

DESENVOLVIMENTO DE MOLDE DE INJEÇÃO COM DUPLICAÇÃO DE CAVIDADES: ESTUDO DE CASO EM UM FABRICANTE DE COMPONENTES ELÉTRICOS EM JARAGUÁ DO SUL.

CERCAL, Datini Luiza ¹
DALL'AGNOL, Luis Henrique ²
DESTRO, Vinícius ³
FERNANDES, Leonardo ⁴
GRAZIANI, Alvaro Paz ⁵

RESUMO

Com o passar dos anos, a indústria como um todo reinventa-se e busca a melhoria contínua de processos para obter uma alta produtividade, sem retrabalhos, desperdícios, boa qualidade e alta lucratividade. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um molde de injeção com duplicação de cavidades em um fabricante de componentes elétricos em Jaraguá do Sul. O molde anterior de 4 cavidades não supria mais a alta demanda do cliente. No novo molde foram adicionadas 4 cavidades, fazendo com que a ferramenta passasse a ter 8 cavidades, mantendo o tempo de ciclo. Foram obtidos redução no custo de fabricação das peças em 13%, representando uma redução anual de R\$ 321.879,96. *Payback* em 6 meses, uma maior produtividade, reduzindo atrasos de entrega dos pedidos. Conclui-se que o método apresentado é eficaz e que o objetivo da proposta obteve sucesso.

Palavras-chave: Molde; Cavidades; Kaizen; Capacidade Produtiva; Custos.

¹Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, datiniluiza@gmail.com; ²Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, luis.dallagnol@hotmail.com; ³Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, viniciusdestroc@gmail.com; ⁴Graduanda(o) do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNISOCIESC, leoo99.leonardo@gmail.com; ⁵Professor orientador: MEng., Centro Universitário UNISOCIESC, alvaro.graziani@institutoanimaeducacao.org.br;

1 INTRODUÇÃO

A primeira máquina de injeção plástica em moldes foi inventada pelos irmãos John e Isaiah Hyatt por volta de 1872, porém o processo de injeção do plástico em moldes só foi ganhar notoriedade durante a Segunda Guerra Mundial onde a necessidade de produção em massa com agilidade era um grande diferencial. A injeção de plástico permite uma grande variedade de formas geométricas e complexidade em seus objetos finais, com ciclos pequenos comparado aos processos de metal e vidro, assim se tornando muito mais vantajosa em tempo, como também, na quantidade de operadores manuais.

A massificação de uso e padronização de produtos plásticos gera uma grande demanda de mercado em determinados setores, então, temos como problema moldes antigos que não atingem mais a necessidade requerida de produção para revendedores e consumidores finais.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um molde de injeção com duplicação de cavidades em um fabricante de componentes elétricos em Jaraguá do Sul. A duplicação de cavidades no molde de injeção, mantendo o mesmo ciclo de produção, significa duplicar a produtividade do mesmo. Em consequência, o custo unitário da peça pode ser reduzido. Se o custo unitário da peça atual é de R\$ 0,68 então, com a duplicação das cavidades do molde, este custo poderia ser reduzido em 13%.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

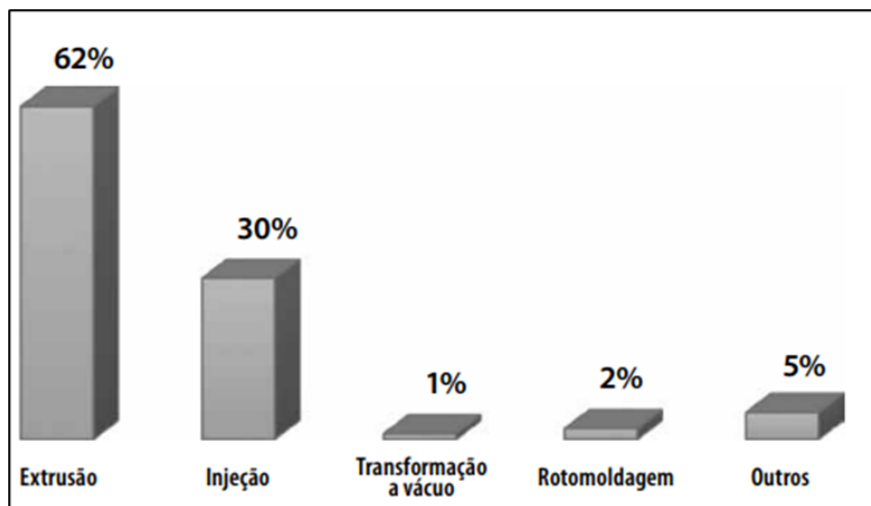
Este capítulo trata dos seguintes assuntos: processo de injeção de plásticos, moldes de injeção, polímeros e simulação do fluxo de injeção.

2.1 PROCESSOS DE INJEÇÃO

Conforme Almeida e Souza (2015), o processo de injeção é o segundo método mais utilizado na transformação do plástico. Neste processo, algumas características e vantagens são conseguidas quando comparadas a outros processos, como: roscas,

furos, encaixes, acabamento superficial e estruturação. Além de todos esses detalhes, o processo tem elevada reprodutibilidade.

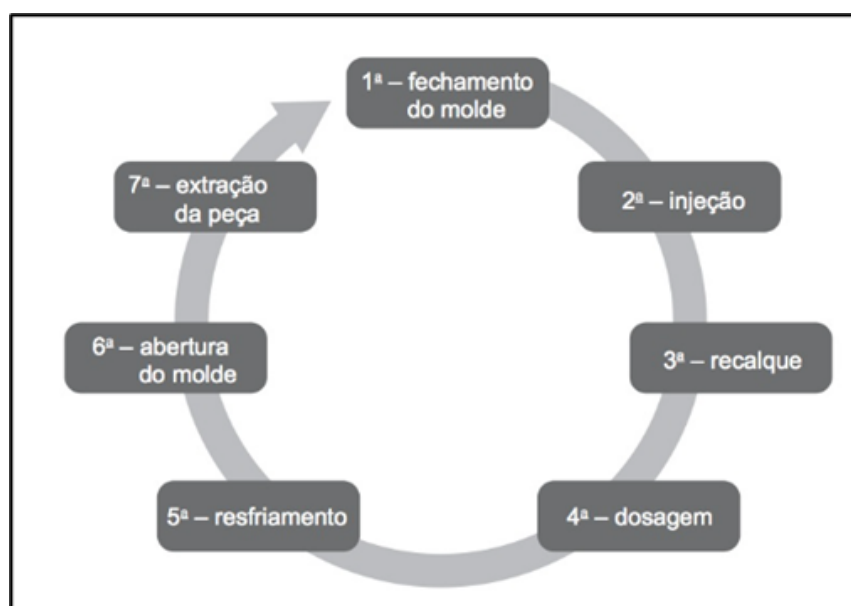
Figura 1: Processos produtivos na indústria de transformados plásticos.



Fonte: PIA/IBGE, Produto, 2013.

De acordo com Marich (2013), o processo de injeção é intermitente e é conhecido como ciclo de injeção. Este ciclo é dividido em algumas etapas: fechamento do molde, injeção, recalque, dosagem, resfriamento, abertura do molde e extração da peça.

Figura 2: Etapas do ciclo de injeção.



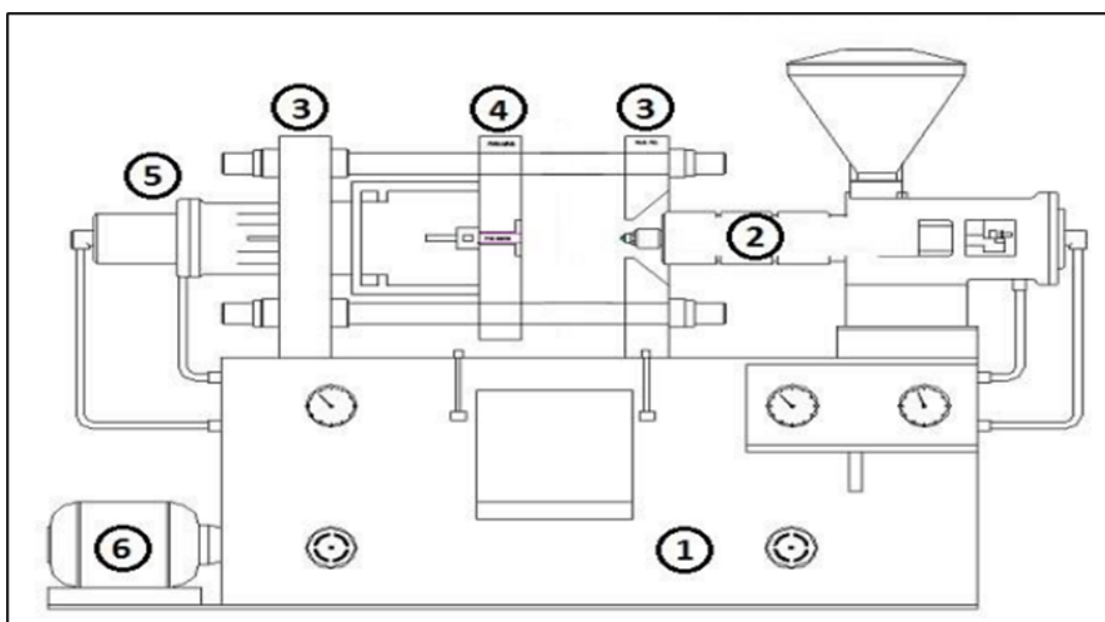
Fonte: Almeida e Souza (2015, p. 107).

Segundo Almeida e Souza (2015), o ciclo é iniciado pelo fechamento do molde. Após esta etapa, acontece a injeção do plástico, ela é considerada o estágio mais importante deste ciclo, o plástico já está em seu estado fundido e será transferido para o molde. A terceira etapa é a pressão de recalque, nesta fase se mantém o plástico compactado no interior do molde. Este processo é chamado de ponto de comutação, pois temos a transição entre a pressão de recalque e a pressão de injeção. Esta etapa também é muito importante pois é onde definimos a qualidade da peça injetada. Na quarta etapa é onde acontece a dosagem, nesta etapa o plástico no estado sólido é introduzido no cilindro de injeção. O resfriamento acontece logo após a injeção e continua entre a sexta etapa (abertura do molde) e a sétima (extração da peça).

2.2 INJETORAS

Segundo Harada (2012), uma máquina que traz forma a uma peça de materiais plásticos, em ciclos e de maneira descontínua, pode ser considerada uma injetora. A Figura 3 abaixo representa um modelo de máquina injetora, na Figura 3 estão numerados seis componentes principais.

Figura 3 – Máquina injetora.



Fonte: CADguru (2016).

O número 1 representa a base da injetora. Ela que faz toda a sustentação do restante da máquina, evitando vibrações não desejadas. Nela também ficam os componentes hidráulicos, o reservatório de óleo e o motor.

O conjunto injetor está identificado com o número 2. Este conjunto é responsável pela injeção do material e tem como função primordial garantir que o polímero percorra o caminho de forma fluída, até ser injetado no molde. A parte responsável pelo apoio do molde e sua centralização é conhecida como placa fixa ou estacionária e está identificada com o número 3. Ele também é fundamental no suporte das colunas, nas quais as placas móveis são movimentadas.

A placa móvel já citada acima está identificada pelo número 4, nela se encontra o sistema de extração, no qual são feitas as retiradas dos produtos do molde. Já os conjuntos de fechamento são responsáveis pela abertura e fechamento do molde e estão identificados pelo número 5. Nos conjuntos se encontram o sistema hidráulico que controla o deslocamento e o acionamento dos pinos extratores. O número 6 representa o circuito hidráulico, o qual é formado pelo sistema hidráulico e o motor elétrico. O circuito é responsável pelo acionamento de todos os movimentos da máquina injetora.

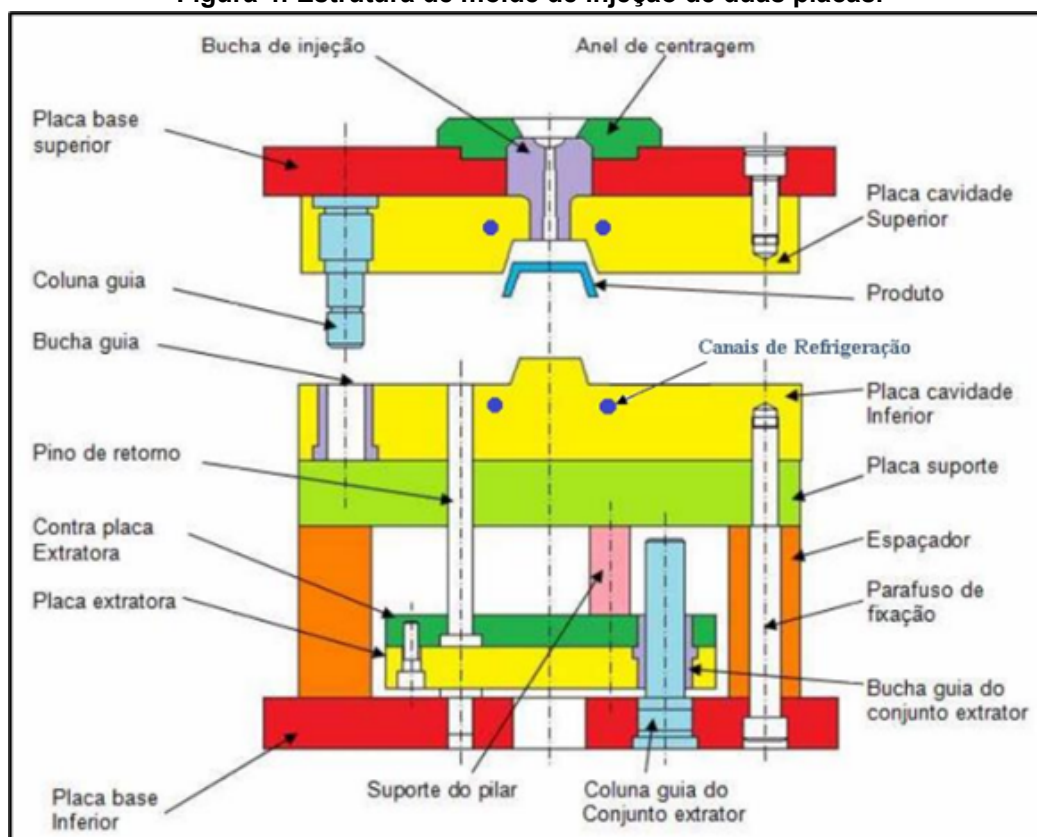
2.3 MOLDES PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS

Conforme Almeida e Souza (2015), os moldes são ferramentas feitas para conformação do plástico que será processado. Eles são responsáveis por dar formato as peças que serão moldadas. Os moldes precisam de componentes e um sistema completo para garantir seu trabalho preciso e adequado.

De acordo com Almeida e Souza (2015), os moldes de injeção possuem sistemas, os principais são: sistemas de injeção, refrigeração, extração e saída de gases. Outras fontes consideram a centralização da ferramenta como um sistema importante devido a manutenção de precisão da movimentação do molde.

Segundo Harada (2004), as placas de cavidades são muito importantes pois elas possuem o formato da peça que será injetada. De modo geral, as cavidades são frias e após o contato do polímero quente, solidifica rapidamente o material.

Figura 4: Estrutura de molde de injeção de duas placas.



Fonte: Harada (2004, p. 184).

Através dos canais que os polímeros chegam até as placas de cavidade. Neste caminho é passado pela bucha de injeção e pelos canais de alimentação. Quando o material passa pelo ponto de injeção que é uma passagem estreita, o produto é sapado do sistema de alimentação (HARADA, 2004).

Segundo Harada (2004), para um bom funcionamento de um molde deve-se atender alguns requisitos:

- Possuir uma ou mais cavidades com a forma da peça ser produzida;
- Permitir o preenchimento dessas cavidades;
- Facilitar o resfriamento do material;
- Permitir a fácil extração das peças injetadas.

Através dos sistemas funcionais de centragem, guiamento e alinhamento, saída de gases, controle de temperatura e extratores, um consegue alcançar os requisitos citados acima.

2.4 POLÍMEROS

De acordo com Manrich (2013), o polímero é classificado como um material orgânico ou inorgânico, sintético ou natural, com várias estruturas repetitivas e alto peso molecular.

Segundo Harada (2004), os polímeros adquirem uma forma determinada através da pressão e calor. Eles são classificados basicamente em dois grandes grupos: termoplásticos e termorrígidos. Os termoplásticos são polímeros que podem ser reaproveitados, devido sua estrutura química não se alterar quando é trocado de estado. Já os termoestáveis não são reaproveitados, pois após seu aquecimento sua estrutura sofre uma transformação química, impedindo sua volta ao estado original.

Conforme Harada (2012), a resistência mecânica, resistência química, temperatura de transição vítrea, entre outras estão diretamente ligadas ao peso molecular e seu grau de polimerização. Quanto maior seu peso molecular, maiores serão as características citadas.

Outros fatores que influenciam nas propriedades de um polímero são os graus de cristalinidade, tamanho dos cristais e sua distribuição. De acordo com Manrich (2013), as propriedades mais afetadas são:

- Solubilidade;
- Transparência;
- Módulo elástico;
- Permeabilidade;
- Volume específico.

Tabela 1 – Características físicas de transformação de polímeros.

	Nomer genérico	Abreviatura	Peso específico (g/cm ³)	Temperatura de transformação (°C)	Temperatura máxima de resistência no serviço (°C)
Termoplásticos	Acetato de Celulose	CA	1,34	184 - 230	60
	Acetato - Butirato de Celulose	CAB	1,22	160 - 200	70
	Poliâmida (Nylon)	PA	1,15	180 - 290	100
	Cloreto de Polivinila rígido	PVC	1,45	175 - 200	65
	Cloreto de Polivinila flexível	PVC	1,45	175 - 200	65
	Polimetilmetacrilato	PMMA	1,18	180 - 230	80
	Poliestireno	OS	1,04	180 - 210	80
	Acrilonitrila - Butadieno Estireno	ABS	1,05	180 - 250	80
	Acrilonitrila - Estireno	SAN	1,08	220 - 240	85
	Polietileno Baixa Densidade	PEBD	0,92	150 - 175	90
	Polietileno Alta Densidade	PEAD	0,96	185 - 220	105
	Polipropileno	PP	0,91	200 - 220	140
	Policarbonato	PC	1,2	240 - 290	130
	Polioximetileno (Acetal)	POM	1,4	175 - 190	95
Termofixos	Fenol - Formaldeído (Baquelita)	P.F	1,37	149 - 177	160
	Uréia - Formaldeído (Baquelita)	U.F	1,45 - 1,55	135 - 188	135
	Melamina - Formaldeído (Melamina)	M.F	1,4 - 1,55	135 - 188	100
	Poliéster (com Fibra de Vidro)	U.P	1,6 - 2,1	120 - 180	120

Fonte: Harada (2004, p.21).

2.4.1 POLIESTIRENO DE ALTO IMPACTO (PSAI)

O poliestireno é uma das mais antigas resinas sintéticas, um monômero de estireno que foi descoberto e proposto para uso prático. Um polímero vítreo transparente, caracteriza-se por sua dureza, sua facilidade de processamento e seu baixo custo. Considerado um material de fácil homogeneização e ótimos resultados para aplicação de colocação (POLYBRASIL, 2018).

Não resiste a solventes e gorduras, determinado como um material atóxico; queima como chama fuliginosa, amarela alaranjada, lentamente, e não se extingue; possui boa estabilidade dimensional e pequena absorção de umidade, ou seja, não corre o risco de ocorrer Hidrólise onde moléculas de água se quebram e causam queima no produto (POLYBRASIL, 2018).

É um material com boa resistência química, é solúvel em ésteres, hidrocarbonetos aromáticos, álcoois superiores e hidrocarbonetos clorados. Resistente a impacto e tração, com a incorporação de elastômeros como o butadieno que pode ser adicionado conforme a exigência de cada produto, porém tem o limite de 25% na composição, elastômero mais adequado para esta finalidade, A presença destas

partículas de borracha altera as propriedades mecânicas do poliestireno, havendo o aumento da resistência ao impacto e da sua resistência química sob tensão (environmental stress cracking) (VICK, 2013).

Em contrapartida, a adição de borracha promove perda da transparência do material, tornando-a leitosa. O PSAI é uma resina de excelente aderência de tinta e serigrafia e aplicado também na termoformagem, processo que molda placas de PSAI em moldes (VICK, 2013).

2.5 SIMULAÇÃO DO FLUXO DE INJEÇÃO

Esse tipo de sistema permite uma simulação do modelo matemático a ser criado, reduzindo, por exemplo, custos com protótipos físicos, prevendo possíveis falhas e auxiliando na redução de custos desse processo (NORDWEST, 2020).

Com a inovação tecnológica, empresas e organizações têm a necessidade de desenvolver tecnologias e novos projetos para novos lançamentos no mercado. Tendo em vista a competitividade desse segmento, aliada à pressão crescente para reduzir os custos e diminuir o tempo de chegada ao consumidor, em custos acessíveis. É necessário que essas ideias aconteçam em um período de tempo cada vez menor, atendendo às demandas cada vez mais exigentes.

O crescimento do uso de peças de plástico vem crescendo constantemente devido suas excelentes propriedades e em quase todos os setores, desde os menores componentes até aos grandes painéis inteiros para veículos, a necessidade de uso da tecnologia Moldflow vem crescendo exponencialmente (NORDWEST, 2020).

Empresas apostam na homologação dos sistemas CAD/CAE/CAM (*Computer Aided Engineering*) que ajudam a diminuir o tempo e, por consequência, o custo final do projeto de novos produtos. O *Moldflow Plastics Insight* (MPI), conhecido como a versão mais completa do *Moldflow*, é um software CAE desenvolvido pela *Moldflow Corporation* (NORDWEST, 2020).

A principal função dessa ferramenta é a análise detalhada da injeção de peças plásticas, auxiliando na definição mais correta dos detalhes para construir uma ferramenta para molde de injeção e assim auxiliando no projeto de produto e molde. É possível obter informações como distribuições de pressão, tempo de preenchimento,

distribuição de temperatura, perfil de velocidades, linhas de solda, força de fechamento de molde e recalque, empenamento, regiões de acúmulo de gases e outros efeitos da modelagem por injeção.

O software pode determinar condições ótimas de processo, tais como, tempo de injeção, pressão de recalque, temperatura de injeção do polímero e do molde, tempo de recalque e de resfriamento, pressão de injeção e perfil de velocidade de avanço da rosca, previsão de problemas de processo como linhas de solda, aprisionamentos de ar, rechupes e empenamentos. Auxilia a determinar a força de fechamento necessária para a máquina injetora e as melhores configurações do molde, isto é, sistemas de refrigeração, posição dos pontos de injeção, balanceamento de canais de alimentação. (NORDWEST, 2020).

3 METODOLOGIA

Este capítulo trata da caracterização da pesquisa, do ambiente da pesquisa e das etapas da pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é um estudo de caso com o objetivo exploratório. Os dados foram obtidos em campo e são de natureza qualitativa. A Tabela 2 ilustra a caracterização da pesquisa com os dados obtidos através do custo industrial do produto.

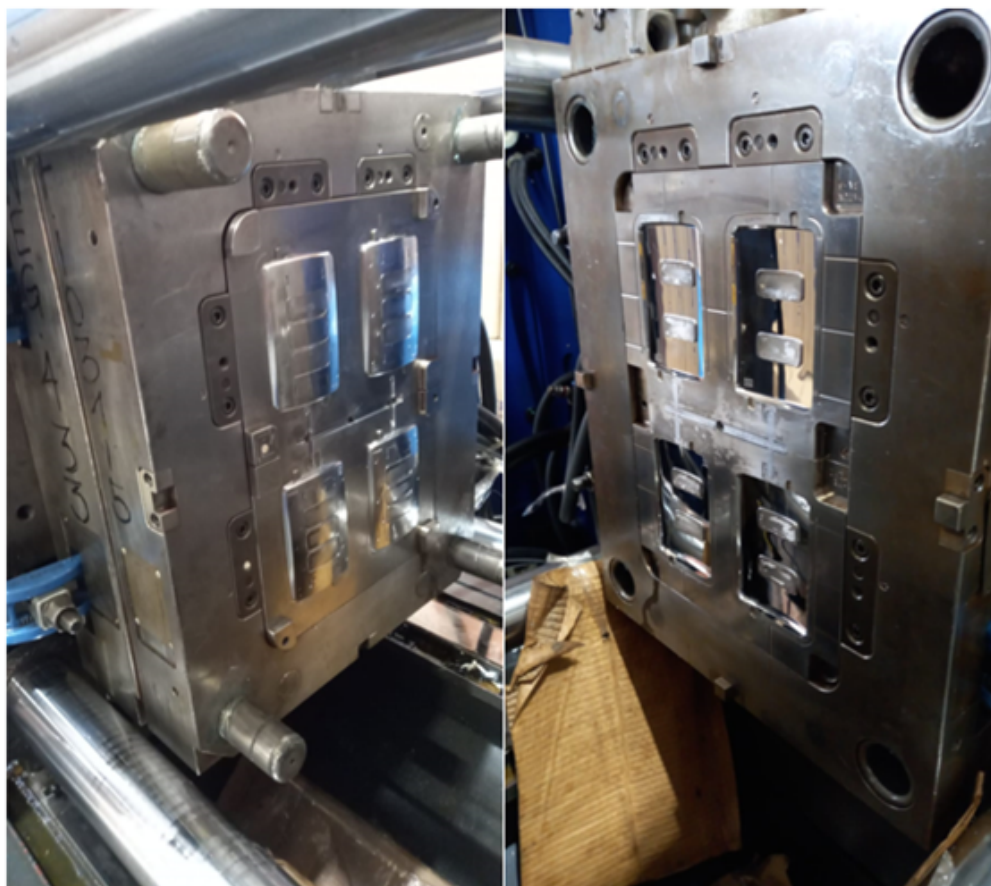
3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

O ambiente da pesquisa é uma fabricante de componentes elétricos de grande porte. O trabalho foi desenvolvido pelo departamento de Engenharia Industrial e na divisão de Tomadas e Interruptores, no setor de injeção (Departamento Produção Controls). Foi utilizada máquina injetora HAITIAN Modelo MA3600 (Golden Classic Edition), com capacidade de 360 toneladas de força de fechamento. O componente objeto do estudo foi o ESPELHO 4X2" 2 POSIÇÕES COMPOSÉ BRANCO, injetado

com o polímero Poliestireno de Alto Impacto (PSAI). A fabricação deste item é realizada em 3 turnos e atinge em média 17.280 unidades.

O molde atual possui 4 cavidades, câmara quente, pinça e manipulador. Conforme Figura 05, demonstra parte fixa do molde que apresenta parte frontal da peça com cavidade polida e espelhada e parte móvel do molde onde injeta a parte interior da peça para confeccionar as travas do produto para encaixe, este funcionamento é feito através das mandíbulas.

Figura 5: Fotos do molde de 4 cavidades



Fonte: Os autores (2022).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Esta pesquisa teve as seguintes etapas: avaliação do molde atual, projeto de molde com 8 cavidades, simulação do processo de injeção, avaliação de custo x

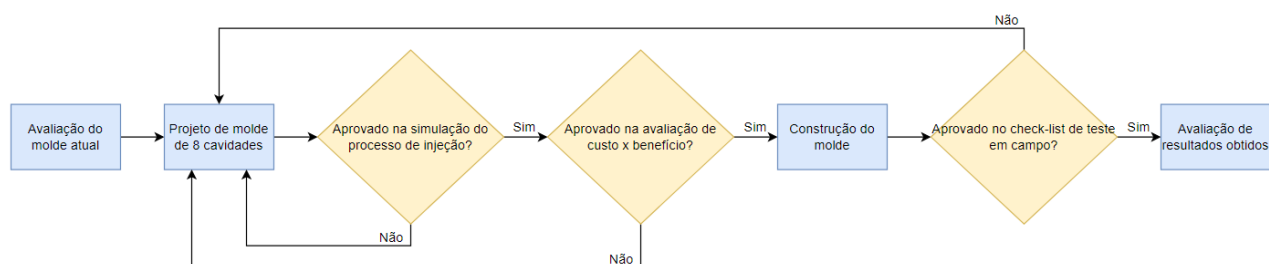
benefício, construção do molde, testes em campo (*try-out*) e avaliação dos resultados obtidos. O Quadro 01 detalha cada uma das etapas.

Quadro 1: Etapas da pesquisa.

ETAPAS	DESCRIÇÃO
1 Avaliação do molde atual	Estrutura do porta molde, fluxo de resfriamento e possíveis melhorias.
2 Projeto do molde com 8 cavidades	Avaliação de melhor custo do fabricante, estrutura do molde para melhor condição de preenchimento e prazo de conclusão.
3 Simulação do processo de injeção	Avaliação de pontos de solta fria, saída de gás, fluxo de resfriamento e utilização de canal quente.
4 Avaliação de custo x benefício	Levantamento de fornecedores com melhor custo do projeto pronto e no prazo necessário.
5 Construção do molde	Atraves do trabalho de análise de desenho do produto feito através do projeto, os moldes são confeccionados através de linhas e cavidades em uma produção, utilizando aço e aluminio.
6 Teste em campo (Try-out)	Avaliação do molde com testes práticos em máquina
7 Avaliação dos resultados obtidos	Levantamento de possíveis melhorias para atender grande volume. Aprovação da ferramenta e lançamento da produção.

Fonte: Os autores (2022).

Figura 6: Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Os autores (2022).

O levantamento de dados confiáveis será elaborado com base no conhecimento adquirido durante a pesquisa sobre o *Kaizen*, avaliando as características do molde atual e avaliando o tamanho da ferramenta utilizada na produção do produto, utilizando-se estudo preliminar com foco no número de cavidades proposto, acompanhamentos do processo e filmagens e desenvolvimento do projeto conceitual do molde proposto e projeto detalhado do molde.

Os dados serão coletados através de testes e simulações de Workflow. As filmagens permitirão que a análise futura seja a mais coerente possível, conseguindo avaliar as dificuldades encontradas durante o procedimento de fabricação e montagem do produto em estudo. Detalhamento final e execução do molde e colocação em operação e verificação da aprovação na produtividade para lançamento no mercado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AVALIAÇÃO DO MOLDE ATUAL

Com a alta demanda de materiais que surgiu durante a pandemia, o departamento do PCP sinalizou a necessidade de um alto volume de produção. Foi verificado que o processo anterior não era capaz de produzir a demanda solicitada. O tempo de ciclo atual não era suficiente.

Tabela 2: Tempo de ciclo

Tempo de ciclo	Cavidades	Peças/hora
32,3 segundos	4	445

Fonte: Os autores (2022)

Com a verificação que o tempo de ciclo não poderia ser melhorado, a quantidade anterior de cavidade não era o suficiente.

4.2 PROJETO DO MOLDE COM 8 CAVIDADES

Após a solicitação, o processo atual foi verificado para levantar possíveis melhorias, com o objetivo de atender a nova demanda. Foi identificado que não teria opção de melhoria em processo e ferramenta. Sendo assim, foi necessário a construção de um novo molde com um número maior de cavidades.

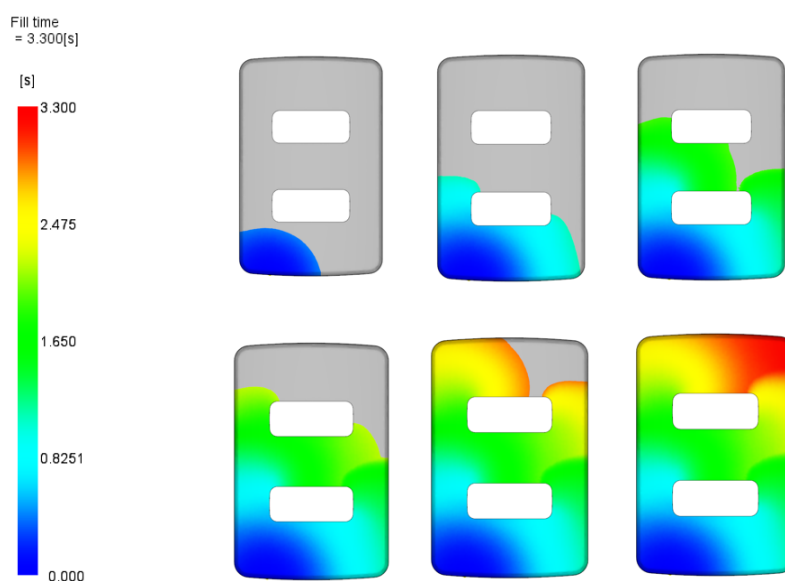
Com as informações levantadas, o departamento de engenharia realizou uma cotação inicial com diversos fornecedores já homologados internamente para verificar a viabilidade do projeto. Com os valores aprovados, o projeto foi encaminhado para

engenharia de produto. Neste setor foi feito o projeto do molde com a estrutura de cavidades necessárias, fluxo de resfriamento, saída de gás, entre outros componentes.

4.3 SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE INJEÇÃO

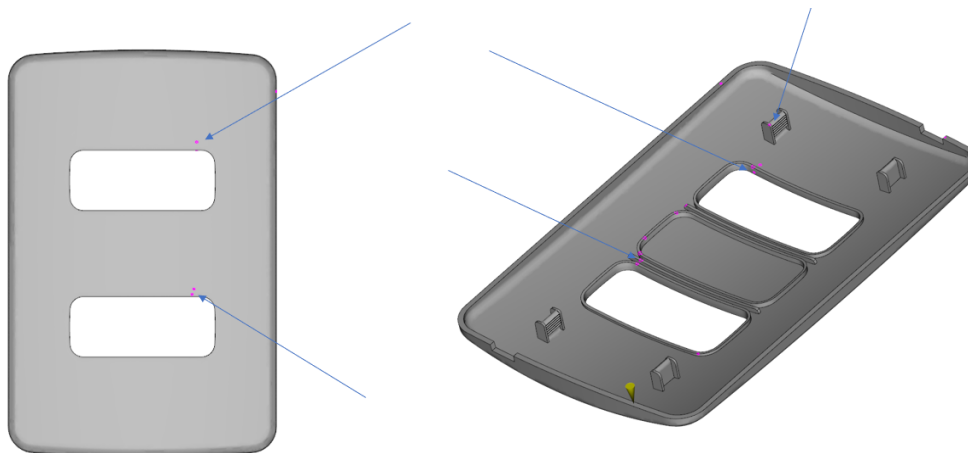
Para avaliar e atingir a melhor condição de injeção foi realizada a simulação através do software SolidWorks, com o objetivo de encontrar falhas e alcançar o melhor tempo de ciclo possível. Através do software, também foram definidos alguns pontos importantes, como: o sistema de circulação de água entre as cavidades para alcançar o melhor tempo de ciclo possível, saídas de gás para eliminar possíveis queimas do preenchimento final do produto e avaliação de solda fria nos pontos estratégico do produto e assim apresentar um acabamento dentro das exigências do cliente.

Figura 7: Simulação do preenchimento do molde na injetora



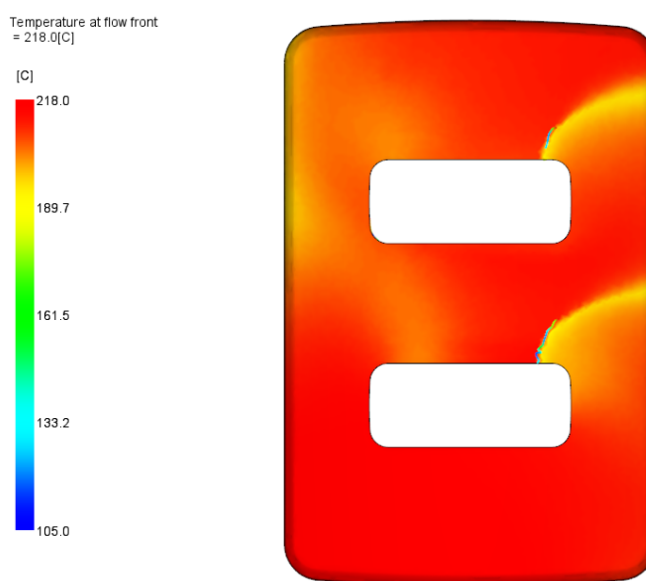
Fonte: Os autores (2002)

Figura 8: Simulação de pontos de aprisionamento de gases da peça injetada



Fonte: Os autores (2022)

Figura 9: Simulação da temperatura na peça injetada



Fonte: Os autores (2022)

4.4 AVALIAÇÃO DO CUSTO X BENEFÍCIO

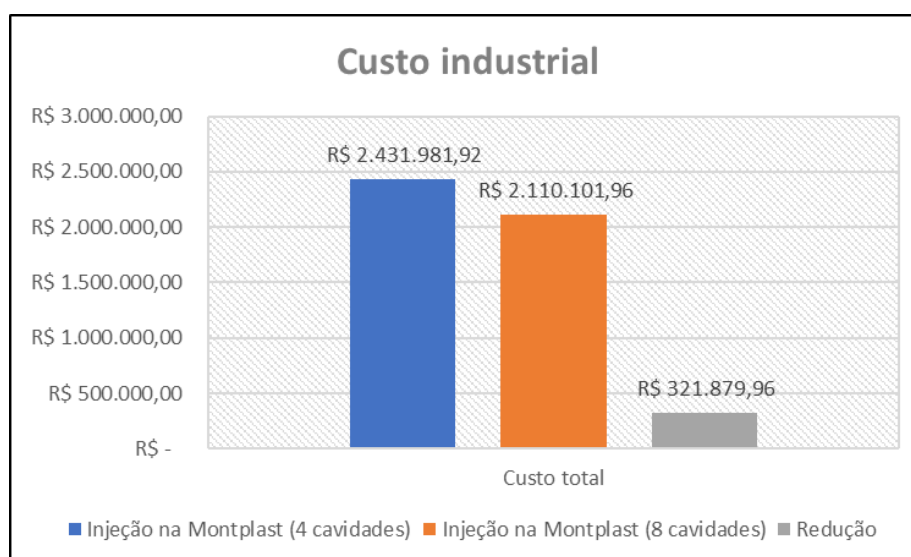
Após o projeto e a simulação finalizados, foi feita a avaliação dos melhores custos de fabricação do molde e tempo de entrega estimado, foi calculada uma estimativa de redução de custo do produto e aumento de produtividade, mantendo o mesmo tempo de ciclo por injetada.

Tabela 3: Custos industriais.

Observação	Material	Descrição	Custo Industrial	Variação %	Consumo mensal últimos 3 meses (SAP)	Economia Mensal	Economia Anual
Injeção na Montplast (4 cavidades)	13297729	ESPELHO 4X2" 2 POS COMP BRANCO	0,6800	Referência	Referência	Referência	Referência
Injeção na Montplast (8 cavidades)	13297729	ESPELHO 4X2" 2 POS COMP BRANCO	0,5900	-13%	298037	-R\$ 26.823,33	-R\$ 321.879,96

Fonte: Os autores (2022).

Neste cálculo chegamos a uma redução de 13% no custo industrial comparada ao molde anterior. Com esta redução, conseguimos uma economia anual de R\$ 321.879,96.

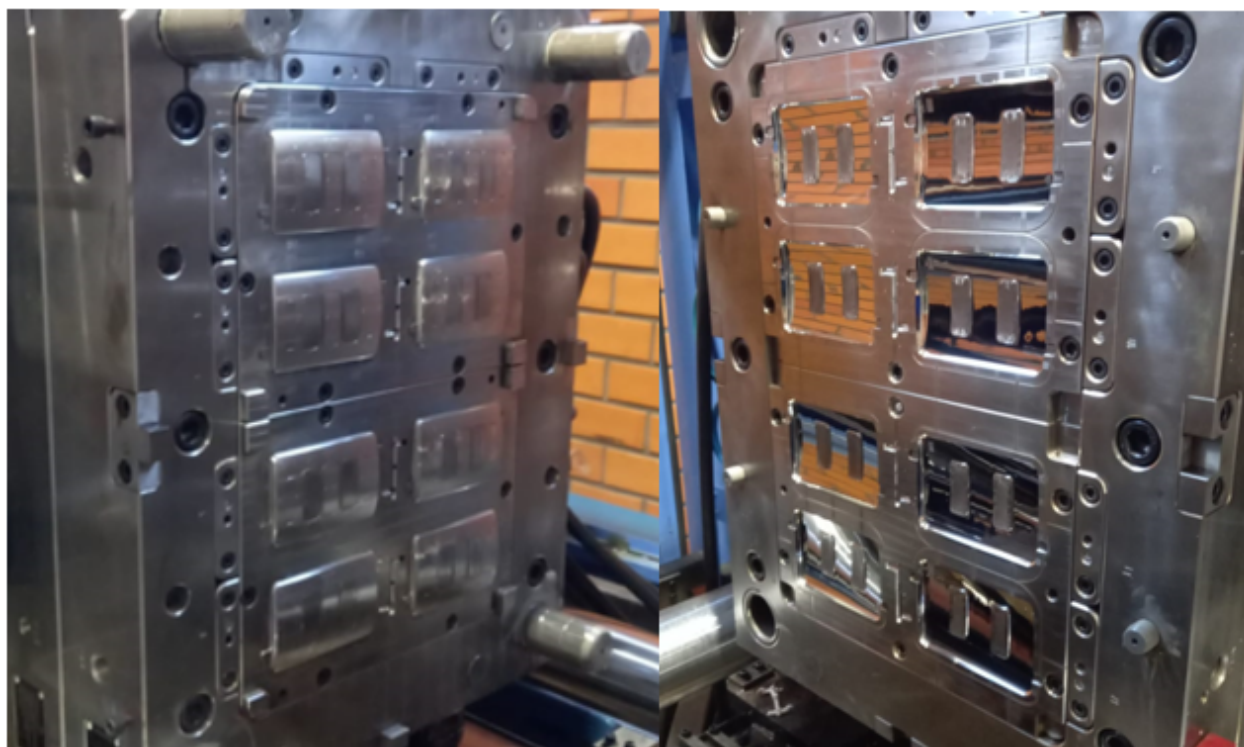
Figura 10 - Redução do custo industrial.

Fonte: Os autores (2022).

4.5 CONSTRUÇÃO DO MOLDE

Através do trabalho de análise do produto e desenho técnico com dimensional e aspectos visuais da peça, foi utilizado o projeto para confecção do molde com as devidas cotas que vão fazer com que o polímero utilizado molde a cavidade e atinja contração conforme medidas de montagem do conjunto. Os moldes foram confeccionados através de linhas e cavidades em uma produção de ferramentaria, utilizando aço e alumínio de acordo com a dureza necessária para alcançar os melhores custos e tempo de durabilidade do molde em questão.

Figura 11: Fotos do molde de 8 cavidades.



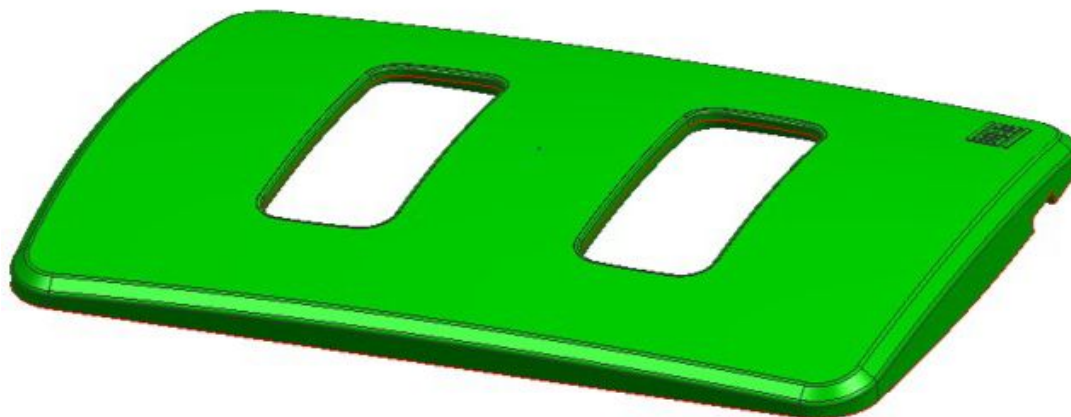
Fonte: Os autores (2022).

4.6 TESTE EM CAMPO (TRY-OUT)

Para início aos testes a serem realizados na produção, foi preenchido o check-list com os padrões exigidos internamente. Os padrões atendidos foram: as conexões de refrigeração parte fixa e móvel da ferramenta, ligação de tomada do molde para canal quente com utilização de sistema de câmara quente, diâmetro de anel de centragem para ter alinhamento na máquina entre bucha e bico de injeção.

Após verificação de confecção, o molde foi colocado na máquina com tonelagem calculada para não haver sobras em volume de material, gastos de hora máquina e energia. Foi adotado valores para velocidade, pressão de injeção e recalque, assim extraídos as primeiras peças para avaliação dimensional. Durante este período foi realizado um lote piloto para verificar a funcionalidade da ferramenta em ciclo contínuo tendo em vista extração do molde, fechamento e possíveis rebarbas no produto.

Figura 12: Projeto do espelho 4x2" 2 posições composé branco.



Fonte: Os autores (2022)

Conforme avaliação de tempo de ciclo, dimensional e aspectos visuais conforme qualidade exigida no produto, foi realizado o lançamento do novo projeto para produção atender a demanda necessária.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo foi desenvolver um molde de injeção com duplicação de cavidades em um fabricante de componentes elétricos em Jaraguá do Sul. Para que o objetivo fosse atingido, foram necessárias 7 etapas realizadas de forma criteriosa.

O produto do molde é um espelho 4x2" 2 posições composé branco, muito utilizado para proteção de tomadas elétricas, a máquina injetora do estudo foi a HAITIAN Modelo MA3600 e o injetado é o Poliestireno de Alto Impacto (PSAI).

Iniciado com a avaliação do molde atual onde foi encontrada a possibilidade de melhoria na duplicação da produção, o desenvolvimento do projeto mostrando a disponibilidade das 8 cavidades, a simulação do processo de injeção validando o uso do molde, o custo x benefício positivo mostrando a possibilidade de aumento de lucro, a construção do novo molde, saindo do projeto em software para o físico e dar início aos testes de campo, que tem um destaque entre todas as fases, pois é onde todas as

características do molde precisam ser consideradas para aprovação, por fim, a análise dos resultados obtidos construindo relatórios. Com esta melhoria o custo de fabricação reduziu em 13%, em torno de R\$ 321.879,96 por ano. Como sugestão de melhoria para trabalhos futuros, é possível adicionar um periférico automático de braço articulado para auxiliar na extração do produto injetado.

6 AGRADECIMENTOS

Gratidão é o sentimento que temos para com Deus, pois Ele foi essencial em todas as nossas conquistas e superações.

Às nossas famílias e amigos que com seu incentivo nos fizeram chegar à conclusão do curso.

À Unisociesc, seu corpo docente, administração, direção e coordenação pela excelente qualidade técnica de cada um.

Agradecemos a todos os nossos professores, em especial, ao nosso Mestre Orientador Álvaro, pelo paciente trabalho de orientação e revisão deste trabalho, bem como o compartilhamento de seu tempo, conhecimento e amizade.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA. Gustavo Spina Gaudêncio de; SOUZA. Wander Burielo de. **Engenharia dos polímeros**: Tipos de aditivos, propriedades e aplicações

Análise de fluxo (MoldFlow) : o que é, para que serve e o que faz. Nord West, 2020. Disponível em: <<https://www.nordwest.ind.br/blog/analise-de-fluxo-moldflow-o-que-e-para-que-serve-e-o-que-faz>>. Acesso em: Novembro, 2022

CADGURU (Org.). A importância e os conceitos dos Moldes de Injeção para Termoplástico. Disponível em:

<<http://cad.cursosguru.com.br/novidades/aimportancia-e-os-conceitos-dos-moldes-de-injecao-para-termoplastico/>>. Acesso em: 06 out. 2016.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Normas para apresentação de monografia**. 3. ed. Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Biblioteca Karl A. Boedecker. São Paulo: FGV-EAESP, 2003. 95 p. (normasbib.pdf, 462kb). Disponível em: <www.fgvsp.br/biblioteca>. Acesso em: 23 set. 2004.

HARADA, Júlio. **Moldes para injeção de termoplásticos**: Projetos e Princípios Básicos. São Paulo: Artliber, 2004. 310 p.

HARADA, Júlio; Ueki, Marcelo M. **Injeção de termoplásticos**: produtividade com qualidade. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

IENH. **Manual de normas de ABNT**. Disponível em: <www.ienh.com.br>. Acesso em: 23 set. 2004.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos**: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes. 2 ed. São Paulo: Artliber, 2013. 485 p.

OLIVEIRA, N. M.; ESPINDOLA, C. R. **Trabalhos acadêmicos**: recomendações práticas. São Paulo: CEETPS, 2003.

PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia científica**: abordagem teórico-prática. 10. ed. ver. atual. Campinas, SP: Papyrus, 2004.

POLIESTIRENO - PS / PSAl. Polybrasil, 2018. Disponível em: <<https://www.polybrasil.com.br/wp-content/uploads/2018/08/datasheet-ps-psai.pdf>>. Acesso em: Novembro, 2022.

POLIESTIRENO - PS / PSAl. Vick, 2013. Disponível em: <<https://www.vick.com.br/datasheets/datasheet-ps-psai.pdf>>. Acesso em: Dezembro, 2022