

Aplicação de câmara quente para molde de PVC para melhoria de produtividade do joelho 90° esgoto 40mm.

Alcione Gasparin, Sebastiam Perini, William Emiliano, Roberli Cantidio

Resumo: Neste mundo globalizado, onde as empresas precisam buscar meios de se manter competitivas, acirra cada vez mais cada organização a melhorar produtividade e reduzir custos nos processos produtivos. Em empresas do ramo de injeção plástica, muitas das alterações com maior impacto no processo acabam por ser realizadas no molde de injeção. Uma das melhorias que consegue apresentar melhores resultados é a adoção de câmara quente para injeção. Em uma empresa fabricante de peças para sistema hidráulico residencial e predial, foi proposta a implantação de câmara quente para o molde da peça joelho 90° esgoto 40mm. Após contato com fornecedor, aprovação do projeto de alteração do molde, o mesmo foi colocado em produção, tendo como principais resultados a redução do custo de fabricação da peça, redução do tempo de ciclo e, principalmente, do canal de alimentação. Como resultados, observou-se que houve redução de tempo de ciclo na faixa de 33%, redução do custo da peça em 8,79% e redução de 80,51% do canal de alimentação. A melhoria apresenta ótima viabilidade técnica, devido à todas as melhorias obtidas na fabricação das peças.

Palavras chave: Molde de injeção; Câmara quente; PVC.

PVC mold hot runner for knee productivity improvement 90 ° sewage 40mm.

Abstract: In this globalized world, where companies need to look for ways to stay competitive, each organization is increasingly pushing to improve productivity and reduce costs in production processes. In companies in the plastic injection industry, many of the changes with the greatest impact on the process are made in the injection mold. One of the improvements that can deliver better results is the adoption of hot runner for injection. In a company that manufactures parts for residential and building hydraulic systems, it was proposed to implant a hot runner for the 90° sewage knee mold. 40mm. After contact with supplier, approval of the mold alteration project, it was put into production, having as main results the reduction of the manufacturing cost of the part, reduction of the cycle time and, mainly, of the feeding channel. As a result, it was observed that there was a reduction in cycle time in the range of 33%, reduction in part cost by 8.79% and reduction of 80.51% in the feed channel. As a result, it was observed that there was a reduction in cycle time in the range of 33%, reduction in part cost by 8.79% and reduction of 80.51% in the feed channel. presents excellent technical viability, due to all the improvements made in the manufacture of the parts. presents excellent technical viability, due to all the improvements made in the manufacture of the parts.

Keywords: Injection mold; hot chamber; PVC.

1. Introdução

As empresas do ramo plástico buscam constantemente melhorar seus processos, devido à alta competitividade neste tipo de mercado. As diferenças existentes no processo produtivo entre uma empresa e suas concorrentes baseia-se no tipo de molde utilizado, pois a matéria prima é muito parecida, além dos fornecedores serem os mesmos. Os próprios equipamentos de injeção, conhecidos como máquinas injetoras, também possuem pequenas alterações para o mesmo tipo de aplicação de produto. Desta maneira, boa parte dos investimentos acaba sendo revertido para melhoria dos moldes de injeção.

A empresa alvo do estudo, fabricante de componentes para o mercado da construção civil - mais especificamente produtos voltados à linha hidráulica de encanamento e tubulação, é líder do mercado nacional em tubos e conexões há décadas, com forte posicionamento frente ao mercado consumidor. Com isso, buscou-se identificar algumas tecnologias existentes que pudessem melhorar as variáveis do produto fabricado, como a redução no próprio tempo de ciclo, e principalmente a redução do tamanho e peso da galhada formada em cada injeção, além de indiretamente reduzir o reprocessamento deste material excedente do processo.

Com base nisso, o presente estudo tem como objetivo geral aplicar sistema de câmara quente para molde de PVC para melhoria de produtividade do joelho 90° esgoto 40mm. Para isso, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos a serem considerados:

- a) Pesquisar sistemas de câmara quente;
- b) Projetar sistema de câmara quente;
- c) Aplicar melhoria em um molde;
- d) Calcular o tempo de retorno do investimento e melhorias do processo produtivo.

2. Revisão de Literatura

A história do desenvolvimento do plástico começa em meados de 1907, com o químico Leo Baekeland, que criou à época o que pode ser considerado como sendo o primeiro material plástico da história, o baquelite (TILLMANN, 2011).

Após a descoberta do baquelite, outros materiais foram sendo desenvolvidos, como o poliéster (fabricação de garrafas PET), a poliamida (mais popularmente conhecida por nylon), o poliuretano (espuma de colchões, fibra para isolamento térmico e acústico), o PVC (tubos, forros, películas, revestimento de metais elétricos) (COSTA FILHO et al, 2011). Existem basicamente 2 categorias de materiais poliméricos, os termofixos e os termoplásticos. O que acaba caracterizando um material termofixo é que após moldado, este material não pode voltar ao seu estado original.

Já em relação aos polímeros termoplásticos, se pode afirmar que são materiais com maior capacidade de aplicações no cotidiano. Mesmo após sua transformação em produtos, os mesmos podem voltar na forma de matéria-prima para a indústria. O PVC pode ser considerado como sendo o plástico de maior facilidade de obtenção e transformação. Pode ser moldado em diversos processos, como por exemplo a extrusão (para fabricação de tubos), calandragem (fabricação de chapas) e injeção (fabricação de pelas com geometria mais complexa) (CANGEMI, 2005).

A transformação de materiais termoplásticos é dado através do aquecimento do material e sua conformação, que vai depender de sua aplicação. Segundo Pache (2012) existem basicamente sete tipos de processos de moldagem de plásticos: extrusão, sopro, rotomoldagem, fundição, termoformagem, laminação e injeção. O processo de extrusão consiste na moldagem de produtos através de aplicação de um componente chamado matriz, que vai dar o formato final a peça (HARADA, 2004).

Em relação ao processo de sopro, como o próprio nome diz, é quando um material plástico, após ser aquecido é colocado dentro de um molde (que vai dar o formato final à peça) e recebe uma injeção de ar comprimido (como se fosse um sopro) (MARQUES, OLIVEIRA, 2008). Ainda conforme Marques e Oliveira (2008) a rotomoldagem consiste no derretimento do material plástico e posterior rotação do molde onde será inserido o produto plástico aquecido.

O processo de fundição de termoplásticos, não é aplicado em um molde através de pressão exercida, mas sim através da força da gravidade. Este tipo de aplicação demora para preencher determinada cavidade (SACCELLI, 2007). A termoformagem consiste basicamente no aquecimento de uma placa com o formato da peça a ser moldada. Então a chapa de material é encostada na placa aquecida e assim dará o formato final ao produto (COSTA FILHO et al, 2011). Em relação ao processo de laminação, são colocadas várias camadas de chapas de material plástico e estas são prensadas por um rolo. Tanto as chapas plásticas quando o rolo pode ser aquecido. E existe também outro processo de laminação conhecido como calandra, onde o mesmo material passa entre dois rolos, que darão um controle de dimensional e espessuras mais uniformes (PACHE, 2012). E por último pode ser citado o processo de injeção. Este processo consiste no aquecimento do material a ser transformado, que sofrerá pressão para ser inserido dentro de um molde com o formato final do produto (BENEDITO, 2010).

Para se entender a aplicação de moldes de injeção no processo de conformação de peças plásticas, é interessante primeiramente entender como se dá este tipo de processo. Para Benedito (2010) uma correta escolha do tipo e das características de um molde de injeção, é necessário entender qual o tipo de material que será injetado e também o tipo de máquina que será utilizada. Chama-se comumente de injetora o equipamento onde será fixado o molde de injeção com o formato da peça a ser fabricada.

Uma máquina injetora é composta basicamente pelos seguintes componentes:

- Funil de alimentação;
- Parafuso injetor;
- Cilindro de aquecimento;
- Resistências de aquecimento;
- Unidade de fechamento;
- Molde.

A Figura 1 apresenta como funciona uma máquina injetora

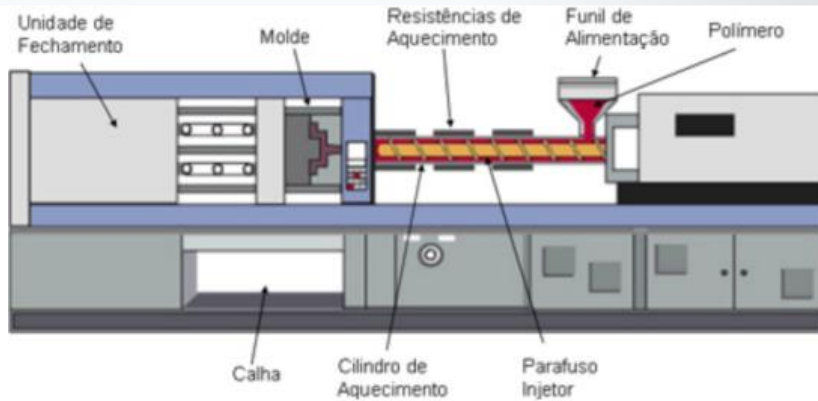


Figura 1 - Máquina injetora e seus componentes.

O material plástico a ser injetado é colocado dentro de um cilindro onde encontra-se um parafuso injetor. É este parafuso que ao girar irá fazer com que o material plástico entre no molde. O material passa por aquecimento dentro do tubo onde está inserido o parafuso, após estar aquecido e sofrer a pressão para ser injetado, dará forma a peça (SOUZA, SACCHELLI, 2003).

O processo de injeção é composto basicamente por três etapas: injeção, resfriamento e extração. Cada produto a ser fabricado depende de variáveis dentro do processo (tempo, temperatura, pressão) que impactarão na quantidade a ser produzida, além do volume de produção. Um molde de injeção é composto por placa fixa, placa móvel e cavidade. Na Figura 3 são apresentados esse componentes.

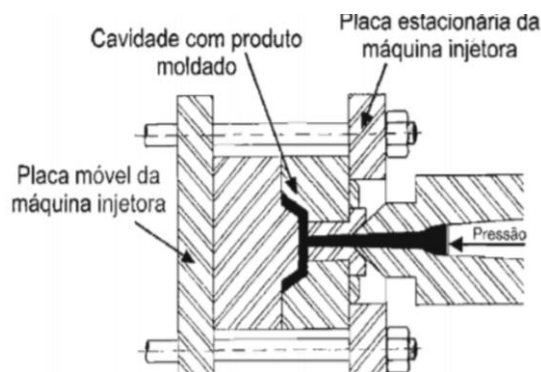


Figura 2 - Molde de injeção

Na Figura 3 como é possível observar, a peça durante o processo de injeção. Quando o molde é colocado na máquina injetora para dar início à fabricação, uma das partes do molde deve ficar fixa no equipamento (placa fixa). Depois, quando o material líquido tiver entrado no molde, a peça será formada conforme geometria da cavidade. E então, após a peça ter esfriado, a outra placa do molde (chamada de placa móvel) se movimentará e a peça poderá ser retirada do molde (HARADA, 2006).

O processo total de injeção, desde a injeção até a extração do produto resfriado, não possui muitas oportunidades de melhoria na redução dos tempos de fabricação, pois é necessário obedecer aos parâmetros de processo. Para se buscar aumento de produtividade, redução de custos e conseqüentemente aumento na lucratividade, se pode recorrer à melhorias no sistema de injeção da máquina injetora ou do próprio molde, já que melhorias no processo são mais complicadas de se conseguir atingir (SACCHELLI, 2007).1

Pode-se entender como sistema de alimentação a maneira ou os componentes por onde o plástico derretido será injetado na cavidade do molde. Encontra-se na literatura basicamente três tipos de classificação: canais frios, canais isolados e canais quentes. Conforme Harada (2006) nos moldes que são projetados com o sistema de canais frios, os canais finais não são aquecidos, ou seja, o material passa pelo fuso de injeção aquecido e depois que inicia o preenchimento da cavidade do molde, já começa a sofrer resfriamento.

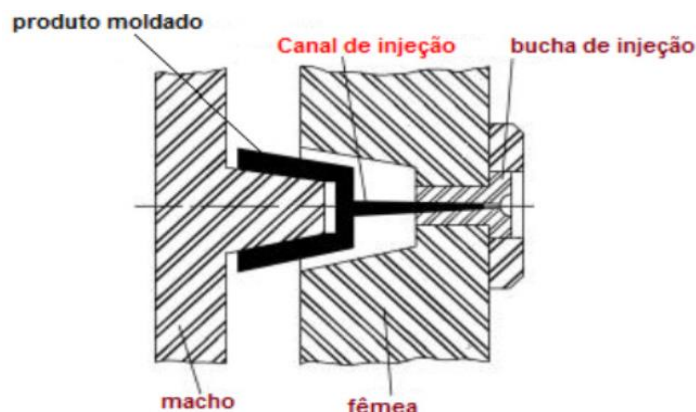


Figura 3 - Sistema de injeção por canal frio

No sistema de canal frio, o que mais se nota é o material excedente que fica antes da peça. Material este que precisará ser moído para retornar ao processo de injeção, mas como matéria prima reciclada (o que faz com que perca um pouco de suas propriedades primárias).

O segundo sistema citado é conhecido como canais isolados. Os canais que alimentam o molde têm o diâmetro maior (ou seja, mais material pode ser injetado). Como vantagem pode ser citado que como entra mais material, este acaba por se manter mais tempo aquecido; já como desvantagem, pode ser citado o problema no ponto de injeção, que acarretará um aspecto visual pior ao produto. E o terceiro processo, conhecido como canais quentes, há todo um engenhoso sistema que mantém o material aquecido até o momento de injeção.

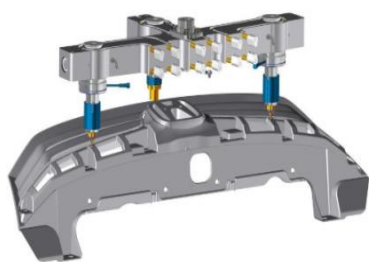


Figura 4a - Sistema de câmara quente uma peça



Figura 4b - Sistema de câmara quente várias peças

Conforme Figura 4a e 4b, é possível notar a aplicação de um sistema de câmara quente. A principal diferença é a ausência de galhada pós injeção, conforme Figura 3. Outra vantagem que o sistema de câmara quente traz para a empresa é o ganho em tempo de processamento. Como o material encontra-se aquecido até a injeção na cavidade, não é necessário ter galhadas no processo, o que torna o processo mais rápido (MARQUES, OLIVEIRA, 1998). Ainda conforme Marques e Oliveira (1998) o tempo de enchimento da cavidade é praticamente o

mesmo, o que diferencia para redução de tempo é o fato de o material não precisar percorrer a distância entre a bucha de injeção e a cavidade (Figura 4). Então, o tempo de ciclo será reduzido e a quantidade produzida terá aumentos significativos.

3. Materiais e Métodos

O presente trabalho pode ser caracterizado como sendo formado por uma pesquisa bibliográfica e exploratória, de cunho qualitativo e quantitativo, no qual foi realizado um estudo para alteração de sistema de alimentação de moldes, por meio da consulta em obras de autores reconhecidos na comunidade de intelectuais e estudiosos no assunto.

A pesquisa bibliográfica tem como princípio básico conhecer diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno. Normalmente o levantamento bibliográfico é realizado em bibliotecas públicas, universidades e especialmente em acervos virtuais (JUNG, Carlos F. 2003, p.128).

Após a realização da pesquisa bibliográfica, realizou-se o estudo de caso da uma empresa fornecedora de peças para construção civil, mais especificamente para a linha hidráulica. Para coleta de dados utilizou-se a técnica de pesquisa documental na qual foi realizada a coleta de informações por meio de controles de processos e acompanhamento de *tryout*. Para análise das informações foi utilizada a abordagem quantitativa, na qual foram quantificadas as melhorias do processo obtidas através da alteração de sistema de alimentação de molde para utilização de câmara quente.

4. Resultados e Discussões

A empresa alvo do estudo teve como início de suas atividades o período compreendido pela década de 1960. Em seu início, eram comercializados produtos fabricados a partir de chifres de boi, como pentes para cabelos por exemplo. Com visão empreendedora para a época, a alta direção decidiu adotar o PVC como matéria prima para a fabricação de seus produtos. Não demorou muito para que a empresa percebesse como filão de mercado a possibilidade de se produzir produtos em PVC para construção civil, como tubos e conexões. Atualmente a empresa é líder na América Latina em seu ramo de atuação, assumindo também a liderança na quantidade de patentes de novos produtos.

Atualmente existem 19 moldes possíveis de aplicação do sistema (Figura 5); destes, 4 foram analisados como moldes potenciais. Os itens joelho, junção e luva possuem as maiores demandas dentro da organização, relativos ao processo de injeção de termoplásticos. A representatividade dos itens levou à equipe da melhoria a analisar mais profundamente o resultado de cada item.

NR.	CAF	DESCRIÇÃO
1	32490	JOELHO 90 ESG SEC 40MM
2	30509	JOELHO 90 ESG 100MM
3	32514	JUNCAO SIMP ESG 100X 50MM
4	32481	LUVA SIMP ESG 100MM
5	32500	JUNCAO SIMP ESG 100X100MM
6	30672	JOELHO 45 ESG 100MM
7	32495	JOELHO 90 ESG 50MM
8	30798	LUVA SIMP ESG 50MM
9	31517	JOELHO 45 ESG.SEC.40MM
10	30754	CAP ESG 100MM
11	30977	JOELHO 90 ESG 75MM
12	32507	JOELHO 45 ESG 50MM
13	32513	TE CURTO ESG 50X 50MM
14	30833	JOELHO 45 ESG 75MM
15	30830	JUNCAO SIMP ESG 50X 50MM
16	30857	LUVA SIMP ESG 75MM
17	31086	BUCHA RED LONGA ESG SECUND 50X40MM
18	30963	TE CURTO ESG 100X 50MM
19	30673	TE CURTO ESG 100X100MM

Figura 5 - Lista de moldes possíveis de implantação de câmara quente.

Para dar início ao projeto de implantação de câmara quente em molde de injeção, foi escolhido como projeto piloto o molde joelho 90° esgoto 40mm – 16 cavidades. O molde escolhido é composto por 16 cavidades, trabalha com bico injetor e, devido à geometria da peça, necessita de um canal de alimentação com grande volume. O fato de necessitar de muito material para formar o canal de alimentação levou a equipe a analisar que este poderia ser um forte impacto com relação aos custos no processo – e que pode facilitar a analisar com mais exatidão o tempo de retorno do investimento planejado. Na Figura 6 é apresentado o esquema de injeção das peças.



Figura 6 - Peças injetadas e canal de alimentação

É possível visualizar que existe uma grande quantidade de material necessário para poder preencher todas as cavidades do molde e formar as 16 peças por ciclo. Apesar de o canal de alimentação fazer parte do projeto do molde e ser considerado material complementar no processo de injeção, não existe o aproveitamento como peça, sendo considerado após o processo de injeção uma perda considerável. Para efeitos de comparação, o peso total em gramas de cada ciclo de injeção é de 461,89g. Na Figura 7 é possível ver a quantidade de material injetado apenas na formação da galhada.



Figura 7 - Canal de alimentação

O peso do canal de alimentação é de 57% do peso bruto total de todo o ciclo. Ou seja, mais da metade de todo o material injetado é para galhada. Como citado na teoria, o PVC pode ser reciclado diversas vezes, perdendo pouco de sua capacidade de transformação. Mas o que acaba impactando de maneira muito forte é o fato de ter se transformar em matéria prima novamente. Um outro ponto que foi analisado para escolha do molde para sofrer a alteração foi o tempo de ciclo (tempo entre uma injeção e outra). Atualmente, o processo tem definido como tempo de ciclo 45 segundos.

Ao se analisar o peso total da galhada e o tempo de ciclo, visualiza-se ótima oportunidade de melhoria no processo e forte impacto na redução de custos da fabricação das peças injetada. A peça possui atualmente como custo de fabricação R\$ 0,307. A primeira análise feita foi entender qual a quantidade de bicos injetores para formar as 16 peças. Atualmente o molde é formado por 8 bicos injetores, cada um formando duas peças. Como a implantação de mais 8 bicos os custos elevariam e tornariam inviável a alteração do molde, sendo assim, foi definido utilizar apenas os 8 bicos injetores, alterando apenas o sistema de alimentação. Com a decisão de continuar com a mesma característica do molde (em utilizar 8 bicos injetores, duas peças por bico) analisou-se o projeto do sistema de câmara quente. Na Figura 8 é apresentada a alteração no molde, com o caminho percorrido pelo material até os bicos injetores.



Figura 8 - Projeto da câmara quente

A alteração apresentada mostrou-se ideal para o processo, pois com o sistema de placa aquecida o material manterá sua fluidez em todo o processo produtivo. Esta etapa do projeto da câmara quente foi fundamental para manter os 8 bicos injetores atuais, para formar as 16

peças por ciclo. Percebe-se que mesmo com a quantidade de material existente na câmara quente, o sistema conseguirá manter a fluidez necessária. Na Figura 9 é apresentado o *layout* da localização dos bicos injetores.

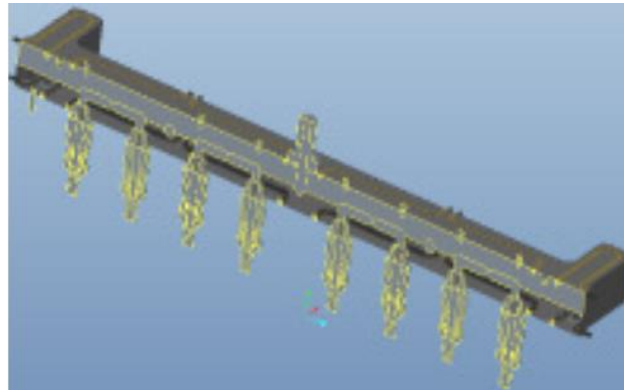


Figura 9 - Localização dos bicos injetores

A manutenção da quantidade de bicos foi fator primordial também para manutenção da pressão de injeção em iguais valores para cada bico de injeção. Como a quantidade de material a ser injetada será menor, a pressão de injeção pode acabar sendo reduzida na aplicação final do processo. Como a configuração atual do molde foi mantida, os custos inerentes à alteração também se tornaram menores, onde se consegue também analisar redução na utilização de matéria prima, devido ao material da câmara também acabar sendo injetado em cada novo ciclo. Na Figura 10 é apresentada a nova configuração da injeção.

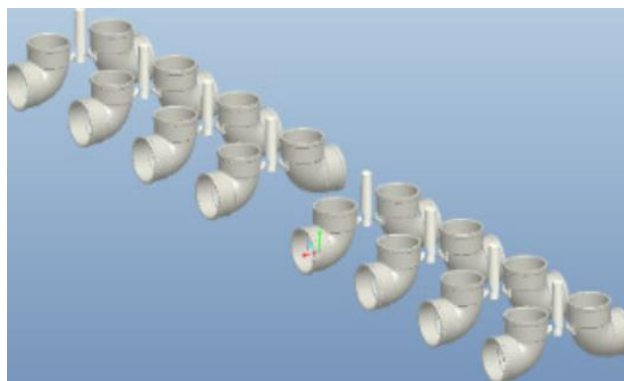


Figura 10 - Peças injetadas e canal de alimentação

Nota-se, em primeiro plano, a considerável redução na quantidade de material do canal de alimentação. O que era apresentado na Figura 9 como sendo mais da metade da injetada formada por galhada, agora na Figura 10 praticamente não se percebe a galhada, apenas uma quantidade mínima de material para poder compor a peça final.

As estimativas da simulação apresentaram redução para apenas 90g do canal de alimentação. Apesar da adoção de câmara quente, o escopo do projeto contou com 8 bicos injetores, onde cada bico formará 2 peças ao mesmo tempo. A escolha desta configuração de 8 bicos impactou consideravelmente no custo final do sistema. Após análise da equipe de projetos, foi dado o aceite para fabricação do sistema e alteração do molde. O período de alteração do molde ocorreu inicialmente em agosto de 2017. Toda a alteração ficou a cargo do fornecedor

de sistema de câmara quente, sendo finalizado em abril de 2018. A equipe de engenharia e de processos acompanhou todas as etapas de execução das alterações. Após a alteração do molde, ele foi entregue ao cliente para início de *tryout* para injetar em maio/2018. Desde os primeiros testes, o molde se comportou muito bem, com pequenas complicações. A principal melhoria do processo pode ser percebida comparando-se as Figura 11a e 11b, onde consegue-se visualizar de maneira mais clara a melhoria obtida com o sistema de injeção por câmara quente.



Figura 11a - Peças injetadas e canal de alimentação antes

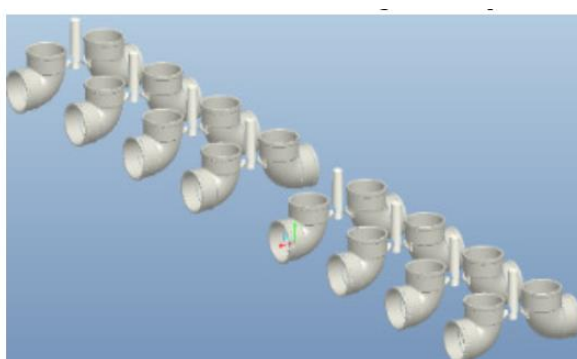


Figura 11b - Peças injetadas e canal de alimentação depois

Na Figura 12 é apresentado as peças injetadas em um ciclo do molde.



Figura 12 - Peças injetadas

A figura 12, apresenta os ajustes feitos na fixação da placa fixa do molde, pois como a placa aquece muito devido a câmara quente, esta placa dilatava e com isso vazava material pela lateral do molde durante o processo de injeção. Como solução foram colocados mais parafusos para fixar melhor a placa evitando assim que ela dilate com o aquecimento. Além dos resultados de processo (redução de tempo de ciclo), foi também calculado a redução de custos diretos e indiretos do processo. Os custos fixos reduziram cerca de 39% em relação à configuração anterior do molde e os custos variáveis reduziram em 10%. Na Tabela 1 é

apresentado o resumo dos valores alcançados com a melhoria.

	Custo por peça (R\$)	Tempo de ciclo (segundos)	Peso do canal de injeção
Antes	0,307	45	461,89
Depois	0,28	30	90
Melhoria %	8,79	33,34	80,51

Tabela 1 - Comparativo de valores do antes e depois da melhoria

Conforme Tabela 1, os maiores impactos percebidos diretamente na melhoria foram o tempo de ciclo (mais de 1/3 de melhoria) e o peso final do canal de injeção (tendo mais de 80% de redução no uso de matéria prima). Dados obtidos com a equipe de engenharia mostram que o investimento inicial de R\$ 170.000,00 terá seu retorno em 24 meses. Após análise das melhorias aplicadas no processo, identifica-se que a alteração é viável economicamente para a organização.

5. Conclusão

Neste mundo globalizado, onde as empresas precisam buscar meios de se manter competitivas, acirra cada vez mais cada organização a melhorar produtividade e reduzir custos nos processos produtivos. Para o ramo de empresas de injeção de termoplásticos, as melhorias acabam vindo em forma de melhorias ou nas máquinas injetoras, ou em melhorias de matéria prima ou em melhorias no ferramental – o molde de injeção. Destes três panoramas, o que mais influência ainda é o molde, onde todo esforço deve ser concentrado.

Desta maneira, buscou-se estudar alteração em um determinado molde de injeção, para que fosse realizada uma adequação do mesmo para uso com câmara quente, tornando o processo mais ágil (com redução do tempo de ciclo), possibilitando um aumento na produtividade dos processos e a minimização dos custos de fabricação.

Ao se comparar os dados anteriores do processo antes e depois da melhoria implantada, observou-se uma redução no tempo de ciclo em cerca de 33%, redução do custo da peça em 8,79%. Mas, o resultado mais impactante, é a redução de 80,51% do canal de alimentação – material este que sobra no processo de injeção e que, apesar de poder ser reutilizado, gera gastos para nova aplicação. Desta maneira, é possível afirmar que para este processo analisado, a aplicação de câmara quente se torna viável, tanto pela redução de custo quando pela melhoria na produtividade. A análise final do presente trabalho demonstra que, apesar do alto custo de alteração, é possível realizá-la, obtendo ganhos consideráveis.

Referências

BENEDITO, Silvio Ricardo. **Avaliação do uso de programas cad no projeto de molde para termoplásticos na região nordeste do estado de Santa Catarina**. 103 f. Dissertação (Mestrado), Sociesc, Joinville, 2010

CANGEMI, José M., SANTOS, Antonio M., CLARO NETO, Salvador. **Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. Química nova na escola**, 2005.

COSTA FILHO, Marcos M., PONTES, Heraclito L. J., ADRIANO, Fellipe F. Redução de custo de um processo de injeção numa empresa de embalagens plásticas através do estudo de tempos e métodos. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, 04 – 07 de outubro de 2011.

HARADA, Júlio. **Moldes para injeção de termoplásticos** – projetos e princípios básicos. 1a. Ed., São Paulo: Artliber Editora, 2004.

JUNG, Carlos F. **Metodologia Científica**: ênfase em pesquisa tecnológica. Disponível em: <<https://www.ft.unicamp.br/~epoleti/ST008/Metodologia%20F%1bio.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

LAKATOS Eva Maria; MARCONI Marina de Andrade. **Técnicas de Pesquisa**, São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, Jorge L. R., OLIVEIRA, João H. R. **Princípios da tecnologia da moldagem rotacional de plásticos**. Abepro, 1998.

PACHE, Robson. **Proposta de arranjo físico para uma indústria de transformação de termoplásticos baseado nos conceitos de manufatura enxuta**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Faculdade de Horizontina. Departamento de Engenharia de Produção. Horizontina, 2012.

SACHELLI, Cláudio M. **Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de moldes de injeção de termoplásticos**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

SOUZA, R.; SACHELLI, C.M. **Estudo Preliminar do Gerenciamento do Custo e do Prazo em Empresas Fabricantes de Moldes e Matrizes**. In: Congresso Brasileiro de Desenvolvimento e Gerenciamento de Produto, Gramado, 2003

TILMANN, Luciane. **Avaliação da viabilidade de utilização de resíduo de baquelite como componente de peças refratárias**. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tuiuti do Paraná. Departamento de Engenharia Ambiental. Curitiba, 2011