



ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE IMPRESSÃO EM CONTRATO DE LOCAÇÃO

Carlos Roberto Salvaro Guidarini¹

Anderson Daleffe²

Gilson de March³

Joélson Vieira da Silva⁴

Henrique Cechinel Casagrande⁵

Rauan Martins⁶

Resumo: A manutenção de equipamentos por sua vez, possui fundamental importância em todas as áreas. A continuidade dos processos produtivos se dá com a garantia de equipamentos operacionais e funcionais e sob essa perspectiva o presente estudo busca garantir maior disponibilidade de equipamentos funcionais. Em uma situação em que as manutenções se dão apenas de forma corretiva, o objetivo é desenvolver um plano de manutenção preventiva, junto com um plano de inspeção para buscar diminuir as intervenções corretivas. Isso se dá com a análise de dados de histórico de manutenção do ano de 2024 juntamente com a implementação de um *software* de gerenciamento de manutenções preventivas, onde através dele todos os planos de manutenção e inspeção são programados e validados com amostragem de 2 meses. Ao longo do período analisado, ocorreu apenas uma intervenção de manutenção corretiva, enquanto as demais passaram a ser todas manutenções preventivas. A inspeção ajudou também a identificar alguns problemas que estavam a ponto de ocorrer, podendo assim realizar a intervenção de forma a evitar a parada de máquina. A amostragem de apenas 2 meses não deixa evidente quanto as possíveis futuras manutenções, mas espera-se reduzir, em uma projeção mais conservadora, em torno de 50% das intervenções corretivas. Mesmo por base de amostragem, mas os resultados foram satisfatórios, a sequência do estudo se daria com a implementação dos planos em todos os equipamentos em contrato de locação e avaliação pode ser realizada de forma anual, buscando identificar os pontos chave e trazendo melhorias ao processo.

Palavras-chave: Manutenção; Preventiva; Histórico de manutenção.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção de um modo geral, pode ser compreendida quanto ao ponto que se atende uma necessidade operacional, seja ela resolver uma falha ou mesmo

¹Graduando em Engenharia Mecânica, 2024. E-mail: carlosguidarini@hotmail.com

²Prof. do Centro Universitário UniSATC E-mail: anderson.daleffe@satc.edu.br

³Prof. do Centro Universitário UniSATC E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁴Prof. do Centro Universitário UniSATC E-mail: Joelson.silva@satc.edu.br

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

⁶Mestrando em Engenharia Metalúrgica UniSATC E-mail: rauan.martins@satc.edu.br



caracterizar e prevenir possíveis falhas. Ela é uma das chaves para manter a constância produtiva. No meio industrial, ainda há um número expressivo de empresas que preferem fazer suas manutenções somente quando houver a falha. Conforme mostra uma pesquisa da *Plant Engineering* com leitores da marca nos Estados Unidos, cerca de 51% delas, trabalham com o método *run-to-failure*, ou seja, trabalhar até danificar. As principais causas de paradas são o envelhecimento dos equipamentos, erros de operação e manuseio e falta de treinamento adequado (MCLEMAN, *et al.*, 2021).

Ao tratar de manutenção em equipamentos de impressão, tem-se também alguns desafios a serem solucionados. Essas máquinas desempenham um papel vital dentro das indústrias, sendo responsáveis pela continuidade dos processos produtivos. Muitas das vezes, essas máquinas acabam por ocorrer falhas levando a parada completa, necessitando assim uma manutenção corretiva com certo grau de urgência. Um desafio persistente, reside na otimização e no registro do processo de manutenção desses equipamentos, visto que normalmente as falhas causam parada completa do equipamento.

O ponto principal a ser dimensionado e validado, gira em torno da minimização do tempo de inatividade dos equipamentos de impressão e do aumento da sua eficiência operacional. Ao longo do tempo, o uso desses tipos de equipamento vem sendo cada vez maior, conforme Singh (2023) o mercado de equipamentos de impressão foi avaliado em US\$ 22,1 bilhões em 2022 e com perspectiva de crescimento anual de 5,10%. Com maior demanda de utilização desses equipamentos, também há a necessidade de garantir maior disponibilidade. A frequente parada de máquinas não só interrompe o fluxo de trabalho, mas também acarreta custos adicionais e diminui a vida útil dos equipamentos. Este é um problema pontual e persistente dentro da empresa, onde essa trabalha no ramo de locação de máquinas de impressão e atende vários clientes no ramo industrial na região de Criciúma, Nova Veneza, Siderópolis, Treviso e Forquilha. Com um parque total em torno de 130 máquinas, sendo destas, 120 em ativo.

Neste contexto, busca-se desenvolver um plano de manutenção preventiva que traga suporte a operação mais eficiente das máquinas. Também a elaboração de um plano de inspeção com a finalidade de assegurar a integridade dos equipamentos durante o processo produtivo. Isso se dará com a criação de procedimentos



padronizados de manutenção preventiva, detalhamento de histórico, análise de dados de manutenção e com auxílio de ferramentas de *software* com tendência a indústria 4.0. A meta é trabalhar com manutenções preventivas e reduzir as intervenções corretivas. Além disso, a inspeção mais frequente das máquinas e dos sistemas que exigem maior grau de lubrificação. Muitas dessas máquinas estão sujeitas a poeira e outros elementos que podem comprometer a integridade dos sistemas de lubrificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao entrar no contexto efetivo do estudo, nota-se um cenário onde a atuação principal está ligada a questão da manutenção. Segundo a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos - Abraman (2023), ao longo do tempo a evolução das categorias de manutenção vem trazendo relevância entre especialistas do setor. Cada uma, com seus métodos de abordagens distintos, mas com mesmo intuito, manter a boa operação e garantir a confiabilidade.

A manutenção de equipamentos e sistemas é uma área crítica para garantir a eficiência e a segurança operacional. De acordo com a norma NBR 5462/1994, as manutenções podem ser de 3 tipos. A preventiva, que é realizada seguindo um cronograma estabelecido ou critérios específicos, com o objetivo principal de minimizar as chances de falhas ou problemas no desempenho dos equipamentos. A manutenção corretiva, que entra em cena após a identificação de uma falha, com o intuito de restaurar a capacidade do equipamento de desempenhar suas funções. E em terceiro, a manutenção preditiva que é uma técnica que usa dados e análises para prever falhas nos equipamentos antes que ocorram. Podendo citar como exemplo manutenções que incluem o monitoramento contínuo de condições (como vibração e temperatura), uso de tecnologias como sensores IoT (Internet das coisas) e análises avançadas. Essas técnicas trazem maior redução de custos de manutenção, aumento da vida útil dos equipamentos e minimização de tempo de inatividade não planejada.

Dessa forma, a constante busca pela excelência na qualidade dos produtos fabricados é um objetivo fundamental para inúmeras empresas, e está diretamente ligada com as condições de funcionalidade do equipamento. Isso requer a realização de diversas etapas, indo desde a seleção dos materiais até a vigilância do padrão de



qualidade ao longo do processo de produção, bem como a prevenção de falhas em equipamentos (DAL MOLIN, R., 2023).

2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

As manutenções corretivas são aquelas realizadas após a falha da máquina. Conforme Bueno (2020), a manutenção corretiva, embora inevitável em certas situações, representa um custo significativo para as empresas devido à sua natureza imprevisível e às consequências de paradas não planejadas na produção. Essas interrupções podem resultar em uma redução da vida útil dos equipamentos e instalações, além de impactar negativamente a eficiência operacional. Segundo Chan (2024) considerado uma situação idealizada, o foco das manutenções corretivas deveria estar concentrado na resolução de problemas menores em equipamentos parcialmente funcionais e não em equipamentos com avarias muito graves.

2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Num breve histórico, a manutenção ao longo dos períodos da história vem evoluindo e se aprimorando cada dia mais, tendo a sua evolução de manutenção corretiva para um salto em direção a manutenção preventiva durante a segunda guerra mundial. Conforme Martins (2019), com o desenvolvimento e aprimoramento da aviação de uma forma comercial, entre os anos de 1940 e 1970, houve uma maior necessidade de melhorar as técnicas e os formatos de manutenção. Não se poderia fazer as manutenções com os aviões em pleno voo, a manutenção passou a ser analisada de outra forma, agora mais voltada aos padrões técnicos. Isso possibilitou a melhoria e avanços significativos como a análise de falhas que pode ser uma forma de antecipar as falhas dos componentes.

Neste sentido, a manutenção preventiva, tem por objetivo fazer as correções necessárias antes que ocorra a falha. Segundo Xenos (2014), esse tipo de manutenção deve ser feito periodicamente e deveria ser a principal atividade de manutenção dentro das empresas. Ela proporciona maior disponibilidade de equipamentos operacionais, por haver diminuição nas ocorrências de falhas, o custo total acaba sendo menor, por haver maior controle sobre as paradas de máquinas.



Além da questão dos custos, o objetivo principal dos processos de manutenção preventiva é evitar as paradas indesejadas e não planejadas, o que segundo Seleme (2015) a melhoria do fluxo de trabalho com a redução das paradas e o prolongamento do período operacional dos maquinários são as principais vantagens da manutenção preventiva.

Quando há a possibilidade, também é viável trabalhar com manutenções baseadas nos dados provenientes dos medidores dos equipamentos. Segundo Eisner (2023) esses medidores, que normalmente já vêm integrados aos equipamentos, podem conter dados de variáveis como quilômetros percorridos, horas de trabalho, pressão gerada e peças produzidas. Essas leituras podem indicar que um ativo está próximo do ponto de manutenção, portanto, precisam ser monitorados com mais constância.

A manutenção preventiva engloba algumas ações periódicas que também fazem parte do processo de construção do modelo de manutenção, a inspeção é uma delas. Segundo Bueno (2020), o procedimento de inspeção se trata de uma verificação e análise sistemática que feita por períodos, como objetivo de avaliar as condições de operação. Ela é realizada como forma a identificar os possíveis efeitos a serem corrigidos, para buscar eliminar as falhas que podem estar atreladas a interação humana na inspeção dos itens, ou mesmo de forma preditiva, necessitando de instrumentações de medição para fazer a indicação se tal item esteja dentro dos padrões desejados ou não.

2.3 VARIÁVEIS DE MANUTENÇÃO

Ao tratar de variáveis de manutenção leva-se em consideração os parâmetros utilizados para efetivação dos padrões de manutenção, os indicadores podem ser um deles. Um indicador muito utilizado é o MTBF, segundo Totvs (2023), o MTBF (tempo médio entre falhas), pode ser aplicado para identificar o tempo médio de funcionamento de um determinado equipamento. Esse cálculo leva em consideração o quanto tempo ele esteve ativo, pelo número de paradas para manutenção.



Outro indicador também muito importante é o MTTR, cuja tradução é o tempo médio para reparos. Segundo Teles (2018), esse indicador informa o valor médio de tempo ao qual as manutenções ocorrem, é realizado a somatória de tempos para realização das manutenções e divide-se pelo número de manutenções realizadas.

Um terceiro indicador que também é de grande importância e apresenta relevância quando se trata de uma maior confiança operacional é o cálculo de disponibilidade. Segundo Lameirinhas (s.d.) a disponibilidade se trata de um dado que demonstra a capacidade de um determinado equipamento em se manter em condições operacionais ao longo de um período.

Os *softwares* também podem ser uma ótima opção quando a questão é facilitar e ter maior mobilidade na gestão da manutenção. Conforme Wu (2024), esses programas são ferramentas de grande valia para programar e criar ordens de serviço, reduzindo assim o tempo gasto em comparação à geração da programação de manutenção de forma manual. Além disso, oferecem outras possibilidades, como a verificação do histórico de manutenção de maneira muito mais simplificada, a busca por serviços anteriores, seus problemas e recorrência, e até mesmo a criação de lembretes para a identificação das futuras manutenções. Confirmando a importância da atuação dos sistemas, segundo Caldeiras (2023), os *softwares* padronizam os processos, demonstram informações relevantes, com base nos dados e não em achismos, ou mesmo decisões com falta de comprovação. O gerenciamento de dados proveniente do *software* acarreta inúmeras melhorias, redução de custos, centralização de informações, maior controle no planejamento das manutenções, dentre demais pontos positivos.

2.4 PLANO DE MANUTENÇÃO

Ao tratar de um plano de manutenção alguns parâmetros são necessários para que o mesmo seja bem desenvolvido, mas num contexto geral, o que vem a ser um plano de manutenção? Segundo Meyers (s.d.), um plano de manutenção é um documento onde há as especificidades de frequência e periodicidade das atuações de manutenção preventivas para o equipamento. Além disso, ele trabalha com



detalhamentos de conformidade de execução de reparo e o tipo de ação que cada equipamento necessita.

2.4.1 INSPEÇÃO

A inspeção é um procedimento realizado de forma a não interferir ou mesmo alterar as características do equipamento. Seu objetivo é verificar o funcionamento e identificar possíveis falhas antes que haja quebras ou mesmo paradas repentinas. Segundo Monteiro (2021), o plano de inspeção é um documento essencial para garantir a qualidade e conformidade do bem, ele detalha os procedimentos e critérios utilizados durante a inspeção. O objetivo é de identificar possíveis falhas ou não conformidades, esse plano organiza as checagens, assegurando que sejam realizadas no tempo correto e seguindo um padrão de qualidade.

Segundo Rotondo (2021), a inspeção possui fundamental importância pois serve como um complemento na identificação de falhas antes que haja o efetivo ponto em que elas passem a existir. Ela passa a contribuir assim, para diminuição de manutenções corretivas e eventuais falhas indesejadas ao longo do processo, também é de grande valia o registro de informações das anormalidades e das atuações.

2.4.2 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O plano de manutenção preventiva tem atuação efetiva no controle e gestão de ativos, além de ajudar a reduzir as paradas não planejadas. Conforme Soares (2023), alguns passos são importantes para montagem do plano de manutenção, iniciando com o levantamento de informações referentes aos ativos a serem monitorados. Estes, os quais, serão indicados todos os itens que passarão por monitoramento, geralmente são máquinas, veículos ou outros tipos de equipamento. Em seguida, a definição das exigências de cada ativo onde se indicará o que cada um deles irá necessitar, seja lubrificação, calibragem ou troca de componentes. No terceiro ponto, se identifica os materiais necessários e os procedimentos realizados são descritos para próximas intervenções. No quarto ponto, seriam os períodos nos quais os procedimentos precisam ser realizados para conformidade do processo. Por



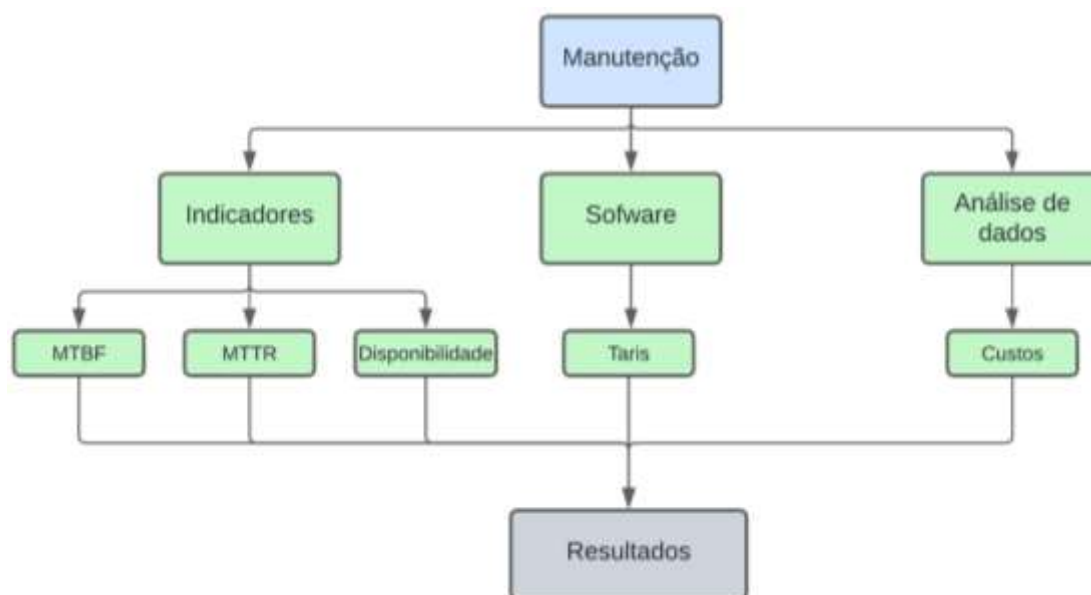
fim um cálculo de custos do conjunto com intuito de encontrar estratégias mais econômicas para os processos.

Outros pontos também são importantes na visão de Willich (2022), um planejamento das ações que considera níveis de criticidade é um bom exemplo. Nestes, alguns parâmetros podem ser seguidos para ajudar a definir esses níveis, conforme alguns critérios como tempo de reparo, onde quanto maior o tempo de reparo maior o nível de criticidade. O grau de utilização também é muito analisado e seguindo a mesma lógica de nível de criticidade.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Ao fazer uma análise mais refinada, compreende-se que os pontos a serem resolvidos estão ligados a disponibilidade e confiabilidade de equipamentos para operação. Nesta situação o equipamento locado está no contratante que adquiriu o serviço de impressão. As manutenções, por vezes, podem ser realizadas no local, porém algumas delas devido à complexidade, necessitam da retirada do equipamento, e que o mesmo seja levado para a assistência. Alguns pontos importantes passam a tomar relevância, os indicadores de manutenção são alguns deles, pois através deles, podem se ter maior controle sobre os ativos. Uma visão de automação ao processo de manutenção pode ser compreendida também ao conciliar um *software* de manutenções. Por fim uma análise de custos também se mostra relevante. Abaixo, as etapas de análise das informações indicadas na figura 1.

Figura 1 – Etapas do processo de manutenção, validação e análise de dados.



Fonte: O Autor, (2024).

A figura 1 demonstra o método utilizado para análise, onde os pontos chave estão relacionados aos indicadores, ao *software* de manutenção e a análise de dados. Todos os dados em seus detalhes, constituirão os resultados que serão indicados no capítulo 4.

Como forma de validação dos novos métodos de manutenção aplicados, um grupo seletivo de máquinas de impressão é selecionado. Dentre as máquinas do complexo, foram identificados as que, em um cliente em específico, apresentam maior número de relatos de falhas por parte dos usuários. Na tabela 1, a listagem expositiva das máquinas.

Tabela 1 – Equipamentos Selecionados para o Plano de Manutenção.

Patrimônio do Equipamento	Marca / Modelo	Setor Alocado	Média de páginas / mês
1055	Kyocera FS-1060DN	Contábil	4.858
1018	HP LaserJet M426dw	Logística	6.479
1011	Kyocera Ecosys M3655idn	Comercial	17.612
1115	Kyocera Ecosys M2040dn	Engenharia	2.236
1013	Kyocera FS-1020MFP	PCP	2.983

Fonte: O Autor, (2024).



Para os equipamentos demonstrados na tabela 1, ressaltasse as informações relevantes, tais como; patrimônio do equipamento, marca e modelo, setor alocado no contratante e a média de impressões por mês.

3.1 INDICADORES

Os indicadores de manutenção são importantes para trazer maior compreensão, tomando como base, dados reais, que mostram como está o cenário das manutenções. O indicador MTBF foi considerado para o caso, ele foi aplicado aos equipamentos indicados e com registros de histórico. A equação 1 identifica o método de aplicação do cálculo.

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \quad (1)$$

Para que possa ser realizado tais cálculos, é necessário dados de histórico das manutenções. Considerando o período anterior a implementação do plano de manutenção, alguns dados foram possíveis de obter tomando como base o período compreendido entre 01/2024 a 08/2024. Essas informações continham dados de ordem de serviço e algumas solicitações de manutenção.

Outro indicador também utilizado no processo é o MTTR. Ao utilizar esse indicador buscou-se identificar quais os tempos médios para reparar cada equipamento analisado. A equação 2 indica as variáveis utilizadas para o cálculo.

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (2)$$

Um terceiro indicador foi considerado, o de disponibilidade, com intuito de identificar o quanto o equipamento estava operante durante o período. O cálculo para tal, de acordo com a equação 3, se dá pela divisão entre o MTBF com a soma entre o MTBF e o MTTR, o valor ainda pode ser multiplicado por 100 para resultar em porcentagem.

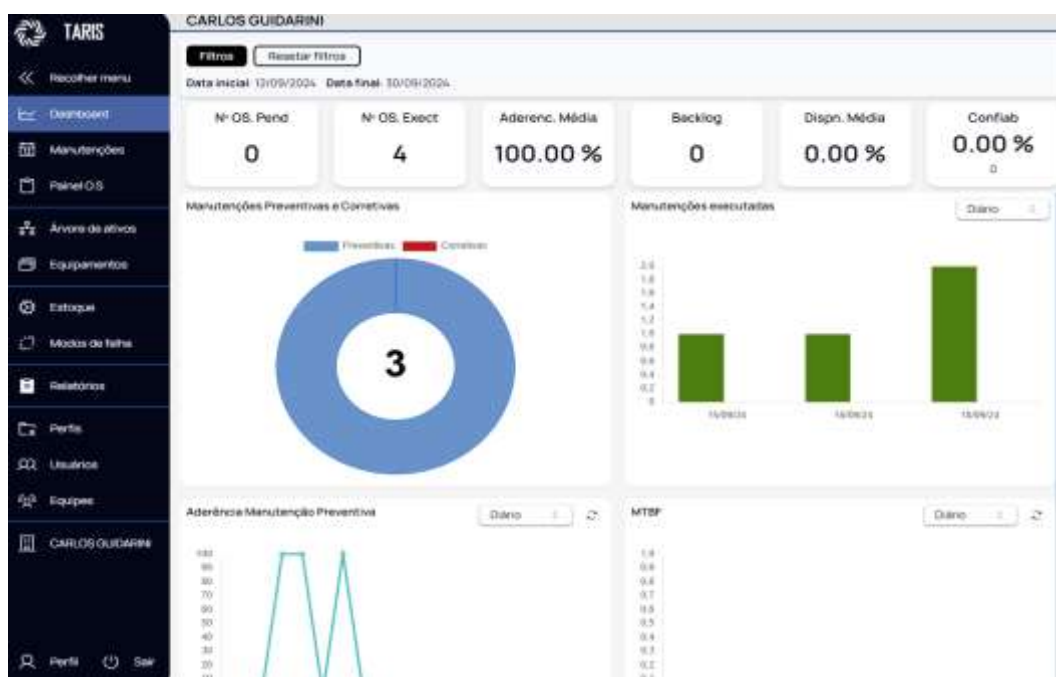
$$DISPONIBILIDADE = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \cdot 100 \quad (3)$$

Tais cálculos foram realizados para os equipamentos anteriores ao plano de manutenção, os valores após a implementação do plano de manutenção são obtidos por meio do *software* que gerencia os equipamentos.

3.2 SOFTWARE

Para o presente estudo, o *software* utilizado é o Taris, desenvolvido no centro tecnológico da UniSATC. O *software* conta com recursos de gerenciamento e programação de manutenções, histórico de manutenções, gerenciamento de estoque de componentes e indicadores de manutenção, na figura 2, a apresentação do sistema.

Figura 2 – Tela de *Dashboard* do sistema com dados iniciais relativos as manutenções.



Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024).

Na figura 2, a apresentação da tela de dashboard com dados de manutenções iniciais. As manutenções passaram a ser monitoradas e analisadas a partir desta ferramenta, como forma de ter um controle mais refinado dos ativos.

A implementação do sistema Taris se deu em 04/09/2024 e a partir daí passou-se a identificar, catalogar e programar as manutenções. O grupo de máquinas inicialmente selecionado passou a ser cadastrado no sistema e posterior foram



realizadas as programações das manutenções preventivas. Dentre todas as máquinas do complexo, aquelas identificadas e expostas na tabela 1, passaram a possuir um controle gerenciado pelo *software*, como finalidade de validação dos métodos.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Quanto aos dados de saída, buscou-se identificar a relação de custos. No âmbito dos custos por máquina, foi considerado como base de informação o valor do custo de mão de obra para reparo, custo de deslocamento, custo de peças e partes sobressalentes e o custo de inatividade. Os valores de base de cálculo para cada um destes indicados, pode ser melhor detalhado abaixo:

- Mão de obra: O valor da mão de obra considerou o valor do salário base da categoria, com um acréscimo de 70% relacionados a encargos e impostos. O valor foi dividido pela relação dias/mês e pelo número de horas/dia. Obteve-se então o valor para cada hora trabalhada nos equipamentos.
- Deslocamento: O valor de custo de deslocamento considerou a quilometragem rodada desde a assistência até o cliente. Este valor é dividido pelo valor de média de Km/L, considerando um carro com média de 9,5Km/L. Também um valor médio de combustível de R\$ 6,08. O valor obtido foi multiplicado por cada vez que foi necessário se deslocar até o contratante.
- Peças: Não há informações precisas sobre as peças substituídas em cada uma das máquinas, porém as que foram possíveis identificar, o valor da peça foi considerado ao custo total.
- Inatividade: O custo de inatividade considerou o valor médio de páginas impressas nos últimos 8 meses, dividido pelo número de dias úteis. Foi considerado o que se deixaria de imprimir em um dia de trabalho. Este valor é multiplicado pelo custo/página cobrado do contratante, com um valor fixo adicional de manutenção, multiplicado pelo número de dias que ficou inativa para manutenção.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere aos resultados, inicialmente alguns pontos podem ser considerados, uma análise das informações antes e depois dos novos métodos de manutenção serem aplicados. Ao primeiro ponto, foram analisados os indicadores dos equipamentos selecionados.

4.1 ANTERIOR AO PLANO DE MANUTENÇÃO

Inicialmente foram coletadas informações relacionadas aos tempos de trabalho, indicados na tabela 2, aqui estão sendo definidos as informações considerando o tempo médio de funcionamento do equipamento por dia (8 horas), tempo médio mensal, considerando uma média de 22 dias úteis no mês e por fim o tempo durante os 8 primeiros meses do ano em que foram analisados.

Tabela 2 – Considerações iniciais acerca do funcionamento dos equipamentos.

TMFd (h)	TMFm (h)	TMFp (h)
8:00	176:00	1408:00

TMFd = Tempo médio de Funcionamento por dia (Horas).

TMFm = Tempo médio de Funcionamento por mês (média de 22 dias úteis).

TMFp = Tempo médio de Funcionamento no período (01/2024 – 08/2024).

Fonte: O Autor, (2024).

O primeiro indicador a ser calculado foi do MTBF. As variáveis para o cálculo são o somatório das horas de trabalho em bom funcionamento e o número de paradas para manutenção corretiva. Para a primeira variável, foi necessário saber o número de horas para realização de cada uma das manutenções, dado esse obtido pelo histórico previamente montado e esse valor diminui-se do valor de tempo médio de funcionamento no período (TMFd). A segunda variável é o número de vezes que o equipamento parou para realização das manutenções corretivas. Na tabela 3, as variáveis de cada um dos equipamentos.



Tabela 3 – Dados de funcionamento dos equipamentos no período de 01/24 a 08/24.

Patrimônio do Equipamento	STR (h)	SHBF (h)	NIR
1055	15:30	1392:30	6
1115	2:00	1406:00	3
1018	8:00	1400:00	4
1011	24:00	1384:00	1
1013	10:00	1398:00	3

STR = Somatório dos tempos de reparo.

SHBF = Somatório de horas em bom funcionamento.

NIR = Número de intervenções realizadas.

Fonte: O Autor, (2024).

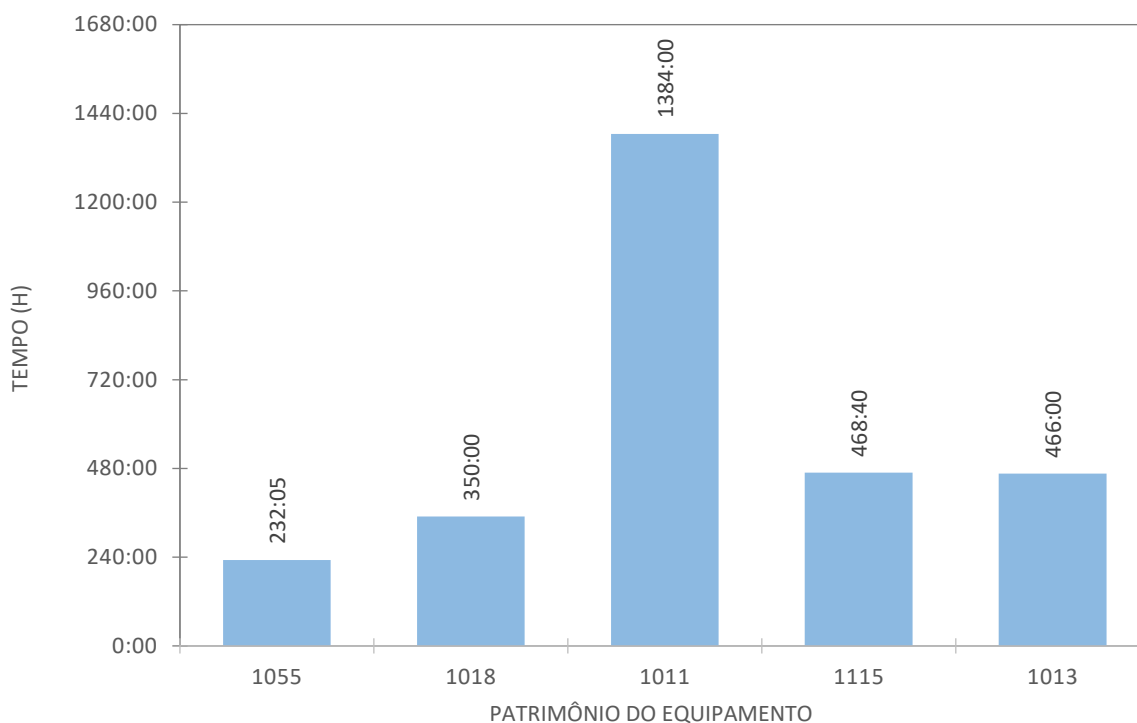
Estando então, com os dados dispostos já é possível a realizar o cálculo do MTBF, as variáveis então passam a ser o SHBF e o NIR. Para exemplificação do cálculo toma-se como base a impressora com patrimônio 1055.

$$MTBF_{1055} = \frac{SHBF}{NIR} = \frac{1392:30}{6} = 232:05 \text{ horas}$$

Neste caso, para a impressora de patrimônio 1055, o tempo médio entre as falhas que ocorreram na mesma seriam de 232:05 horas. O mesmo cálculo se aplicou as demais máquinas, no gráfico da figura 3, está exposto os dados de MTBF dos equipamentos considerando o período e as condições de histórico informados.



Figura 3 – Dados de MTBF dos equipamentos indicados no período de 01/24 a 08/24.



Fonte: O autor, (2024).

De acordo com as informações de manutenção expostas, o equipamento que mais apresentou falhas e que possui o menor MTBF é o de patrimônio 1055. Em contrapartida, o equipamento que menos apresentou falhas seria o de patrimônio 1011, com 1 falha.

Ainda com relação do MTBF, é possível mensurar o número estimado de dias até que se tenha uma nova falha, tomando como base o tempo médio entre falhas, na tabela 4 os dados de média de dias entre falhas.

Tabela 4 – Tempo médio entre falhas no período de 01/24 a 08/24.

Patrimônio do Equipamento	MTBF (h)	Tempo médio p/ falha (Dias)
1055	232:05	29
1018	350:00	44
1011	1384:00	173
1115	468:40	59
1013	466:00	58

Fonte: O Autor, (2024).

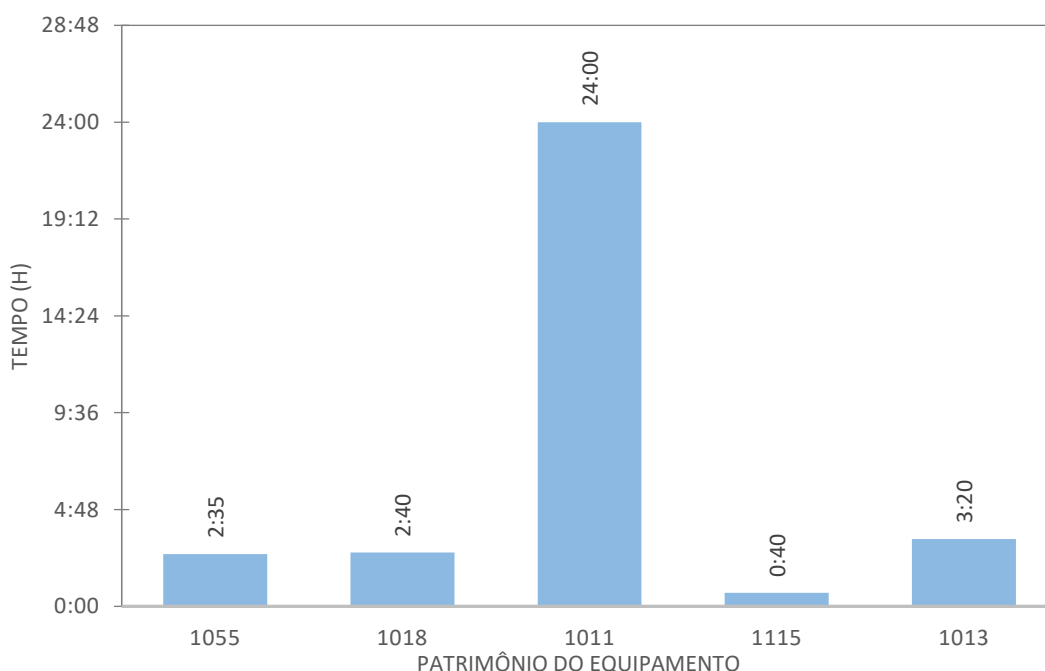


Já considerando o MTTR, foram coletados os dados pelo histórico e os mesmo estão dispostos na tabela 3, sendo eles o somatório dos tempos de reparo (STR) e o número de intervenções realizadas (NIR). Como exemplificação, o cálculo disposto para o equipamento de patrimônio 1055.

$$MTTR_{1055} = \frac{STR}{NIR} = \frac{15:30}{6} = 2:35 \text{ horas}$$

Para tal equipamento o tempo médio de reparo, considerando que houve 6 falhas graves registradas no período, foi de 2:35 horas. O mesmo cálculo pode ser disposto para os demais equipamentos, no gráfico da figura 4, tem-se os dados de MTTR dos equipamentos.

Figura 4 – Dados de MTTR dos equipamentos indicados no período de 01/24 a 08/24.



Fonte: O Autor, (2024).

Dentre os equipamentos, o que teve menor número de intervenções e consequentemente maior MTBF, também foi o que mais apresentou complexidade nos reparos, tendo assim maior tempo de reparo. Em contrapartida, o equipamento



que possui menor tempo médio de reparo é o de patrimônio 1115, tendo em média 40 minutos para realizar os reparos.

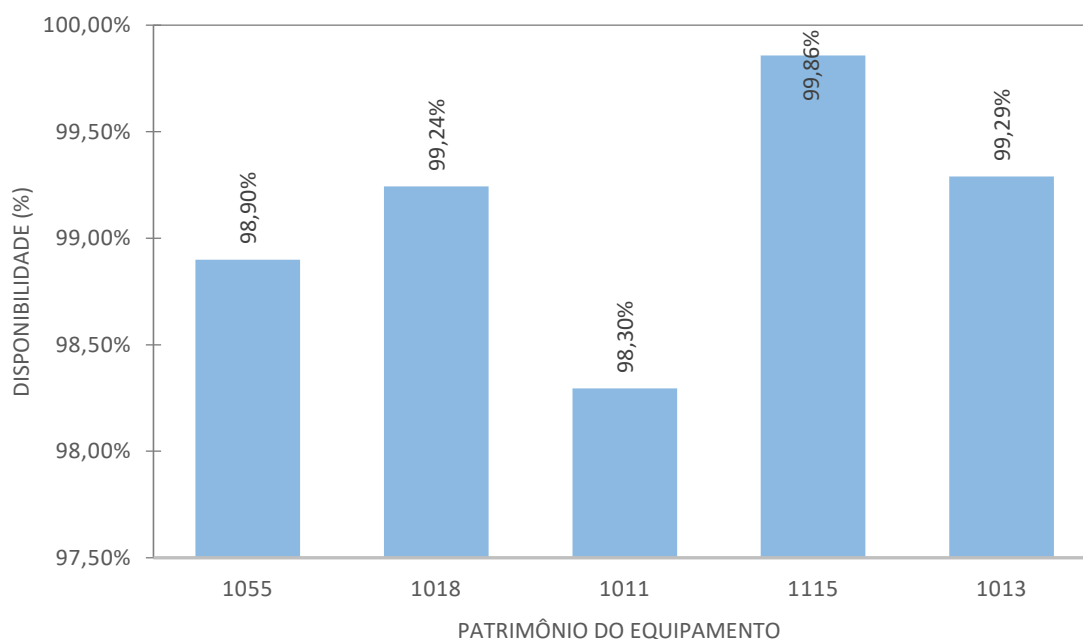
Considerando o indicador de disponibilidade, como exemplificação o cálculo da disponibilidade para o equipamento com patrimônio 1055, o mesmo utilizado nos demais cálculos.

$$DISPONIBILIDADE_{1055} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{232:05}{232:05 + 2:35}$$

$$DISPONIBILIDADE_{1055} = 0,9890 \rightarrow 98,90\%$$

Para o equipamento exemplo, o total de disponibilidade foi de 98,90%, para os demais equipamentos, a figura 5 identifica as disponibilidades de cada um.

Figura 5 - Disponibilidade dos equipamentos no período de 01/24 a 08/24.



Fonte: O Autor, (2024).

Pode-se identificar que os valores de disponibilidade estão elevados, com disponibilidade mínima de 98,3%. Dentre os equipamentos o que mais possui disponibilidade é o de patrimônio 1115, por conter manutenções mais rápidas em relação aos demais. Já em contrapartida, o equipamento com patrimônio 1011, possui menor taxa de disponibilidade, mesmo contendo apenas 1 manutenção registrada no



período, porém por ser de maior complexidade, acabou por levar um dia completo para realizá-la.

Um ponto importante a ser avaliado é em relação aos custos, nesta situação alguns pontos foram considerados para identificar os custos anteriores a aplicação do plano de manutenção, na tabela 5 a relação de custos das máquinas.

Tabela 5 – Custos de manutenção no período de 01/24 a 08/24.

Patrimônio do Equipamento	Mão de obra	Deslocamento	Peças	Inatividade	Total
1055	R\$ 258,33	R\$ 104,45	R\$ 60,00	R\$ 121,90	R\$ 544,69
1115	R\$ 108,33	R\$ 69,63	-	R\$ 54,86	R\$ 232,83
1013	R\$ 166,67	R\$ 52,22	-	R\$ 67,49	R\$ 286,38
1018	R\$ 258,33	R\$ 87,04	-	R\$ 144,58	R\$ 489,95
1011	R\$ 416,67	R\$ 87,04	R\$ 320,00	R\$ 472,20	R\$ 1.295,91
				Total	R\$ 2.849,75

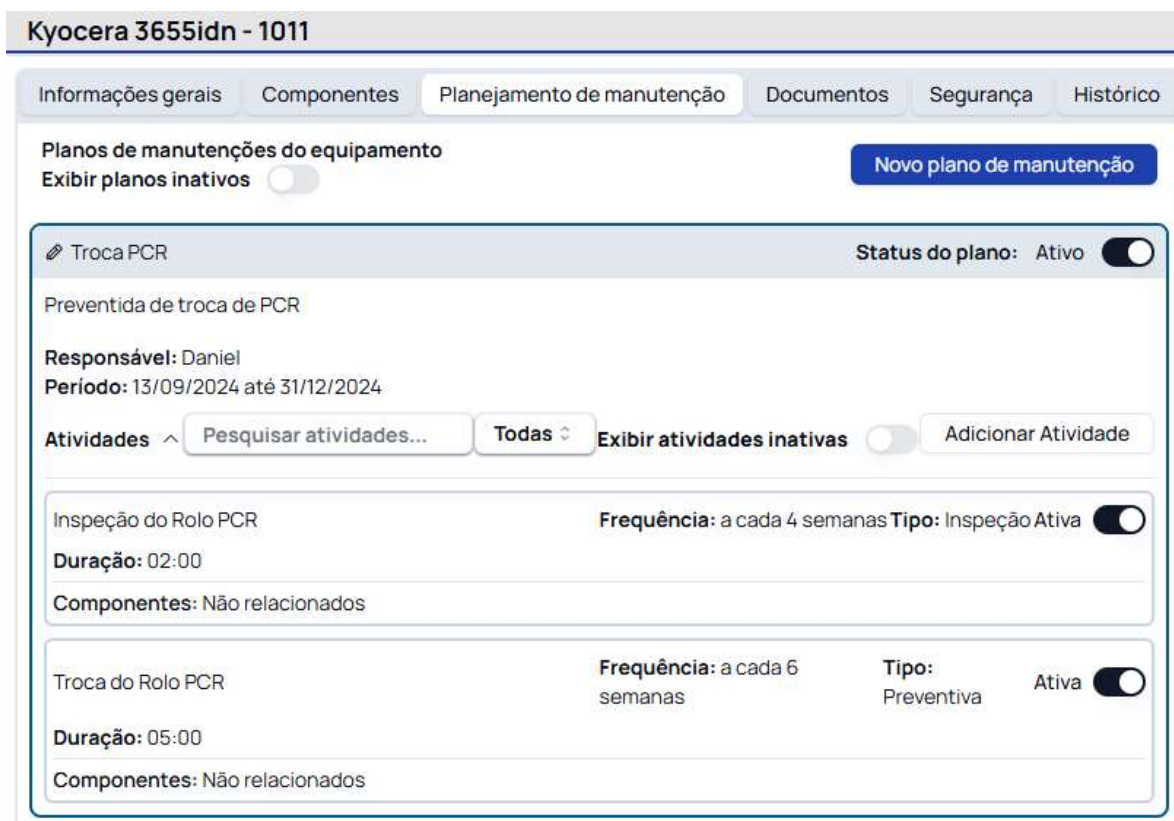
Fonte: O Autor, (2024).

Os custos identificados na tabela 5 levam em consideração valores quanto a mão de obra, esta é uma relação do custo/homem, multiplicado por o tempo necessário para realizar a manutenção. O custo de deslocamento, que envolve a relação de distância até o local onde se encontra o equipamento. Custos de peças e componentes (aqui de forma simplificada por não se ter dados concretos sobre todas as peças trocada). Custos de inatividade que levam em relação a quantidade de impressões que se deixou de realizar no período.

4.1.1 APÓS APLICAÇÃO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO

Após a aplicação do plano de manutenção e de inspeção, a análise de informações passou a ser realizada por meio do sistema Taris. Para cada equipamento, foi informado ao sistema quais seriam os planos de ação para realização das manutenções, a Figura 6 um exemplo de plano inserido ao sistema.

Figura 6 – Programação de planos de manutenção por equipamento no sistema Taris.



Kyocera 3655idn - 1011

Informações gerais Componentes Planejamento de manutenção Documentos Segurança Histórico

Planos de manutenções do equipamento

Exibir planos inativos ☐

Novo plano de manutenção

Troca PCR Status do plano: Ativo ☒

Preventida de troca de PCR

Responsável: Daniel

Período: 13/09/2024 até 31/12/2024

Atividades Todas ☐ Exibir atividades inativas ☐ Adicionar Atividade

Inspeção do Rolo PCR Frequência: a cada 4 semanas Tipo: Inspeção Ativa ☒

Duração: 02:00

Componentes: Não relacionados

Troca do Rolo PCR Frequência: a cada 6 semanas Tipo: Preventiva Ativa ☒

Duração: 05:00

Componentes: Não relacionados

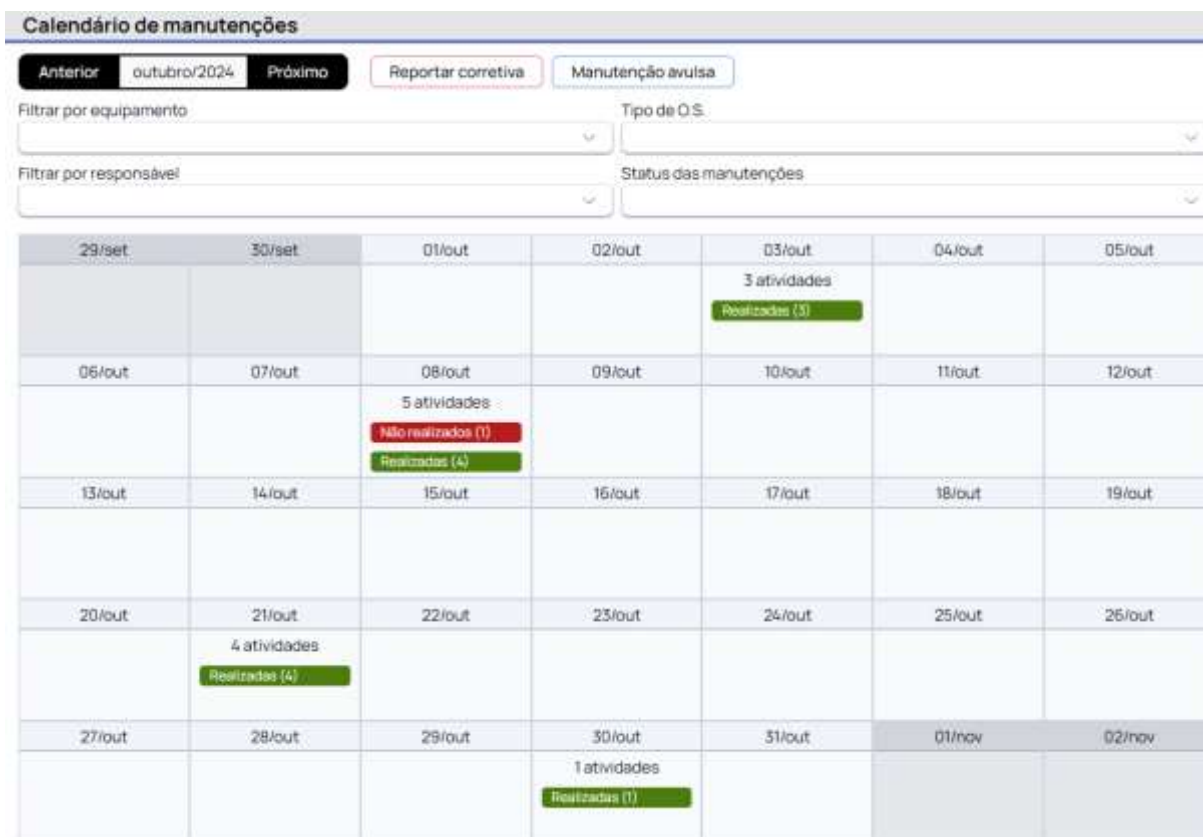
Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024).

Na figura 6 é possível identificar que ao cadastrar um plano de manutenção, algumas informações são importantes, para o caso da impressora de patrimônio 1011, foi montado dois planos distintos, uma inspeção do rolo PCR a cada 4 semanas e a substituição a cada 6 semanas. Os dados de tempo foram considerados com base nos históricos anteriores.

Ao ser cadastrados todos os planos, as informações passam a ficar disponíveis em forma de calendário, a figura 7 é possível identificar as manutenções do mês de outubro de 2024.



Figura 7 – Tela com as programações e realizações de manutenção para o mês de outubro de 2024.



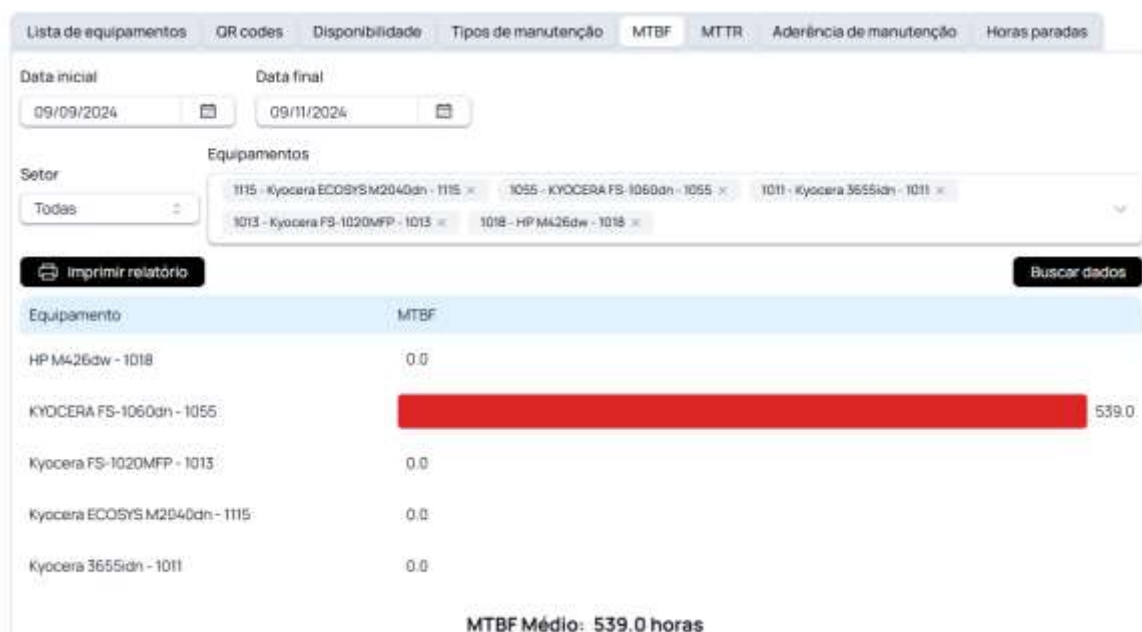
Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024).

Conforme figura 7, é possível identificar as manutenções realizadas no período de outubro de 2024, em verde as manutenções realizadas sendo apenas uma delas corretiva, no dia 08/out., as demais todas preventivas. Para o dia 08/out., uma manutenção em vermelho, está indicada como não realizada, por se tratar do dia da falha do equipamento, não tendo sido realizado a manutenção preventiva programada, mas sim uma manutenção corretiva.

Os dados de MTBF também foram possíveis ser analisados pelo sistema, a figura 8 tem-se o relatório de informações referentes ao MTBF dos últimos 2 meses.



Figura 8 – Relatório de dados de MTBF fornecidos pelo sistema Taris.



Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024)

O relatório mostra as informações relacionadas ao MTBF dos equipamentos. No período apenas o equipamento de patrimônio 1055 ocorreu uma manutenção corretiva. Os demais equipamentos ocorreram apenas intervenções preventivas. Já na figura 9 os dados de relatório de MTTR dos equipamentos.

Figura 9 – Relatório de dados de MTTR fornecidos pelo sistema Taris.



Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024)



De acordo com a figura 9, os dados de manutenções de todas as máquinas estão zerados por conta da ausência de intervenções corretivas. Houve apenas uma manutenção e a mesma com intervalo de 8 horas. Já para disponibilidade a figura 10 tem-se os dados de disponibilidade.

Figura 10 – Dados de disponibilidade fornecidos pelo sistema Taris.



Fonte: Dados disponibilizados pela Taris, (2024).

Pela imagem é possível identificar que a disponibilidade dos equipamentos todos estão com 100% de disponibilidade, com exceção do equipamento de patrimônio 1055 que apresentou disponibilidade de 98,53% por haver uma falha.

Os custos também reduziram, a tabela 6 mostra a nova relação de custos.

Tabela 6 – Nova relação de custos de manutenção com o plano de manutenções.

Patrimônio do Equipamento	Mão de obra	Deslocamento	Pecas	Inatividade	Total
1055	R\$ 133,33	R\$ 34,82	-	R\$ 61,98	R\$ 230,13
1115	R\$ 5,50	R\$ 34,82	-	-	R\$ 40,32
1013	R\$ 4,17	R\$ 34,82	-	-	R\$ 38,98
1018	R\$ 16,67	R\$ 34,82	-	-	R\$ 51,48
1011	R\$ 2,83	R\$ 34,82	R\$ 160,00	-	R\$ 197,65
				Total	R\$ 558,56

Fonte: O Autor, (2024).

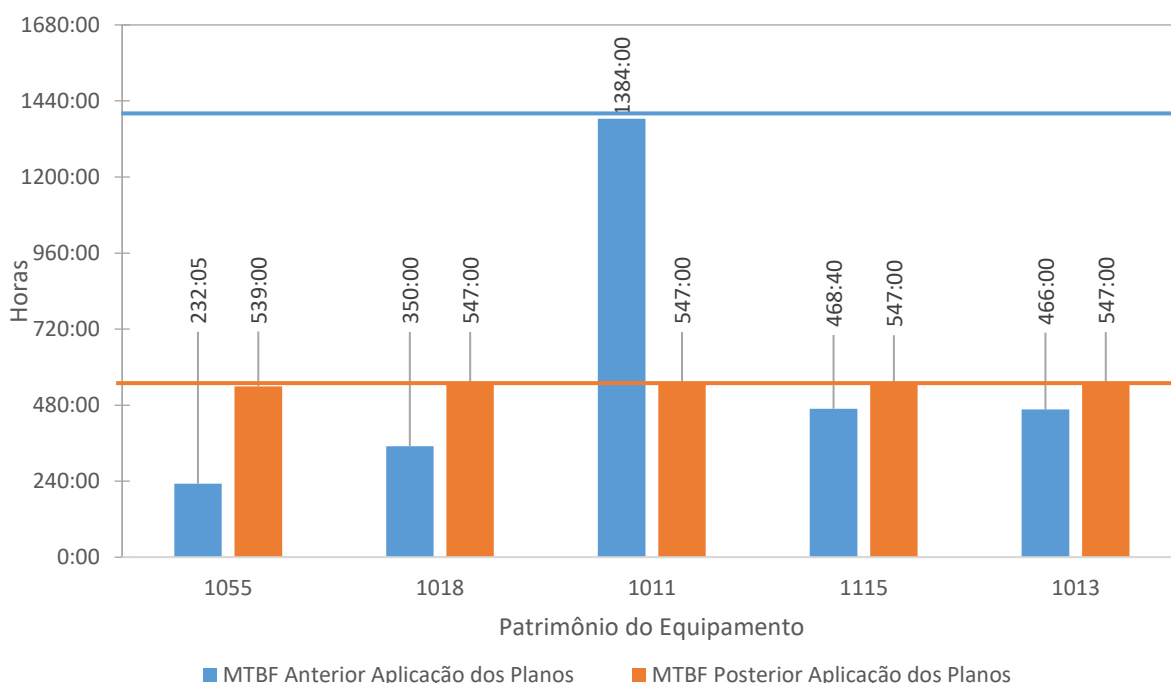
O valor custo de mão de obra passou a ser menor, por serem realizadas apenas pequenas intervenções, a inatividade reduziu consideravelmente os custos gerais também.



4.2 COMPARATIVOS E DISCUSSÕES

Algumas informações relevantes devem ser tomadas para o correto comparativo. Deve-se considerar que os dados iniciais coletados nos 8 primeiros meses, houve uma carga de trabalho de 1408:00 horas, enquanto no período de 2 meses o total foi 547:00 horas. A figura 11 as informações de comparativo do MTBF. As linhas em azul e em alaranjado no gráfico indicam os limites de carga de trabalho em cada período analisado.

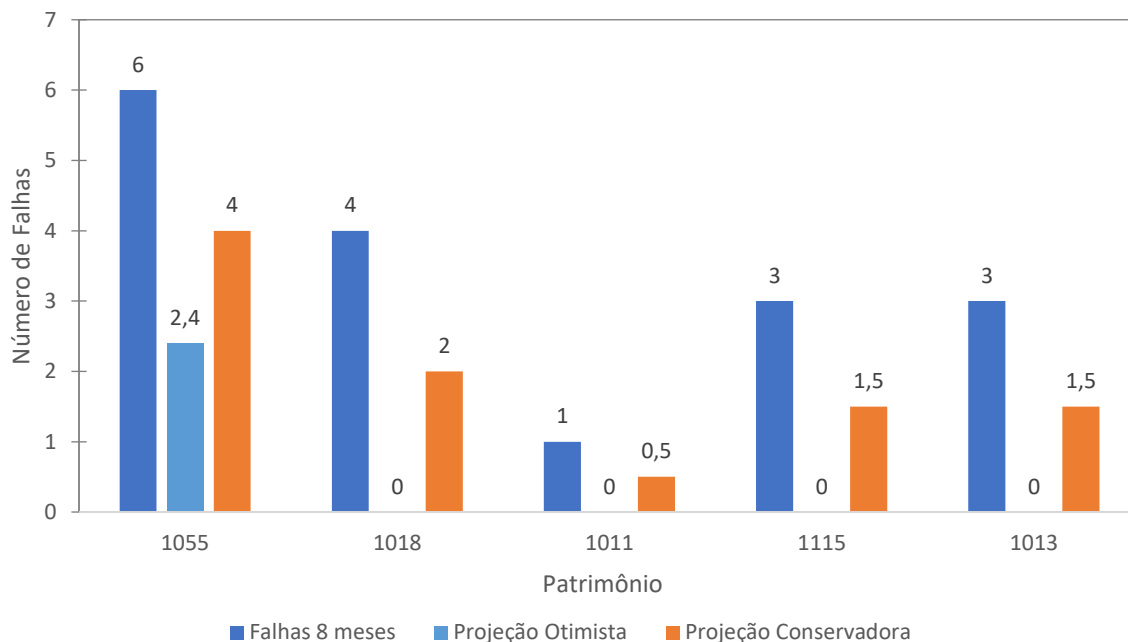
Figura 11 – Comparativo dos dados de MTBF.



Fonte: O Autor, (2024).

Em concordância com o gráfico, pode-se notar que houve apenas uma intervenção corretiva no equipamento 1055, enquanto nos demais não houve intervenções corretivas. Apenas 2 meses de amostragem não seria um tempo suficiente para indicar se houve grandes mudanças, mas pode-se fazer uma projeção indicando uma redução estimada de metade das manutenções corretivas, conforme a figura 12.

Figura 12 – Projeção de falhas com base nas amostragem de 2 meses de manutenção preventiva.



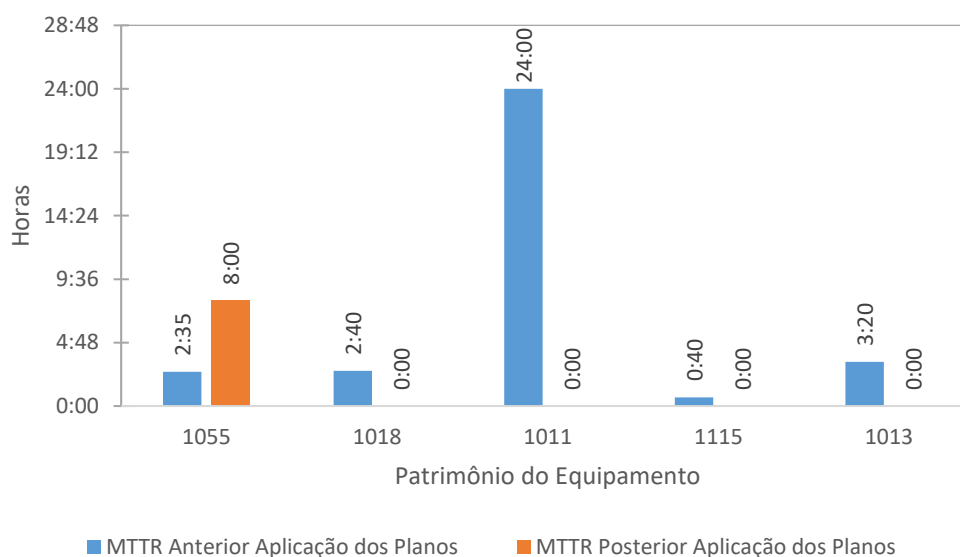
Fonte: O Autor, (2024).

A projeção considera com base a taxa média de falhas, que é uma divisão entre número de paradas do equipamento, pelo período analisado em meses. As projeções tomaram como base 8 meses anteriores e projetam os próximos 8 meses. Para a projeção conservadora, no caso do patrimônio 1055, leva em consideração a taxa posterior multiplicado por 8, que é o número de meses que se busca projetar. Para as demais, por não haver falhas considerou-se metade da taxa anterior. Para a projeção otimista, a de patrimônio 1055, considera-se um valor logo abaixo da taxa e para as demais o valor da taxa posterior.

Para o MTTR também foi possível fazer um comparativo. A figura 13 mostra o comparativo de MTTR.



Figura 13 – Comparativo de dados de MTTR.

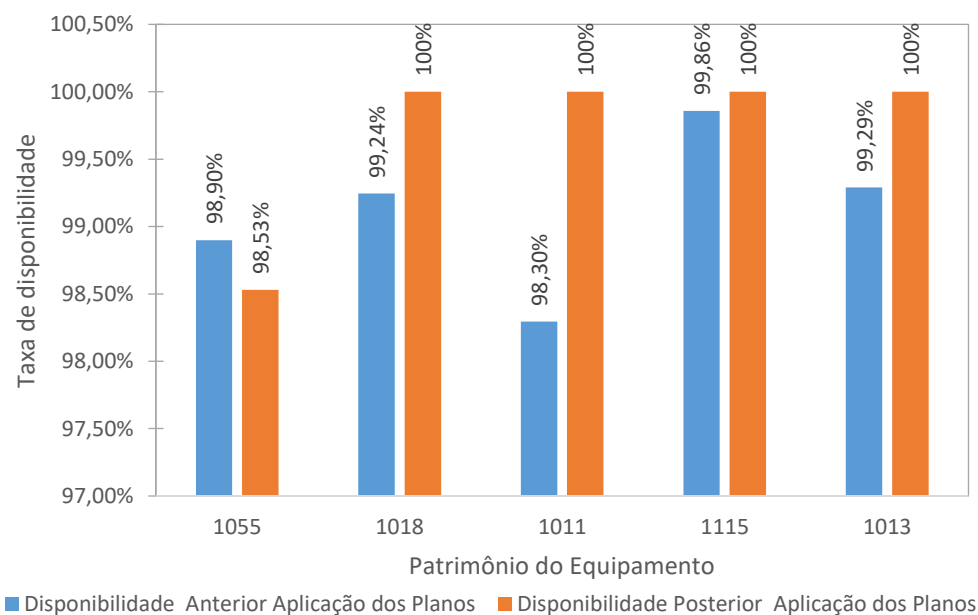


Fonte: O Autor, (2024).

Por haver apenas uma manutenção e esta ter levado 8 horas, o indicador de MTTR ficou maior para o equipamento 1055 se comparado ao dado anterior, porém para os demais não houveram corretivas, zerando assim o MTTR.

A disponibilidade também sofreu mesma relação, e a sua comparação está na figura 14 logo abaixo.

Figura 14- Comparativo dos dados de disponibilidade.



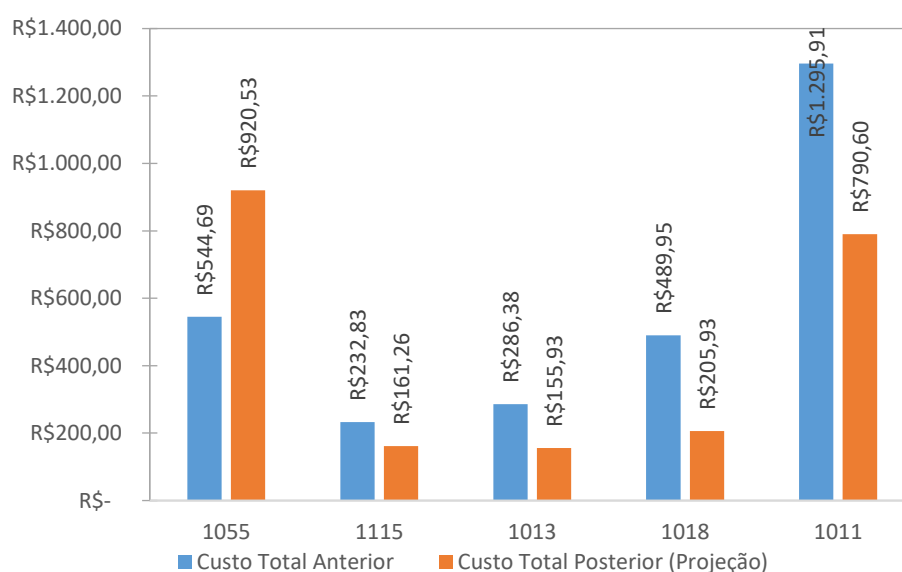
Fonte: O Autor, (2024).



Para a disponibilidade se comparado os dados anteriores a de patrimônio 1055 possui leve queda, porém as demais por não haverem chamados se mantiveram em 100%.

Para os custos foi realizado um comparativo em relação o custo anterior e uma projeção futura de custos considerando o mesmo período analisado de 8 meses, conforme a figura 15.

Figura 15 – Comparação de custos com valor anterior e projeção de custos para os próximos 8 meses.



Fonte: O Autor, (2024).

A projeção de custos leva em consideração os dados de custos da tabela 6, porém projetados para o mesmo período de amostragem de 8 meses. Neles nota-se um custo maior para o equipamento 1055, porém uma redução nos demais. Na soma final, a redução é significativa, na casa dos 22% de redução de custos com a mudança no formato das manutenções.

As comparações dos indicadores tomam como base dados de amostragem de 2 meses de manutenções preventivas. Com estes dados de 2 meses, por ser um período curto, não se pode afirmar a total efetividade. Porém nota-se uma mudança nos padrões de defeitos, onde antes havia interações corretivas, hoje há pequenas intervenções preventivas onde o equipamento não chega a parar, no âmbito geral, a mudança no formato de manutenção já se mostra mais eficiente.



5. CONCLUSÃO

O plano de manutenção se mostrou eficiente, mesmo com período de 2 meses de amostras, porém com tais dados já se pode ter uma noção dos efeitos da manutenção preventiva. Foi possível também realizar projeções para os próximos meses em que apontam uma melhoria estimada de 50%, e em um cenário mais otimista até mesmo a inexistência de manutenções corretivas.

A análise gerenciada pelo *software* trouxe maiores possibilidades também, podendo ter um controle melhor quanto as programações das manutenções, a facilidade em buscar, criar e gerenciar as manutenções. A centralização de informações através do *software* facilitou também no controle das manutenções, visto que o mesmo gerencia manutenções preventivas, mas dá a possibilidade de inserir corretivas, e incluso todas as suas informações.

De uma maneira geral, a mudança de cultura, de trabalhar apenas com manutenções corretivas, para começar a trabalhar para evitar as falhas, trouxe maior confiança ao processo produtivo. Em uma situação onde a constante parada de máquinas interferia nos processos de produção da empresa, a mudança no formato das manutenções melhorou, padronizou e se concentrou mais em garantir o bom funcionamento e eficiência produtiva. Como indicativo de projetos futuros na área, o período de amostragem de manutenções preventivas ideal para uma correta validação passaria a ser de 8 meses a 1 ano.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Manutenção Assistida por IA: Como o uso de Inteligência Artificial redefine processos na Manutenção industrial**. 2023. Disponível em: <https://abramanoficial.org.br/publicacoes/noticias/manutencaoporia>. Acesso em: 24 mar. 2024.

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

BUENO, Edson Roberto Ferreira. **Gestão da manutenção de máquinas**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2024.



CALDEIRAS, Debora. **Software de Manutenção: o que é, importância e como escolher**. 2023. Disponível em: <https://www.produtivo.com.br/blog/software-de-manutencao/>. Acesso em: 15 set. 2024.

CHAN, James. **What is corrective maintenance?** 2024. Disponível em: <https://limblecmms.com/maintenance-definitions/corrective-maintenance/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

DAL MOLIN, R.N.; DALEFFE, A.; DE MARCH, G.; CASAGRANDE, H.C. **Análise de Junta Dissimilar Soldada com Eletrodo ER70S-6 no Material Strenx 700 com Aço ASTM A-36**. Vinci. v.8,n. 2, p. 362-385. 2023.

EISNER, Caroline. **6 Simple Reasons to Use Preventive Maintenance**. 2023. Disponível em: <https://www.getmaintainx.com/blog/6-simple-reasons-to-use-preventive-maintenance/>. Acesso em: 12 maio 2024.

LAMEIRINHAS, Gabriel. **8 indicadores de manutenção que são indispensáveis: (MTBF, MTTR etc.)**. s.d.. Disponível em: <https://traction.com/blog/indicadores-de-manutencao#openDemoModal>. Acesso em: 15 set. 2024.

MARTINS, Túlio. **Evolução da Manutenção em 4 Fases**. 2019. Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/evolucao-da-manutencao/#:~:text=De%201940%20a%201970%2C%20com,a%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20ter%20mais%20qualidade>. Acesso em: 27 abr. 2024.

MCLEMAN, Amanda *et al.* **The maintenance function, like manufacturing itself, is a rapidly changing environment**. 2021. Disponível em: <https://www.plantengineering.com/articles/the-maintenance-function-like-manufacturing-itself-is-a-rapidly-changing-environment/>. Acesso em: 08 abr. 2024.
MEYERS, Vicente. **How to Create a Maintenance Plan? (s.d.)**. Disponível em: <https://traction.com/en/blog/how-to-create-a-maintenance-plan>. Acesso em: 27 abr. 2024.

MONTEIRO, Celso. **Configurando um plano de inspeção ideal para sua fábrica em 4 passos**. 2021. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/configurando-um-plano-de-inspecao-ideal-para-sua-fabrica-em-4-passos/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ROTONDO, Rodrigo. **Nossa Empresa Como elaborar um Plano de Rotas de Inspeção em 4 passos básicos?** 2021. Disponível em: <https://manusis4.com/pt-br/como-elaborar-um-plano-de-rotas-de-inspecao-em-4-passos-basicos/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2015

SINGH, Snehal. **Global Printing Machinery Market Overview Source**: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/printing-machinery-market->



11855. 2023. Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/printing-machinery-market-11855>. Acesso em: 09 set. 2024.

SOARES, Isadora. **Importância do plano de manutenção preventiva e passos para criar.** 2023. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/plano-manutencao-preventiva/>. Acesso em: 29 abr. 2024.

TELES, Jhonata. **MTTR: Mean Time to Repair - O que é e como usar?** 2018. Disponível em: <https://engeteles.com.br/o-que-e-mttr/>. Acesso em: 22 set. 2024.

TOTVS. **Conheça os 12 principais indicadores de manutenção industrial.** 2023. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/indicadores-de-manutencao-industrial/>. Acesso em: 15 set. 2024.

WILLICH, Julia. **Plano de manutenção: o que é e como elaborar um [Guia+Modelo].** 2022. Disponível em: <https://www.produtivo.com.br/blog/como-fazer-um-plano-de-manutencao-eficiente/>. Acesso em: 29 abr. 2024.

WU, Warren. **What is Preventive Maintenance? Types, Benefits, Cost, and Examples.** 2024. Disponível em: <https://coastapp.com/blog/preventive-maintenance/>. Acesso em: 12 maio 2024.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva:** melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. 2. ed. Nova Lima, MG: Falconi, 2014.

LISTA DE SÍMBOLOS

TMFd	Tempo médio de Funcionamento por dia
TMFm	Tempo médio de Funcionamento por mês (média de 22 dias úteis)
TMFp	Tempo médio de Funcionamento no período (01/2024 – 08/2024)
STR	Somatório dos tempos de reparo
SHBF	Somatório de horas em bom funcionamento
NIR	Número de intervenções realizadas