



ANÁLISE SOBRE AS CAUSAS QUE IMPACTAM NA DISPONIBILIDADE DO MOLDE DE INJEÇÃO PLÁSTICA: UM ESTUDO DE CASO

ANALYSIS ON THE CAUSES THAT IMPACT THE AVAILABILITY OF THE PLASTIC INJECTION MOLD: A CASE STUDY

ANÁLISIS SOBRE LAS CAUSAS QUE IMPACTAN LA DISPONIBILIDAD DEL MOLDE PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO: UN ESTUDIO DE CASO

Luiz Carlos dos Santos Magalhães¹, Fabiano Rodrigues Muniz², & Andressa Amaral de Azevedo³

^{1,2,3} Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas

¹lcsmagalhaes@sga.pucminas.br ²fabiano.muniz@sga.pucminas.br ³andressa@pucminas.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 16.08.2022

Aprovado: 03.10.2022

Disponibilizado: 07.11.2022

PALAVRAS-CHAVE: Disponibilidade; Manutenção; Molde de Injeção; Gráfico de Pareto; Ferramental.

KEYWORDS: Availability; Maintenance; Injection Mold; Pareto's chart; Tooling.

PALABRAS CLAVE: Disponibilidad; Mantenimiento; Molde de Inyección; Diagrama de Pareto; Estampación.

*Autor Correspondente: Azevedo, A. A. de

RESUMO

O presente estudo de caso teve como objetivo analisar os principais fatores que afetam a disponibilidade do molde de injeção plástica, que é parte do processo da fabricação dos faróis e lanternas de uma indústria do ramo automobilístico situada no estado de Minas Gerais. Para identificar o molde com maior indisponibilidade, foi utilizado o gráfico de Pareto e, em seguida, foram mapeadas as causas do problema e feita a análise das falhas. Por meio de uma revisão bibliográfica, foram apresentados os conceitos da manutenção e das ferramentas da qualidade aplicadas para este estudo. Foi constatado que o molde da Lente da Lanterna Fixa, modelo aqui denominado Alfa, apresentou a maior quantidade de interrupções no processo produtivo para reparo, devido à quebra dos componentes do ferramental. Como resultado, foi possível identificar melhorias para o problema obtido e foi desenvolvido um plano de ação, sugerindo aos gestores a ação necessária para eliminar a falha da causa raiz do problema. Atestando a eficiência do plano de ação, foi recomendado expandir e padronizar o modelo para os demais ferramentais na busca pela melhoria contínua da estabilidade do processo, visando obter melhores resultados.

ABSTRACT

The current case study had as its aim to analyze the main factors that affect the availability of plastic injection mold, which is part of the manufacturing process of headlights and lanterns at an automobile industry located in the state of Minas Gerais. To identify the mold with the most unavailability, the Pareto chart was used and, later, the causes of the problem and the analysis of failures were mapped. By a literature review, the concepts of maintenance and quality tools applied to this study were presented. It was found that the fixed Lantern Lens mold, model here called Alfa, presented the biggest number of interruptions in the production process for repair, due to the breakage of the tooling components. As a result, it was possible to identify improvements for the problem obtained and an action plan was then developed, suggesting to the managers the necessary action to eliminate the failure of the root cause of the problem. Attesting to the efficiency of the action plan, it is recommended to expand and standardize the model for the other tools in the search for continuous improvement of the stability of the process, focusing on obtaining better results.

RESUMEN

El presente estudio de caso tuvo como objetivo analizar los principales factores que afectan la disponibilidad del molde de inyección de plástico, que forma parte del proceso de fabricación de faros y faroles en una industria automotriz ubicada en el estado de Minas Gerais. Para identificar el molde con mayor indisponibilidad se utilizó el diagrama de Pareto, luego se mapearon las causas del problema y se analizaron las fallas. A través de una revisión bibliográfica, se presentaron los conceptos de herramientas de mantenimiento y calidad aplicados a este estudio. Se constató que el molde Lente Linterna Fija, el modelo aquí llamado Alfa, presentó el mayor número de interrupciones en el proceso productivo para reparación, debido a la rotura de los componentes del utillaje. Como resultado, fue posible identificar mejoras al problema obtenido y se elaboró un plan de acción, sugiriendo a los gerentes la acción necesaria para eliminar la falla de la causa raíz del problema. Dando fe de la eficiencia del plan de acción, se recomendó ampliar y estandarizar el modelo para las demás herramientas en la búsqueda de la mejora continua de la estabilidad del proceso, con el fin de obtener mejores resultados.



1. INTRODUÇÃO

Manter a disponibilidade de máquinas e equipamentos próximo da sua capacidade máxima é um dos grandes desafios das empresas. A manutenção entra como setor estratégico nessa demanda, pois visa garantir o correto funcionamento das máquinas dentro de um período estabelecido. De acordo com o documento nacional da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (Abraman, 2017), os dados mais recentes de livre acesso aos leitores, indicam que entre os anos de 2015 e 2016 foram gastos com manutenção, em média, 4% do faturamento bruto total da indústria, demonstrando a relevância do tema nas organizações.

Segundo Silva (2020), a manutenção tem como principal objetivo reduzir a quebra dos equipamentos, bem como manter o seu estado operacional em boas condições e ao menor custo possível. Para tal, o trabalho preventivo deve ser desenvolvido pela equipe de manutenção, para não incorrer em prejuízos com a interrupção da produção (Zanotti, Bremenkamp, Baldam, Costa, & Baldam, 2018).

Partindo desse contexto, a indústria brasileira passou a aplicar métodos, ferramentas e técnicas para tornar mais eficiente a sua gestão e a utilização dos equipamentos, pois dessa forma, os processos produtivos tornam-se capazes de atender o mercado que está cada vez mais competitivo. Considerando o segmento automotivo, setor da indústria em que a credibilidade reflete na entrega pontual tanto de veículos aos revendedores como na entrega de peças aos centros de serviço, o desafio é ainda maior (Slack, Chambers, & Johnston, 2018). Por esse motivo, as empresas buscam por diferenciais que irão contribuir para manter a sua competitividade em alto nível, bem como a sua própria sobrevivência no mercado (Azevedo, Gontijo, Victor, Souza, & Oliveira, 2018).

Diante do exposto, a presente pesquisa apresenta, como objetivo geral, analisar os fatores que afetam a disponibilidade do molde de injeção. Para tal, o primeiro passo foi identificar o molde mais crítico do setor através do uso do Gráfico de Pareto e de alguns indicadores de performance. Em seguida, para analisar os fatores de indisponibilidade, foi elaborado um gráfico visando identificar a principal falha do molde e desenvolvido o Diagrama de Ishikawa para listar as possíveis causas da falha. Como último passo para atingir o objetivo geral, foi utilizada a ferramenta dos 5 porquês para fazer uma análise profunda do problema e assim propor uma ação através do 5W1H (*What, Where, Why, Who, When, How* ou o *quê, onde, porque, quem, quando, como*) para eliminar a falha.

Este artigo está estruturado, além da introdução, da seguinte forma: na seção 2 é apresentado um referencial teórico sobre o tema do trabalho. Na 3, é apresentada a metodologia aplicada. Na seção 4, são expostos os resultados obtidos e na 5 é apresentada a conclusão e as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A manutenção está presente na história humana há eras, desde o momento em que o homem começou a manusear instrumentos de produção (Viana, 2012). Devido ao alto grau de competitividade das empresas, e à busca pela otimização dos custos e a qualidade dos sistemas



produtivos, a gestão da manutenção vem evoluindo a cada dia. Assim, o gerenciamento da manutenção objetiva não somente garantir um fluxo de atividades direcionadas, mas também propõe o controle da informação e otimização dos trabalhos preventivos e corretivos dos ativos (Viana & Moura, 2021).

O planejamento da manutenção visa assegurar a competitividade da organização no mercado com foco na confiabilidade dos equipamentos, maior qualidade do produto, menor custo de operação e tempo de vida útil dos equipamentos alongados (Slack, Jones, & Johnston, 2013).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) especificamente a NBR 5462, para que se possa manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, é necessário haver uma combinação de ações técnicas e administrativas, além das ações de supervisão. Furmann (2002), por sua vez, afirma que a manutenção precisa atuar como integradora das ações das áreas de suprimentos, engenharia, produção e financeira.

Muitos especialistas apontam a existência de diversos tipos de manutenção, mas conforme a norma NBR 5462 os tipos de manutenção existentes são: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva (ABNT, 1994). Esses três tipos de manutenção têm significados, ações e objetivos diferentes um do outro.

Segundo Kardec e Nascif (2019) a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane ou falha no equipamento e é destinada a recolocar um item em condições de executar a sua função requerida.

A manutenção corretiva não planejada ocorre de maneira aleatória, sem uma programação, implica em mão de obra e custos não planejados e pode acarretar impactos produtivos além de consequências graves ao equipamento. Já a manutenção corretiva planejada é a correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo e por decisão gerencial de operar até que ocorra a falha. Por ser planejada, os custos são menores, pois permite ter mais segurança, controle e rapidez (Prado *et al.*, 2020).

Além da manutenção corretiva, também tem a manutenção preventiva, nesta é obedecido um plano de manutenção previamente elaborado com intervalos de tempo definidos para atuar de forma a reduzir ou evitar a falha no equipamento (Souza, Gonçalves, Silva, & Lima, 2020).

Na preventiva, a intervenção da manutenção é prevista, preparada ou programada antes mesmo da possível ocorrência da falha no equipamento. Dessa forma, visa reduzir a probabilidade da ocorrência de falha e minimizar os custos de operação, pois apesar do custo de manutenção ser mais caro se comparado à corretiva, a frequência de paradas inesperadas na produção é menor (Prado *et al.*, 2020).

Com relação à manutenção preditiva, o intuito é monitorar os parâmetros de um equipamento visando realizar as ações necessárias antes que a falha aconteça. Essa também é conhecida como manutenção baseada na condição (Gregório, Santos, & Prata, 2018).

No tocante a *Total Productive Maintenance* (TPM), traduzido como Manutenção Produtiva Total, Neto e Scarpim (2014) afirmam que ela pode ser definida como uma filosofia de manufatura que valoriza a relação dos operadores com os equipamentos e suas funções, visando



eliminar as perdas através da melhoria contínua, das habilidades das pessoas e do desempenho de seus equipamentos. Uma vez que a metodologia é adotada em todas as esferas dentro da fábrica, melhora a eficiência dela e de seus equipamentos. Ou seja, contribui para o zero defeito no produto e a zero perda no processo (Porrelli & Júnior, 2020).

No que tange ao Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), Pimentel, Neto e Lima (2012) definem como controle da fiscalização exercida sobre as atividades que, geralmente, envolve pessoas, recursos financeiros, máquinas e equipamentos. Para Fulgêncio (2007), o controle visa corrigir ou reforçar padrões. Assim, para o autor, manter sob controle é saber localizar o problema, analisar o processo, padronizar e estabelecer itens de controle de tal forma que o problema não ocorra novamente. Planejar é entender como a situação presente e a visão do futuro influenciam nas tomadas de decisões (Corrêa, Gianesi, & Caon, 2011).

A respeito dos indicadores, eles são usados para gerenciar a qualidade da manutenção. Segundo Zen (2011), deve ser utilizada a quantidade de indicadores realmente necessária para facilitar a análise. Os principais indicadores sugeridos são: *Mean Time Between Failure* (MTBF), tempo médio entre falhas; *Mean Time To Repair* (MTTR), tempo médio para reparo; Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade.

O objetivo do PCM é aumentar cada vez mais o MTBF para diminuir a quantidade de manutenções corretivas. Conforme explicado por Pimentel, Neto e Lima (2012), o MTBF é o intervalo entre o fim de uma falha e o início de outra. Já o MTTR é definido por Viana (2012) como sendo a razão das horas de indisponibilidade do equipamento, devido à manutenção, pela quantidade de intervenções corretivas. Para Kardec e Nascif (2019), é possível calcular o MTBF, MTTR e a Disponibilidade por meio das equações (1), (2) e (3) respectivamente:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (1);$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (2);$$

$$Disponibilidade (\%) = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \times 100 \quad (3);$$

Onde:

λ = Taxa de falhas, que é a razão entre o número de falhas sobre o número de horas de operação.

μ = Taxa de reparo, que é a razão entre o número de reparos sobre o tempo total de reparo.

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

As ferramentas da qualidade ajudam a estabelecer métodos de trabalho que visam identificar e solucionar problemas, mensurando, definindo e analisando os dados. Com o mercado cada vez mais exigente é necessário que o gerenciamento da qualidade tenha foco na melhoria contínua dos processos, produtos e serviços, com o objetivo de satisfazer os clientes (Silva, 2021).

Segundo Souza (2019) os principais autores da qualidade conhecidos como, Shewhart, Deming, Juran, Feigenbaum, Ishikawa, Taguchi e Crosby, foram os responsáveis por terem criado as ferramentas da qualidade mais usuais até os dias de hoje. Tais ferramentas, como por exemplo: diagrama de Pareto e diagrama de Ishikawa ajudam a detectar as falhas que ocorrem no processo, como também apontam as possíveis causas.



De acordo com Rennó (2021), o gráfico de Pareto é uma das ferramentas mais usadas no processo da gestão da qualidade. Ele se baseia no princípio desenvolvido pelo sociólogo italiano Vilfredo Pareto no século XIX, mas é utilizado amplamente nos dias atuais. Rennó (2021) explica que o gráfico é adequado para que os gestores consigam identificar os itens mais importantes de determinado problema.

Para Lobo (2019), Pareto demonstrou que poucos fatores podem provocar grandes impactos. Assim, 80% dos problemas organizacionais são oriundos de 20% das causas potenciais, também conhecido como a regra do 80/20, indicando os itens que devem ser priorizados, ou seja, aqueles que vão exigir maior concentração e esforço da equipe.

Criado por Kaoru Ishikawa, o diagrama de causa e efeito tem por intuito realizar a análise de um problema a partir de seis grandes aspectos dos processos de qualidade conhecidos por 6 M's. Souza (2019) afirma que esse diagrama é usado para organizar ideias e descobrir os fatores relacionados a um problema, ou seja, quais causas levam ao efeito que está sendo abordado.

Segundo Jesus (2021), o diagrama de causa e efeito é usado para examinar a divergência na qualidade dos processos e produtos, pois a ferramenta permite, além da investigação, a identificação das maiores causas de alteração no processo em questão. Alves e Melo (2021), por sua vez, esclarecem que o diagrama permite que sejam levadas em consideração as verdadeiras causas, ou seja, o empenho deve ser direcionado para solucionar a causa raiz do problema.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa é de caráter descritivo, pois teve como objetivo, descrever as falhas que ocorrem no molde de injeção plástica da Lente da Lanterna Fixa, modelo Alfa ou LL Fixa Alfa. Sobre os procedimentos metodológicos adotados, conforme objetivo geral, esta pesquisa é caracterizada como um Estudo de Caso, por investigar um fenômeno visando identificar os fatores que afetam a disponibilidade do molde de injeção plástica. As informações coletadas foram por meio do banco de dados do setor de Manutenção dos moldes (Ferramentaria), setor no qual dispõe dos indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators – KPI's*) referentes à disponibilidade dos moldes, registros de paradas durante o processo produtivo e planos de controle de manutenção preventiva. Os dados extraídos são compreendidos entre os meses de março a setembro de 2021, fase em que houve uma retomada produtiva durante o período pandêmico e, conseqüentemente, demandou grande disponibilidade dos moldes de injeção para não comprometer a entrega aos clientes.

Sendo assim, o método proposto dividiu-se nas seguintes etapas: (1) evidenciar os moldes que representam maior impacto na disponibilidade do processo produtivo, a fim de identificar qual o molde possui o maior tempo de indisponibilidade, (2) analisar os indicadores de disponibilidade, também com o objetivo de identificar o ferramental que apresenta o menor desempenho, (3) compor um grupo de trabalho com os especialistas do processo, sendo eles: Técnico do Processo de Injeção, Preparador de matéria prima e máquina injetora, Ferramenteiro, Supervisor de Ferramentaria e Manutenção de Injetoras, Programador de Controle e Manutenção da Ferramentaria (PCM) e Analista de Qualidade. O grupo realizou reuniões semanais visando identificar as possíveis causas de parada do ferramental durante o



processo produtivo, (4) por fim, foi feito por essa mesma equipe o apontamento da causa raiz que afetou a disponibilidade do molde de injeção plástica alvo deste estudo.

Posto isto, foi realizada uma análise profunda da causa raiz seguida de uma proposta de plano de ação para eliminar a potencial falha do ferramental.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 A ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL

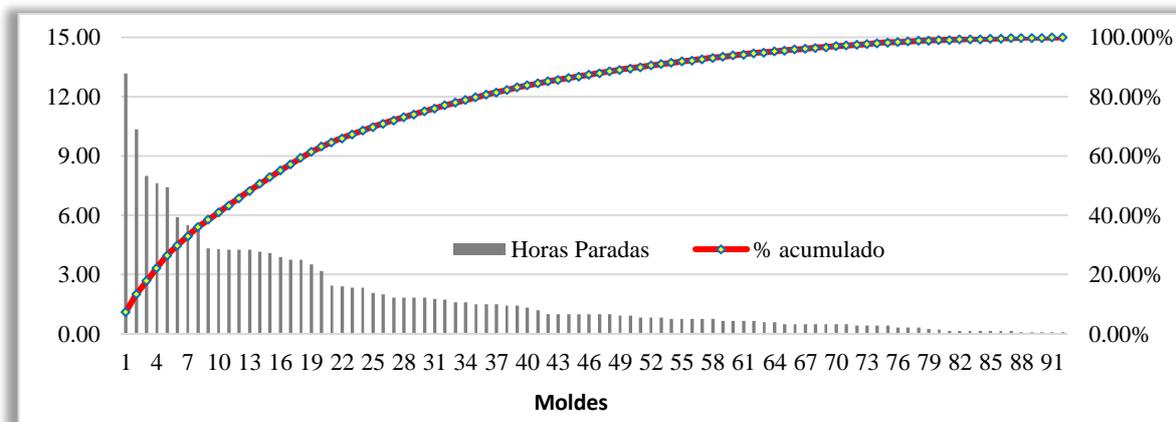
A empresa objeto deste estudo, refere-se a uma indústria multinacional do segmento automobilístico situada na região metropolitana de Belo Horizonte. Desde 1999 no Brasil, possui cerca de 800 colaboradores diretos e 150 indiretos. A unidade produtiva fornece faróis e lanternas para as grandes montadoras de automóveis. Possui uma área total de 54.195 m², sendo 27.005 m² de área construída, incluindo os seguintes setores produtivos: injeção, tratamento das peças, almoxarifado e montagem. Dentre esses, a injeção, setor considerado para a pesquisa, possui cerca de 250 colaboradores divididos em três turnos de trabalho e conta com aproximadamente 400 moldes para atender tanto as linhas de produção das montadoras quanto a demanda do mercado de peças de reposição.

Molde refere-se a uma ferramenta de metal que possui cavidades que dão formas a produtos plásticos injetados e sua constituição básica é formada por duas partes: o lado fixo e o lado móvel. Eles são ideais para produção em larga escala de peças de plástico, pois em uma única etapa ou ciclo da máquina injetora, já se tem a peça acabada.

4.2 AVALIAÇÃO DESEMPENHO DO PROCESSO

As informações do monitoramento da injeção plástica foram coletadas diariamente através dos apontamentos dos processos produtivos disponibilizados em cada máquina injetora. No Gráfico 1, é possível visualizar as perdas por molde, que somadas contabilizam 175,70 horas. Nesse mesmo período eram previstas 73.941 horas de produção, o que representa um percentual geral de 0,24% com problemas nos ferramentais. É importante salientar que são incorridos outros prejuízos durante a interrupção do processo, como refugo ao reiniciar a máquina, mão de obra ociosa, perda de matéria prima, além de, em casos mais graves, comprometer o abastecimento do cliente.

Gráfico 1. Horas paradas por falhas dos moldes entre março e setembro de 2021



Fonte: Autores (2022)



Legenda:

Cod.	Molde	Cod.	Molde
1	Lente lanterna fixa Alfa	11	Lente lanterna móvel Alfa
2	Lente farol Beta bicolor	12	Refletor farol Sigma
3	Refletor farol Gama high	13	Refletor farol NMK
4	Moldura farol Eta	14	Lente farol Sigma
5	Lente farol Teta	15	Moldura farol FWI
6	Carcaça lanterna fixa Alfa	16	Moldura farol GWR
7	Carcaça lanterna móvel Alfa	17	Lente lanterna Delta
8	Refletor farol MCY	18	Lente farol Alfa
9	Lente farol Lambda	19	Refletor farol ID Gama low
10	Moldura farol Gama low	20	Moldura farol inferior Delta

Fonte: Autores (2022)

A legenda apresenta somente a descrição dos 20 primeiros moldes listados no Gráfico 1. E conforme apresentado nesse gráfico, nota-se que o molde Lente lanterna fixa Alfa foi o que apresentou maior tempo de parada, com 13,17 horas, representando 7,49% do total. Foram também levantados outros indicadores de performance, como o MTTR, MTBF e Disponibilidade, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de Desempenho dos moldes entre março e setembro de 2021

Cod.	Descrição do Molde	Horas Paradas	n° de Paradas	MTT R (h)	MTBF (h)	Disponibilidade
1	Lente lanterna fixa Alfa	13,17	19	0,69	38	98,23%
2	Lente farol Beta bicolor	10,33	13	0,79	56	98,61%
3	Refletor farol Gama high	8,00	8	1,00	92	98,92%
4	Moldura farol Eta	7,62	10	0,76	74	98,98%
5	Lente farol Teta	7,42	18	0,41	41	99,00%
6	Carcaça lant. fixa Alfa	5,92	12	0,49	62	99,20%
7	Carcaça lant. móvel Alfa	5,50	9	0,61	82	99,26%
8	Refletor farol MCY	5,42	13	0,42	57	99,27%
9	Lente farol Lambda	4,33	8	0,54	92	99,42%
10	Moldura farol Gama low	4,30	7	0,61	106	99,42%

Fonte: Autores (2022)

Após análise dos indicadores, foi verificado que o molde Lente lanterna fixa Alfa apresentou o menor tempo médio entre falhas, o MTBF. Isso significa que, em média, a cada 38 horas houve uma interrupção no processo, com um tempo médio de reparo, o MTTR, de 0,69 horas (41 minutos). Notou-se também a menor disponibilidade entre todos os moldes analisados, 98,23%.

Com base nesses dados, a presente pesquisa realizou um estudo detalhado das falhas que mais impactam na disponibilidade do molde LL Fixa Alfa, sugerindo ações aos gestores e propondo a continuidade do trabalho para as demais falhas nos ferramentais.



4.3 INVESTIGAÇÃO DAS FALHAS

O molde LL Fixa Alfa, objeto de estudo das falhas, é utilizado no processo de fabricação por injeção plástica da Lente da Lanterna Fixa, modelo aqui denominado Alfa. De origem italiana, possui doze cavidades, sendo seis no macho (lado móvel) e seis na matriz (lado fixo), três sistemas de injeção por valvulado e uma massa total de 12 toneladas. Um modelo da ferramenta, macho (a) e matriz (b), assim como o produto resultante do processo de injeção plástica (c) pode ser visualizado na Figura 1.

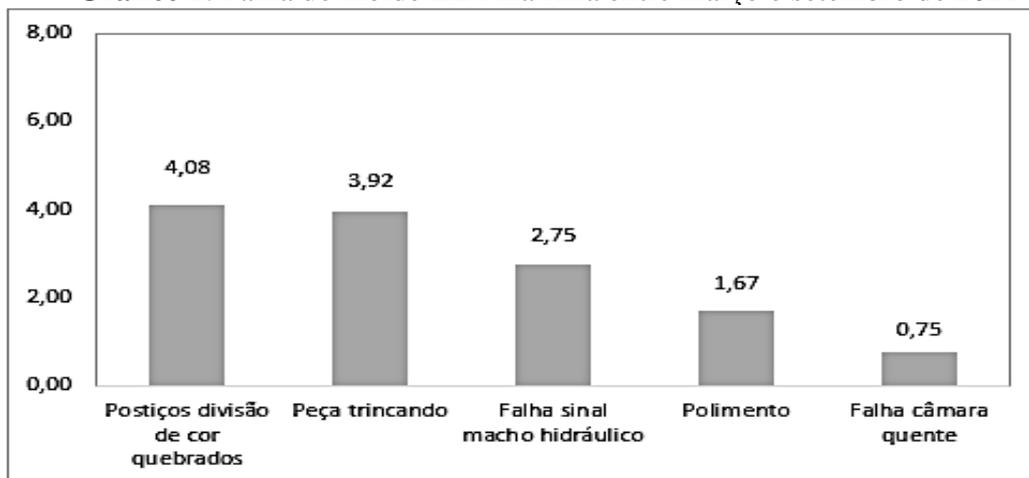
Figura 1. Macho (a), Matriz (b) e Produto resultante (c)



Fonte: Autores (2022)

A empresa dispõe de um setor específico para manutenções preventivas e corretivas dos moldes, a Ferramentaria, que conta com onze funcionários divididos em três turnos. O molde LL Fixa Alfa é submetido a manutenções preventivas a cada 40.000 ciclos ou a cada 2 anos, onde são desmontados, lubrificados e avaliados 41 itens susceptíveis ao desgaste, conforme checklist de manutenção do setor. Durante o estudo, foram estratificadas às 13,17 horas de falhas da ferramenta que ocorreram no processo produtivo, conforme mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2. Falha do molde LL Fixa Alfa entre março e setembro de 2021



Fonte: Autores (2022)



Notou-se uma maior incidência de falha por postigos divisão de cor quebrados. Os postigos são peças intercambiáveis em uma ferramenta e são projetados geralmente para regiões frágeis ou de difícil acesso. Seu objetivo é facilitar a manutenção, já que pode ser retirado e substituído por uma nova peça caso seja necessário. A Figura 2 mostra a imagem dos postigos quebrados (a) e da peça injetada refugada devido à quebra (b).

Figura 2. Postigos quebrados (a), Peça refugada por problema no sistema de fechamento dos postigos (b)



Fonte: Autores (2022)

Com base nos dados coletados, foi iniciado o processo de investigação para o entendimento das causas que geram a quebra dos postigos. Inicialmente foi utilizado o 5W2H apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Descrição do fenômeno de parada do molde

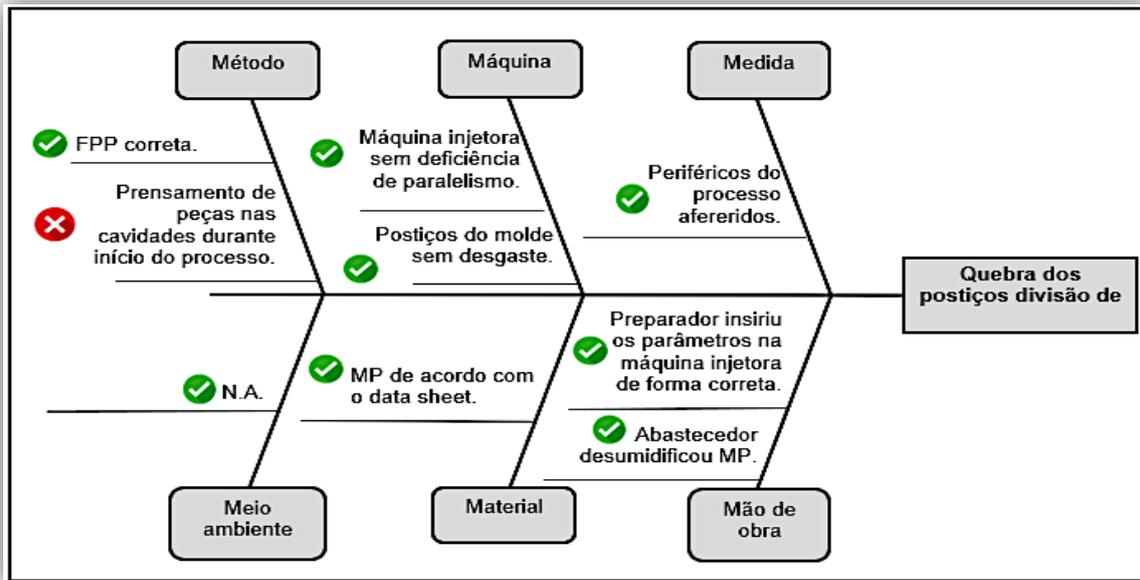
5W + 2H		
Descrição do problema:	Quebra nos postigos divisão de cor	Área: Injeção
What O que?	Lente lanterna fixa X6H	
Who Quem?	Preparador de injeção	
Where Onde?	Nos postigos divisão de cor	
When Quando?	Toda vez que ocorre o início do processo produtivo na máquina injetora	
Why Por que?	Objeto de investigação	
How Como?	Impossibilidade de injetar peças	
How much Quanto custa?	R\$ 116.850 (custo total no período)	

Fonte: Autores (2022)

Por meio do 5W2H foi constatado que durante o processo de injeção da Lente da Lanterna Fixa, modelo Alfa, ocorria a quebra dos postigos divisão de cor. Um fato que chamou a atenção da equipe de análise foi que as quebras aconteciam sempre no início do processo, sendo relevante para análise da causa raiz apresentada na Figura 3.



Figura 3. Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2022)

Conforme apresentado na Figura 3, foram listadas as potenciais causas do problema e dessas, as destacadas em verde representam as causas que não comprometem o correto funcionamento da máquina, pois após o “checklist” da equipe de trabalho foi constatado que a causa destacada de vermelho não estava conforme. Logo, a equipe de trabalho definiu o prensamento de peças nas cavidades durante início do processo como a causa raiz inicial. A partir desse apontamento, foi trabalhada a técnica dos 5 porquês visando aprofundar na causa inicial apontada para encontrar a verdadeira causa raiz do problema que pode ser visualizada no Quadro 2.

Quadro 2. Identificação da Causa Raiz

5 PORQUÊS					
Descrição do problema:	Quebra dos postigos divisão de cor			Área: Injeção	
Causa raiz inicial	1º porquê	2º porquê	3º porquê	4º porquê	5º porquê
Prensamento de peças nas cavidades durante início do processo	Resíduos de peças do ciclo anterior	Na última injeção as peças não foram extratidas das cavidades	Faltou checagem do preparador no início da operação	Não há procedimento de checagem de peças nas cavidades antes de iniciar o processo	Não foi feita a análise crítica para elaborar o POP a respeito desse processo

Fonte: Autores (2022)

Após questionar os porquês do problema ficou evidenciado que a verdadeira causa raiz é a falta de um Procedimento Operacional Padrão (POP) para auxiliar os preparadores no processo de início de funcionamento da máquina. A falta do documento, dá margem para erros de operação que ocasionam o incorreto fechamento do molde e, conseqüentemente, a quebra dos postigos e impossibilidade de injeção das peças.



Por fim, o caso foi informado aos gestores e sugerido um plano de ação, ilustrado no Quadro 3 para a implementação de um POP e treinamento dos envolvidos, bem como a continuação dos estudos para os outros fatores que comprometem a estabilidade do processo.

Quadro 3. Plano de ação

5W + 1H		
Descrição do problema:	Falta de procedimento padrão para extração das peças no molde LL fixa Alfa antes de iniciar o processo	Área: Injeção
What O que?	Elaborar Procedimento Operacional Padrão (POP) para extração das peças do molde antes de iniciar o processo	
Who Quem?	Tecnologia de Injeção	
Where Onde?	No processo de injeção Grupo C	
When Quando?	A ser definido pelos gestores	
Why Por que?	Para padronizar o processo e evitar quebra dos postigos do molde	
How Como?	Avaliando os movimentos necessários para o processo	

Fonte: Autores (2022)

O 5W1H foi utilizado para elaborar um plano com a ação necessária para resolver o problema da falta de procedimento padrão para extração das peças no início do processo.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por meio dos apontamentos diários do processo produtivo de cada máquina, a soma total das horas produtivas por paradas dos moldes contabilizaram 175,70 horas sendo, desse total 13,17 horas de parada somente do molde Lente Lanterna fixa Alfa, ou seja, o maior tempo entre todos os moldes analisados, representando 7,49% das 175,70 horas. Esse mesmo molde, conforme o MTBF e MTTR, sofreu interrupção em sua produção a cada 38 horas para realizar reparos que em média duravam 0,69 horas (41 minutos).

O principal motivo da parada do molde LL fixa Alfa, foi a quebra dos postigos divisão de cor. Tal problema ocorria sempre que era iniciado o processo produtivo na máquina injetora na troca de turno e representou 4,08 das 13,17 horas de parada do molde, sendo o maior tempo das cinco falhas analisadas para esse ferramental.

Conforme dito por Jesus (2021), o diagrama de Ishikawa é usado para examinar as divergências na qualidade do processo ou do produto. Afinal, a ferramenta permite investigar as potenciais causas de alteração no processo.

Tendo em vista o objetivo geral deste trabalho, os resultados aqui obtidos correspondem ao que foi proposto. Visto que, foi possível identificar o ferramental que apresentou o menor MTBF, bem como mapear os fatores que causam a indisponibilidade desse equipamento. Condizente com Alves e Melo (2021), no diagrama de causa e efeito foi levada em consideração a verdadeira causa da quebra dos postigos divisão de cor do molde LL fixa Alfa.



Neste caso, a verdadeira causa raiz do problema foi a falta de um POP para auxiliar os preparados no início do processo. Assim, os esforços foram direcionados para a análise do porquê da ocorrência da causa, e foi desenvolvido e sugerido ao setor de Tecnologia de Injeção um plano de ação para elaborar um POP para extração das peças do molde antes de iniciar o processo. O intuito de disponibilizar um POP para o molde LL Fixa Alfa, visa evitar a circunstância que causa a quebra dos postigos do molde e, conseqüentemente, a interrupção do processo de injeção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário industrial atual, manter o controle e eficiência das áreas produtivas é imprescindível. As empresas que conseguem antecipar as falhas dos equipamentos, possuem vantagem competitiva na redução dos custos operacionais e evitam possíveis atrasos de entrega de seus produtos. Nesse contexto, o presente estudo buscou analisar os fatores que afetam a disponibilidade do molde de injeção estudado neste artigo.

Para atingir o objetivo deste trabalho, foi utilizado o diagrama de Pareto para identificar e mapear o molde com maior indisponibilidade, utilizou-se também da observação do processo com o auxílio dos indicadores de manutenção, o MTBF, MTTR e disponibilidade, onde no caso, em média, a cada 38 horas o processo era interrompido para reparo na ferramenta, verificando também a menor disponibilidade dentre os moldes analisados, 98,23%.

Após a descrição do fenômeno, as principais causas foram apontadas no diagrama de Ishikawa e analisado por meio dos 5 porquês o motivo do problema. Com auxílio dos 5 porquês, foi possível identificar onde seria o foco de atuação no processo para proposição de melhorias através de um plano de ação baseado na ferramenta 5W1H.

Apesar do total das perdas dos moldes no período avaliado representarem somente 0,24% das horas programadas de produção, dentro desse percentual foi avaliado o ferramental com o maior número de horas paradas, no caso 13,17 das 175,70 horas. Estratificando a quantidade de horas paradas (13,17 horas) do ferramental com menor disponibilidade, a principal causa de parada do molde com 4,08 das 13,17 horas estavam relacionadas a quebra dos postigos. Esse problema, somado a outros gastos como manutenção, máquina e mão de obra ociosa resultou em custo total de R\$ 116.850,00 no período avaliado, o que demonstra que somente essa causa representa um custo considerável para a organização. Contudo, espera-se a aplicação do plano de ação para avaliar sua efetividade em mitigar as falhas no ferramental e conseqüentemente reduzir as perdas financeiras para então ampliar os estudos para as demais causas e os demais moldes.

Com o desenvolvimento do trabalho, ficou evidenciado o quão é importante manter a disponibilidade dos ferramentais pois eles impactam diretamente na produtividade das empresas e, conseqüentemente, seus resultados. O PCM entra como fator chave nessa demanda, pois ele visa organizar e controlar as etapas da manutenção, entrando em um processo de melhoria contínua, tais ações aumentam a eficiência da organização e evitam gastos desnecessários.



REFERÊNCIAS

- Alves, L. R., & Melo, R. M. de (2021). Utilização integrada de ferramentas da qualidade no processo de análise de embalagens em uma indústria de alimentos. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XLI, 4p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_357_1841_41940.pdf
- Associação Brasileira de Manutenção (2017). *Documento Nacional de Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil*. Curitiba. Recuperado de <https://docplayer.com.br/105100568-Resultado-do-documento-nacional-2017.html>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). NBR 5462: *Confiabilidade e Manutenibilidade*. Rio de Janeiro. Recuperado de <https://cupdf.com/document/nbr-5462.html?page=6>
- Azevedo, A. A. de., Gontijo, T. S., Victor, E. F., Souza, L. L. de., & Oliveira, T. J. de., (2018). Um estudo sobre as causas que geram a indisponibilidade no processo de fabricação de peças automotivas. *ForScience*, v. 6, n. 3. <http://www.forscience.ifmg.edu.br/forscience/index.php/forscience/article/view/272/237>
- Corrêa, H. L., Giancesi, I. G. N., & Caon, M. (2011). Planejamento, Programação e Controle da Produção. *Sistemas de Administração da Produção*. 5ª ed. São Paulo: Atlas. Cap. 1, p. 17.
- Fulgencio, P. C. (2007). *Glossário Vade Mecum*. Rio de Janeiro: Mauad, 2007. p. 404.
- Furmann, J. (2002). Desenvolvimento de um Modelo para a Melhoria do Processo de Manutenção Mediante a Análise de Desempenho de Equipamentos. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/82781/189501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gregório, G. F. P., Santos, D. F., & Prata, A. B. (2018). *Engenharia de manutenção*. Porto Alegre: SAGAH.
- Jesus, B.S. de., Oliveira, M. H. B. de., Rodrigues, R. S., & Bernini, D. S. D. (2021). Utilização de ferramentas da qualidade na gestão de um estoque com a dificuldade de aquisição de materiais. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XLI, 6p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_357_1841_42603.pdf
- Kardec, A., & Nascif, J. (2019). *Manutenção Função Estratégica*. 5.ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark. p 165 e 170.
- Lobo, R. N. (2019). *Gestão da Qualidade*. São Paulo: Editora Saraiva.
- Neto, A., & Scarpim, J. (2014). *Terceirização em Serviços de Manutenção Industrial*. 1.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- Pimentel, H. S., Lima, A. G., & Neto, S. C. (2012). Emprego dos indicadores de manutenção classe mundial nas indústrias da Paraíba. *Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. Palmas, TO, Brasil.
- Porrelli, M. T., & Júnior, M. L. (2020). Análise da Gestão da Manutenção em Empresa Portuária sob a Ótica da Manutenção Produtiva Total (TPM). *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XL, 3p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_342_1753_40322.pdf
- Prado, A. P., Oliveira, I. M. de., Borges, K. M. C., Mansão, R. V., & Rodrigues, T. G. (2020). Implantação de Plano de Manutenção em uma Indústria de Termoformagem. *Anais do Encontro*



Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XL, 3p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_342_1753_41015.pdf

Rennó, R. (2021). *Administração geral para concursos: teoria e questões*. 4. ed. Rio de Janeiro: Método.

Silva, E., Piratelli, C., & Achcar, J. A. (2020). Estudo da manutenção de uma usina de etanol sob a metodologia MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade). *Revista Produção Online*, v. 20, n. 4, p. 1331-1353. Recuperado de <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4130/1991>

Silva, R. H. da. (2021). Aplicação de Ferramentas da Qualidade para Aumento de Rendimento: Um Estudo de Caso Realizado em uma Empresa Farmacêutica de Grande Porte. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XLI, 3p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WPG_363_1877_42164.pdf

Slack, N., Jones, A. B., & Johnston, R. (2013). *Princípios de Administração da Produção*. São Paulo: Atlas.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2018). *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas. Recuperado de <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/>

Souza, F. B. de., Gonçalves, M. D. L., Silva, M. A. da., & Lima, S. K. B. de., (2020). Proposta de implantação das funções de planejamento e controle da manutenção (PCM) em uma panificadora. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XL, 3p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_342_1753_40651.pdf

Souza, L. M. R. de. (2019). *A utilização de ferramentas da qualidade no controle e redução das perdas em um açougue de supermercado: estudo de caso* (Monografia). Universidade Federal de Campina Grande, Sumé. PB, Brasil. <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/12268/1/LUANA%20MARIA%20RUFINO%20DE%20SOUZA%20-%20TCC%20ENG.%20DE%20PRODU%20C3%87%20C3%83O%202019.pdf>

Viana, H. R. G. (2012). *PCM, planejamento e controle da manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.

Viana, H. R. G., & Moura, I. R. de. (2021). Sistemas de Gerenciamento na Manutenção: um Estudo sobre as Ferramentas de Controle Industrial. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XLI, 5p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_354_1822_41634.pdf

Zanotti, J., Bremenkamp, L., Baldam, R. L., Costa, L., & Baldam, E. C. G. (2018). Abordagem Processual em Projetos de Parada Total de Produção: Estudo dos benefícios na Gestão da Manutenção. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, XXXVIII, 2p. https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_258_478_35699.pdf

Zen, M. A. G. (2011). *Indicadores de manutenção*. Recuperado de <https://www.mantenimentomundial.com/sites/mm/notas/indicadoresBR.pdf>.

