

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
LUIS DAVY SILVA DE CAMARGO**

**MELHORIAS NO MOLDE DE INJEÇÃO PLÁSTICA PARA VEDAÇÕES DE
PORTAS DE AUTOMÓVEIS**

Varginha - MG

2024

LUIS DAVY SILVA DE CAMARGO

**MELHORIAS NO MOLDE DE INJEÇÃO PLÁSTICA PARA VEDAÇÕES DE
PORTAS DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Mestre Fabiano Farias Oliveira e coorientação do Especialista Matheus Henrique Pereira e Eng. Mecânico José Renato de Moraes.

Varginha - MG

2024

LUIS DAVY SILVA DE CAMARGO

**MELHORIAS NO MOLDE DE INJEÇÃO PLÁSTICA PARA VEDAÇÕES DE
PORTAS DE AUTOMÓVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força a mim dada nessa caminhada, a meus pais e irmão que sempre me apoiaram, a minha namorada que sempre esteve comigo ao longo desse percurso e a todas as demais pessoas presentes durante essa jornada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Martin Luther King

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma melhoria em um molde de injeção plástica para peças de vedações de portas de automóveis. Tal melhoria, foi necessária devido a uma falha detectada pela montadora das peças. A falha abordada foi um vazamento de material de injeção plástica em uma área visível da peça, o que resultou em um aspecto não agradável no veículo e que fugia dos padrões estabelecidos pela montadora. O fato ocorreu dentro da linha de montagem da montadora, o que ocasionou uma parada da linha de montagem dos veículos por 4 minutos e conseqüentemente a montadora exigiu que a fabricante das peças arcasse com as despesas da parada de linha e além de realizar a reposição das 34 peças que apresentaram a falha. Dessa forma, foi necessário atuar de forma rápida e objetiva para corrigir a falha evidenciada pela montadora, para que isso seja possível, será utilizado nos estudos algumas ferramentas de qualidade para auxiliar no entendimento da falha e nas causas dela e também para auxiliar no gerenciamento das soluções propostas pela equipe multifuncional.

Palavras-chave: Vedações automotivas, injeção plástica e ferramentas de qualidade.

ABSTRACT

This work's main objective is to develop an improvement in a plastic injection mold for automotive seal parts. This improvement was necessary due to a fault blocked by the parts assembler. The failure addressed was a leak of plastic injection material in a visible area of the part, or that was improved in an unpleasant aspect of the vehicle and that deviated from the standards defined by the manufacturer. The fact occurred within the assembly line of the assembly plant, which caused the vehicle assembly line to stop for 4 minutes and consequently the assembly of the assembly plant required a parts manufacturer to bear the expenses of the line stoppage and in addition to carrying out an assembly of the pieces 34 pieces that seemed to be the fault. Therefore, it was necessary to act quickly and objectively to correct the failure evidenced by the assembly. For this to be possible, some quality tools will be used in the studies to assist in understanding the failure and its causes and to assist in the management of solutions proposed by the multifunctional team.

Keywords: *Automotive seals, plastic injection and quality tools.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema das unidades da injetora	15
Figura 2: Injetora Vertical	15
Figura 3: Injetora horizontal	16
Figura 4: Injetora 90°	16
Figura 5: Componentes de um molde.....	17
Figura 6: Ciclo PDCA	19
Figura 7: Vazamento detectado na vedação da porta	20
Figura 8: Diagrama Ishikawa da falha.....	22
Figura 9: Avaliação da geometria do perfil	26
Figura 10: Dimensional da moldagem realizada no software 3D	28
Figura 11: Dimensional da moldagem realizada no projetor de perfil	28
Figura 12: Dados retirados sobre o sistema SAP sobre o custo para produção da peça	31
Figura 13: Avaliação da placa 3D do molde e dos canais de refrigeração	35
Figura 14: Placa de apoio do perfil.....	36
Figura 15: Placa de fixação	36
Figura 16: Placa do molde antes e depois da usinagem	37
Figura 17: Montagem 3D dos componentes da placa.....	37
Figura 18: Montagem real dos componentes da placa	38
Figura 19: Cavidade do molde, antes e depois do preenchimento	39
Figura 20: Tela IHM da injetora referente aos tempos.....	43
Figura 21: Tela IHM da injetora referente as temperaturas.....	43
Figura 22: Tela IHM da injetora, referente pressão de injeção	44
Figura 23: Tela IHM da injetora referente ao volume de material injetado	44
Figura 24: Exemplo de ficha de controle com os parâmetros dentro da especificação.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Definição de polímeros	12
2.2 Definição de termofixos.....	12
2.3 Definição de termoplástico.....	12
2.3.1 Aplicabilidade do Termoplástico Polipropileno (PP).....	13
2.4 Injeção termoplástica	14
2.4.1 Máquinas de Injeção termoplástica	14
2.4.2 Injetora vertical.....	15
2.4.3 Injetora horizontal.....	16
2.4.4 Injetora 90°	16
2.5 Moldes de injeção termoplástica	17
2.5.1 Estrutura do molde	17
2.6 Ciclo PDCA	18
2.6.1 Esclarecer o problema	19
2.6.2 Definir uma meta	20
2.6.3 Brainstorming	20
2.6.4 Diagrama de Ishikawa ou 6M.....	21
2.6.5 Os 5 por quês	22
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 Avaliação da pressão e volume de injeção.....	25
3.2 Avaliação da geometria do perfil	25
3.3 Avaliação da cavidade do molde	27
3.4 Avaliação do deslocamento do perfil no fechamento do molde.....	28
3.5 Análise dos impactos financeiros da falha.....	29

3.5.1 Custos da parada da linha de montagem	29
3.5.2 Custos com a reposição e descarte das peças	30
3.5.3 Custos com a adição de mão de obra.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSÕES.....	33
4.1 Desenvolvimento de correção das causas raiz.....	33
4.2 Análise do investimento necessário para as correções	33
4.2.1 Investimento para preenchimento do molde.....	34
4.2.2 Investimento para a fabricação da placa de apoio do perfil	34
4.2.3 Comparação Investimento para correção x Gastos com a falha	34
4.3 Desenvolvimento e detalhamento da placa de apoio do perfil.....	35
4.4 Detalhamento e execução do ajuste na cavidade do molde.....	38
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Vedações dos automóveis atuam de formas distintas, porém com o mesmo objetivo, realizar a vedação de componentes das impurezas da parte externa com a parte interna para que não ocorra a passagem de partículas e/ou fluídos. Alguns exemplos de vedações automotivas: anéis *O-ring*, juntas de motores, retentores, coifas, vedações de portas, vedações hidráulicas, selos mecânicos, entre outros tipos de vedações.

No presente trabalho elaborada uma proposta para corrigir uma falha em um molde de injeção plástica de uma empresa do ramo automobilístico que produz peças de borracha e plástico para vedações de portas de automóveis. Para o desenvolvimento do projeto será utilizado para auxiliar nos estudos algumas ferramentas de qualidade para analisar as causas e para realizar a gestão dos processos do projeto, além disso, pesquisas de campo e materiais técnicos sobre o assunto também serão utilizados para que dessa forma seja possível elaborar uma proposta para correção da falha.

A falha abordada no trabalho se trata da reclamação formal de uma montadora/cliente do setor automobilístico que ocorreu devido a um vazamento de composto termoplástico para fora da área da moldagem de união dos componentes de algumas peças de vedação de portas de um determinado automóvel, por esse motivo, ocasionou uma parada na linha de montagem da montadora de aproximadamente 4 minutos, o que acarretou a aplicação de uma multa para a fabricante das peças por causa da parada da linha.

Entretanto, a fabricante não foi penalizada somente com a multa, mas também terá que inserir uma mão de obra a mais para inspeção das peças para conter o problema e sanar o envio de peças com aspecto indesejável para o cliente, mas também será necessário realizar a troca das peças que apresentaram o defeito, gerando dessa forma um custo com uma mão de obra adicional, novas peças e com transporte das peças de reposição.

Tendo em vista o problema abordado, será realizado um estudo de caso para entender a fundo o problema e propor uma correção para que esse problema não ocorra novamente, visando agilidade no tempo de elaboração da proposta para não comprometer o andamento do dia a dia da produção das peças, sendo assim, será realizado uma análise para definir a causa raiz que ocasionou a falha e posteriormente, elaborada a proposta para a correção da falha de forma mais ágil e com menor investimento possível.

O principal questionamento abordado nesta monografia é de que forma é possível estruturar uma proposta visando a correção para uma falha ocorrida em um molde de injeção plástica.

Este trabalho tem o propósito a estruturação de uma proposta de correção para uma falha que ocorreu em um molde de injeção termoplástico. O que foi executável baseado em:

- a) Mostrar o processo em que ocorreu a falha;
- b) Mostrar os componentes que compõem o processo de moldagem por injeção;
- c) Entender a ferramenta de qualidade PDCA;
- d) Avaliar qual a causa raiz da falha;
- e) Definir quais as ações são necessárias para a correção da causa raiz;
- f) Elaborar uma proposta de correção da falha;
- g) Realizar o levantamento de custos para o desenvolvimento da proposta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os materiais plásticos são compostos de resinas naturais ou sintéticas que, através de pressão e calor, podem fluir e adquirir uma forma determinada (HARADA, 2004).

2.1 Definição de polímeros

Os polímeros são mais conhecidos como “plásticos”. Mas nome “plástico” não se refere a um único material. Assim como a palavra “metal” não define apenas ferro ou alumínio, a palavra “plástico” caracteriza diversos materiais com estrutura, qualidade e composição diferentes. As qualidades dos plásticos são tão variadas, que frequentemente substituem materiais tradicionais como a madeira e o metal (BARROS, 2011).

Devido à sua baixa densidade e a sua capacidade para ser modelado e moldado a temperaturas relativamente baixas em comparação com os materiais tradicionais, tais como metais, os polímeros são o material de escolha quando se integra várias peças para formar um único componente. De fato, muitas das peças e componentes que têm sido tradicionalmente fabricados em madeira, metal, cerâmica ou vidro tem sido redesenhado em plásticos (CARVALHO, 2017).

2.2 Definição de termofixos

Termorrígidos: também conhecidos por termofixos, termo endurecidos, polímero em rede ou em retículo, são plásticos que, quando sujeitos a um aumento substancial da temperatura e marginal da pressão, amolecem e fluem, adquirindo a forma do molde, reagem quimicamente, formando ligações cruzadas entre cadeias e se solidificam. Subseqüentes aumentos de temperatura e pressão não têm mais influência, tornando-os materiais insolúveis, infusíveis e não-recicláveis, assim, os termorrígidos são moldados quando ainda na forma de pré-polímero (antes da cura, sem ligações cruzadas). Exemplos: resina de fenol-formaldeído (baquelite), epóxi (araldite), etc. (JÚNIOR, 2006).

2.3 Definição de termoplástico

Sob efeito de temperatura e pressão, amolece assumindo a forma do molde. Nova alteração de temperatura e pressão reinicia o processo, sendo, portanto, recicláveis. Em nível

molecular, à medida que a temperatura é elevada, as forças de ligação secundárias são diminuídas (devido ao aumento do movimento molecular), de modo tal que o movimento relativo de cadeias adjacentes é facilitado quando uma tensão é aplicada. Os termoplásticos são relativamente moles e dúcteis e compõem-se da maioria dos polímeros lineares e aqueles que possuem algumas estruturas ramificadas com cadeias flexíveis. Ex.: PE, PP, PVC etc. (BARROS, 2011).

Os termoplásticos são plásticos com a capacidade de amolecer e fluir quando sujeitos a um aumento de temperatura e pressão. Quando estes são retirados, o polímero solidifica-se em um produto com formas definidas. Novas aplicações de temperatura e pressão produzem o mesmo efeito de amolecimento e fluxo. Esta alteração é uma transformação física, reversível (JÚNIOR, 2006).

2.3.1 Aplicabilidade do Termoplástico Polipropileno (PP)

Um polímero utilizado de forma ampla e versátil nas indústrias de segmentos diversificados. Conhecido por sua capacidade de ser versátil, resistência química e mecânica, baixo peso específico e por se tratar de um material com uma ótima capacidade de isolamento elétrico. De acordo com Freitas (2008), o polipropileno (PP) é um polímero muito utilizado devido ao seu baixo custo e propriedades versáteis, sendo considerado um dos termoplásticos mais importantes. Suas principais características são: alta rigidez, baixa densidade e elevada resistência a produtos químicos, tais como, bases, ácidos e solventes.

Muito utilizado na fabricação de embalagens, tecidos, equipamentos médicos, peças automotivas, e uma grande amplitude de outros produtos, estando presente em diversos e diferenciados segmentos das indústrias mundiais. Sua capacidade alterar de estado físico em altas temperaturas e ser facilmente moldado o torna um material amplamente usado em muitas aplicações industriais e de consumo. Segundo Manrich (2005), desde o desenvolvimento do Polipropileno (PP) em 1954, e do início de sua comercialização pela empresa Montecatini, em Ferrara (Itália), em 1957, a sua produção e uso tem experimentado espetacular progresso. E uma das razões para a boa aceitação do PP comercial é porque o mercado requer produtos com qualidade de "plásticos de engenharia" a preços dos materiais commodities.

2.4 Injeção termoplástica

Segundo Harada (2004), na década de 1940, a utilização de peças injetadas de material plástico restringe-se a produtos de, no máximo, alguns poucos gramas, com o crescimento do mercado devido à alta aplicabilidade desses produtos, os pedidos aos transformadores passaram a se concentrar em peças maiores e mais complexas. Nos últimos 25 anos, as aplicações desse tipo de produto passaram de objetos mais simples, como brinquedos, por exemplo, para componentes complexos próprios da indústria eletroeletrônica, automobilística, transporte (caixas, paletes etc.)

De acordo com Ribeiro (2009), a moldagem por injeção é um processo cíclico de transformação de termoplásticos e termofixos. As várias etapas do processo são executadas em uma ordem que se repete a cada ciclo, produzindo-se uma ou mais peças por vez. As três etapas básicas da moldagem de termoplásticos por injeção são:

- a) plastificação: para tornar o material plástico capaz de ser conformado;
- b) preenchimento, Pressurização e Recalque: para que o material complete a cavidade do molde, seja comprimido até alcançar a densidade correta e mantenha-se pressionado contra as paredes do molde, reproduzindo sua forma;
- c) resfriamento: para que o material solidifique dentro do molde, estabilizando a forma conseguida durante o recalque.

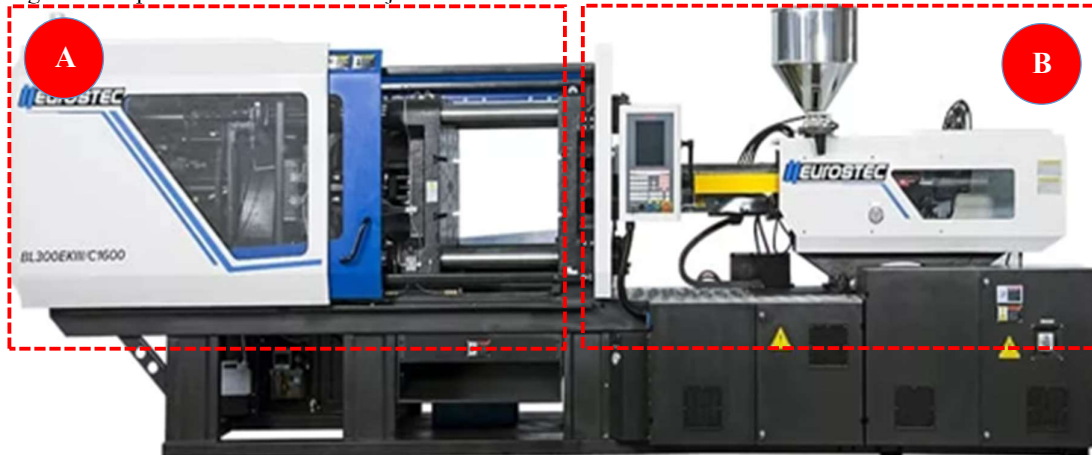
O processo de injeção é adequado para produção em massa, uma vez que a matéria-prima pode geralmente ser transformada em peça pronta em uma única etapa. Ao contrário da fundição de metais e da prensagem de elastômeros, na injeção de termoplásticos com moldes de boa qualidade não surgem rebarbas. Desta forma o retrabalho de peças injetadas é pouco e, às vezes, nenhum. Assim podem ser produzidas mesmo peças de geometria complexa em uma única etapa (RIBEIRO, 2009).

2.4.1 Máquinas de Injeção termoplástica

A função de uma máquina injetora, doravante chamada apenas de injetora, é fornecer uma dose precisa e controlada de material polimérico fundido a uma velocidade e pressão de injeção suficiente, enquanto aplica uma força de fechamento suficiente para evitar que o molde se abra. Existem diversos tipos de injetoras (horizontal, vertical, cubo, multicomponente etc.). Em última análise, esses diversos tipos de injetoras são constituídas pelas seguintes unidades fundamentais: unidade de suporte do molde (também conhecida como unidade de fechamento)

e unidade de injeção (GOODSHIP, 2017). A seguir, está representado o esquema das unidades das injetoras:

Figura 1: Esquema das unidades da injetora



Fonte: Adaptado de EUROSTEC, 2017

- a) unidade de suporte do molde;
- b) unidade de injeção.

2.4.2 Injetora vertical

São máquinas nas quais o sistema de fechamento e os movimentos do molde ocorrem no eixo vertical (RIBEIRO, 2009).

Figura 2: Injetora Vertical

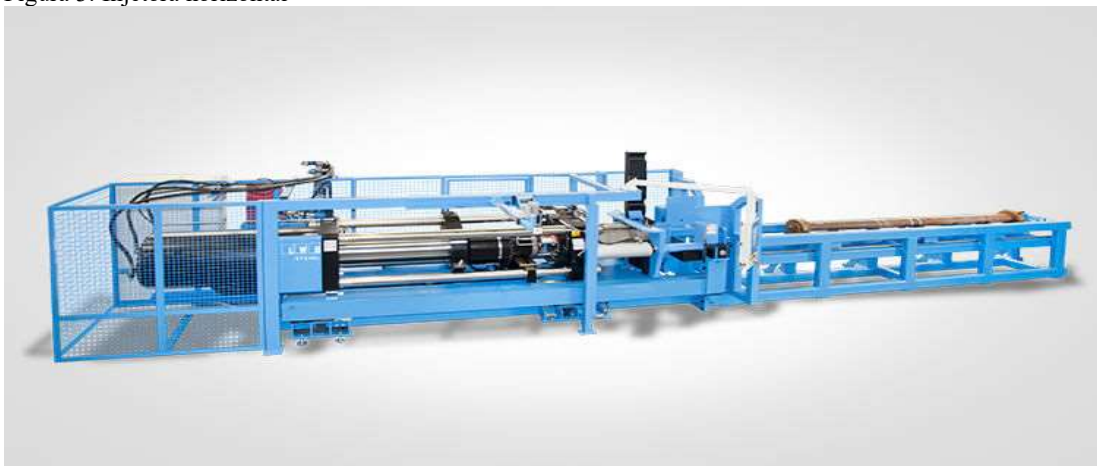


Fonte: LBW STEINL MACHINERY, 2022

2.4.3 Injetora horizontal

São máquinas nas quais o sistema de fechamento, os movimentos do molde ocorrem no eixo horizontal (RIBEIRO, 2009).

Figura 3: Injetora horizontal

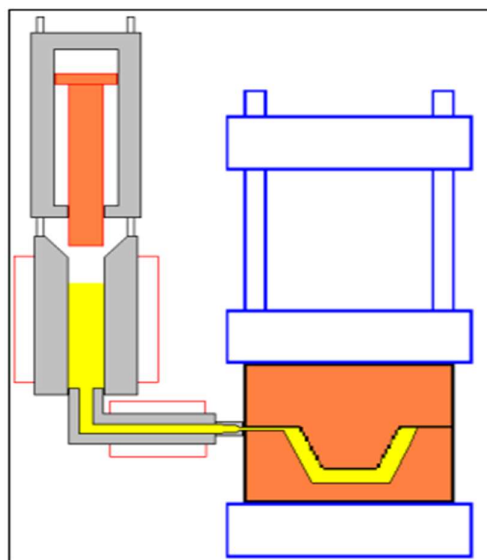


Fonte: LBW STEINL MACHINERY, 2022

2.4.4 Injetora 90°

Tanto a unidade de fechamento quanto a de injeção são horizontais, porém, em posição angular, uma à outra (RIBEIRO, 2009).

Figura 4: Injetora 90°



Fonte: RIBEIRO, 2009

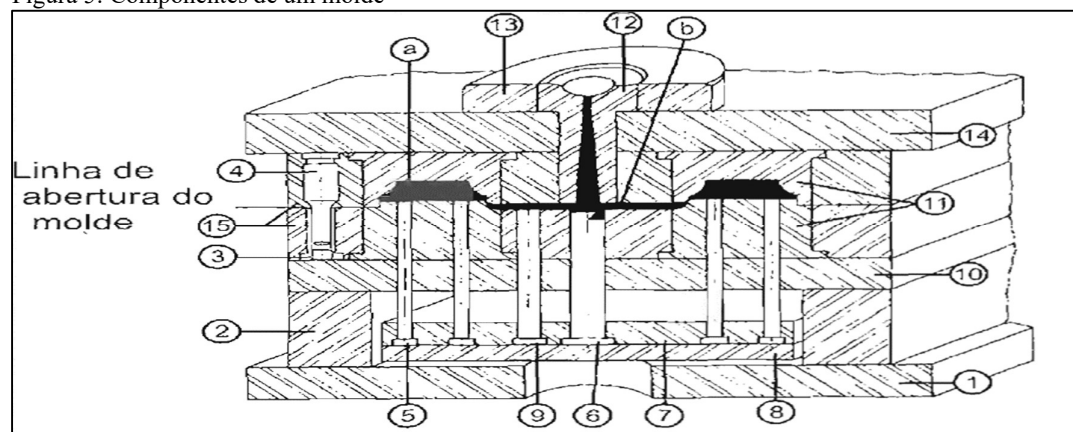
2.5 Moldes de injeção termoplástica

Molde de injeção termoplástica são dispositivos tecnológicos utilizados por indústrias que visam a produção em grande escala e a padronização dos produtos. São projetados para receber o material plástico fundido pelos seus canais e preencher as cavidades tomando o formato da peça para a qual foi desenvolvido. Os moldes recebem um resfriamento forçado com líquido de arrefecimento que percorre todos os canais internos de arrefecimento das placas do molde para aumentar a velocidade de solidificação do material. O molde possui, um sistema de resfriamento, onde um líquido refrigerante circula através de canais específicos que envolvem a cavidade (MANRICH, 2005).

Após ser injetado no molde e ocorrer a solidificação do material, ocorre a abertura do molde para a remoção da peça. Para a remoção, são usados sistemas extratores pneumáticos, hidráulicos, cremalheiras e/ou manuais que atuam na movimentação das placas das cavidades do molde para a remoção. O molde possui sistema de extração (pinos extratores e placa extratora) para que a peça, agora constituída de massa dura ou sólida, possa se desprender do molde e ser retirada. Na maioria dos casos, somente é possível retirar a peça com auxílio dos extratores, após o acionamento de abertura do molde (MANRICH, 2005).

2.5.1 Estrutura do molde

Figura 5: Componentes de um molde



Fonte: HARADA, 2004

Quadro 1: Componentes de um molde

1	Placa de fixação inferior – tem a função de fixar a parte imóvel do molde na injetora.
2	Coluna ou espaçador – tem a função de dar um espaçamento no curso do extrator.
3	Bucha-guia – tem a função de guiar o encaixe da parte superior com a inferior do molde.
4	Coluna-guia – tem a mesma função do item 3.
5	Pino extrator – tem como função extrair a peça da cavidade do molde.
6	Extrator do canal – tem a função de extrair a sobra de processo de injeção.
7	Placa porta-extratores – tem como função alojar os extratores.
8	Placa impulsora – tem como função realizar o acionamento dos extratores.
9	Pino de retorno – tem a função de retornar o pino extrator no local de origem após o fechamento do molde.
10	Placa-suporte – tem a função de suportar a pressão exercida sobre o molde no momento da injeção.
11	Postiços – tem a função de dosar de forma manual o fluxo do material na cavidade.
12	Bucha de injeção – tem a função de controlar fluxo de entrada de material para dentro do molde.
13	Anel de centragem – tem a função de centralizar o molde na injetora.
14	Placa de fixação inferior - tem a função de fixar a parte móvel do molde na injetora
15	Placa de montagem de postiços superior e inferior – tem a função de alojar os postiços
a	Cavidade – área útil de trabalho do molde
b	Canal de distribuição – caminho percorrido pelo material até a cavidade

Fonte: Adaptado de HARADA, 2004

2.6 Ciclo PDCA

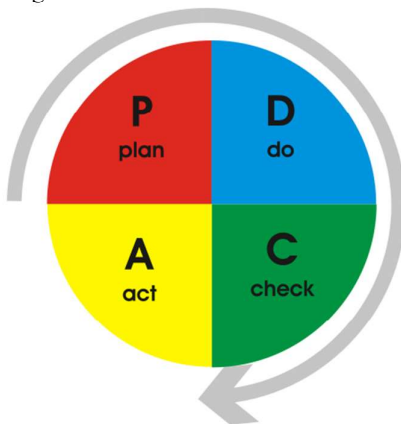
O método PDCA é utilizado pelas organizações para gerenciar os seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões (SILVA, 2014).

Oliveira, Silva e Brandão (2022), dizem que esse método segue quatro etapas para a sua implementação:

- a) (PLAN): antes de se executar o processo é preciso planejar as atividades, definir a meta e os métodos;

- b) (DO): é a execução das tarefas de acordo com o que foi estipulado no plano, inclui também a coleta de dados para o controle do processo. O treinamento é requisito para a execução das tarefas.;
- c) (CHECK): é a fase de monitoramento, medição e avaliação. Os resultados da execução são comparados ao planejamento e os problemas são registrados. Se os resultados forem favoráveis, as tarefas são mantidas, se ocorrer problema, deve-se seguir para quarta etapa.;
- d) (ACT): fase em que se apontam ações corretivas para os problemas encontrados.

Figura 6: Ciclo PDCA



Fonte: SCARTEZINI, 2009

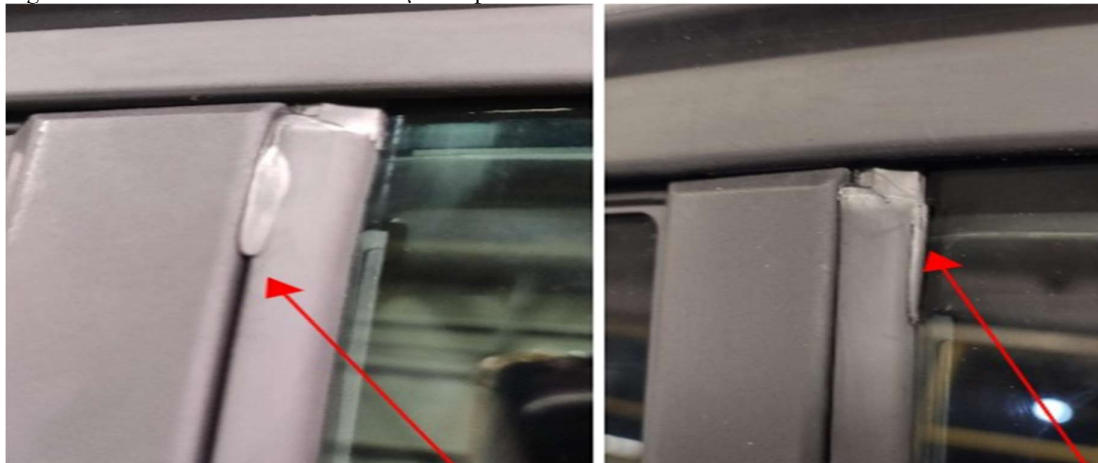
2.6.1 Esclarecer o problema

O problema que ocorreu foi um vazamento de material de injeção termoplástico na região da moldagem de um lote de peças de canaletas de um determinado automóvel de uma grande montadora de automóveis. Esse incidente causou uma parada na linha de montagem da montadora, levando à necessidade de entender e conter a falha. Como resultado, a montadora fez uma reclamação oficial à empresa que produziu as peças e isso gerou uma penalização financeira para a fabricante, devido à parada na linha e à reposição das peças defeituosas (O autor, 2024).

A detecção do vazamento ocorreu na planta de montagem da empresa que fica na Argentina, mas o problema surgiu na planta de fabricação. O incidente ocorreu em fevereiro de 2024, e é possível que lotes anteriores também tenham sido afetados. Devido ao vazamento, 34 peças montadas nos carros apresentaram vazamentos em áreas visíveis, o que resultou em um aspecto visual indesejável na montagem. Isso levou a um retrabalho das peças já montadas nas

carrocerias dos veículos, que tiveram que ser substituídas. Tanto a montadora quanto a fabricante sofreram impactos significativos com esse problema (O autor, 2024).

Figura 7: Vazamento detectado na vedação da porta



Fonte: O autor, 2024

2.6.2 Definir uma meta

Eliminar o índice de vazamentos até o final do terceiro trimestre de 2024, visando melhorar a qualidade do produto e eficiência da linha de montagem.

2.6.3 Brainstorming

Técnica de apontamento de sugestões em grupo sem julgar ou discutir, todas as ideias podem e devem ser levadas em consideração, todos os participantes contribuem com seu ponto de vista para encontrar as causas de um determinado problema ou desafio. Para este método, as ideias são apontadas sem julgamentos, para que a equipe tenha a liberdade de expressão e criatividade. O foco é reunir o maior número possível de sugestões para ser possível avaliar e desenvolver as melhores ideias. Utilizando essa técnica, espera-se coletar o maior número possível de ideias, propostas, visões e possibilidades que levem a uma solução eficaz para solucionar problemas (SMITH, 2020).

Tendo em vista a falha abordada no projeto, as sugestões de possíveis falhas que foram apontadas são:

- a) geometria irregular do perfil (gerando espaço para o vazamento);
- b) excesso de pressão de injeção;

- c) cavidade do molde fora de geometria;
- d) fechamento do molde inadequado;
- e) cortes dos perfis fora do especificado;
- f) excesso de volume de material injetado.

2.6.4 Diagrama de Ishikawa ou 6M

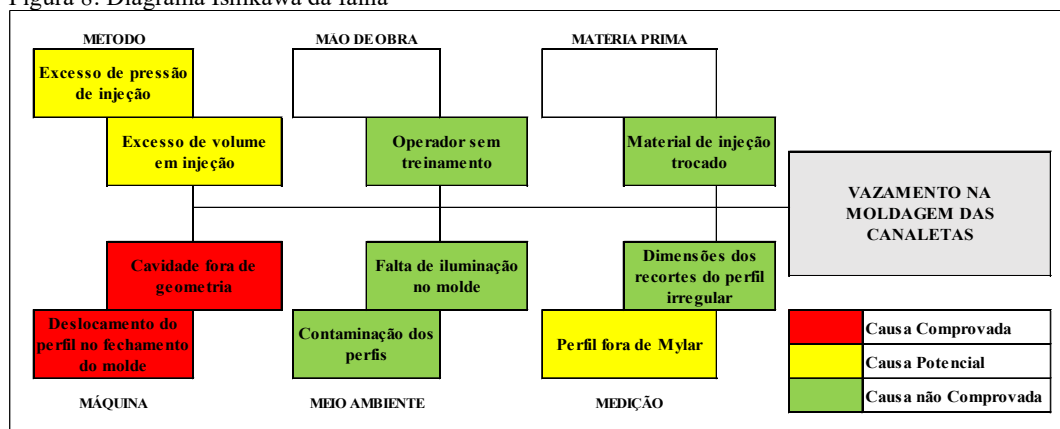
É um diagrama esquemático que permite a visualização do efeito estudado e suas principais causas. O objetivo desta técnica é mapear fatores que afetam um problema (efeito negativo) ou resultado desejado. Essa ferramenta contribui para determinar a causa mais provável de um problema ou o fator mais relevante de um resultado desejado (SCARTEZINI, 2009).

A composição do diagrama de Ishikawa considera que os problemas podem ser classificados em seis tipos diferentes de causas, que são: o método (utilizado para executar o trabalho), a máquina (que pode ser a falta de manutenção ou operação errada da mesma), a medida (as decisões sobre o processo), o meio ambiente (qualidade ou não do ambiente corporativo), a mão-de-obra (refere-se ao nível de qualificação do executor do processo) e o material (baixo nível de qualidade da matéria prima usada no processo) (BEZERRA, 2014).

O preenchimento do diagrama Ishikawa tem como objetivo retomar as sugestões que foram levantadas no brainstorming e apontar causas que são avaliadas e discutidas de três formas: causas comprovadas, causas potenciais e causas não comprovadas. As causas comprovadas são as causas que de fato foram avaliadas e diagnosticadas como um fator que causou a falha, as causas potenciais podem estar correlacionadas com a falha, mas que tem baixo impacto para causar a falha e por último as causas não comprovadas que são descartadas de imediato devido a evidências que comprovam que não ocasionaram a falha.

A seguir, está representado o diagrama preenchido com as causas comprovadas, potenciais e não comprovadas apontadas pela equipe, destacando duas delas que estão situadas na variável máquina, que foram apontadas pela equipe como as causas que causaram a falha do vazamento.

Figura 8: Diagrama Ishikawa da falha



Fonte: O autor, 2024

2.6.5 Os 5 por quês

O método dos 5 Por quês prevê que a primeira pergunta, ou seja, o primeiro dos por quês deve ser construído utilizando o próprio problema, e deve-se responder por quê o problema está ocorrendo. O segundo por quê deve ser construído utilizando a resposta do primeiro por quê. E assim sucessivamente até que se tenha alcançado a causa raiz do problema (AGUIAR, 2014).

Weiss (2011) descreve de forma simplificada os 5 passos que devem ser dados para aplicar o método:

- inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema;
- pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira;
- para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por que novamente;
- continue perguntando por que até que não se possa mais perguntar mais por quês;
- ao cessar as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi identificada.

De acordo ainda com Weiss (2011), para análise dos 5 por quês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês (3 por exemplo), ou mais por quês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz.

Visando responder os 5 por quês, são usados apenas os problemas apontados como causa comprovada, ou seja, a cavidade do molde fora de geometria e o deslocamento do perfil no fechamento do molde. Adiante, está apresentado os porquês das causas apontadas:

Primeira causa raiz: Cavidade fora de geometria.

Quadro 2: Cinco por quês da causa raiz “Cavidade do molde fora de geometria”

Cavidade do molde fora de geometria	
1	Por que a cavidade do molde está fora de geometria?
	Porque a cavidade do molde estava fora do dimensional;
2	Por que a cavidade do molde estava fora do dimensional?
	Porque houve um desgaste proposital do molde para absorver perfis antigos
3	Por que houve um desgaste proposital do molde para absorver perfis antigos?
	Porque houve falha na geometria dos perfis que estavam ultrapassando o limite superior do desenho
4	Por que houve falha na geometria dos perfis que estavam ultrapassando o limite superior do desenho?
	Porque houve variações no processo de extrusão

Fonte: O autor, 2024

Segunda causa raiz: Deslocamento do perfil no fechamento do molde.

Quadro 3: Cinco por quês da causa raiz “Deslocamento do perfil no fechamento do molde”

Deslocamento do perfil no fechamento do molde	
1	Por que o perfil está se deslocando no fechamento do molde?
	Porque o perfil sofreu uma torção no fechamento do molde
2	Por que o perfil sofreu uma torção no fechamento do molde?
	Porque o perfil fica fixado por uma área pequena no molde
3	Por que o perfil fica fixado por uma área pequena no molde?
	Porque não foi contemplado no projeto
4	Por que não foi contemplado no projeto?
	Porque essa falha não contemplava na análise de modo e efeito de falha
5	Por que a falha não contemplava no Análise de modo e efeito de falha?
	Porque o problema não havia ocorrido anteriormente para ser usado como aprendizado

Fonte: O autor, 2024

Desta forma, após analisar cuidadosamente os apontamentos das possíveis causas, entende-se que as causas raiz para o problema que ocasionou o vazamento na moldagem injetada foram o desgaste do molde e a torção do perfil no molde.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi estudado e executado em uma empresa do setor automobilístico multinacional e com uma filial em Minas Gerais. A referida empresa necessitou de uma intervenção para conter uma falha ocorrida em um molde de injeção plástica, essa por sua vez, gerou uma reclamação do cliente e montadora das peças produzidas.

A empresa recebeu de um de seus clientes uma reclamação oficial sobre algumas peças que apresentaram um vazamento de composto na área visível da peça, as deixando com um aspecto visual que não atende os requisitos do cliente, apesar de não atrapalhar a parte funcional da peça, o requisito visual é uma característica cobrada pela montadora e deve atender os padrões visuais estipulados pela empresa.

O estudo de caso foi executado entre durante o período de 03/2023 a 09/2023, tempo em que ocorreu as análises das causas da falha, avaliação de ações corretivas, execução das ações propostas e acompanhamento da aderência das ações.

As ações corretivas foram realizadas após uma avaliação da viabilidade econômica, levando em consideração todos os custos gerados pela ocorrência da falha (reposição de peças novas para o cliente, descarte das peças avariadas, mão de obra adicional para a inspeção das peças e o mais impactante foi a parada da linha de produção por 4 minutos) e também possíveis impactos que poderiam ocorrer caso não fosse contida a falha, pondo em comparação com os gastos necessários para a execução do reparo no molde e a confecção da nova placa de apoio do perfil.

As análises adotadas para o desenvolvimento da proposta foram focadas nas causas apontadas como causas comprovadas e causas potenciais:

- a) excesso de pressão de injeção;
- b) excesso de volume em injeção;
- c) perfil fora de mylar (geometria);
- d) cavidade fora de geometria;
- e) deslocamento do perfil no fechamento do molde.

Para o desenvolvimento da proposta, serão abordados os seguintes pontos:

- a) análise de parâmetros na ficha de controle para avaliar o volume e a pressão de injeção nas possíveis datas que ocorreram a falha e comparar com o valor mínimo e máximo definido pela engenharia responsável;
- b) avaliar a geometria do perfil para visualizar se está fora do dimensional;
- c) avaliar a geometria da cavidade para verificar qual o desgaste;

- d) definir ação para corrigir o desgaste da cavidade;
- e) analisar o que ocasionou a torção do perfil;
- f) definir ação para impedir a torção do perfil e gerar o vazamento.

3.1 Avaliação da pressão e volume de injeção

O excesso de pressão e volume de material de injeção foi apontado como uma causa potencial, pois se houver uma pressão ou um volume de material acima do permitido dentro da cavidade do molde no momento da injeção, o material ainda no estado “líquido” tenta encontrar algum ponto de escape, o que realmente poderia ser a causa da falha. Tendo isso em vista, uma avaliação para averiguar os parâmetros de injeção foi realizada para analisar se houve alguma alteração nos parâmetros de pressão ou volume de material de injeção que possa ter causado a falha.

Para ser possível a verificação dos parâmetros relativos à injeção, foi realizada uma checagem nas documentações de controle dos processos e comparar com o real que foi evidenciado na injetora para avaliar se estava tudo em ordem ou não.

As documentações são fichas de controle que são feitas pela equipe de qualidade a partir de parâmetros estabelecidos pela engenharia de processos, neste documento também consta todos os dados da peça, como por exemplo, as dimensões, aspectos visuais, códigos da peça, além dos parâmetros de processo da injetora, como pressão de injeção, dosagem, temperaturas, entre outros parâmetros.

Após a avaliação das fichas de controle do período do primeiro ao segundo mês de 2024, foi evidenciado que os parâmetros de pressão e volume de injeção estavam todos de acordo com a tolerância definida pelo time de engenharia de processos, descartando dessa forma qualquer suspeita de que os parâmetros de injeção causaram a falha estudada.

No anexo do trabalho, estão algumas imagens da comparação feita entre ficha de controle e parâmetros reais das injetoras.

3.2 Avaliação da geometria do perfil

A geometria do perfil fora de tolerância foi apontado como uma outra causa potencial para ter causado a falha, tendo em vista que a área da cavidade do molde contempla um certo aperto para fazer a vedação entre a cavidade e a área externa do molde, se caso o perfil estiver acima da especificação ocorre o chamado esmagamento, que pode causar uma outra falha que

seria marcas e arranhões na peça, entretanto, caso o perfil estiver abaixo do especificado, pode ocorrer uma falha no fechamento e abrir um ponto entre o perfil e a cavidade gerando dessa forma o vazamento de material no ponto que foi aberto.

Para avaliar se o perfil utilizado na falha estava dentro da especificação, foi utilizado o método de análise em um projetor de perfil, o qual amplia a face avaliada do perfil em 10x e a projeta em um grande vidro fosco, dessa forma usamos o mylar que é o desenho do perfil com todas as tolerâncias admissíveis que foi desenvolvido pela engenharia de produtos. A avaliação foi realizada seguindo o procedimento padrão para avaliação de geometrias, os passos seguidos foram:

- a) preparar uma amostra da peça que sofreu o vazamento (cortando, aplicando um spray prata na face a ser analisada para dar contraste na imagem e ficar uma melhor nitidez);
- b) posicionar a peça no projetor de perfil;
- c) sobrepor o mylar (desenho) sobre o vidro com a projeção da imagem do perfil;
- d) alinhar o mylar em todas as referências do perfil;
- e) avaliar se o perfil está fora ou dentro do especificado.

Após a avaliação minuciosa do perfil, foi concluído que a geometria do perfil estava dentro do especificado e atende as tolerâncias do produto, sendo assim, a possibilidade de a geometria do perfil ter causado a falha foi descartado com base na evidência do perfil avaliado.

Figura 9: Avaliação da geometria do perfil



Fonte: O autor, 2024

3.3 Avaliação da cavidade do molde

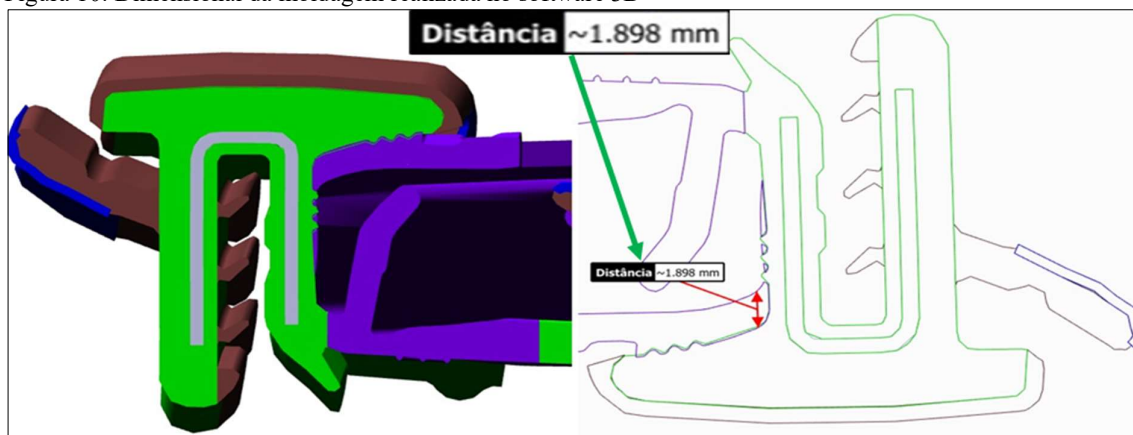
Os moldes de injeção plástica são compostos por vários componentes, mas a parte principal deles são as cavidades, pois, a geometria da cavidade é o que define a forma final da peça. Seguindo o mesmo raciocínio da avaliação da geometria do perfil, caso a cavidade do molde esteja fora de dimensional pode gerar alguns problemas no produto. Caso a cavidade fique menor do que o projeto do molde a geometria da peça conseqüentemente fica menor, mas não causaria o vazamento da moldagem, pois não ficaria uma folga entre o perfil e a moldagem, entretanto, caso a cavidade esteja maior pode ocorrer um vazamento entre a moldagem e o perfil, pois a cavidade do molde ficaria fora do encontro da extremidade do perfil e ficaria voltada para o lado externo do perfil, o que causaria o vazamento que foi abordado neste trabalho.

Tomando essas informações como referência, uma das causas apontadas para a falha estava relacionada a esse item, dessa forma, uma avaliação foi realizada para interpretar se a cavidade estava fora ou não das tolerâncias, para isso foi usado novamente o projetor de perfil para dimensionar a espessura da moldagem de uma amostra retirada da peça onde ocorreu o vazamento. Para ter a referência da medida original da peça, foi solicitado a engenharia de produtos para realizar um corte na peça no software 3D e dimensionar somente a espessura da moldagem, tendo essa medida como referência, foi possível comparar com a peça real e avaliar se estava ou não fora do dimensional.

Realizado o procedimento exemplificado no último parágrafo, se sucedeu que a cavidade estava 0,665mm maior do que o original do molde, deduzindo que essa causa contribuiu para o vazamento, entretanto levando em consideração a folga encontrada chegou à conclusão que foi uma das causas, mas não foi apenas essa que causou o vazamento.

A seguir, está uma imagem tirada do software 3D destacando o dimensional original do produto.

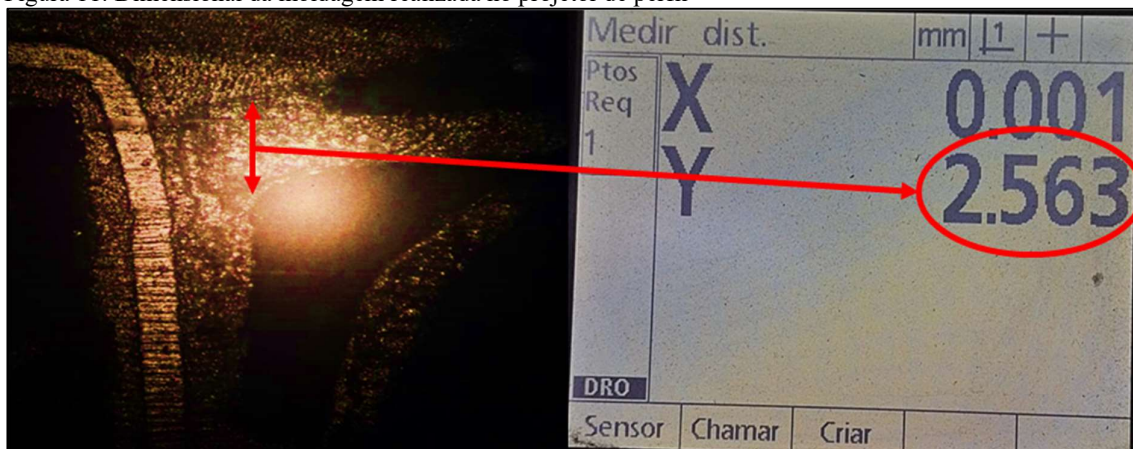
Figura 10: Dimensional da moldagem realizada no software 3D



Fonte: O autor, 2024

Adiante, está a imagem do dimensional realizado da moldagem utilizando o projetor de perfil.

Figura 11: Dimensional da moldagem realizada no projetor de perfil



Fonte: O autor, 2024

3.4 Avaliação do deslocamento do perfil no fechamento do molde

Moldes de injeção plásticas são compostos em duas partes, neste caso, parte superior e inferior, onde as partes devem se encaixar de forma perfeita e sem folgas e falhas para que todo o processo de moldagem seja feito de forma correta.

Levando em consideração essa definição, uma causa apontada na pesquisa envolve todo esse conceito. Uma possível torção do perfil que ocorria durante o fechamento do molde, foi considerada uma causa de grande relevância para ter causado a falha abordada no estudo, pois,

se o perfil sofre uma torção no fechamento do molde, um espaço entre a cavidade do molde e o perfil pode ocorrer e dessa forma o material de injeção que se encontra no estado “líquido” e sofrendo uma pressão de injeção é expulso para fora da cavidade através do espaço ocasionado pela torção.

O motivo que levou a considerar essa hipótese, foi a possibilidade de visualizar a torção do perfil através de uma abertura existente no molde, onde foi possível identificar pelo know-how dos engenheiros e dos ferramenteiros da empresa, entretanto, para comprovar a hipótese de forma mais efetiva, foi simulado a moldagem de algumas peças utilizando um calço na parte de baixo do perfil, onde se obteve um resultado satisfatório e não se identificou nenhuma torção no perfil.

3.5 Análise dos impactos financeiros da falha

Após ser acionado pela montadora, a fabricante sofreu alguns impactos financeiros decorrente a falha, causando um grande impacto nos KPI (indicadores) da empresa e tornando dessa forma uma grande preocupação dentro do gerenciamento da empresa. Os impactos envolvidos na falha foram:

- a) parada da linha de montagem da montadora por 4 minutos, que gerou o maior impacto financeiro dessa falha;
- b) reposição das peças sem custo adicional, atuando de forma a atender a garantia de fabricação da peça;
- c) descarte das peças avariadas;
- d) adição de duas mãos de obras no processo de produção para realizar a inspeção das peças produzidas até se ter uma ação corretiva implementada.

3.5.1 Custos da parada da linha de montagem

Para avaliar o impacto financeiro causado pela parada de linha de montagem, primeiro é necessário entender o funcionamento de uma linha de montagem para poder ter noção do tamanho do impacto de uma parada.

A montagem do veículo se inicia com o chassi, onde receberá os demais componentes do veículo. A montagem é de maneira contínua, ou seja, a partir do momento que se inicia a montagem de um veículo ele não para de se movimentar até estar totalmente pronto, passando por várias etapas onde cada etapa é responsável por montar um componente diferente do veículo

e logo atrás já está outro veículo sendo montado. Dessa forma, caso alguma peça esteja incorreta causando falta de componentes corretos para montagem, a linha é parada mesmo que seja somente um componente que esteja com problema toda a linha de montagem também para até que se resolva ou tome alguma ação de contenção, por esse motivo a parada de linha é tão grave e gera uma multa muita alta para a fabricante da peça avariada.

Tendo isso em vista, foi possível entender o impacto da parada de linha por 4 minutos devido o vazamento das peças, pois, a quantidade de peças com o vazamento foi consideravelmente alta (34 peças), ou seja, quando o operador evidenciou a primeira peça com falha ele tentou realizar a troca, mas verificou que todo o lote que estava em sua área de trabalho apresentava aquele problema, dessa forma ele se viu impossibilitado de realizar a montagem e teve que acionar a parada de toda a linha.

Após a parada de linha a equipe de qualidade representante da fabricante das peças tentou agir o mais rápido possível e disponibilizar novas peças que não apresentassem a falha, entretanto, por mais rápido que foi realizado a troca das peças a linha ficou parada por 4 minutos, o que pode parecer muito pouco, mas levando em consideração que são produzidos aproximadamente 45 carros por hora, então cada carro gasta aproximadamente 1,33 minutos por carro, dessa forma o impacto da parada de linha gerou um prejuízo na montagem de cerca de 3 veículos completos.

Mas o impacto financeiro para a fabricante não leva em consideração a quantidade de veículos não produzidos, mas sim a quantidade de minutos parados na montagem. Cada montadora tem uma penalização financeira estabelecida por minuto parado, a montadora relacionada a falha realiza uma cobrança de multa de R\$ 12.000/minuto de parada da linha de montagem. Levando em consideração essa informação, a fabricante da peça foi penalizada com uma multa de R\$ 48.000 que deve ser paga para a montadora.

3.5.2 Custos com a reposição e descarte das peças

Posteriormente ao receber a reclamação oficial da montadora, a fabricante ainda fez uma tentativa de negociar a realização de um retrabalho das peças avariadas, proposta que foi rapidamente negada pela montadora e que fez a exigência do cumprimento do dever da fabricante de enviar peças novas para reposição das peças avariadas como parte do compromisso da garantia do produto. Dessa forma, a fabricante não teve outra opção a não ser o fornecimento de novas peças para a montadora.

Para analisar os impactos da reposição das novas peças, foi necessário ser realizado a verificação do valor do custo de venda de uma unidade da peça, para isso foi utilizado o sistema de gerenciamento de dados da empresa onde contém todas as informações sobre materiais, produtos, peças, roteiros, componentes de peças e entre outros, o sistema utilizado pela empresa é o sistema SAP, muito utilizado e conhecido em grandes empresas.

Após consultar o sistema da empresa foi constatado que o custo de venda para cada peça é de R\$ 53,03, dessa forma, foi considerado a quantidade de peças avariadas (34 peças) e pode ser evidenciado o impacto financeiro com a reposição das peças que foi de R\$ 1.803,21. A seguir, uma imagem do sistema da empresa que mostra o valor de venda considerando um lote de 1000 peças.

Figura 12: Dados retirados sobre o sistema SAP sobre o custo para produção da peça

Cálculo de custos planejados				
Cálculo do preço		Futuro	Atual	Passado
Período / exercício	0		1 2024	1 2023
Preço plan.	0,00		53.035,66	57.678,25
Preço standard			53.035,66	

Preços previstos			
Preço planejado 1	0,00	Data preço plan.1	
Preço planejado 2	0,00	Data preço planej.2	
Preço planejado 3	0,00	Data preço planej.3	

Dados da avaliação			
Classe de avaliação	7920	Ctg. avaliação	
Cls.av.estq.ord.cli.		Cls.aval.estq.proj.	
Controle de preço	S	Período atual	9 2024
Unidade preço	1.000	Moeda	BRL
Preço médio móvel	24.385,00	Preço standard	53.035,66

Fonte: O autor, 2024

3.5.3 Custos com a adição de mão de obra

Após ser notificado pela montadora e receber o alerta oficial, a fabricante das peças teve que tomar uma ação de contenção de imediato para que esse defeito não chegasse novamente à montadora. A ação de contenção se permaneceu até a conclusão das avaliações e implementação das ações corretivas apresentadas nesse estudo, sendo assim, a ação de

contenção ficou por aproximadamente 6 meses para garantir que não houvesse reincidência da falha.

A ação de contenção aplicada foi a adição de duas mãos de obra adicionais no roteiro da célula de fabricação, sendo assim, 12 salários adicionais foram necessários para conter a falha e evitar a reincidência.

Para quantificar o impacto financeiro que essa ação traria para a fabricante, foi necessário envolver a equipe de RH da empresa para ter conhecimento do valor considerado por mão de obra mensalmente. Após solicitar a informação ao RH da empresa, foi obtido a informação de que o valor para cada mão de obra/mês considerando todos os impostos, tributos e benefícios foi de R\$ 5.834,08, sendo assim, considerando os 12 salários-mínimos adicionais das duas mãos de obras durante o período de 6 meses, o impacto financeiro foi de R\$ 70.008,96.

4 RESULTADOS E DISCUSÕES

4.1 Desenvolvimento de correção das causas raiz

Levando em consideração as causas abordadas, suas comprovações e todas as avaliações feitas e evidenciadas, foi iniciado os desenvolvimentos e aplicações de algumas melhorias para que dessa forma seja possível conter a falha abordada.

Realizando um trabalho em conjunto entre ferramentaria e a engenharia da empresa, duas melhorias foram propostas para solucionar as causas da falha. As melhorias propostas foram:

- a) para a causa que sita a torção do perfil, foi proposto o desenvolvimento de uma pequena placa de aço que teria o propósito de agir como um calço na área do perfil que receberia a moldagem da peça o que evitaria a torção do perfil no fechamento das duas partes do molde e consequentemente contendo o vazamento na peça;
- b) para a causa que sita o desgaste da cavidade do molde, foi proposto o preenchimento do desgaste dimensionado na avaliação da geometria da cavidade utilizando uma solda a laser que poderia preencher de forma não tão agressiva ao material de aço do molde, pois se trata de um tipo de solda que não aquece tanto a peça solda como as soldas convencionais, esse procedimento já era realizado nos reparos moldes da empresa.

Entretanto, antes de ser executado qualquer modificação ou alteração nos ferramentais, foi realizado uma análise dos impactos financeiros da falha com o valor necessário para executar as correções, dessa forma a viabilidade da correção pôde ser observada.

4.2 Análise do investimento necessário para as correções

Para analisar o investimento necessário para a implementação das ações foi separado em duas etapas, ou seja, cada ação teve seu investimento separadamente, pois, a ação de preenchimento da cavidade do molde com solda a laser foi realizada internamente na empresa e a ação para a fabricação da placa de apoio do perfil foi realizado parte internamente na fabricante e parte por uma empresa terceira.

4.2.1 Investimento para preenchimento do molde

Levando em consideração o know-how dos ferramenteiros da fabricante e o fato de conterem uma máquina de solda a laser, foi avaliado que não seria necessário realizar o preenchimento da cavidade do molde por uma empresa terceira e pode ser realizado internamente pelos ferramenteiros. Dessa forma, tomando como referência a variação de 0,665mm encontrada na avaliação da geometria da cavidade, os ferramenteiros aplicaram uma solda a laser e posteriormente realizaram um acabamento fino soldada. Sendo assim, para a realização da ação de preenchimento da cavidade do molde não foi necessário nenhum investimento.

4.2.2 Investimento para a fabricação da placa de apoio do perfil

Como indicado inicialmente, a implementação da ação de confeccionar uma placa de apoio para o perfil foi feita em duas partes, uma internamente e outra por uma empresa terceira. Internamente foi realizado todo o desenvolvimento e projeto da placa pela engenharia e a realização da adaptação do encaixe da placa de apoio na placa do molde que já existia, essa parte ficou de responsabilidade da ferramentaria usar a placa do molde seguindo o projeto feito pela engenharia.

A segunda etapa foi considerada um pouco mais complexo e dessa forma foi acordado que uma empresa terceira especialista em usinagens complexas confeccionaria a placa de apoio do perfil. Para a fabricação da placa de apoio foi necessário um investimento de R\$ 5.750,00.

4.2.3 Comparação Investimento para correção x Gastos com a falha

Para ser realizado a comparação dos investimentos que foram necessários para conter a falha e os gastos gerados devido a ocorrência da falha, foi realizado a plotagem das informações em planilha para que dessa forma ficasse mais nítido a visualização da comparação entre as duas situações. A seguir está apresentado a planilha com a estratificação dos valores gastos que foram apresentados neste trabalho.

Tabela 01: Comparativo do Valor Investido para a correção X Valor Gasto com a falha

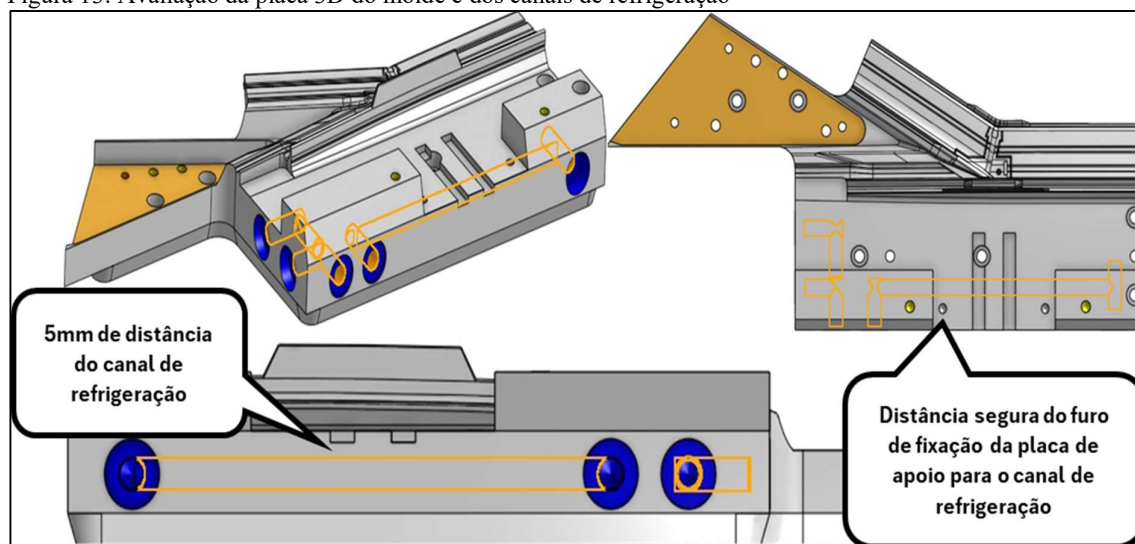
Comparativo Investimento p/ correção x Custos com a falha						
Motivo ou ação	Parada de linha	Resposição/D escarte	MO adicional	Preenchimento do molde	Placa de apoio	Resultado
Custos	R\$ 48.000,00	R\$ 1.803,21	R\$ 70.008,96	R\$ -	R\$ -	R\$ 119.812,17
Investimento	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 5.750,00	R\$ 5.750,00

Fonte: O autor, 2024

4.3 Desenvolvimento e detalhamento da placa de apoio do perfil

Para projetar a placa de apoio foi avaliado inicialmente a condição da placa já existente, pois, as placas dos moldes possuem canais de resfriamento para auxiliar na solidificação do material. Para essa avaliando foi utilizado o projeto 3D original da placa do molde que seria usinada, dessa forma foi possível ter um dimensional aproximado e uma posição favorável que não afetaria o funcional dos canais de refrigeração. A seguir, está algumas imagens das vistas da placa do molde onde foi ressaltado a posição dos canais de refrigeração.

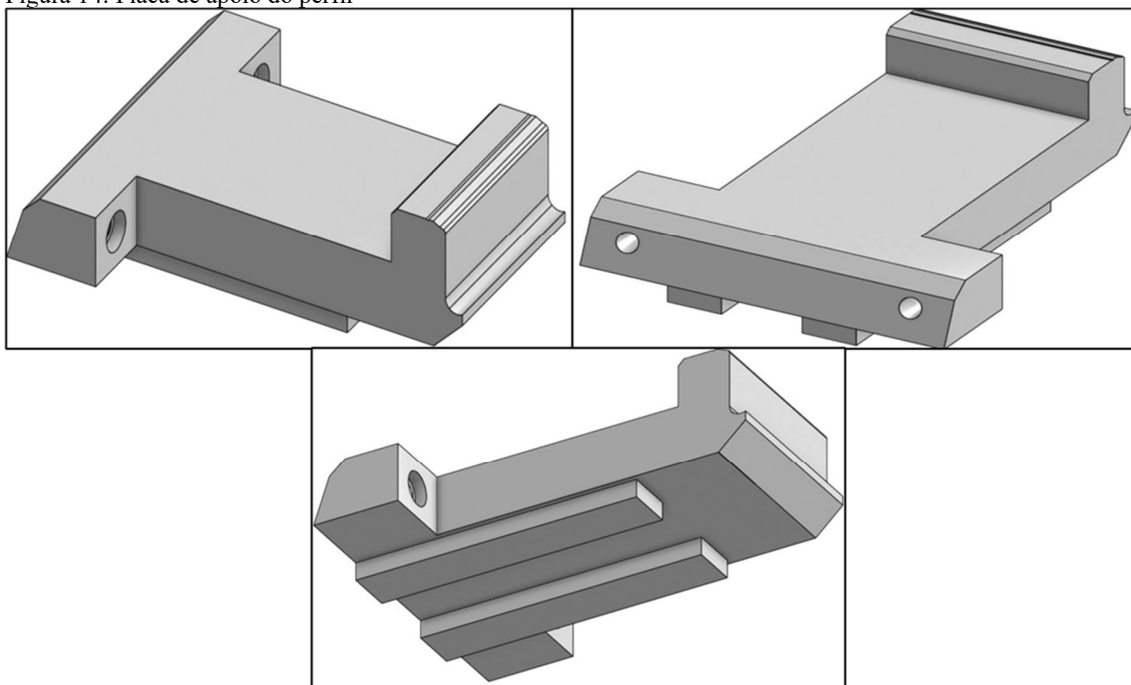
Figura 13: Avaliação da placa 3D do molde e dos canais de refrigeração



Fonte: O autor, 2024

Após avaliar a posição dos canais de refrigeração, foi realizado o desenvolvimento da placa de apoio e a placa de fixação seguindo como referência as coordenadas dimensionais dos canais de refrigeração para que dessa forma não houvesse nenhum contratempo na definição do local de usinagem da placa do molde. Adiante, está uma imagem da placa de apoio do perfil projetada no software 3D.

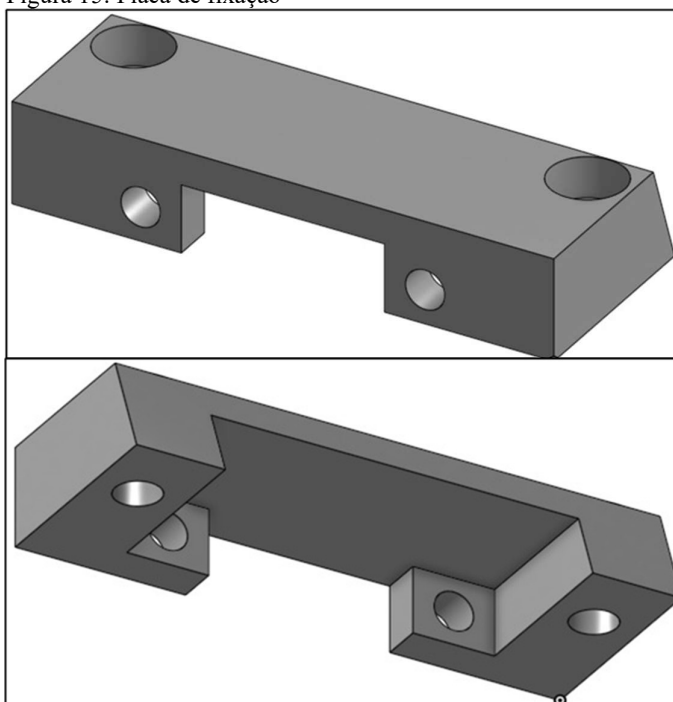
Figura 14: Placa de apoio do perfil



Fonte: O autor, 2024

Logo abaixo, está representado o projeto da placa de fixação da placa de apoio do perfil no molde.

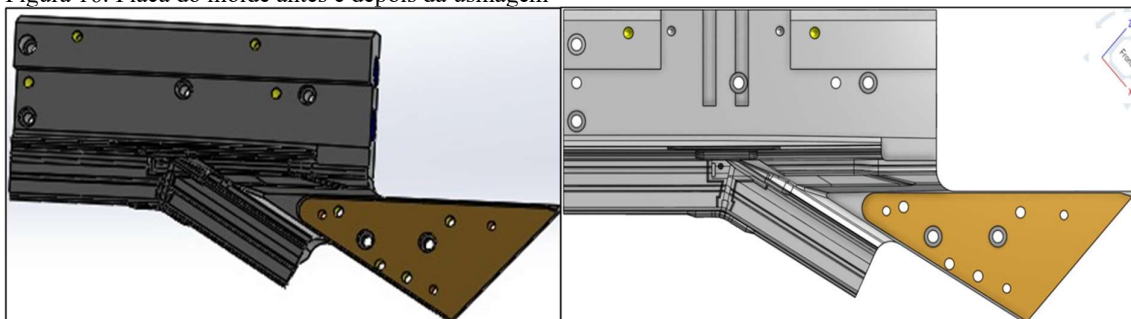
Figura 15: Placa de fixação



Fonte: O autor, 2024

Com o projeto da placa de apoio, da placa de fixação e a localização dos canais de refrigeração definidos, foi definido a área/local onde deveria ser usinado a placa do molde utilizando as informações e dimensionais das placas já projetadas, para que dessa forma todo o processo fosse executado em ordem e não ocorresse nenhuma divergência. Logo a seguir, estão as imagens das placas antes e depois da usinagem.

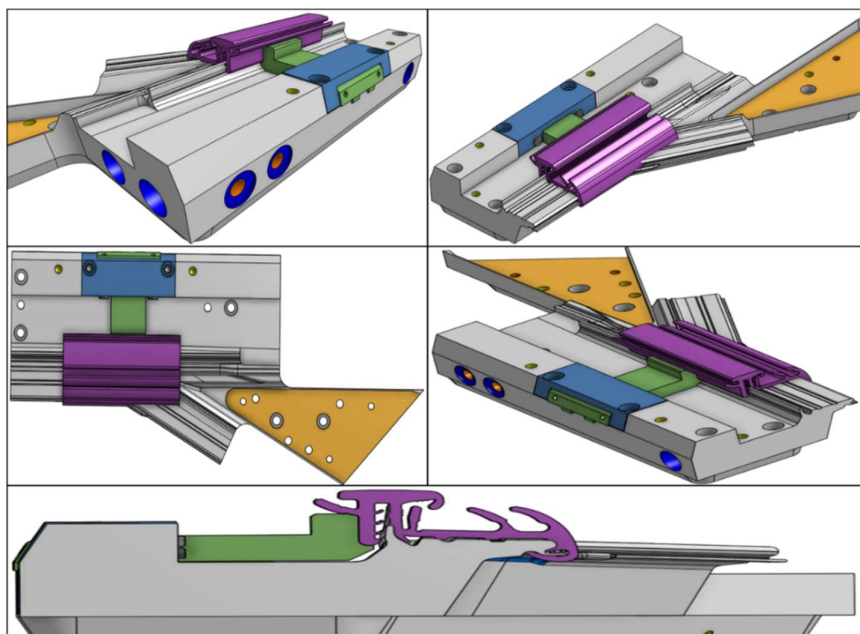
Figura 16: Placa do molde antes e depois da usinagem



Fonte: O autor, 2024

Após toda a conclusão dos processos de projeto, foi possível obter um resultado satisfatório que pode ser avaliado antes de ser executado através do auxílio do software 3D, onde os componentes desenvolvidos foram unificados e montados formando um componente único. Posteriormente, está a apresentação da montagem do componente realizado no software 3D.

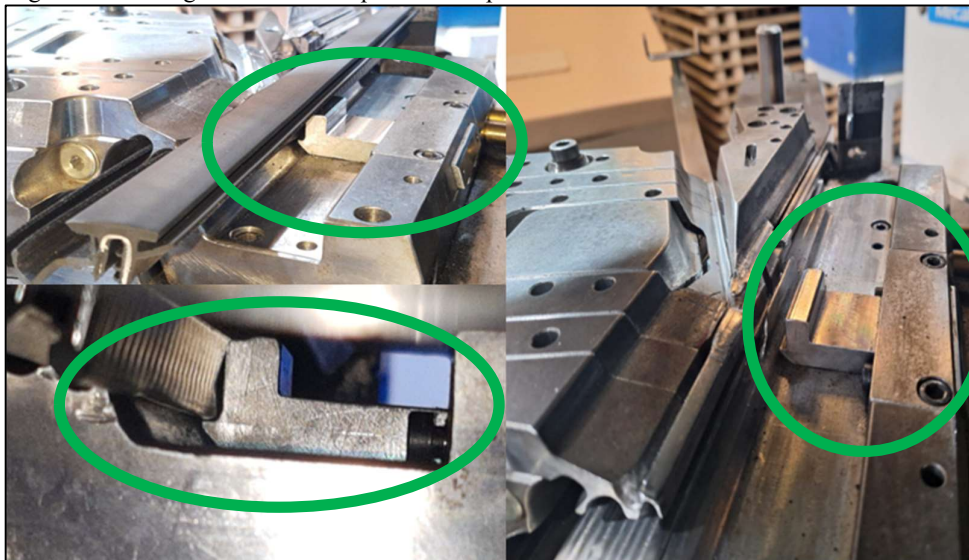
Figura 17: Montagem 3D dos componentes da placa



Fonte: O autor, 2024

Com a finalização do projeto e montagem dos componentes onde foi possível observar a funcionalidade do projeto elaborado, foi iniciado e executado o processo de produção das peças e posteriormente a montagem no restante do molde. A Imagem abaixo apresenta o resultado satisfatório após a fabricação da peça e montagem, onde se obteve o resultado previsto.

Figura 18: Montagem real dos componentes da placa



Fonte: O autor, 2024

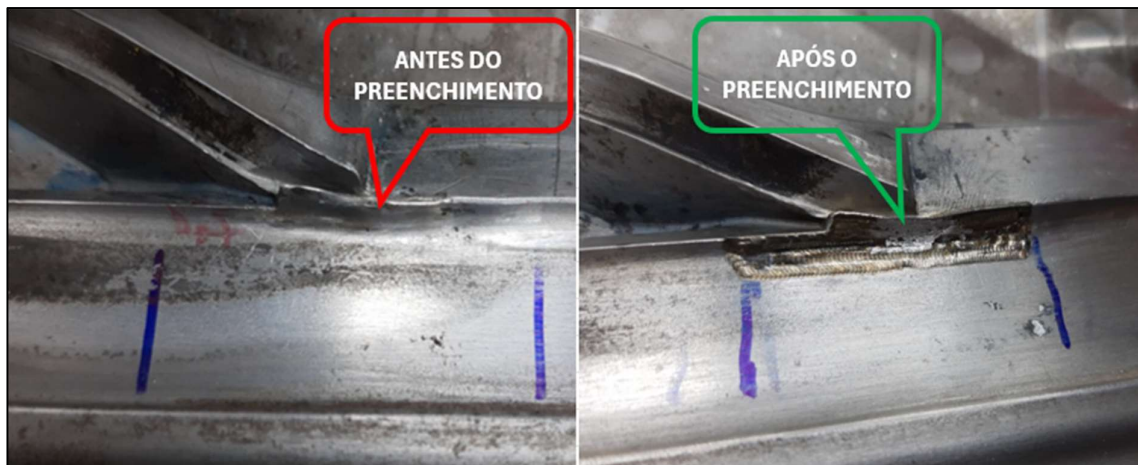
4.4 Detalhamento e execução do ajuste na cavidade do molde

Para a realização do preenchimento da cavidade do molde, foi utilizado o processo de soldagem que consiste na adição de material sobre uma peça ou componente já existente. O método de solda escolhido para realizar o trabalho foi a solda a laser, popularmente conhecida como micro solda. O motivo da escolha dessa solda foi a capacidade de adicionar finas camadas de materiais permitindo dessa forma ter um controle melhor da espessura da camada que se deseja, e outro motivo é que esse processo de solda não aquece extremamente a peça que está recebendo a solda, isso pode ser prejudicial, pois, se caso ocorre o aquecimento muito brusco da peça pode acarretar uma alteração e fragilidade da estrutura do material.

Dessa forma, foi acionado a equipe da ferramentaria para que fosse realizado o preenchimento de aproximadamente 0,5 a 0,6mm na cavidade do molde. É importante enfatizar que o processo de preenchimento da cavidade do molde foi realizado de maneira interna na

empresa, ou seja, não houve gastos para esse trabalho. Logo abaixo, está representado na imagem o antes e depois da cavidade do molde.

Figura 19: Cavidade do molde, antes e depois do preenchimento



Fonte: O autor, 2024

5 CONCLUSÃO

Sustentado pelo referencial teórico, as análises e metodologias utilizadas, foi constatado que o trabalho a que esse artigo se refere, obteve êxito e pôde chegar a seu objetivo proposto na introdução, essa por sua vez foi o desenvolvimento de uma melhoria em um molde de injeção plástica de vedações automotivas. Após as análises e estudos realizados no trabalho, foi evidenciado que utilizando as ferramentas adequadas e com uma equipe adequada foi possível avaliar o que causou uma falha e porque essa falha se ocorreu, e dessa forma, foi possível atuar rapidamente e de maneira pontual para sanar a falha. Sendo assim, foi constatado que uma ferramenta de simples aplicação, tornou-se possível evitar futuros gastos com uma nova incidência da mesma falha, evitando uma perda financeira de aproximadamente R\$ 114.000,00 para a fabricante.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Milena. **Análise de Causa Raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), PUC - Rio, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>. Acesso em: 04 de abril de 2024.
- BARROS, C. **Apostila de polímeros: Materiais de construção edificação**. Rio Grande do Sul: Editora IFRS, 2011. Disponível em: [Materiais Poliméricos I Apostila de Aulas Práticas \(usp.br\)](https://www.materiaispolimericos.com.br/2011/04/02/apostila-de-aulas-praticas/). Acesso em: 02 de abril de 2024.
- BEZERRA, Felipe. **Diagrama de Ishikawa: Princípio da causa e efeito**. Portal Administração – Tudo sobre administração, 2014. Disponível em: <https://www.portal-administracao.com/2014/08/diagrama-de-ishikawa-causa-e-efeito.html>. Acesso em: 19 de abril de 2024.
- CARMO, E. **Formulário Padrão de Ciclo PDCA**. 6ª ed. Varginha: Cooper Standard, 2019. COOPER STANDARD AUTOMOTIVE. **Formulário Padrão de Ciclo PDCA**. Varginha, 2019. (Excel – Formulário). Acesso em: 18 de abril de 2024.
- CARVALHO, A. **Materiais Poliméricos: Apostila de Aulas Práticas**. São Carlos – SP: Editora EESC/USP, 2017. Disponível em: [Materiais Poliméricos I Apostila de Aulas Práticas \(usp.br\)](https://www.materiaispolimericos.com.br/2017/04/02/apostila-de-aulas-praticas/). Acesso em: 02 de abril de 2024.
- EUROSTEC. Site da empresa. Disponível em: [Injetoras de Termoplásticos - Injetora Horizontal - BL250EKII/C980 \(eurostec.com.br\)](https://www.eurostec.com.br/). Acesso em: 08 de abril de 2024.
- FREITAS, J. B. **DESENVOLVIMENTO DE ELASTÔMEROS TERMOPLÁSTICOS VULCANIZADOS À BASE DE POLIPROPILENO E BORRACHA NITRÍLICA CARBOXILADA**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros) – Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano - IMA, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: (PDF) [Desenvolvimento de elastômeros termoplásticos vulcanizados à base de polipropileno e borracha nitrílica carboxilada \(livrosgratis.com.br\)](https://www.livrosgratis.com.br/). Acesso em: 04 de abril de 2024.
- GOODSHIP, Vannessa. **ARBURG Practical Guide to Injection Moulding**. 2nd Edition. 2017. Disponível em: (PDF) [Practical Guide to Injection Moulding | Nurullah Gzbyk - Academia.edu](https://www.academia.edu/). Acesso em: 06 de abril de 2024.
- HARADA, J. **Moldes para injeção de Termoplásticos: Projetos e Princípios Básicos**. São Paulo. Editora Artliber, 2004.
- JUNIOR, S. V. C. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2ª ed. São Paulo: Editora Artliber, 2006.
- LWB STEINL GMBH & CO. KG. Site da empresa. Disponível em: <https://www.lwb-steinl.com/> Acesso em: 08 de abril de 2024.
- MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos: Rosca Única, Extrusão e Matrizes, Injeção e Moldes**. Editora Artliber, São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, S.; SILVA, C.; BRANDÃO, E. **CICLO PDCA**. Rio de Janeiro: Governo do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [Ciclo PDCA \(capes.gov.br\)](http://ciclopdca.capes.gov.br). Acesso em: 11 de abril de 2024.

RIBEIRO, Leandro. **Evolução tecnológica e automação das máquinas injetoras**. São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.tecomplasticos.com.br/PDF_Injetoras/Aut_Injetoras.pdf. Acesso em: 06 de abril de 2024.

SILVA, S. M. **O MÉTODO PDCA COMO FERRAMENTA PARA MELHORIA DA QUALIDADE NA GESTÃO DE PROCESSOS**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Faculdade Nossa Senhora Aparecida, Aparecida de Goiânia, 2014. Disponível em: [314.pdf \(fanap.br\)](#). Acesso em: 11 de abril de 2024.

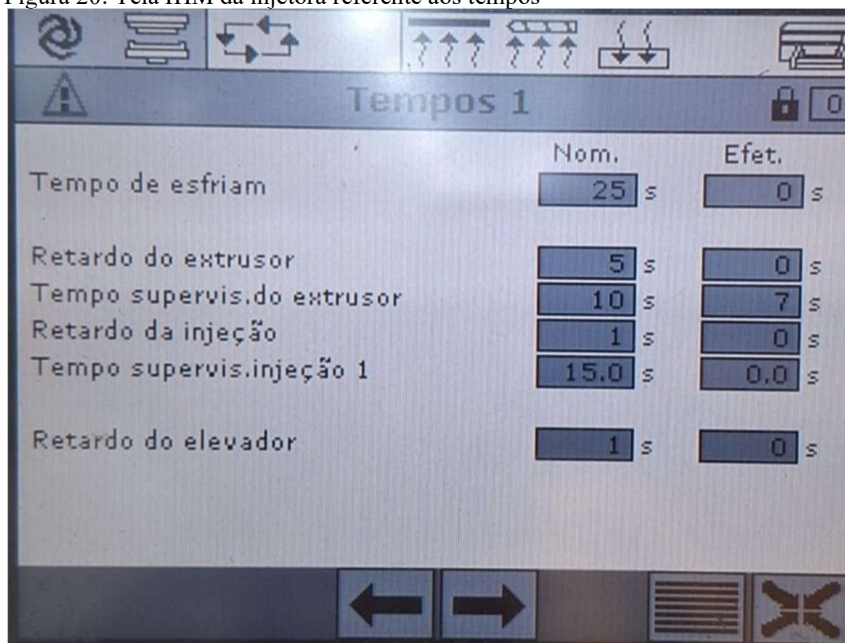
SCARTEZINI, Luis. **Análise e Melhoria de Processos**. Goiânia, 2009. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/05fe4e96b2ed7a397a4ae698fd134410.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2024.

SMITH, Rachel. **Vermelho, Verde, Azul: Um Processo Rápido para Classificar Ideias de Brainstorm**. Facilitação Visual Digital, 2020. Disponível em: <https://digitalfacilitation.net/?p=596>. Acesso em: 18 de abril de 2024.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

ANEXOS

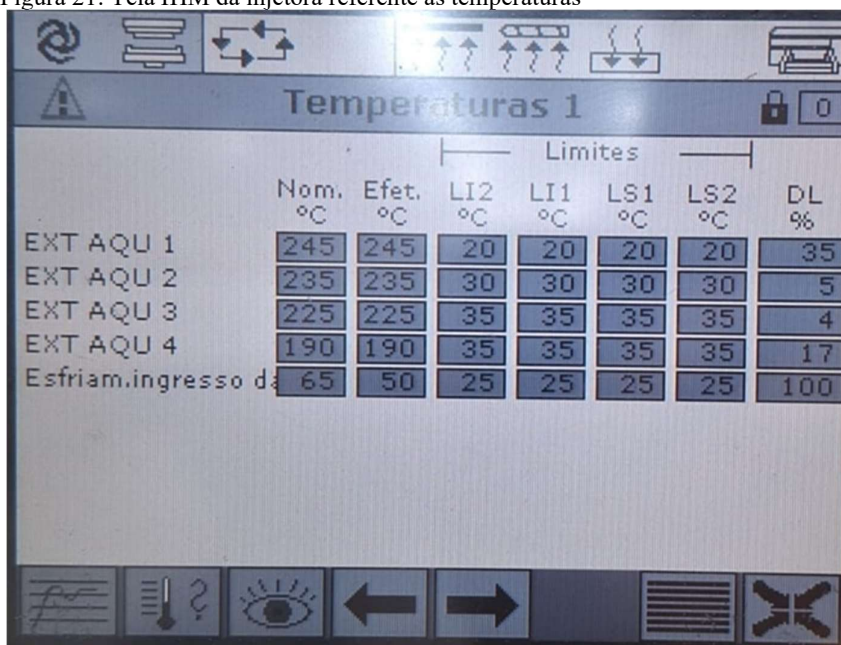
Figura 20: Tela IHM da injetora referente aos tempos



	Nom.	Efet.
Tempo de esfriam	25 s	0 s
Retardo do extrusor	5 s	0 s
Tempo supervis.do extrusor	10 s	7 s
Retardo da injeção	1 s	0 s
Tempo supervis.injeção 1	15.0 s	0.0 s
Retardo do elevador	1 s	0 s

Fonte: O autor, 2024

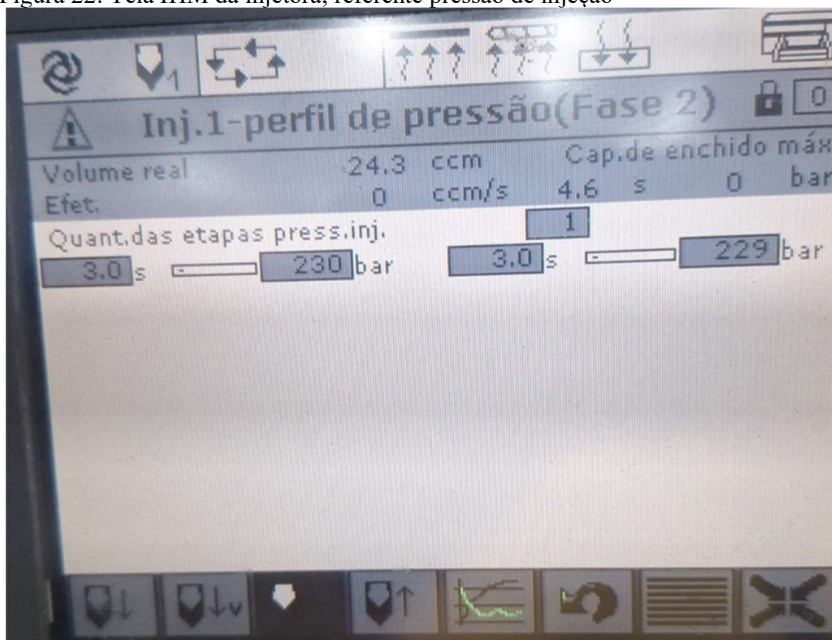
Figura 21: Tela IHM da injetora referente as temperaturas



	Nom. °C	Efet. °C	Limites				DL %
			LI2 °C	LI1 °C	LS1 °C	LS2 °C	
EXT AQU 1	245	245	20	20	20	20	35
EXT AQU 2	235	235	30	30	30	30	5
EXT AQU 3	225	225	35	35	35	35	4
EXT AQU 4	190	190	35	35	35	35	17
Esfriam.ingresso da	65	50	25	25	25	25	100

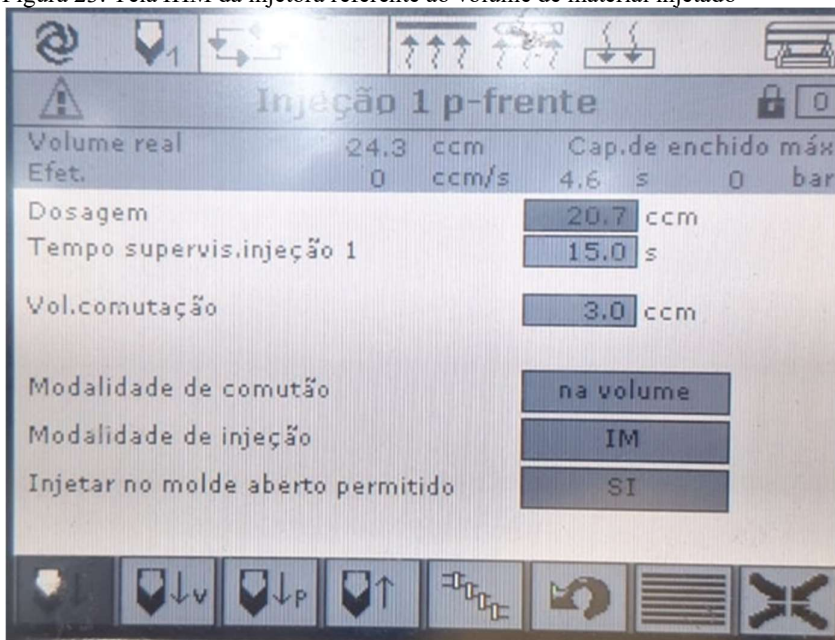
Fonte: O autor, 2024

Figura 22: Tela IHM da injetora, referente pressão de injeção



Fonte: O autor, 2024

Figura 23: Tela IHM da injetora referente ao volume de material injetado



Fonte: O autor, 2024

Figura 24: Exemplo de ficha de controle com os parâmetros dentro da especificação

C. CooperStandard		PLANO DE CONTROLE DE PROCESSO E PRODUTO																					
Finalidade		Início lançamento		Produção		Data atual		Data da última revisão		FICHA DE CONTROLE													
Descrição da Operação	Equipamento / Dispositivo / Ferramenta	Características e/ou controles	Método de Avaliação / Análise	Método de Inspeção / Análise	Método Alternativo de Inspeção	Amostra Tamanho / Frequência	Especificação (Anotar Valor Real)	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24	03/02/24						
								Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região	Região				
1.1	Composição de Matéria-prima	Visual conforme etiqueta de produção	-	Visual de torção / Troca de Lata	-	1000582; Anotar Nº 70 5200																	
1.2	Data de Validade do componente	Visual conforme etiqueta de produção	-	Visual de torção / Troca de Lata	-	Conforme etiqueta de identificação		03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25	03/02/25						
1.3	Temperatura desumidificador	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	45 a 15 °C		50°C	50°C	50°C	51°C	51°C	51°C	52°C	51°C	50°C	50°C						
1.4	Pressão de injeção	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	200 a 240 bar		229	228	230	228	230	230	231	230	229	229						
1.5	Desagum de injeção	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	20,6 a 22,0 mm		20,7	20,7	20,7	20,8	20,9	20,8	20,7	20,8	20,8	20,9						
1.6	Tempo de resfriamento	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	29 a 30 s		25	25	25	25	25	25	25	24	24	24						
1.7	Temperatura EXT AGU1	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 200 °C		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
1.8	Temperatura EXT AGU2	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 200 °C		235	235	235	235	235	235	235	235	235	235						
1.9	Temperatura EXT AGU3	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	220 a 240 °C		225	225	225	225	225	225	225	225	225	225						
1.10	Temperatura EXT AGU4	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	160 a 200 °C		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190						
1.11	Enfriamento ingresso	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	55 a 70 °C		65	65	65	65	65	65	65	65	65	65						
1.12	Temperatura Termopossador 1	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 250 °C		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
1.13	Temperatura Termopossador 2	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 250 °C		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
1.14	Temperatura Termopossador 3	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 250 °C		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
1.15	Temperatura Termopossador 4	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 250 °C		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250						
1.16	Temperatura Termopossador 5	Visual Conforme painel da máquina	-	A cada 2 horas	-	230 a 250 °C		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A						

Fonte: O autor, 2024