



ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA  
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIÂNÉSIA – FACEG  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ADRIANO GONÇALVES ROSA  
FERNANDO RODRIGUES MARTINS

**PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA: UM ESTUDO DE CASO**

**PUBLICAÇÃO Nº: XX**

GOIÂNÉSIA

2022



ADRIANO GONÇALVES ROSA  
FERNANDO RODRIGUES MARTINS

## **PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA: UM ESTUDO DE CASO**

**PUBLICAÇÃO Nº: XX**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:** Me. Ariane Martins Caponi Lima

GOIANÉSIA

2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

F333s

Rosa, Adriano Gonçalves. Martins, Fernando Rodrigues.

Planejamento de manutenção preventiva: um estudo de caso / Adriano Gonçalves Rosa. Fernando Rodrigues Martins – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2022 – Faceg, 2022.

XX p.; il. p&b.

Orientador: Profa. Me. Ariane Martins Caponi Lima.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2022.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Rosa, A.G. Martins, F. R. **Planejamento de manutenção preventiva: um estudo de caso.** Trabalho de conclusão Curso (Graduação em Engenharia mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2022.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME: ADRIANO GONÇALVES ROSA E FERNANDO RODRIGUES MARTINS

GRAU: BACHAREL

ANO: 2022

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

---

Nome:

CPF:

Endereço:

E-mail:

---

Nome:

CPF:

Endereço:

E-mail:

ADRIANO GONÇALVES ROSA  
FERNANDO RODRIGUES MARTINS

## **PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Goianésia, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Ariane Martins Caponi Lima - Orientador  
Faculdade Evangélica de Goianésia

---

Prof. Dr. Davi Bernhard de Souza - Avaliador  
Faculdade Evangélica de Goianésia

---

Prof. Me. Ivandro José de Freitas Rocha - Avaliador  
Faculdade Evangélica de Goianésia

# PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA: UM ESTUDO DE CASO

## PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN: A CASE STUDY

Adriano Gonçalves Rosa <sup>1</sup>

Fernando Rodrigues Martins <sup>2</sup>

Ariane Martins Caponi Lima <sup>3</sup>

### RESUMO

A manutenção é um conceito crucial que, quando praticado rotineiramente, resulta na continuidade das linhas de produção e baixos custos. Existem vários tipos de estratégias de manutenção nas indústrias. Um desses métodos importantes é a Manutenção Preventiva (MP). A MP baseia-se na permanência das peças em produção e destina-se a reduzir a probabilidade de falhas potenciais, é realizada em intervalos pré-determinados ou conforme critérios prescritivos realizados previamente à falha da máquina para manter o equipamento em condições especificadas, por meio de um processo que envolve inspeções regulares, identificação e prevenção de falhas potenciais. Este trabalho busca analisar, através de um estudo de caso, o processo de implantação do plano de manutenção preventiva e quais os benefícios gerados para uma empresa do ramo sucroalcooleiro, localizada na região do Vale do São Patrício no estado de Goiás. Para isso, estudou-se 9 tipos de ativos da classe caminhão, comparando-se os períodos antes e depois da implantação de um plano de MP, e como três indicadores de manutenção se comportaram. Os indicadores estudados foram o Tempo Médio Entre Falhas (em inglês, MTBF), Tempo Médio Para Reparo (em inglês, MTTR) e disponibilidade. Como resultados, observou-se que houve melhora de 34% no MTBF geral, indo de 32,3 para 43,3 dias, piora de 10% no MTTR, indo de 0,86 para 0,94 dias, e melhora de 1 ponto percentuais na disponibilidade dos ativos, indo de 97,2 para 98,2%. Assim, conclui-se que a implantação de um plano de MP é capaz de trazer diversos benefícios para a área de manutenção de uma organização, aumentando o tempo médio entre falhas dos ativos, suas disponibilidades de operação, garantindo maior produtividade e, portanto, maiores lucros à empresa.

**Palavras-Chave:** Indicadores de Manutenção. Análise de Fluido. Redução de Custos. Gestão.

### ABSTRACT

Maintenance is a crucial concept that, when routinely practiced, results in continuity of production lines and low costs. There are several types of maintenance strategies in industries. One important method is Preventive Maintenance (PM). The PM is based on the permanence of the parts in production and is intended to reduce the probability of potential failures, it is performed at predetermined intervals or according to prescriptive criteria performed prior to machine failure to keep the equipment in specified conditions, through of a process that involves regular inspections, identification and prevention of potential failures. This work seeks to analyze, through a case study, the implementation process of the preventive maintenance

---

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: adriano.rosa@jallesmachado.com

<sup>2</sup> Discente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: fernando.rodriguesm01@outlook.com

<sup>3</sup> Professora Mestre da Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG). E-mail: arianecaponi.eng@gmail.com

plan and the benefits generated for a company in the sugar and alcohol sector, located in the region of Vale do São Patrício in the state of Goiás. For this, 9 types of truck class assets were studied, comparing the periods before and after the implementation of a PM plan, and how three maintenance indicators behaved. The indicators studied were Mean Time Between Failures (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR) and availability. As a result, it was observed that there was a 34% improvement in the general MTBF, going from 32.3 to 43.3 days, a 10% worsening in the MTTR, going from 0.86 to 0.94 days, and an improvement of 1 point percentages in asset availability, going from 97.2 to 98.2%. Thus, it is concluded that the implementation of a PM plan is capable of bringing several benefits to the maintenance area of an organization, increasing the average time between failures of assets, their operation availability, guaranteeing greater productivity and, therefore, greater profits to the company..

**Keywords:** Predictive Maintenance. Fluid Analysis. Cost Reduction. Management.

## INTRODUÇÃO

A manutenção é um conceito crucial que, quando praticado rotineiramente, resulta na continuidade das linhas de produção e baixos custos. Em um mercado competitivo, as organizações competem entre si com base em suas capacidades (ZAIM *et al.*, 2012). Portanto, instituir um sistema de manutenção adequado pode desempenhar um papel importante na redução do custo do produto final. Os efeitos, no entanto, não se limitam ao custo, mas também têm impacto na taxa de entrega do produto em toda a cadeia de suprimentos, qualidade do produto, confiabilidade, agilidade organizacional. Na maioria das unidades industriais, grande parte do custo total é o custo de manutenção que representa de 15% a 70% dos custos de produção, dependendo do tipo de indústria (BEVILACQUA; BRAGLIA, 2000).

A manutenção preventiva, foco do presente estudo, baseia-se na permanência das peças e destina-se a reduzir a probabilidade de falhas potenciais. É realizada em intervalos pré-determinados ou conforme critérios prescritivos realizados previamente à falha da máquina para manter o equipamento em condições especificadas, por meio de um processo que envolve inspeções regulares, identificação e prevenção de falhas potenciais (MOGHADDAM; USHER, 2011). Assim, esta estratégia é eficaz na resolução dos problemas associados à degradação de componentes. No entanto, uma questão importante na tomada de decisão da MP é determinar os intervalos adequados das ações preventivas, que geralmente são selecionadas com base nas taxas de falhas das unidades (BEN-DAYA; KUMAR; MURTHY, 2016).

Existem vários métodos para planejamento e tomada de decisão em MP. Entre eles, o método de tomada de decisão multicritério constitui uma ferramenta

essencial para a tomada de decisão e determinação de intervalos para tempos de substituição de peças (DE ALMEIDA; FERREIRA; CAVALCANTE, 2015). Os intervalos de substituição adequados podem ser explicados como as alternativas de tomada de decisão e outros critérios como confiabilidade máxima, segurança e meio ambiente podem ser considerados como metas de manutenção.

O processo de tomada de decisão da MP é, no entanto, marcado por algumas dificuldades, principalmente pela incerteza do tempo quando uma peça falha. Devido a isso e à aleatoriedade do processo de falha do equipamento, garantir um tempo efetivo de troca de peças é um desafio para as organizações (DE ALMEIDA; FERREIRA; CAVALCANTE, 2015).

A análise de confiabilidade que utiliza informações quantitativas muitas vezes não é totalmente possível devido aos seguintes motivos: 1) a instrução dada pelo fornecedor pode não ser suficiente dependendo da real utilização e manutenção do equipamento; 2) engenheiros de manutenção podem encontrar inadequação nos dados coletados no passado; 3) as descrições sobre qual foi o problema e quais reparos foram feitos podem estar errôneas; 4) registros de manutenção e dados históricos de falhas podem ser imprecisos ou incompletos. Em tais situações, o tipo de função de probabilidade de falha e seus parâmetros não podem ser determinados com precisão, e as distribuições de probabilidade que são usadas para expressar o processo aleatório dos mecanismos de falha perdem sua aplicabilidade (KHALAJ; MAKUI; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, 2012). Portanto, o conhecimento direto dos especialistas e as evidências disponíveis são usados para determinar a probabilidade de falha.

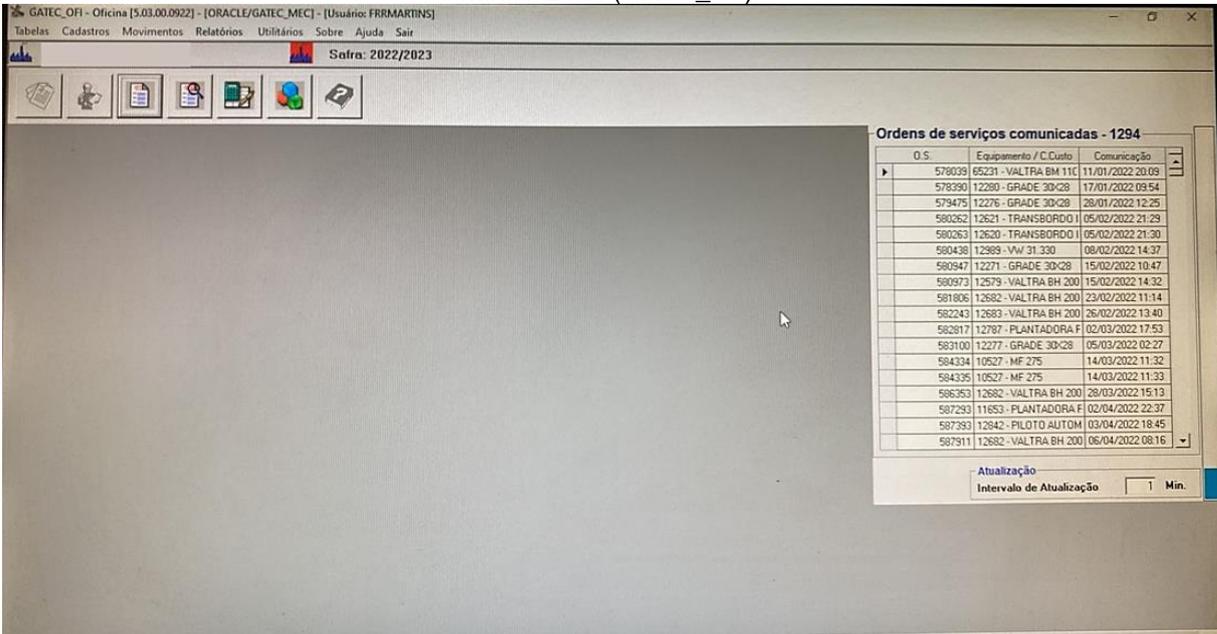
Diante dessas dificuldades, quais seriam os benefícios que a implantação de um plano de MP poderia trazer a uma organização? Como hipótese, tem-se o aumento da disponibilidade dos ativos, aumento da segurança operacional, culminando em um aumento dos lucros da empresa.

Para verificar esta hipótese, objetiva-se nesse trabalho quantificar, através de um estudo de caso, os benefícios operacionais gerados para a empresa, por meio de uma comparação entre três indicadores de manutenção, tempo médio entre as falhas, tempo médio para reparo e disponibilidade dos ativos, dos cenários antes e depois da implementação do plano de MP.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, utilizou-se a metodologia de Estudo de Caso. O local de estudo foi uma empresa do ramo sucroalcooleiro, localizada na região do Vale do São Patrício no estado de Goiás. Os dados foram obtidos através do sistema GAtec Gestão Agroindustrial, especificamente no módulo de controle da oficina mecanizada (GAtec\_Ofi), ilustrado na Figura 1. Assim, foram filtradas as informações necessárias para verificar os objetivos propostos neste trabalho.

Figura 1 - Interface gráfica do usuário do sistema GAtec Gestão Agroindustrial, módulo de oficina mecanizada (GAtec\_Ofi).



The screenshot displays the GAtec Ofi user interface. The title bar indicates the system name and user: "GATEC\_OFI - Oficina [5.03.00.0922] - [ORACLE/GATEC\_MEC] - [Usuário: FRMARTINS]". The menu bar includes "Tabelas", "Cadastros", "Movimentos", "Relatórios", "Utilitários", "Sobre", "Ajuda", and "Sair". The main window title is "Safra: 2022/2023". A toolbar with various icons is visible. The main content area shows a table titled "Ordens de serviços comunicadas - 1294". The table has three columns: "O.S.", "Equipamento / C.Custo", and "Comunicação". Below the table, there is an "Atualização" section with an "Intervalo de Atualização" set to "1 Min.".

O.S.	Equipamento / C.Custo	Comunicação
578039	65231 - VALTRA BM 11C	11/01/2022 20:09
578390	12280 - GRADE 30x28	17/01/2022 09:54
579475	12276 - GRADE 30x28	28/01/2022 12:25
580262	12621 - TRANSBORDO	05/02/2022 21:29
580263	12620 - TRANSBORDO	05/02/2022 21:30
580438	12989 - VW 31 330	08/02/2022 14:37
580947	12271 - GRADE 30x28	15/02/2022 10:47
580973	12579 - VALTRA BH 200	15/02/2022 14:32
581806	12682 - VALTRA BH 200	23/02/2022 11:14
582243	12683 - VALTRA BH 200	26/02/2022 13:40
582817	12787 - PLANTADORA F	02/03/2022 17:53
583100	12277 - GRADE 30x28	05/03/2022 02:27
584334	10527 - MF 275	14/03/2022 11:32
584335	10527 - MF 275	14/03/2022 11:33
586353	12682 - VALTRA BH 200	28/03/2022 15:13
587293	11853 - PLANTADORA F	02/04/2022 22:37
587393	12842 - PILOTO AUTOM	03/04/2022 18:45
587911	12682 - VALTRA BH 200	06/04/2022 08:16

Fonte: Próprios autores, 2022

A empresa objeto do estudo possui diversos ativos passíveis de manutenção, porém decidiu-se explicitar os dados da classe de ativos dos caminhões, uma vez que são a classe que mais demanda manutenção corretiva na empresa e também devido à sua característica indispensável para a operação em geral. Foram estudados 9 tipos de caminhões, alguns ilustrados na Figura 2. Mais especificamente, caminhão oficina (A), caminhão roll on roll off (B), caminhão comboio (C), caminhão munck/guindaste (D), caminhão transbordo (E), caminhão cavalo mecânico (F) e caminhão pipa/bombeiro, caminhão borracharia, caminhão rodoviário.

Figura 2 - Ativos da empresa incluídos no estudo.



Fonte: Próprios autores, 2022.

Dentre as informações coletadas, estão as Ordens de Serviço (OS) de manutenção emitidas e a quantidade de horas dispensadas à manutenção, consideradas como horas paradas. O período do estudo foi entre os dias 05/04/2022, data em que se iniciou o plano de MP, e 28/10/2022, totalizando 207 dias. Portanto, calculou-se que a quantidade de Horas Totais foi de  $207 \times 24 \text{ horas} = 4968 \text{ horas}$ . Com isso, foi possível calcular três indicadores de manutenção: a disponibilidade do ativo, o MTBF, do inglês *Mean Time Between Failures*, ou tempo médio entre falhas, e o MTTR, do inglês *Mean Time To Repair*, ou tempo médio para reparo. O período utilizado como comparativo, considerado como período antes da implementação do plano de MP, é o de 05/04/2021 até 28/10/2021 compreendendo o mesmo número de dias.

Disponibilidade é o tempo que o equipamento está disponível ou em condições de produção. O conceito de disponibilidade varia de acordo com a capacidade de reparo do aparelho (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Para equipamentos não reparáveis, os conceitos de usabilidade e confiabilidade são os

mesmos. Em equipamentos reparáveis, os possíveis estados da unidade dentro do período analisado são em funcionamento ou em manutenção. Um valor de disponibilidade do dispositivo de 0,95 ou 95 significa que ele está disponível 95% do tempo. De acordo com Peinado e Graemi (2007), a disponibilidade é expressa matematicamente como a razão entre o MTBF e o MTTR de acordo com a Equação 1.

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

O MTBF representa o tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima. Sua finalidade é determinar os tempos médios de uso de cada ativo ou equipamento reparado. Cada elemento reparável possui um indicador MTBF (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). Se o valor do MTBF aumentar ao longo do tempo, isso é um sinal positivo para a manutenção, pois indica que o número de ações corretivas está diminuindo, aumentando assim o tempo total disponível. O MTBF pode ser calculado segundo a Equação 2 (VIANA; RIBEIRO, 2017). O MTBF pode ser expresso em horas, ou dias. Para a segunda opção, divide-se o valor de horas obtido na Equação 2 por 24.

$$MTBF = \frac{Horas\ totais - Horas\ paradas}{Quantidade\ de\ paradas} \quad (2)$$

Finalmente, o MTTR descreve o tempo gasto pela equipe de manutenção para reparar um equipamento. O MTTR depende da facilidade de manutenção do equipamento em condições ideais de trabalho, exige boa capacitação profissional da pessoa que realiza o procedimento e planejamento de manutenção eficiente da empresa. O MTTR pode ser calculado de acordo com a Equação 3, consistindo nas horas paradas, ou tempo total de reparo, dividido pela quantidade de paradas. Analogamente ao MTBF, o MTTR pode ser expresso em horas ou dias. Para a segunda opção, divide-se o valor de horas obtido na Equação 3 por 24 h/dia.

$$MTTR = \frac{Horas\ paradas}{Quantidade\ de\ paradas} \quad (3)$$

Se estudou, então, baseado nestes indicadores de manutenção, um cenário antes da implementação efetiva de um plano de MP e como os indicadores se comportaram após o início do mesmo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coletaram-se os dados das quantidades de ativos disponíveis em casa classe de ativos, a quantidade de OS abertas, suas horas totais e suas horas paradas. Com isso, seguiu-se com a tabulação dos dados, dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de ativos abordados no estudo, suas quantidades, quantidades de ordens de serviços abertas, horas totais disponíveis e horas paradas.

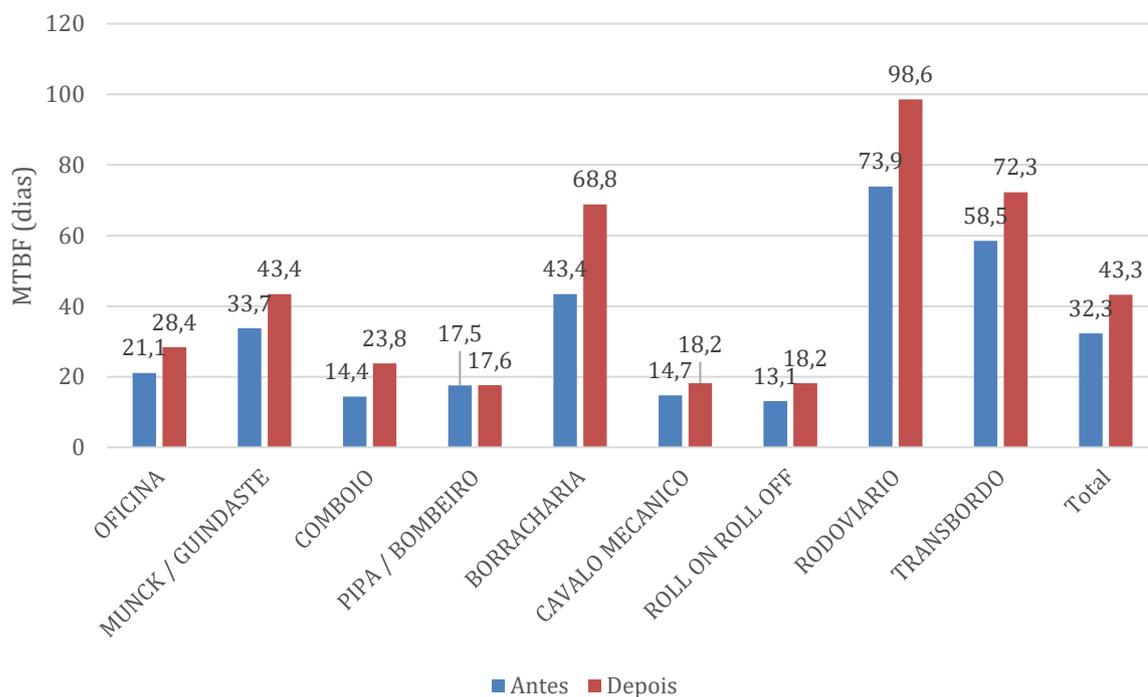
<b>Classe</b>	<b>Qtd</b>	<b>Qtd O.S</b>	<b>H. Totais</b>	<b>H. Paradas</b>
CAMINHAO OFICINA	13	92	64583:47:00	1960:55:00
CAMINHAO MUNCK / GUINDASTE	8	38	39743:52:00	121:41:00
CAMINHAO COMBOIO	7	60	34775:53:00	436:49:00
CAMINHAO PIPA / BOMBEIRO	9	104	44711:51:00	878:55:00
CAMINHAO BORRACHARIA	4	12	19871:56:00	52:29:00
CAMINHAO CAVALO MECANICO	5	56	24839:55:00	320:54:00
CAMINHAO ROLL ON ROLL OFF	3	33	14903:57:00	516:34:00
CAMINHAO RODOVIARIO	3	6	14903:57:00	702:04:00
CAMINHAO TRANSBORDO	6	17	29807:54:00	317:05:00
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>418</b>	<b>288143:02:00</b>	<b>5307:26:00</b>

Fonte: próprios autores.

Com essas informações, seguiu-se com a aplicação das Equações 1, 2 e 3, que permitiu a confecção das Figuras 3, 4 e 5. Os valores dos indicadores MTBF e MTTR foram calculados por dia, para facilitar a leitura dos dados.

A Figura 5 traz os dados do indicador MTBF nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP, bem como as variações percentuais ativo a ativo.

Figura 3 - MTBF nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP e suas variações percentuais ativo a ativo



Fonte: próprios autores.

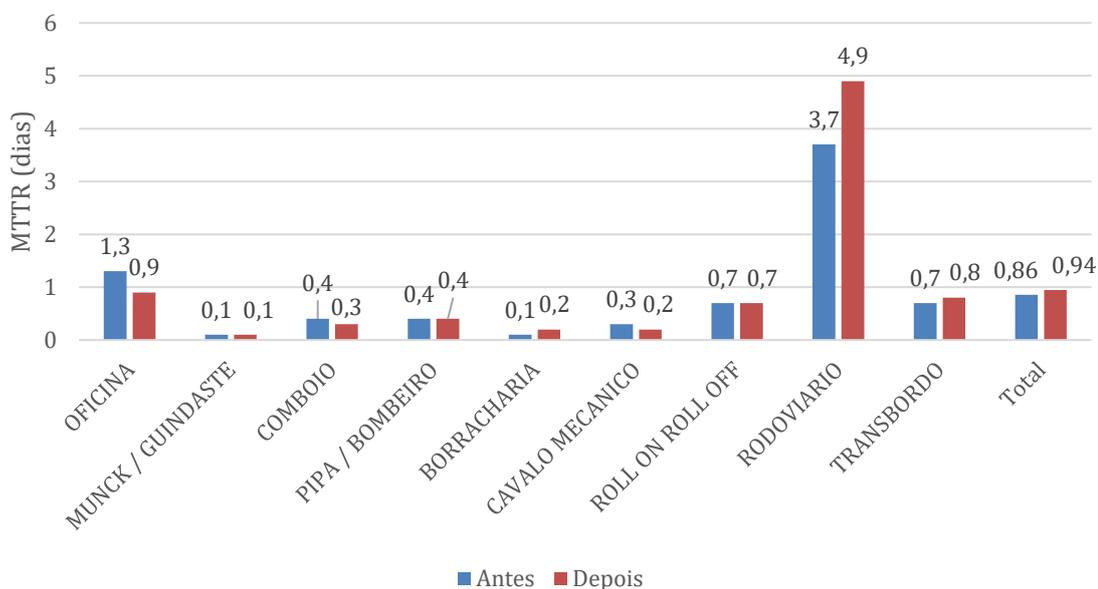
A partir da implementação do plano de MP, foi possível observar ganhos no MTBF em todos os ativos estudados. Para o cálculo do total, verificou-se a média aritmética do MTBF para todos os ativos. Assim, obteve-se um tempo médio total entre falhas de 32,3 dias antes da implementação do plano de MP, e de 43,3 após a implementação, aumento de 34%. Assim, percebeu-se grande ganho para a empresa após a aplicação do plano de MP.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Santos (2021), que em uma das plantas em que houve a implementação de um plano de MP, observou-se um aumento de 47% no indicador MTBF, indo de 3,72 para 5,47 dias. Na segunda planta do mesmo estudo, observou-se um aumento de 160% do MTBF, indo de 2,49 para 6,46 dias. Santos (2021), em seu trabalho, apresentou indicadores referentes à indústria alimentícia, que possui maquinário com características muito diferentes dos presentes na indústria sucroalcooleira, o que explica a diferença do número absoluto de MTBF encontrado nos dois estudos.

Pereira (2021), estudando também um caso da indústria sucroalcooleira, reportou aumento no MTBF de 201,2 para 324,1 dias, 61%, estando em linha com os resultados encontrados no presente estudo.

A Figura 4 traz os dados do indicador MTTR nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP, bem como as variações percentuais ativo a ativo.

Figura 4 - MTTR nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP e suas variações percentuais ativo a ativo



Fonte: próprios autores.

O indicador MTTR apresentou aumento quando levado em consideração a média de todos os ativos, indo de 0,86 para 0,94 dias (10%). Como o MTTR representa o tempo médio para reparo, quanto maior, pior. Portanto, este indicador não apresentou melhora após a implementação do plano de MP. Três ativos apresentaram aumento do MTTR, três apresentaram diminuição e três não apresentaram variação no indicador. Entre os ativos que tiveram seu MTTR aumentado estão o caminhão borracharia, que aumentou de 0,1 para 0,2 dias, o caminhão rodoviário, que aumentou de 3,7 para 4,9 dias e o caminhão transbordo, que aumentou de 0,7 para 0,8 dias.

Estes resultados corroboram parcialmente com os encontrados por Santos (2021), que em uma das plantas em que houve a implementação de um plano de MP, observou uma diminuição de 50% no indicador MTTR, indo de 2,72 para 1,36 dias. Já na segunda planta do mesmo estudo, reportou que o MTTR aumentou 19%, evoluindo de 0,78 para 0,93 dias.

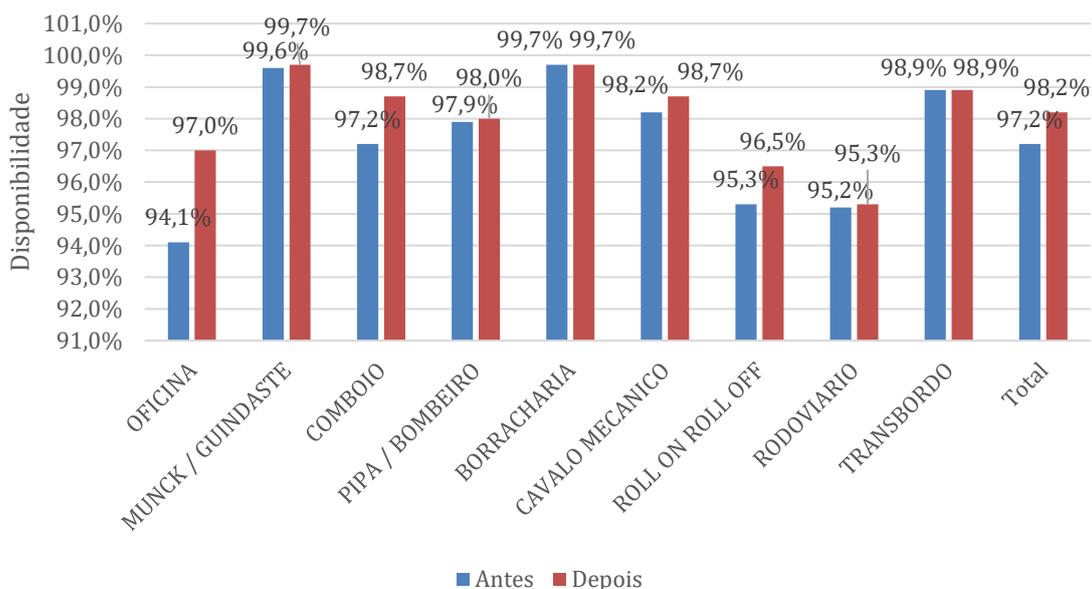
Pereira (2021) reportou que houve uma diminuição no MTTR após a implementação de um plano de MP em uma empresa do ramo sucroalcooleiro de 14,4

para 3,8 (74%). Apesar de um grande ganho reportado pelo autor, percebe-se que os números absolutos encontrados por ele apresentavam grande espaço para melhora. Mesmo após a implementação do plano de MP, o autor reportou um MTTR de 3,8 dias, que é 304% maior do que os 0,94 dias reportados no presente estudo.

Assim, percebe-se que, mesmo com o efeito negativo trazido pelo aumento de 10% do MTTR, o indicador ainda apresenta grande vantagem quando comparado aos resultados reportados por Pereira (2021) e Santos (2021). Isso aponta uma maior maturidade da área de manutenção da empresa objeto do presente estudo.

A Figura 5 traz os dados do indicador de disponibilidade nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP, bem como as diferenças em pontos percentuais ativo a ativo.

Figura 5 - Disponibilidade nos cenários antes e depois da implantação do plano de MP e suas variações em pontos percentuais ativo a ativo



Fonte: próprios autores.

Entre os três indicadores abordados no estudo, o de disponibilidade se mostra o mais importante, uma vez que efetivamente mede a quantidade de tempo que o ativo ficou disponível em produção. Dessa maneira, a implementação do plano de MP se mostrou efetiva, aumentando a disponibilidade de todos os ativos incluídos no estudo. A disponibilidade total aumentou de 97,2% para 98,2%, aumento de 1 ponto percentual.

Pereira (2021) reportou, em seu estudo em uma empresa do ramo sucroalcooleiro, um aumento na disponibilidade após a implementação de um plano de MP de 91,8% para 97,6%, aumento de 5,8 pontos percentuais, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.

Costa et al. (2017) reportaram, ao comprar dois ativos utilizados na indústria sucroalcooleira, um que passava por MP e outro que não, diferença na disponibilidade de 36 pontos percentuais. O que não recebia MP apresentou 38% de disponibilidade, enquanto o outro equipamento apresentou 74%. Interessantemente, os autores converteram essas disponibilidades em rendimento financeiro, a fim de explicitar os ganhos de se implementar um plano de MP. Assim, reportaram que a máquina que não recebia MP produziu R\$ 872.494,61 em etanol e a que recebia MP foi capaz de produzir R\$1.742.699,41, diferença de R\$ 870.204,55, ou 99,7%. Dessa maneira, segundo os autores, um ativo mostrou-se ser capaz de dobrar sua capacidade produtiva ao receber MP de maneira eficaz.

A disponibilidade é função de ambos MTBF e MTTR, de acordo com a Equação 1. Uma vez que se observou o aumento desse indicador apesar do efeito negativo relacionado ao aumento do MTTR, pode-se afirmar que o efeito positivo do MTBF foi mais impactante do que o aumento do tempo médio para reparo.

A manutenção é crucial para garantir a competitividade de indústrias inseridas em um mercado competitivo. Assim, implantar um sistema de planejamento de manutenção preventiva, de modo a prevenir as falhas antes que aconteçam e garantir a máxima produtividade dos ativos é de suma importância para reduzir custos e, portanto, aumentar os lucros.

## **CONCLUSÕES**

Com os dados apresentados, considera-se que foi possível atingir os objetivos iniciais, quantificando os benefícios trazidos por um plano de MP para toda a organização. Apesar de haver um aumento de 10% no MTTR (efeito negativo), este foi compensado pelo aumento de 34% do MTBF (efeito positivo), resultando num aumento de 1 ponto percentual na disponibilidade total dos ativos estudados, indo de 97,2% para 98,2%.

Na proposta de implantação do plano de MP, verificou-se a importância da utilização de indicadores de disponibilidade MTBF e MTTR. Quando medidos através

de ferramentas de planejamento de manutenção, pode-se tornar os equipamentos mais eficientes, reduzindo o tempo de inatividade, aumentando assim a produtividade.

Para trabalhos futuros, sugere-se que sejam analisados mais de uma classe de ativos, de modo a comparar a efetividade da implantação de um plano de MP em diferentes características de equipamentos de uma mesma indústria.

Assim, se faz possível concluir que a implantação de um plano de MP é capaz de trazer diversos benefícios para a área de manutenção de uma organização, aumentando o tempo médio entre falhas dos ativos, suas disponibilidades de operação, garantindo maior produtividade e, portanto, maiores lucros à empresa.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. **O que é TPM -Total Productive Maintenance?**. [S. l.], 2016.

ARROMBA, I. F. *et al.* Difficulties observed when implementing Total Productive Maintenance (TPM): Empirical evidences from the manufacturing sector. **Gestao e Producao**, [s. l.], v. 28, n. 3, 2021.

BEN-DAYA, M.; KUMAR, U.; MURTHY, D. N. P. Maintenance Optimization for Repairable Items. **Introduction to Maintenance Engineering**, [s. l.], 2016.

BEVILACQUA, M.; BRAGLIA, M. Analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. **Reliability Engineering and System Safety**, [s. l.], v. 70, n. 1, 2000.

BIEHL, N. C.; SELLITTO, M. A. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica. **Revista Produção Online**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 1123–1147, 2015.

COSTA, W. R. *et al.* Manutenção preventiva no setor sucroalcooleiro – estudo de caso em uma usina no vale do rio Ivinhema. **Anais do I Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–18, 2017.

DE ALMEIDA, A. T.; FERREIRA, R. J. P.; CAVALCANTE, C. A. v. A review of the use of multicriteria and multi-objective models in maintenance and reliability. **IMA Journal of Management Mathematics**, [s. l.], v. 26, n. 3, 2015.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. [S. l.: s. n.], 2009.

KHALAJ, M.; MAKUI, A.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. Risk-based reliability assessment under epistemic uncertainty. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, [s. l.], v. 25, n. 3, 2012.

LIMA, F. A.; CASTILHO, J. C. N. **Aspectos da manutenção dos equipamentos científicos da Universidade de Brasília**. 2006. - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, [s. l.], 2007.

MOGHADDAM, K. S.; USHER, J. S. Preventive maintenance and replacement scheduling for repairable and maintainable systems using dynamic programming. **Computers and Industrial Engineering**, [s. l.], v. 60, n. 4, 2011.

PEINADO, J.; GRAEMI, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. **UnicenP**, [s. l.], 2007.

PEREIRA, L. R. A. **Estudo da implantação da manutenção preventiva em implementos rodoviários canavieiros em uma indústria sucroalcooleira**. 2021. 1–57 f. - FACEG, Goianésia, 2021.

SANITÁ, W. M.; CAMPOS, R. R. de. PCM: planejamento e controle de manutenção. **Revista Interface Tecnológica, São Paulo**, [s. l.], v. 17, n. 1, 2020.

SANTOS, C. M. **Utilização do SAP na programação de manutenção preventiva e preditiva**. 2021. 1–30 f. - UNA Catalão, Catalão, 2021.

SEITI, H. *et al.* A risk-based fuzzy evidential framework for FMEA analysis under uncertainty: An interval-valued DS approach. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, [s. l.], v. 35, n. 2, 2018.

SOLAR POWER EUROPE. Operation & Maintenance Best Practices Guidelines, Version 3.0. **Solar Power Europe**, [s. l.], 2018.

VIANA, H. R. G.; RIBEIRO, J. L. D. Fatores de sucesso na gestão da manutenção em empresas mineradoras. **Revista Gestão Industrial**, [s. l.], v. 13, n. 2, 2017.

ZAIM, S. *et al.* **Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: A case study**. [S. l.: s. n.], 2012.