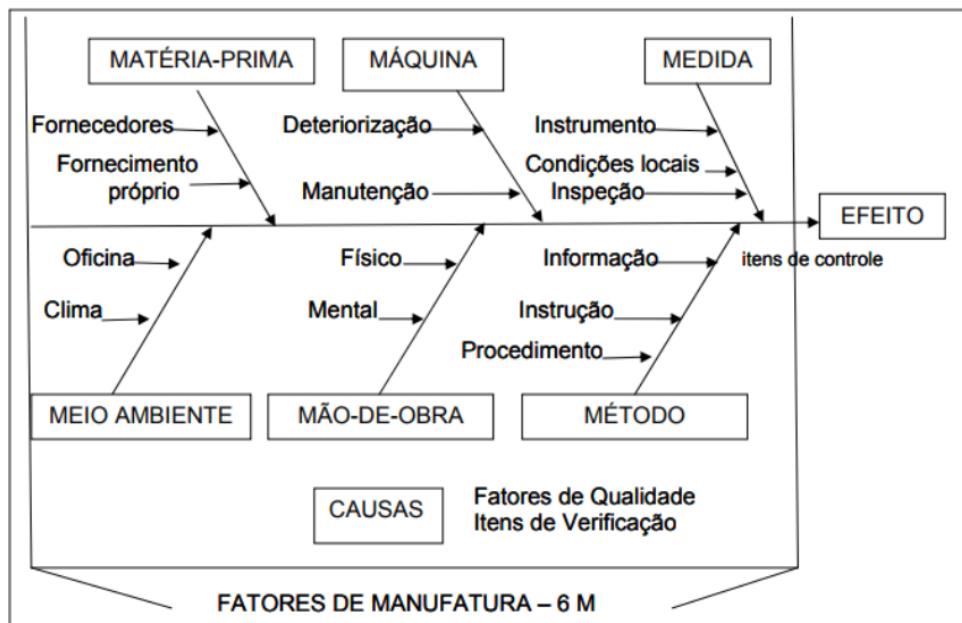
Segundo Andrade (2003) apud Silva (2023), nessa fase, as ações devem se basear nos resultados que foram obtidos na fase “*check*”. Vicente (2021) esclarece que após a realização de todo o ciclo, caso tenham sido identificados “*gaps*” de melhoria ou oportunidade, é imprescindível estabelecer um padrão atualizado ou modificado do que já existe. Essa alteração, geralmente, requer um novo treinamento da equipe e uma verificação constante, quanto a nova implementação de um novo ciclo. A atualização da padronização resulta em, além do novo treinamento, uma adaptação dos documentos (POP), a fim de se adequar ao ciclo de melhoria contínua.

3.4.5. Ferramentas de Qualidade

Para a aplicação do PDCA no presente trabalho, foram utilizados o diagrama de Ishikawa, o 5W2H e o *brainstorming*.

Conforme explicitado por Slack *et al.* (2002), dada a característica do estudo de caso desenvolvido, o diagrama de Ishikawa se torna efetivo na busca das raízes do problema. Campos (2009) esclarece que esse método resulta na simplificação dos processos e, conseqüentemente, a divisão dos problemas em várias causas, através das seguintes categorias: métodos, meio ambiente, medidas, máquinas, materiais e mão-de-obra. Na figura 4, podemos observar essa configuração.

Figura 4 – Exemplificação do diagrama de Ishikawa.



Fonte: Adaptado de Campos (2004).

O 5W2H é uma ferramenta para elaboração de planos de ação que tem sido muito utilizada em análise de negócios, gestão de projetos, planejamento estratégico, elaboração de planos de negócio e outras disciplinas de gestão, por sua orientação, ação e objetividade (GROSBELLI, 2014). De acordo com Silva (2019), se trata de uma metodologia que consiste em uma espécie de "*checklist*" que é realizado para identificar responsabilidade, atividades, prazos e recursos quanto ao que será necessário fazer para solucionar determinado problema. A tabela 1 mostra as principais etapas de aplicação dessa ferramenta.

Tabela 1 – Ferramenta de Qualidade – Método 5W2H.

Método 5W2H			
5W	<i>What</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who</i>	Quem?	Quem irá executar?
	<i>Where</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How Much</i>	Quanto Custa?	Quanto custará para executar a ação?

Fonte: Grosbelli (2014).

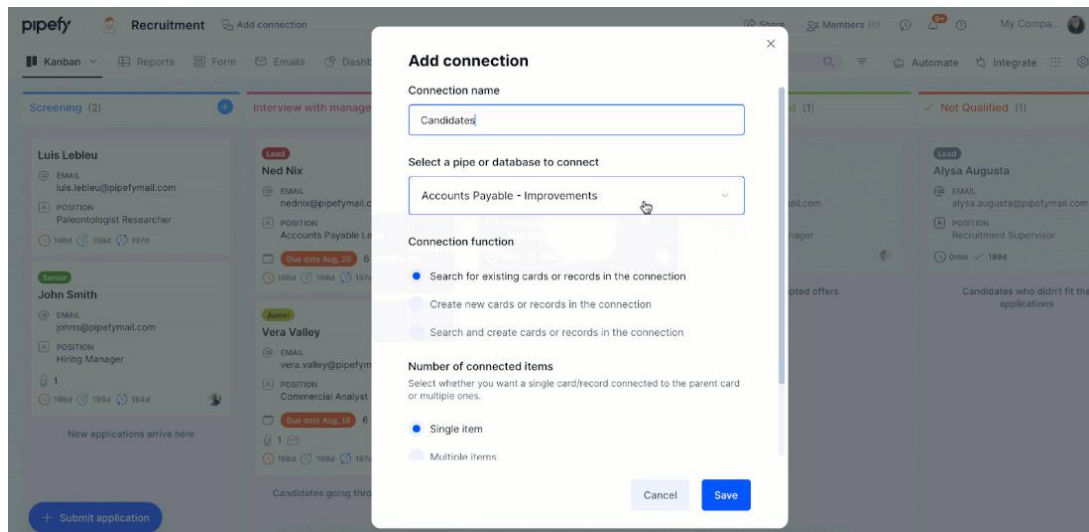
3.5. PIPEFY

A crescente demanda por eficiência e otimização dos processos organizacionais impulsionou o desenvolvimento de ferramentas que permitem a automação e a gestão eficiente de fluxos de trabalho. Nesse contexto, o *Pipefy* surge como uma solução inovadora, oferecendo uma plataforma de gerenciamento de processos que facilita a criação, a personalização e à automação de diferentes tipos de *workflow* em uma organização.

Conforme é dito por Barbosa, G. S. *et al.* (2024), o *pipefy* é uma plataforma multifuncional que oferece diversas funcionalidades, que vão desde recursos abrangendo áreas empresariais, requisições de pagamento, serviços de TI, RH e gerenciamento de projetos. Além disso, disponibiliza um *layout* personalizável, permitindo a criação de soluções para o controle dos mais variados tipos de processo.

Para a área de manutenção e do presente trabalho, o *pipefy* tem como funcionalidade automatizar os registros gerados através do *checklist* dos equipamentos móveis, em especial a Pá Carregadeira Caterpillar 924H, que é o objeto de estudo. Além disso, a plataforma online oferece uma organização de tarefas por meio de métodos *Kanban*, catálogo de serviços, relatórios, *dashboards* e outras ferramentas que auxiliam na visibilidade dos processos. A figura 5 apresenta uma visualização geral do sistema *pipefy*.

Figura 5 – Sistema *pipefy* (Processo de Acompanhamento).



Fonte: Subirá (2022).

3.6. POWER QUERY

De acordo com a Microsoft (2023), o *Power Query* é uma ferramenta de preparação e transformação de dados, sendo constituído de um editor para transformar as fontes de dados e de uma interface gráfica que trata da obtenção delas. Por conta disso, essa ferramenta pode realizar processos de extração, transformação e carregamento dos dados, poupando tempo de preparação, caso fossem tratados em outra plataforma ou de forma manual no *excel*.

O *Power Query* apresenta desde funções mais básicas até as de nível avançado, que podem ser usadas na interface gráfica do editor, tais como:

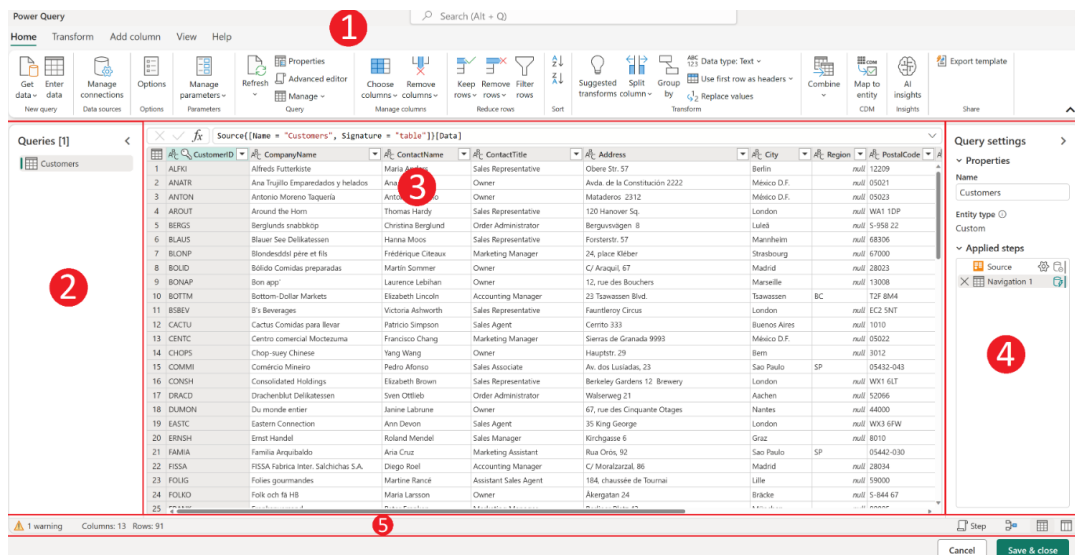
- Remover uma coluna;
- Filtrar Linhas que serão utilizadas no tratamento do *excel*;
- Utilizar a primeira linha como título de tabela;
- Realizar mesclagem mais complexas, anexação e agrupamentos por pivô e não dinâmica.

Na figura 6, podemos ver uma representação da interface do *Power Query*. Atualmente, o *software* nos apresenta 5 componentes distintos, que são detalhados pela Microsoft (2023) como:

1. Faixa de opções: Fornece guias para transformações, selecionar opções para consultas e acesso a diferentes botões da faixa, com o intuito de facilitar a conclusão de tarefas;

2. Painel consultas: Exibição das consultas disponíveis;
3. Modo de exibição atual: Exibição de trabalho principal;
4. Configurações de consulta: Exibição de consulta selecionada no momento com informações relevantes, como tratativas das etapas aplicadas, que também podem ser visualizadas no campo “editor avançado”;
5. Barra de status: Campo que exibe informações relevantes sobre sua consulta, como tempo de execução, total de colunas e linhas, e status de processamento.

Figura 6 – Visualização da Interface do Power Query.



Fonte: Microsoft (2023).

3.7. EXCEL

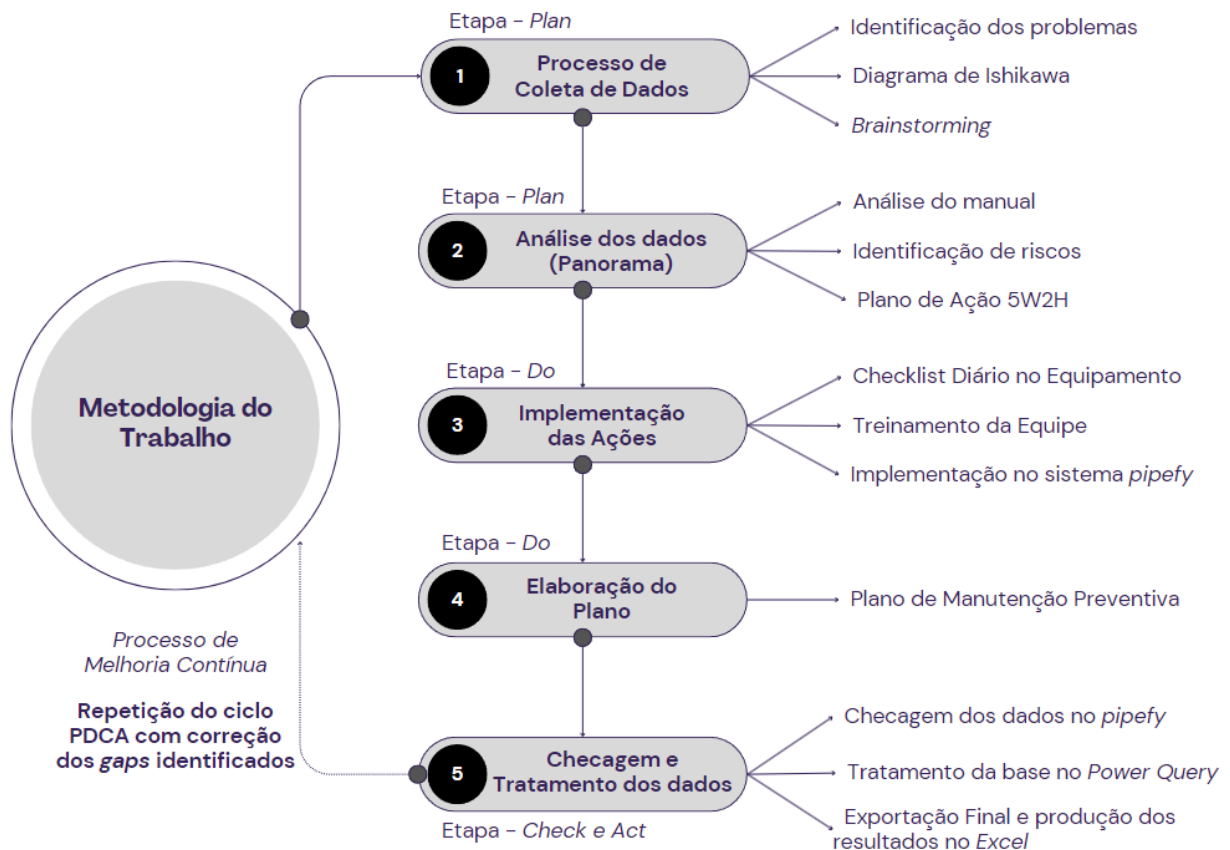
Conforme exposto com Meyer (2016), o *Microsoft Excel* é um *software* de planilhas eletrônicas, lançado pela *Microsoft* no meio da década de 80, sua versão atual apresenta ferramentas de *Visual Basic for Applications* (VBA), uma linguagem de programação que permite facilitar a exploração das funcionalidades do programa, permitindo uma ótima e eficiente automação nas planilhas através da utilização de macros.

Por conta disso, se tornou um *software* com grande importância na Engenharia, devido às suas características de grande disponibilidade, fácil importação de dados, e por possuir uma ampla ferramenta para tratativa dos dados exportados.

4. METOLOGIA

Para seguirmos a respeito do respectivo trabalho, é de suma importância apresentar um fluxo da metodologia adotada para o projeto, visualizado na figura 7.

Figura 7 – Metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto.



Fonte: Próprio Autor (2024).

4.1. PROCESSO DE COLETA DE DADOS

Conforme metodologia escolhida no processo de implementação do acompanhamento (PDCA), essa primeira etapa foi uma das mais importantes, pois estabeleceu a identificação do problema e a oportunidade e melhoria que será ligada diretamente ao processo (*PLAN*).

Para a análise do atual estudo, foi necessária uma pesquisa bibliográfica minuciosa para entender as etapas que deveriam ser realizadas e os “gaps” disponíveis para melhoria no processo. A criação de um processo de

acompanhamento eficiente auxiliará no controle eficaz das manutenções preventivas, além de garantir uma cultura de qualidade por parte da operação relacionada ao equipamento.

No princípio, junto a metodologia PDCA, utilizada para auxiliar no desenvolvimento do acompanhamento, foi recorrido o uso de ferramentas de qualidade, como o diagrama de Ishikawa e 5W2H.

Conforme consulta no histórico de registros da Pá Carregadeira, não foi possível identificar serviços realizados, valores e a condição real do equipamento. Após análise e *brainstorming* com as equipes de manutenção e operação, foram identificados alguns problemas que poderiam ser corrigidos, conforme aplicação do acompanhamento de forma correta e com um planejamento adequado, como pode ser visualizado na tabela 2.

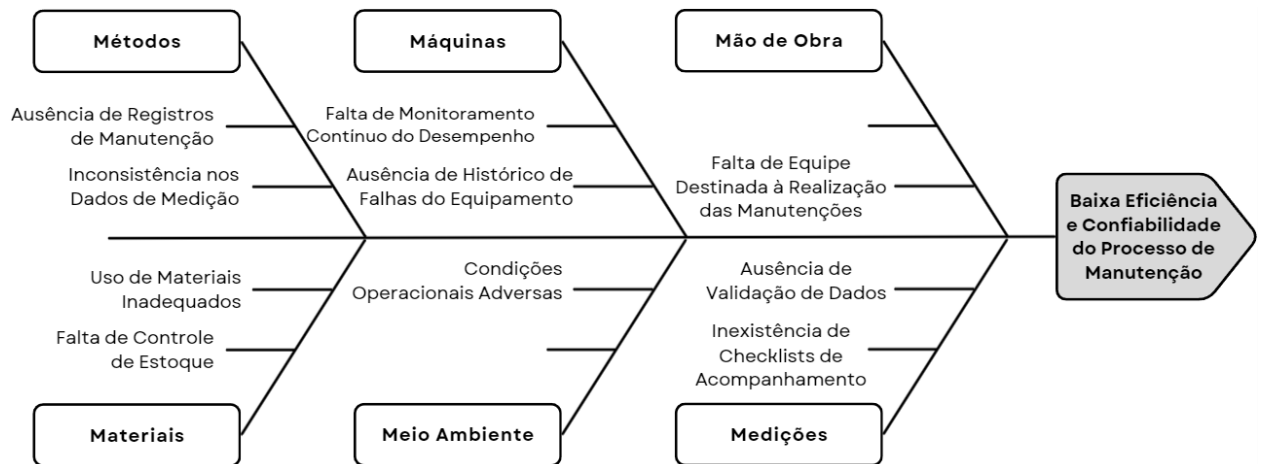
Tabela 2 – *PLAN* (Etapa de identificação do problema/oportunidade de melhoria).

PANORAMAS	
INICIAL	DESEJADO
Ausência de acompanhamento de manutenções preventivas do equipamento	Acompanhamento de preventivas com base no horímetro do equipamento (tempo de operação)
Gerenciamento de custos de manutenção geral do equipamento sem confiabilidade	Especificação de custo preventivo no período anual
Ausência de registro das condições atuais do Equipamento	Monitoramento diário do <i>checklist</i> realizado pelo operador
Dificuldade para entender os problemas que o equipamento apresenta (falha)	Facilidade no apontamento de falha com o auxílio do <i>checklist</i>
Obstáculos para garantir uso adequado do equipamento	Equipe de operadores treinada, a respeito do cuidado preventivo com o equipamento
Dificuldade no monitoramento das manutenções	Ações corretivas mais rápidas e eficazes por conta das Não Conformidades

Fonte: Próprio Autor (2024).

Em um contexto de processo de manutenção atual, sem os elementos essenciais, como validação de dados, registros de manutenção, histórico de falhas, equipe qualificada, *checklist* de acompanhamento e plano de manutenção preventiva e corretiva, o diagrama foi montado com base nas dificuldades do projeto e é apresentado na figura 8.

Figura 8 – Representação do Diagrama de Ishikawa do Projeto.



Fonte: Próprio Autor (2024).

4.2. ANÁLISE DOS DADOS

Seguindo a metodologia PDCA, a etapa de análise dos dados colhidos, ainda na etapa do “*plan*”, serve para definir um plano de ação eficiente que garanta a eficácia de implementação do plano de manutenção preventiva. A partir da análise de manual, *brainstorming* e Ishikawa acima, pode-se constatar os seguintes riscos para o processo:

1. Devido à necessidade de reparos emergenciais e frequentes, aumento dos Custos Operacionais.
2. Redução da Vida Útil dos Equipamentos, através de falhas recorrentes e falta de manutenção preventiva.
3. Aumento do tempo de inatividade dos equipamentos móveis, resultando em uma frequência de equipamentos, impactando a produtividade.
4. Maior risco de acidentes devido às falhas não detectadas, resultando em perigos de segurança operacional.

Por conta disso, foi elaborado um plano de ação com base na ferramenta 5W2H, apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Plano de Ação “5W2H” para o projeto de estudo.

Nº da Causa	Causa Identificada	Ação Principal	5W					2H	
			<i>What?</i>	<i>Why?</i>	<i>Who?</i>	<i>When?</i>	<i>Where?</i>	<i>How?</i>	<i>How Much?</i>
1	Falta de Acompanhamento.	Criar e Implementar <i>Checklists</i> de Acompanhamento.	Desenvolver <i>checklists</i> completo e detalhado.	Monitorar que todas as etapas sejam seguidas, reduzindo o risco de omissões e assegurando a padronização do processo.	Técnico de Planejamento e Manutenção.	30 dias	Pá Carregadeira CAT924H.	Criação dos <i>checklists</i> , seguido de treinamentos práticos ministrados.	R\$ 0,00
2	Ausência de Plano de Manutenção Preventiva.	Elaborar e Executar um Plano de Manutenção Preventiva.	Desenvolver um plano de manutenção preventiva que contemplem todos os equipamentos.	Minimizar falhas inesperadas e vida útil dos equipamentos.	Técnico de Planejamento e Manutenção.	45 dias	Pá Carregadeira CAT924H.	Análise de base bibliográfica e manual dos equipamentos.	R\$ 0,00
3	Equipe reduzida.	Contratar colaborador dedicado a manutenção de equip. móveis.	Designar um profissional exclusivo para as atividades de manutenção.	Realização das atividades de manutenção de forma correta e dentro dos prazos.	Supervisor de Manutenção/RH.	120 dias	Setor de Manutenção.	Recrutamento e treinamento interno.	R\$ 10.000,00 (3 primeiros meses de salário + treinamentos)
4	Base de dados limitada.	Registrar Histórico de Falhas.	Implementar um sistema de registro de todas as falhas e manutenções realizadas.	Base com histórico detalhado, permitindo análise de padrões de falha e melhorias contínuas no processo.	Técnico de Planejamento e Manutenção.	30 dias	Fábrica	Desenvolvimento em sistema interno de gestão de processos (<i>pipefy</i>).	R\$ 0,00
5	Desorganização do Setor de Almoxarifado, quanto as peças de Equipamentos Móveis.	Melhorar o Controle de Materiais e Peças.	Estabelecer um controle de estoque de peças de reposição e materiais para manutenção.	Para garantir a disponibilidade de peças e materiais necessários, evitando atrasos em manutenções.	Técnico de Planejamento / Gestor do Almoxarifado / Setor de Compras.	90 dias	Almoxarifado	Controle diário pelo sistema interno.	R\$ 0,00

Fonte: Próprio Autor (2024).

4.3. IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

As etapas de implementação seguem a fase de executar “do” da metodologia PDCA. É nessa etapa que o plano de ação estabelecido é devidamente executado.

4.3.1. Implementação do *checklist* diário no Equipamento

Para o cenário atual (pré-implementação), verificou-se a necessidade de criação de um acompanhamento para a Pá Carregadeira CAT924H, tendo em vista, principalmente, a alta utilização do equipamento e sua importância nas atividades desempenhadas dentro da fábrica, tais como: abastecimento de matriz energética para alimentação das caldeiras, abastecimento dos caminhões com farelo de soja, descarregamento de matriz energética (cavaco de eucalipto, bagaço de cana de açúcar e castanha de caju) nos galpões de armazenamento de matriz, como mostrado na figura 9.

Figura 9 – Operação de Pá Carregadeira auxiliando no transporte de Matriz Energética.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Após o processo de pesquisa e conforme realizado um “*brainstorming*” com a

equipe de manutenção e operação, ficou estabelecido algumas atividades essenciais para o plano de manutenção preventiva eficaz. Essas ações preventivas serão realizadas com base no preenchimento do tempo de trabalho registrado, conforme horímetro da Pá Carregadeira Caterpillar 924H que será registrado pelo operador no *checklist* diário. O modelo de *checklist*, realizado diariamente, pode ser visualizado no apêndice A deste trabalho. Além disso, por conta do alto número de demandas para o equipamento, foi decidido que o *checklist* seria realizado diariamente.

Para o preenchimento do *checklist*, o operador deve se atentar às seguintes informações:

- Descrição dos itens de inspeção;
- Dias do mês correspondente;
- Horímetro do equipamento;
- Matrícula do Inspetor;
- Campo livre para descrever outros itens que não estão presentes no *checklist*.

O preenchimento correto do *checklist* é de suma importância, pois garante um aumento da produtividade e eficiência operacional, possibilita uma significativa redução no apontamento de erros operacionais, além de contribuir para a padronização dos processos fabris. Esse apontamento atende diretamente a quase todos os itens direcionados no panorama pré-estabelecido como ponto de melhoria no tópico 3.1.

A estrutura de preenchimento foi desenhada para atender o operador em uma inspeção rápida e eficiente, onde os itens serão apontados como: C (Conforme = Item em pleno funcionamento sem qualquer falha/defeito); A (Ajustado = Item apresenta falha/defeito, mas foi resolvido de imediato) e NC (Não conforme = Item apresenta uma falha/defeito e necessita de uma parada para correção/manutenção).

4.3.2. Treinamento da Equipe (Operação)

Após criação do *checklist*, treinar um operador para seu preenchimento adequado é crucial para garantir um mapeamento de dados de manutenção preventiva, visando a obtenção da confiabilidade nos dados coletados para o equipamento. Além disso, o treinamento auxilia na redução dos erros, evitando

retrabalhos e dificuldades durante o processo.

Para o ajuste com a metodologia, foram mapeados treinamentos direcionadores para os operadores, objetivando o entendimento da operação para as novas diretrizes estabelecidas para acompanhamento dos dados, sendo este organizado, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Metodologia de treinamento utilizada no projeto.

Importância do <i>Checklist</i>	Explicação da importância do <i>checklist</i> para a manutenção preventiva, segurança operacional e longevidade do equipamento.
Itens do <i>checklist</i>	Evidenciando o que cada item representa e por que é necessário verificar cada aspecto.
Realização do <i>Checklist</i>	Demonstração prática de como preencher o <i>checklist</i> .
Supervisionar preenchimento do <i>checklist</i> por um período pré-estabelecido	Supervisão da realização diária do <i>checklist</i> . Correção de qualquer erro ou omissão em sua realização, elucidando os motivos dela. Orientação quanto a clareza nas informações apontadas (legíveis e evitando abreviações)
Identificação de problemas e ações que devem ser apontadas, caso encontradas	Identificação de Não Conformidades, passo a passo que deve ser realizado após constatada a anomalia (falha).
Revisão do <i>checklist</i> a cada período pré-estabelecido	Pontos fortes do preenchimento, apontamento de melhorias assertivas quanto ao funcionamento da metodologia de registro.
Treinamentos periódicos	Garantia que os operadores mantenham a qualidade no preenchimento dos <i>checklists</i> e estejam atualizados sobre qualquer mudança no processo.
Documentação	Conforme modelo de lista de frequência apontada nos apêndices C e D.

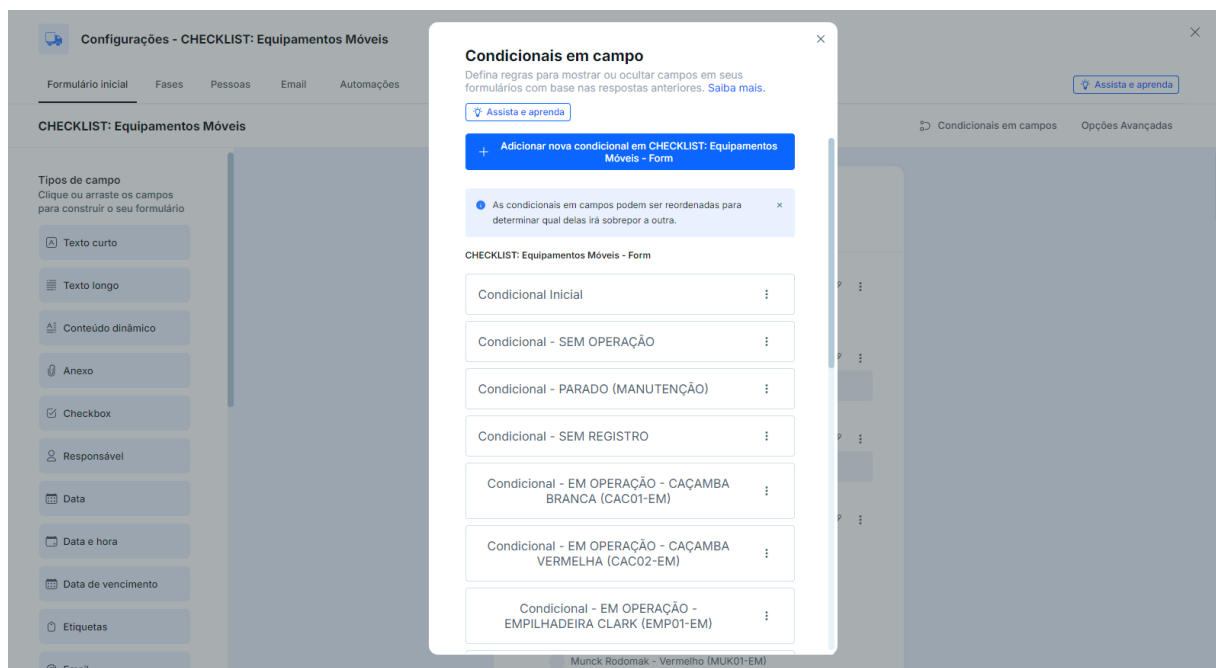
Fonte: Próprio Autor (2024).

4.3.3. Implementação no sistema *pipefy*

No decorrer do processo de implementação do *checklist*, notou-se a oportunidade de melhoria, voltada à automatização do processo. Por conta da utilização do sistema em outros processos dentro da empresa, optou-se por esse processo de implementação ser realizado no sistema *pipefy*.

O processo de criação e configuração se dá pela utilização de um arranjo de condicionais, definidas no ato de configuração do “*pipe*”. A intenção é que o preenchimento pelo operador seja realizado de forma prática e intuitiva, sem que ele tenha grandes problemas no registro. Na figura 10, pode ser visualizado a aba de criação das condicionais do sistema.

Figura 10 – Campo de condições do *pipe*: *CHECKLIST* – Equipamentos Móveis.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Com todos os itens e condicionais devidamente configurados, o *pipefy* disponibiliza o registro por um campo “público”. Através do *link*, qualquer operador portando um *smartphone* ou *tablet* com acesso à *internet*, consegue realizar o registro de inspeção diária necessária. Na figura 11, pode-se verificar a visualização do *checklist* online.

Figura 11 – Visualização inicial pelo celular do formulário para preenchimento do *checklist*.

Formulário

*** Data da Inspeção**

DD/MM/AAAA

*** Matrícula do Inspetor**

Digite aqui ...

*** Equipamento**

Selecione o equipamento que deseja criar um registro.

- ☐ Caçamba Branca (CAC01-EM)
- ☐ Caçamba Vermelha (CAC02-EM)
- ☐ Empilhadeira Clark (EMP01-EM)
- ☐ Empilhadeira Hyster (EMP02-EM)
- ☐ Munck Rodomak - Vermelho (MUK01-EM)
- ☐ Munck TKA - Branco (MUK02-EM)
- ☐ Pá Carregadeira CASE621E (PAC01-EM)
- ☐ Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM)
- ☐ Plataforma Elevatória (PLA01-EM)
- ☐ Retroescavadeira MF86 (RET01-EM)

*** Condição do Equipamento**

Se o equipamento foi/está sendo operado, selecione "EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO" para realizar o checklist.

- ☐ EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO
- ☐ SEM OPERAÇÃO
- ☐ PARADO PARA MANUTENÇÃO
- ☐ SEM REGISTROS

Enviar

Nunca envie senhas ou dados confidenciais por meio de formulários desconhecidos. Certifique-se de que este formulário foi gerado por sua empresa ou por uma empresa confiável.

[Denunciar abuso](#) [Termos e condições](#)

Powered by pipefy

Fonte: Próprio Autor (2024).

O operador deve preencher, inicialmente, somente o dia da inspeção e a sua matrícula. Além disso, o preenchimento foi pensado para atender a 4 situações específicas que venham a ocorrer:

- “EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO”;
- “SEM OPERAÇÃO”;
- “PARADO PARA MANUTENÇÃO”;
- “SEM REGISTRO”.

O primeiro caso (EM OPERAÇÃO) deve ser feito quando o equipamento for operado/utilizado. No segundo caso (SEM OPERAÇÃO), precisa ser realizado quando não houve utilização do equipamento naquele dia. A terceira opção (PARADO PARA MANUTENÇÃO) é selecionada quando o equipamento apresentou algum defeito que necessite uma ação corretiva emergencial, pois influenciou em sua operação e o deixou fora de condições para realizar a atividade requerida. Por fim, a quarta e última opção “SEM REGISTROS” ocorre quando o operador não realizou o *checklist* diário necessário. Nessa última situação, é necessária uma ação administrativa, tais como: Orientação, Treinamento de reciclagem ou medida

disciplinar (caso seja reincidente). Na figura 12, pode-se visualizar quais são as 4 etapas relacionadas ao processo de preenchimento no *pipefy* do equipamento.

Figura 12 – Etapas do preenchimento do *checklist online*.

The figure displays four sequential screenshots of an online checklist form for equipment inspection, powered by Pipefy. Each form includes a list of equipment types, a section for equipment condition, and a section for the reason for the inspection.

- Form 1 (Leftmost):** Shows the initial selection of equipment. The selected equipment is "Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM)". The condition is "EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO". The reason is "SEM REGISTROS".
- Form 2:** Shows the selection of equipment. The selected equipment is "Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM)". The condition is "SEM OPERAÇÃO". The reason is "PARADO PARA MANUTENÇÃO".
- Form 3:** Shows the selection of equipment. The selected equipment is "Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM)". The condition is "PARADO PARA MANUTENÇÃO". The reason is "PARADO PARA MANUTENÇÃO".
- Form 4 (Rightmost):** Shows the selection of equipment. The selected equipment is "Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM)". The condition is "EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO". The reason is "SEM REGISTROS".

Fonte: Próprio Autor (2024).

Além disso, a figura 12 também apresenta o que cada uma das condições resultará, com opções de preenchimento diferentes.

1. EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO: Itens do *checklist* do Equipamento;
2. SEM REGISTROS: Informar motivo da não realização do *checklist*;
3. SEM OPERAÇÃO: Sem novos itens;
4. PARADO PARA MANUTENÇÃO: Informar causa e dia de ocorrência do problema.

4.4. ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para elaboração de um plano de manutenção preventiva de qualquer equipamento, inicialmente, é preciso identificar quais serviços serão abrangidos nesse plano, para, posteriormente, prosseguir com a definição dos intervalos. Para essa etapa, como base, foi utilizado o plano de manutenção preventivo proposto por MANGIERI (2022), além do manual do Fabricante Caterpillar (2008).

O intuito do estudo é tentar mensurar a realização de atividades, conforme seguidas as orientações da fabricante assim, na tabela 5, podemos listar os serviços preventivos, realizados nesse modelo de pá carregadeira, que foram definidos e

estão sendo implementados, a fim de garantir um melhor acompanhamento do equipamento.

Tabela 5 – Plano de Manutenção Preventiva – Pá Carregadeira Caterpillar 924H.

Tipo	Descrição da atividade	Diário	50h	100h	250h	500h	1000h	1500h	2000h	3000h
CHECKLIST	Limpeza do sistema combustível (drenagem)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar alarme de marcha à ré	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Inspeccionar o cinto de segurança	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar os vidros (limpar)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ajustar pontas de caçamba	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar calços de folga da articulação da caçamba	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar calços: folga do braço de levantamento	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar bordas cortantes da caçamba	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Condições: chapas de proteção da caçamba	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Funcionamento da buzina	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Limpar filtro de ar da cabine	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar condições dos pneus	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Testar direção secundária	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vazamentos no motor	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar óleo do motor	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar nível do óleo do sistema de transmissão	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar condição do filtro hidráulico	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Vazamentos no sistema hidráulico	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Verificar nível do óleo hidráulico	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Funcionamento: luz da bateria (painel)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Amortecedor da tampa do motor	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Limpar filtros de ar do motor	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PREVENTIVAS	Lubrificar mancais de oscilação do eixo			x	x	x	x	x	x	x
	Lubrificar mancais da articulação da caçamba e do cilindro da caçamba			x	x	x	x	x	x	x
	Lubrificar mancais do cilindro da direção			x	x	x	x	x	x	x
	Lubrificar mancal de apoio do eixo			x	x	x	x	x	x	x
	Testar capacidade de retenção do freio de estacionamento				x	x	x	x	x	x
	Verificar folga da coluna de direção				x	x	x	x	x	x

Trocar óleo do motor e filtro				X	X	X	X	X	X
Verificar diferencial e comando final				X	X	X	X	X	X
Inspeccionar/ substituir correias				X	X	X	X	X	X
Testar direção secundária				X	X	X	X	X	X
Trocar filtro de ar – Primeiro elemento				X	X	X	X	X	X
Testar sistema de freios				X	X	X	X	X	X
Lubrificar estria do eixo				X	X	X	X	X	X
Limpar tela filtrante do tanque de combustível					X	X	X	X	X
Trocar sistema combustível - filtro primário e elemento					X	X	X	X	X
Substituir sistema combustível - filtro secundário					X	X	X	X	X
Lubrificar mancais da articulação						X	X	X	X
Limpar/ apertar bateria						X	X	X	X
Verificar folga de válvulas						X	X	X	X
Substituir filtro do respiro do cárter							X	X	X
Substituir óleo e filtro do sistema hidráulico								X	X
Substituir respiro do tanque hidráulico								X	X
Trocar óleo e filtro da transmissão								X	X
Trocar óleo do sistema hidráulico									X

Fonte: Próprio Autor (2024).

Importante ressaltar que o plano teve o marco zero, a partir do dia 22/06/2024, quando o equipamento finalizou um serviço corretivo no motor, que o deixou parado por 45 dias. O Horímetro para o mapeamento inicial foi de 14228 horas de funcionamento.

4.5. CHECAGEM E TRATAMENTO DOS DADOS

Para o desenvolvimento e tratamento de dados, foram utilizados: o sistema *pipefy* (para armazenamento e alimentação de dados); *Power Query* para o tratamento dos dados exportados do *pipefy*; e *Excel* (para finalização da etapa de tratamento, além de ser o responsável pelo gerenciamento dos gráficos).

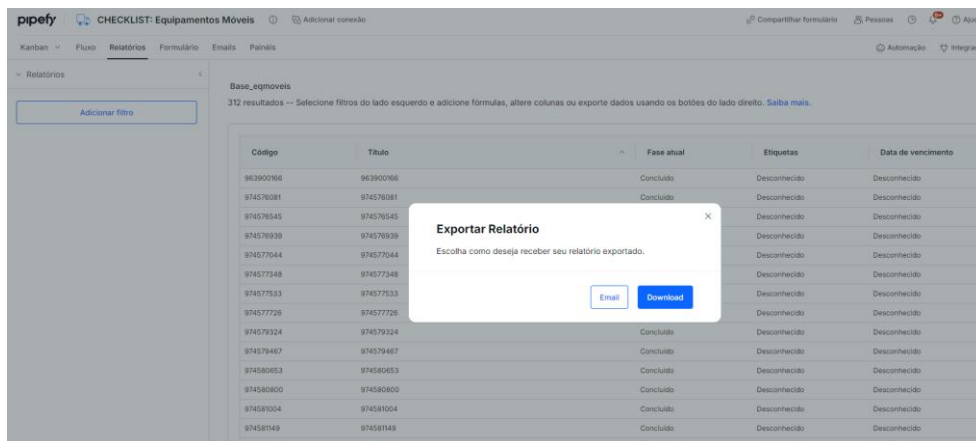
Com isso, a etapa de checagem (*check*) e tratamento de dados (*act*) do presente projeto passou por 3 etapas:

- Baixar relatório do *pipefy*, em XLSX;
- Abrir base completa no *Power Query* para transformação e limpeza dos dados para que estejam prontos para a tratativa;
- Processamento dos dados em *Excel* para desenvolvimento dos

acompanhamentos.

A etapa inicial de exportação, pode ser visualizada na figura 13.

Figura 13 – Aba de Exportação da base em xlsx.

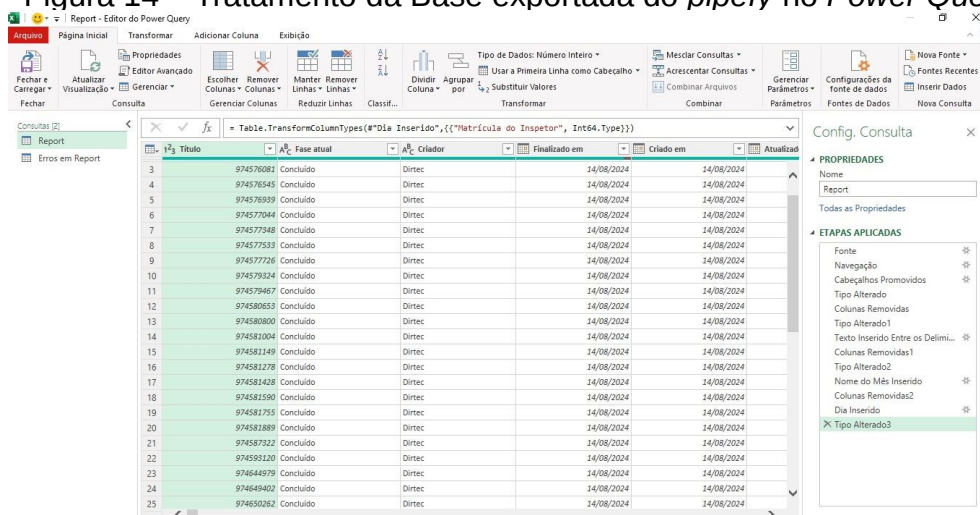


Fonte: Próprio Autor (2024).

Já na etapa realizada no *Power Query*, as transformações são feitas de maneira sequencial, criando um conjunto de etapas que são aplicadas aos dados, resultando em um conjunto limpo e organizado.

Um ponto muito relevante do *Power Query*, é que as operações realizadas são não destrutivas, ou seja, os dados originais permanecem intactos, e todas as transformações são aplicadas apenas à cópia dos dados carregados. Isso facilita a repetição de processos e a automatização de tarefas, tornando o tratamento de dados mais eficiente e acessível. A figura 14 apresenta a base, já exportada do *pipefy*, sendo tratada no *Power Query*.

Figura 14 – Tratamento da Base exportada do *pipefy* no *Power Query*.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Por fim, os dados foram tratados no *Excel* para gerar os acompanhamentos necessários e pré-determinados no início do projeto, como ilustrado na figura 15 .

Figura 15 – Base tratada no *Power Query* conectada ao *Excel*.

Código	Título	Fase atual	Etiqueta	Criado em	Finalizado em	Criado em	Atualizado em	Vencido em	Data da Inspeção	Matrícula do Inspetor	Equipamento	Condição do Equipamento
975199977	975199977	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	01/07/2024	1552	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	01 - C
975201053	975201053	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	02/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
975201463	975201463	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	03/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
975202236	975202236	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	04/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
975228643	975228643	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	05/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
975229078	975229078	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	06/07/2024	1594	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
975229555	975229555	Concluído		Dirtec	19/08/2024	15/08/2024	19/08/2024	FALSO	07/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976463652	976463652	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	08/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976464356	976464356	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	09/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976733378	976733378	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	10/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976734972	976734972	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	11/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976735684	976735684	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	12/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976736387	976736387	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	13/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976736959	976736959	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	14/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976737550	976737550	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	15/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976738612	976738612	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	16/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976738970	976738970	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	17/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976739219	976739219	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	18/07/2024	1506	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM SEM REGISTROS	
976739531	976739531	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	19/07/2024	1506	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM SEM REGISTROS	
976871395	976871395	Concluído		Dirtec	19/08/2024	19/08/2024	19/08/2024	FALSO	25/07/2024	1721	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM PARADO PARA MANUTENÇÃO	
976872546	976872546	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	20/07/2024	1552	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976872678	976872678	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	21/07/2024	1721	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM SEM OPERAÇÃO	
976872920	976872920	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	22/07/2024	1506	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873028	976873028	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	23/07/2024	1506	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873292	976873292	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	24/07/2024	1506	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873525	976873525	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	25/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873710	976873710	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	26/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873796	976873796	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	27/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	
976873845	976873845	Concluído		Dirtec	20/08/2024	19/08/2024	20/08/2024	FALSO	28/07/2024	911	Pá Carregadeira CAT924H (PAC02-EM EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO	

Fonte: Autoria Própria (2024).

É importante destacar que o trabalho analisou os primeiros três meses do processo de implementação, com algumas etapas ainda para serem concluídas. Por conta da metodologia, o processo de manutenção preventiva deve passar por ciclos de processo de melhoria contínua, que não se esgotam com os resultados apresentados neste trabalho, principalmente, relacionados à validação das estratégias adotadas no decorrer do desenvolvimento. A análise dos dados coletados até o momento já permitiu identificar a frequência ideal para as manutenções preventivas futuras. No entanto, o desenvolvimento do plano de manutenção completo, incluindo a implementação dessas estratégias bem definidas e a avaliação de sua eficácia ao longo do tempo, tornam-se passos essenciais para assegurar que o equipamento opere de forma eficiente e com o mínimo de paradas não planejadas. Esses próximos estágios serão fundamentais para a validação dos dados e para a conclusão de estudos futuros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

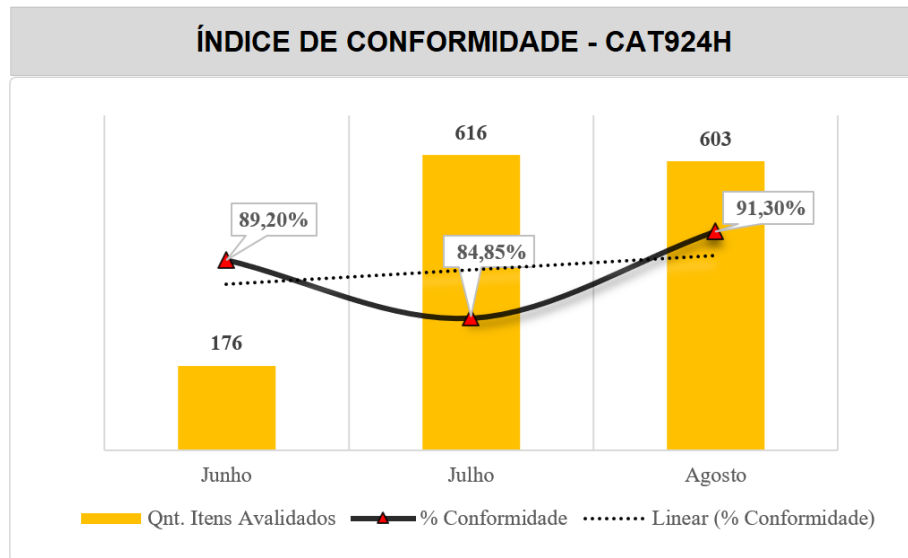
Para o tópico de resultados, a análise foi dividida com base nos objetivos específicos que foram propostos, a fim de verificar se as condições iniciais determinadas foram atendidas e satisfazem à necessidade do projeto de pesquisa.

- Identificar principais dificuldades de execução e seu reflexo nos resultados (*checklist* – identificação dos parâmetros e suas respectivas resoluções de manutenção).

Inicialmente, o gráfico da figura 16, “Índice de Conformidade”, referente ao preenchimento do *checklist* da pá carregadeira, revela pontos de atenção na execução das inspeções diárias. Observou-se que as áreas com maior incidência de não conformidades estão relacionadas à presença de vazamento no sistema de transmissão e um item corretivo quanto a condição do vidro para-brisa lateral direito, representando, respectivamente, 4,34% para cada um, resultando nos 8,30% apontados no mês de agosto. A condição atual do vazamento é superficial, no entanto, com o auxílio do *checklist*, foi possível agendar uma parada para correção do item, sem que haja qualquer prejuízo ao setor produtivo. O apontamento dos itens no *checklist* tem facilitado a realização de corretivas programadas, o que facilita que haja uma programação adequada para as atividades.

Além disso, também pode ser visualizado na figura 16, que entre os meses de julho e agosto, houve uma melhora significativa de 6,45% nas “Não Conformidades” evidenciadas pelos operadores da CAT924H no *checklist* do equipamento.

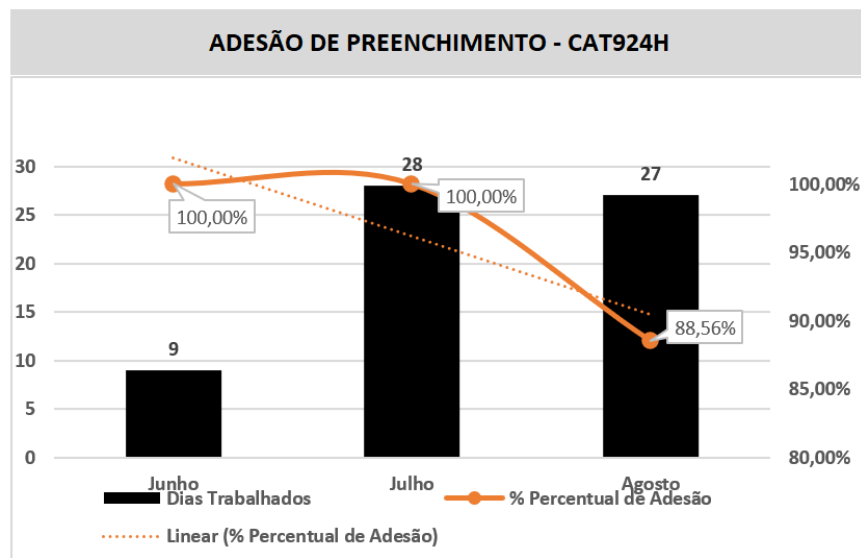
Figura 16 – Índice de Conformidade do *checklist* da Pá Carregadeira CAT924H.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Em relação à adesão quanto ao preenchimento no *checklist* pelos operadores, na figura 17, no mês de agosto foi registrado uma queda, em comparação aos outros dois meses anteriores. De acordo com os apontamentos, houve a ocorrência de não preenchimento em 3 dias consecutivos, o que significou a queda de 11,44% no índice de adesão. Por se tratar de uma circunstância sem recorrência constante, foi alinhada uma ação de reciclagem dos operadores, a fim de expressar a importância dos registros diários do equipamento em *checklist*.

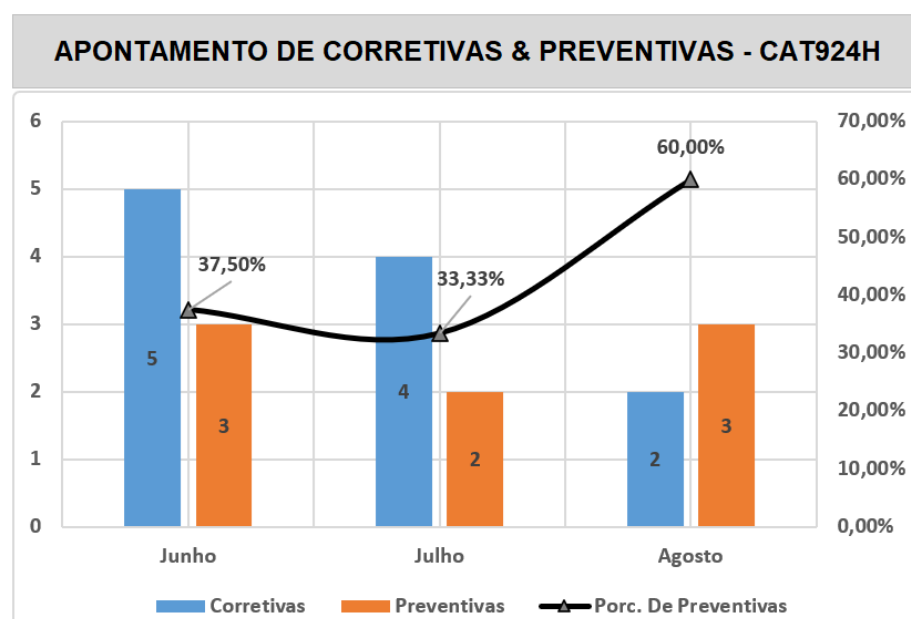
Figura 17 – Gráfico de adesão ao preenchimento do *checklist* – CAT924H.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Como pode ser visualizado na figura 18, o registro mensal relacionado aos meses de junho, julho e agosto, notou-se uma diminuição de 60% nos registros de Manutenções Corretivas. Pelo fato do fluxo de manutenções preventivas estar no início do ciclo, considerando que as trocas de óleo do motor, óleo de combustível, óleo do cárter e filtros de ar foram realizadas no mês de junho, podemos garantir que o preenchimento correto do *checklist* tem gerado uma quantidade menor de serviços corretivos emergenciais, isso significa que o *checklist* permite a identificação de pequenos problemas antes que eles se tornem falhas maiores e mais complexas, resultando nas trocas de componentes desgastados ou avariados antes de causarem uma falha mais grave. A figura 18 permite verificar também a quantidade de ocorrências nesses 3 primeiros meses de acompanhamento preventivo da CAT924H.

Figura 18 – Ocorrências Preventivas e Corretivas (junho – julho – agosto).



Fonte: Próprio Autor (2024).

Já em relação às preventivas, elas estão sendo realizadas conforme planejamento do plano de manutenção. Logo, tendem a seguir um padrão de ocorrências.

- Desenvolver um cronograma de manutenção preventiva e uma análise e custos futuros, baseado nos dados coletados.

A partir dos apontamentos, com o gerenciamento nesses 3 meses e com base no tempo médio de operação do equipamento, foi possível fazer uma previsão de custos destinados a CAT924H nos meses seguintes. Esses custos podem ser visualizados na figura 19. Além disso, na tabela 6, foi possível montar um cronograma de serviços preventivos datados com base no tempo médio de funcionamento diário, relacionado diretamente ao plano de manutenção preventivo elaborado na tabela 5. Vale ressaltar que o equipamento apresentou um tempo de trabalho médio de 4,97 horas, ou seja, aproximadamente, 4 horas e 58 minutos. Por isso, considerou-se o tempo de 5 horas trabalhadas/dia como parâmetro para prever os futuros serviços preventivos do equipamento.

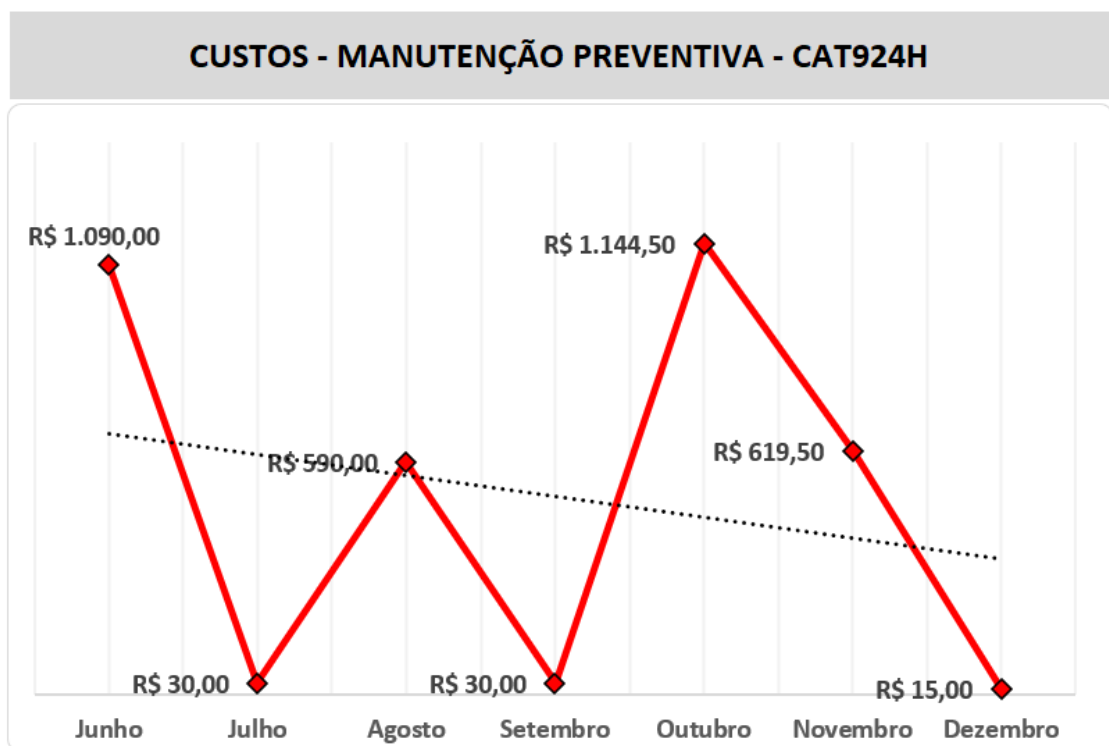
Tabela 6 – Detalhamento dos serviços preventivos para o ano de 2024.

Mês	Descrição do Serviço	Tipo de Serviço	Frequência	Horímetro previsto	Previsão de Realização
Setembro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	14593	04/09/2024
Setembro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	14693	24/09/2024
Outubro	Troca de óleo, filtros de ar, motor e substituição das correias	Preventivo	250h	14728	01/10/2024
Outubro	Troca dos filtros de combustível	Preventivo	500h	14728	01/10/2024
Outubro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	14793	14/10/2024
Novembro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	14893	03/11/2024
Novembro	Troca de óleo, filtros de ar, motor e substituição das correias / Avaliar condições dos componentes trocados (condições dos filtros e cor do óleo)	Preventivo	250h	14978	20/11/2024
Novembro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	14993	23/11/2024
Dezembro	Lubrificação das Graxeiras	Preventivo	100h	15093	13/12/2024

Fonte: Próprio Autor (2024).

É importante ressaltar que, a depender do tempo de utilização do equipamento nos meses restantes do ano de 2024, todo o custo e previsões de manutenções preventivas podem mudar. Na figura 19, é possível observar os custos previstos para as manutenções preventivas na CAT924H, considerando o tempo de operação médio de 5h/dia.

Figura 19 – Custos preventivos realizados nos 3 primeiros meses e previsão até o final de 2024.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Conforme mostrado na figura 19, os meses de junho (início do acompanhamento preventivo) e outubro tendem a apresentar um custo mais elevado de manutenção preventiva, pois são registros que necessitam de manutenção com base nas 500h de operação. Além disso, até o final do ano, considerando o fluxo de operação (em horas) dos setores de utilização da pá carregadeira, não temos previsão de manutenção preventiva de 1000h ou acima para o ano de 2024. Os custos baixos de julho, setembro e dezembro estão relacionados especificamente a lubrificação dos graxeiros, realizados por 2 vezes, 2 vezes e 1 vez nos meses, respectivamente.

- Analisar a efetividade do modelo de gestão de manutenção aplicado.

Os resultados obtidos até o presente momento evidenciam a importância de um plano de manutenção preventiva bem estruturado para a pá carregadeira. A análise preliminar dos dados coletados revelou uma melhora no registro de manutenções corretivas emergenciais, o que indica um melhor acompanhamento por parte do operador com o próprio equipamento. Esses resultados, descritos nas figuras 16, 17, 18 e 19, indicam que as medidas propostas têm potencial para se consolidarem como um plano de manutenção estruturado, em que a metodologia abranja os outros equipamentos móveis da fábrica, destacando a relevância da continuidade do estudo para validar e aprimorar as estratégias de manutenção.

Como pontos importantes, podemos destacar:

1. Boa adesão ao preenchimento do *checklist* diário, por parte do operador;
 2. Aumento no índice de conformidade do *checklist* do equipamento;
 3. Redução na quantidade de manutenções corretivas no período de estudo;
 4. Possibilidade de antecipação dos custos com serviços preventivos até o final de 2024.
- Garantir continuidade de implementação e melhoria contínua do processo de implantação.

Por fim, o processo de implementação ainda não finalizou, tendo em vista a metodologia adotada de melhoria contínua. Um ponto importante é que as causas estipuladas, anteriormente, na tabela 3, apresentam atividades que ainda necessitam de atenção e estão em processo de implantação, tais como Nº 3 e 5. A tabela 7 apresenta a situação das causas identificadas no projeto.

Tabela 7 – Situações das causas mapeadas com 5W2H.

Nº da Causa	Causa Identificada	Ação Principal	Situação
1	Falta de Acompanhamento.	Criar e Implementar <i>Checklists</i> de Acompanhamento.	Executado. Implementação no dia 22/06/24.

2	Ausência de Plano de Manutenção Preventiva.	Elaborar e Executar um Plano de Manutenção Preventiva.	Executado. Implementação no dia 24/06/24.
3	Equipe reduzida.	Contratar colaborador dedicado a manutenção de equipamentos móveis.	Em processo de finalização. Previsão de conclusão no início de outubro.
4	Base de dados limitada.	Registrar Histórico de Falhas (<i>pipefy</i>).	Executado. Implementação no dia 24/06/24.
5	Desorganização do Setor de Almoxarifado, quanto as peças de Equipamentos Móveis.	Melhorar o Controle de Materiais e Peças.	Em processo de mapeamento. Previsão de conclusão para o meio de outubro.

Fonte: Próprio Autor (2024).

Após finalização do processo de implantação das 5 causas mapeadas, o ciclo PDCA se reinicia, com o intuito de um novo mapeamento de *gaps* e desenvolvimento de um processo mais eficaz para todos os equipamentos móveis da fábrica.

6. CONCLUSÃO

Ao longo do estudo, a implementação do plano de manutenção preventiva proposto na Pá Carregadeira CAT924H tem se mostrado muito eficaz. A criação de uma metodologia eficiente acompanhada da aplicação de um plano de manutenção preventiva bem estruturado, indicando a real condição do equipamento, garantiu o início de uma base de dados relacionada ao histórico de serviços realizados no equipamento. Além disso, a metodologia PDCA aplicada se mostrou capaz de apontar oportunidades satisfatórias de melhoria, além de auxiliar na padronização do processo como um todo.

A implementação do *checklist* diário junto aos operadores demonstrou ser de grande eficácia, pois, a partir disso, notou-se uma melhora tanto no número de Conformidades (C) apontadas no equipamento (de 89,20% para 91,30%), quanto na decrescente realização de serviços corretivos, reduzindo em 60%, se considerarmos o período entre junho e agosto de 2024. Além disso, a realização da inspeção diária pelo operador desenvolveu habilidades muito úteis, tais como: um senso crítico mais apurado, evoluções em habilidades técnicas em serviços de rotina, *mindset* de melhoria contínua, dentre outros aspectos.

Importante ressaltar a necessidade da continuidade do plano preventivo para o equipamento estudado. O monitoramento possibilitará um diagnóstico de falhas e serviços mais confiáveis, levando em consideração o espaço amostral de tempo e quantidade de manutenções, além de uma análise de custo mais assertiva.

Apesar disso, o projeto ainda apresentou “*gaps*” consideráveis, voltados, principalmente, à falta de informações e documentações relacionadas aos serviços executados anteriormente no equipamento. Por conta disso, como sugestão de trabalhos futuros e melhoria do estudo em questão, fica evidenciado a necessidade de conclusão de todo o ciclo preventivo do equipamento, isso auxiliaria tanto no mapeamento de possíveis falhas funcionais/totais, quanto nas análises de causa dos componentes e seus sistemas.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento. Gerencial, 2002.

ALMEIDA, P. S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada** / Paulo Samuel de Almeida - São Paulo: Érica, 2014.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações** / Paulo Samuel de Almeida. -- São Paulo: Erica, 2015. 152 p.: il. (Serie Eixos).

ALVES, E. A. C. **O PDCA como Ferramenta de Gestão da Rotina**, Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015.

ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA**, Dissertação (Mestrado: Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

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

BARBOSA, Gabriella Santos; SILVA, Jamilly Késia de Carvalho Melo. **SERVISYS: sistema de gerenciamento de ordem de serviço, 2024**. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas para Internet) - Faculdade de Tecnologia Baixada Santista, Santos/SP - 2024.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 7ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9ª ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CATERPILLAR INC ©. **924H Carregadeira de Rodas** (2008). Disponível em: <<https://www.rochalocam.com.br/frota-de-maquinas/pdf/pa-mecanica-924h.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2024.

Cyrino, L. **Curva PF: como usar na manutenção?** (2022). Disponível em: <<https://traction.com/blog/curva-pf>>. Acesso em: 01 set. 2024.

DONAS, Manoel Luiz Martins. **A Gestão da Manutenção de Equipamentos em uma Instituição Pública de C&T em Saúde**. 2004. Dissertação (Mestrado profissional em gestão de C&T em saúde) – Escola Nacional De Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 2004.

Dombroysk, L. **Manutenção preventiva: o que é, quando fazer e exemplos práticos** (2021). Disponível em: <<https://traction.com/blog/manutencao-preventiva#>>. Acesso em: 14 ago. 2024.

GRÃO DIRETO. **Preços e cotações da soja no mercado físico**. Disponível em:

<<https://www.graodireto.com.br/precos/soja/>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira. **Engenharia de manutenção** [recurso eletrônico] / Gabriela Fonseca Parreira Gregório, Danielle Freitas Santos, Auricélio Barros Prata; [revisão técnica: André Shataloff]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

Grupo Tracbel. **Pá Carregadeira: Quais as funções desse tipo de equipamento?** (2023). Disponível em: <<https://www.tracbel.com.br/blog/quais-as-funcoes-de-umapacarregadeira/#:~:text=Sua%20função%20principal%20é%20efetuar,em%20ganhos%20significativos%20de%20produtividade>>. Acesso em: 12 ago. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira. **Manutenção industrial** [recurso eletrônico] / Gabriela Fonseca Parreira Gregório, Aline Moraes da Silveira, [revisão técnica: Henrique Martins Rocha]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2012.

MANGIERI, L. S. G. **Plano de Manutenção: Equipamentos Pesados**. Processo - SEMAN/DMI | Nº 134744/2022. Salvador, Bahia. 2022.

MEYER, Maximiliano. **História do Excel**. [s. l.], 2016. Disponível em: <https://www.aprenderexcel.com.br/2013/artigos/historia-do-excel>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MICROSOFT. **O que é Power Query?** 2024. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/power-query/power-query-what-is-power-query>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

MOTTER, O. **Manutenção Industrial – O Poder Oculto na Empresa**. São Paulo: Hemus, 1992.

MUCIDA, Samuel. **O que é Gestão da Manutenção e como você pode economizar com ela**. Soluções Consultoria, 2017. Disponível em: <<https://solucoesufv.com.br/conteudo/e-gestao-da-manutencao-como-voce-pode-economizar-ela/>>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

NASCIF, Julio Aquino; KARDEC, Allan. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PINTO, A.K.; XAVIER, J.N. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PINTO, E. S. Aplicação do PDCA na Redução de Paradas por Manutenção

Corretiva não Planejada em uma Indústria Papeleira, Monografia (Pós-Graduação em Gerenciamento da manutenção) Centro Universitário FEI, São Paulo, 2016.

RABELO, D. G. **Estudo Sobre Métodos Técnicas e Ferramentas da Qualidade que Possuem Melhor Aplicabilidade para Garantir a Confiabilidade dos Equipamentos na Indústria da Mineração**, Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

ROSALLES, J. **Ciclo Deming (PDCA) aplicado à gestão da manutenção**. Fractal (2023). Disponível em: <<https://www.fractal.com/pt-br/manutenpedia/o-que-e-ciclo-pdca-na-manutencao>>. Acesso em: 23 ago. 2024.

SILVA, V. J. T. **PESQUISA AÇÃO: APLICAÇÃO DO MODELO PDCA DE MELHORIA NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA DE UMA FROTA DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais – 2023.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SUBIRÁ, R. **Database connections are now available on pipes** (2022). Disponível em: <<https://portal.productboard.com/pipefy/2-pipefy-product-roadmap/c/59-database-connections-are-now-available-on-pipes>>. Acesso em: 13 set. 2024.

TELES, J. **Guia Prático para implantação de indicadores de manutenção**. Brasília: Engeteles Editora, 2018.

VIANA, H. R. G. PCM, **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Manual de Gestão da Manutenção**. Volume II. 1. ed. Brasília DF: Editora Engeteles, 2021. 292 p.

VICENTE, P. T.; **Aplicação da Metodologia PDCA na Gestão da Manutenção de Equipamentos Móveis de uma Empresa de Mineração**, Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais – 2021.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e Deming e Suas Ferramentas Analíticas**. Grupo GEN, 2012.

XENOS, H.G. **Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. Falconi Editora. 2014. 312p.

APÊNDICE A – CHECKLIST PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR 924H - FRENTE

XXXXXXXXXXXXX - Gestão de Manutenção e Processos.

MÊS DE INSPEÇÃO	Título: Checklist de Inspeção e Controle - Equipamentos Móveis - Pá Carregadeira CAT 924H Área eminente: Manutenção	Cód:	SGI POP 001 F0XXX
AGOSTO		Etiqueta:	
TAG DO EQUIPAMENTO		Revisão:	1
PAC02-EM		Data:	05/02/2024

ITENS DE VERIFICAÇÃO		DIAS									
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
1	LIMPEZA DO SISTEMA COMBUSTÍVEL (DRENAGEM)										
2	VERIFICAR ALARME DE MARCHA À RÉ										
3	INSPECIONAR O CINTO DE SEGURANÇA										
4	VERIFICAR OS VIDROS (LIMPAR)										
5	AJUSTAR PONTAS DE CAÇAMBA										
6	VERIFICAR CALÇOS DE FOLGA DA ARTICULAÇÃO DA CAÇAMBA										
7	VERIFICAR CALÇOS: FOLGA DO BRAÇO DE LEVANTAMENTO										
8	VERIFICAR BORDAS CORTANTES DA CAÇAMBA										
9	CONDIÇÕES: CHAPAS DE PROTEÇÃO DA CAÇAMBA										
10	FUNCIONAMENTO DA BUZINA										
11	LIMPAR FILTRO DE AR DA CABINE										
12	VERIFICAR CONDIÇÕES DOS PNEUS										
13	TESTAR DIREÇÃO SECUNDÁRIA										
14	VAZAMENTOS NO MOTOR										
15	VERIFICAR ÓLEO DO MOTOR										
16	VERIFICAR NÍVEL DO ÓLEO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO										
17	VERIFICAR CONDIÇÃO DO FILTRO HIDRÁULICO										
18	VAZAMENTOS NO SISTEMA HIDRÁULICO										
19	VERIFICAR NÍVEL DO ÓLEO HIDRÁULICO										
20	FUNCIONAMENTO: LUZ DA BATERIA (PAINEL)										
21	AMORTECEDOR DA TAMPA DO MOTOR										
22	LIMPAR FILTROS DE AR DO MOTOR										
23	LIMPEZA GERAL DA PÁ CARREGADEIRA										

Nº DE MATRÍCULA DO INSPETOR											
HORÍMETRO											

Caso seja necessário o detalhamento das **NC - Não Conformidades**, utilize o verso da folha.

LEGENDA	C	Conforme (Em boas condições)
	A	Ajustado (Limpeza ou Completado)
	NC	Não Conforme (Necessita Reparos)

APÊNDICE B – CHECKLIST PÁ CARREGADEIRA CATERPILLAR 924H - VERSO

XXXXXXXXXXXX - Gestão de Manutenção e Processos.

[illegible]

APÊNDICE D – MODELO DE LISTA DE TREINAMENTO - VERSO

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA	
Data prevista para avaliação da eficácia: ____/____/____	
Análise da eficácia do Treinamento:	
RESULTADO : Eficaz ()	
Data da avaliação: ____/____/____	
Assinatura do avaliador: _____	
RESULTADO : Não eficaz ()	
Ação: _____	
Responsável pela Ação: _____	
Data da avaliação: ____/____/____	
Assinatura do avaliador: _____	