

# ESTUDO DE CASO DA IMPLANTAÇÃO DE CÂMARA QUENTE EM MOLDE TERMOPLÁSTICO

## CASE STUDY OF HOT RUNNER IMPLANTATION IN THERMOPLASTIC MOLD

**Abner Camargo Morais<sup>1</sup>**

**Douglas Bernardes dos Santos<sup>2</sup>**

**Gabriel Henrique Fonseca Silva Santos Oliveira<sup>3</sup>**

**Ricardo Favaro<sup>4</sup>**

**Roberto Giani Pattaro Junior<sup>5</sup>**

### RESUMO

No Brasil, a injeção plástica detém uma enorme fatia da economia, são produzidos nacionalmente inúmeros tipos de peças. No processo de injeção plástica do Nylon, a utilização de bucha fria proporciona um menor custo na fabricação do molde, porém, deficiências são notadas principalmente quando trata-se de peças técnicas. Este artigo, aborda o estudo de caso da implementação de um sistema de câmara quente em um molde de injeção plástica para gerar um aumento na produção e diminuição do impacto ambiental. O produto em questão trata-se de uma tubeira que incorpora uma máquina lavadora por alta pressão e possui sua fabricação em plástico PA6.6 a partir de injeção direta. Payback e cálculo de custos foram ferramentas utilizadas, resultando na redução do tempo ciclo em quase 40% e com um retorno do capital em 8 meses de produção, atrelados a uma menor degradação do meio ambiente no âmbito do descarte de canais de injeção e peças refugadas. O estudo abriu portas para novos projetos.

**Palavras-chave: PA6.6; câmara quente; injeção plástica; payback.**

---

<sup>1</sup> Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: abnermec@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: douglasbernardesantos@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange”. E-mail: gabrielhenrique12ckshopt@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor de Educação Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange” e Mestre em Engenharia Mecânica pela Unicamp. E-mail: ricardo.favaro@sp.senai.br

<sup>5</sup> Professor de Educação Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange” e Doutor em Engenharia Mecânica pela Unicamp. E-mail: roberto.gjunior@sp.senai.br

## ABSTRACT

In Brazil, plastic injection molding accounts for a huge share of the economy, with countless types of parts being produced domestically. In the nylon plastic injection molding process, the use of cold runners reduces the cost of mold manufacturing, but deficiencies are noted, especially when it comes to technical parts. This article discusses a case study of the implementation of a hot runner system in a plastic injection mold to increase production and reduce environmental impact. The product in question is a nozzle that incorporates a high-pressure washing machine and is manufactured from PA6.6 plastic using direct injection. Payback and cost calculation were the tools used, resulting in a reduction in cycle time of almost 40% and a return on capital in 8 months of production, coupled with less environmental degradation in terms of the disposal of injection channels and scrap parts. The study opened the door to new projects.

**Keywords: PA6.6; hot runner; plastic injection; payback.**

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 - Problema de pesquisa

O imenso avanço da tecnologia em processos de fabricação faz parte do cenário mundial no século XXI, com a injeção plástica, não é diferente. Em uma certa empresa, a produção da peça denominada tubeira, encara muitos desafios para se tornar mais competitiva aos olhos do mercado, seu processo de trabalho, possui um tempo ciclo de 118,5 segundos e o canal de injeção conforme figura 1a pesa 20% do total injetado por ciclo representando 50g. Em uma conta simples, a cada 10 mil ciclos, 500 quilos são descartados sem possibilidade de reutilização, em valores uma perda de 9 mil reais, devido ao uso de bucha fria, a estabilização do processo leva 36 minutos, ou seja, o descarte dos primeiros 20 ciclos, causando desperdícios de matéria prima e mão de obra. Este resíduo gera um grande volume de refugos, tendo em vista que a empresa não trabalha com a moagem deste polímero.

Figura 1a – Canal de injeção sem câmara quente.

Figura 1b – Novo canal de injeção pós implementação de câmara quente.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

### 1.2 - Objetivo(s)

Este estudo de caso, visa analisar a viabilidade técnica e econômica para a instalação de um sistema de câmara quente, onde, através do método de

PayBack, pode-se prever o tempo de retorno do investimento e seus respectivos benefícios. Após as modificações, os canais de injeção serão muito menores conforme figura 1b.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 - Sistema e matéria-prima**

O sistema de câmara quente, se resume em uma extensão do cilindro de plastificação da máquina injetora. Possui componentes como: buchas de injeção, manifolds, bicos, resistências elétricas e termopares, tornando-se essencial para a eficiência do processo. Segundo, Alexandre Farhan (2015) é através dele que se obtém êxito na injeção de peças complexas e de difícil preenchimento, principalmente para peças técnicas com materiais de engenharia como PBT, PA, PC, blendas etc.

De acordo com Fernandes (2009), a primeira poliamida foi sintetizada na DuPont, por um químico chamado Wallace Hume Carothers, em 1935. As poliamidas como nylon, aramidas, começaram a ser usadas como fibras sintéticas e depois passaram para a manufatura tradicional dos plásticos.

Fernandes (2009), afirma que o nylon reforçado PA6.6, é fabricado com resina PA66 e adição de 10-40% de fibra de vidro. Possui alta resistência ao desgaste e corrosão. Além disso, o material é dimensionalmente estável em alta temperatura de deflexão de calor, possui bom isolamento elétrico, boa suavidade de superfície e fácil moldagem.

Segundo Bonfim (2019), os custos da implementação da câmara quente em moldes plásticos, varia em torno de muitos aspectos, dentre eles o tamanho do molde, o fornecedor desejado (HRS, Mold Masters, Senventive) e a tecnologia empregada. Além do custo inicial do projeto de melhoria, se faz necessário considerar os custos operacionais com futuras manutenções e substituição de peças. A viabilidade de todo este processo, torna-se possível após a análise de pontos importantes, dentre eles estão:

- Benefícios;
- Compatibilidade;
- Riscos;
- Retorno financeiro.

Neste projeto, o benefício mais palpável é o aumento expressivo na produção, onde torna-se possível a economia de matéria prima, melhoria na qualidade do produto e redução de impactos ambientais.

### **2.2 - Teste de estanqueidade**

O teste de estanqueidade e colapso, lidam com uma problemática encontrada em processos que envolvem transporte ou armazenamento de fluidos e associada ao risco de vazamentos. Nas lavadoras de alta pressão, é imprescindível que os componentes sejam totalmente capazes de conter e suportar a pressão da água durante a utilização, garantindo boa performance e a segurança do usuário. Para minimizar essas ocorrências, a busca de técnicas

confiáveis que permitam a identificação e em algumas situações, a localização de vazamentos (Murvay; Silea, 2012; Kanes, 2016).

Neste estudo, o equipamento utilizado é relativamente simples, onde a tubeira é submetida a uma grande pressão tendo suas extremidades temporariamente obstruídas.

## 2.3 - PayBack

De acordo com Fant (2015), a teoria da Administração financeira fornece inúmeras fórmulas para avaliar a viabilidade de investimentos, podem-se ressaltar um dos mais utilizados no âmbito acadêmico e organizacional, a ferramenta Payback corresponde ao período necessário para que as entradas de caixa se igualem ao valor a ser investido, ou seja, o prazo de recuperação de um investimento.

No sistema de câmara quente aqui estudado, o Payback do projeto é essencial para a aprovação e implementação por parte da empresa. Onde, os lucros esperados tornam-se o ponto de partida para qualquer alteração em processos de fabricação.

Reforçando os fundamentos, segundo Assaf Neto (2003), consiste na determinação do tempo necessário para que o valor do investimento seja recuperado por meio dos fluxos de caixa promovidos pelo investimento, ou seja, é uma forma de avaliar a qualidade do investimento através do tempo que esse investimento leva para devolver o dinheiro investido. Isso, faz parte da metodologia e norma da empresa para uma administração eficiente.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 - Descrição do Processo

O processo de implementação do sistema de câmara quente, se consolidou a partir do estudo de viabilidade por meio dos custos e payback. Por sua vez, o processo de injeção anterior foi minuciosamente estudado para se obter um diagnóstico preciso.

Foi apontado o tempo ciclo de 118,5 segundos, conforme figura 4, e desenvolvida a tabela abaixo, onde, os números em vermelho representam possíveis etapas a melhorar:

Figura 4 – Ciclo de injeção com bucha fria

Ciclo de Injeção **118,5 segundos** ■ Etapas à melhorar

```
graph LR; A[Molde Fecha] -- 13s --> B[Canhão Avança]; B -- 5s --> C[Injeta]; C -- 4,5s --> D[Canhão Recua]; D -- 5s --> E[Dosa]; E -- 11s --> F[Recalque]; F -- 5s --> G[Molde Abre]; G -- 13s --> H[Extrai Peça]; H -- 5s --> I[Resfria Peça]; I -- 57s --> A;
```

Fonte: Elaboração própria, 2024.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 - Resultados no tempo ciclo de injeção

O tempo ciclo de injeção, tem uma elevada importância neste estudo, onde, sua redução é uma das principais melhorias buscadas durante o processo de implementação do sistema de câmara quente.

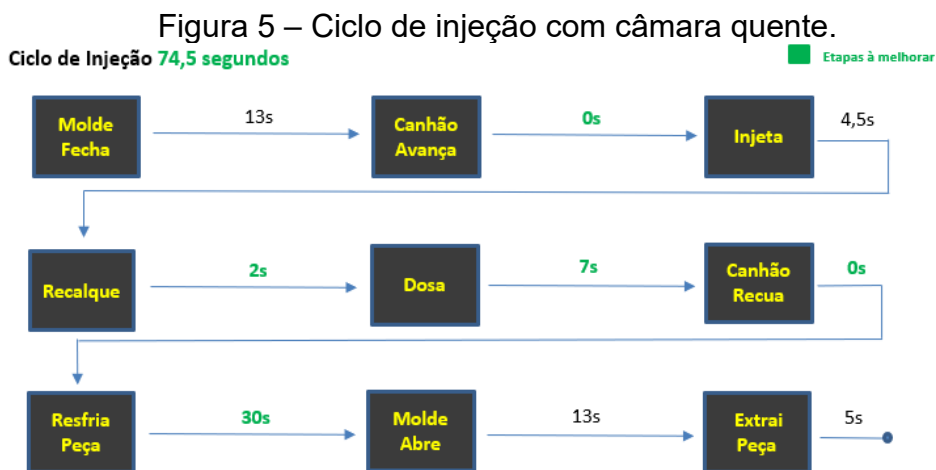
Após a chegada do molde, iniciou-se o processo de tryout, que consiste na injeção do produto, dimensional e testes de resistência mecânica. Os parâmetros da máquina injetora também foram desenvolvidos a partir das novas dimensões do molde, confira na tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo de parâmetros do processo de injeção.

Parâmetros	Antes das modificações	Após modificações	% Melhoria em seg.
Fechamento de molde	13s	13s	0%
Avanço e canhão	5s	0s	100%
Recuo de canhão	5s	0s	100%
Tempo de injeção	4,5s	4,5s	0%
Velocidade de injeção	70mm/s	46mm/s	34%
Pressão de injeção	80bar	58bar	27,50%
Tempo de recalque	5,7s	2s	64,90%
Tempo de resfriamento	57s	30s	47,30%
Tempo de dosagem	11s	7s	36,30%
Abertura de molde	13s	13s	0%
Tempo de extração	5s	5s	0%
Total Tempo de ciclo	118,5s	74,5s	37,10%

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Através do novo ciclo de injeção (37,5% menor), operações como avanço e recuo da unidade de injeção (canhão) foram eliminadas do processo, assim, contribuindo com a grande redução de tempo. É possível observar nos pontos destacados em verde, conforme figura 5, as etapas que foram otimizadas.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Após a implementação do sistema de câmara quente conforme figura 6, o processo de avanço e recuo do canhão foi removido. O parâmetro de pressão de injeção, que, anteriormente estava configurado em 70 bar, agora encontra-se em 58 bar o recalque teve uma redução de tempos de 5,7 para 2 segundos. Os parâmetros de dosagem e resfriamento, também foram reduzidos.

Figura 6 – Molde após implantação da câmara quente



Fonte: Elaboração própria, 2024.

## 4.2 - Resultados financeiros

O principal fator para determinar o prazo de retorno do investimento, é a demanda de produção mensal e sua previsão anual. Neste caso, por meio do sistema SAP da empresa, foi verificado que este valor se encontra em 3901 peças mensais pelos próximos 12 (doze) meses, totalizando 975,25 ciclos/mês. Assim, este dado foi utilizado para o cálculo de Payback.

O valor de investimento total do projeto é de R\$ 72.000,00 entre desenvolvimento e aplicação. Tendo em vista os valores atualizados após todo o processo de implementação do sistema de injeção por câmara quente, dados foram coletados e aplicados a uma ferramenta de Payback conforme tabela 2.

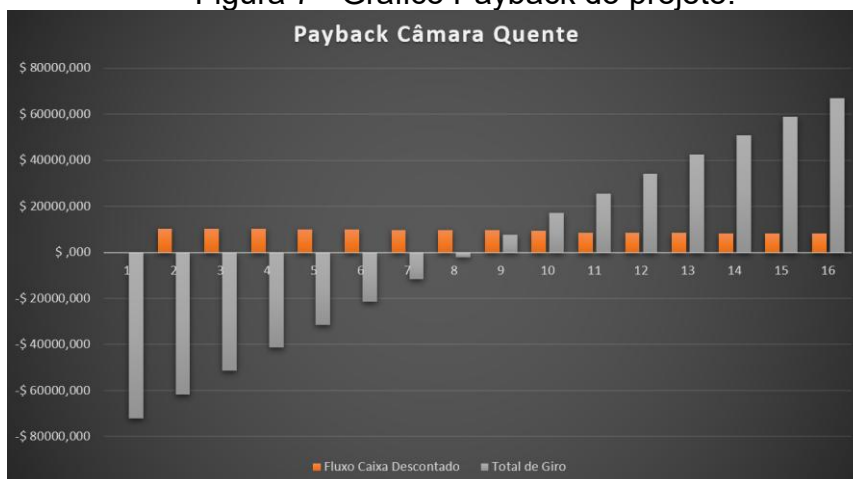
Tabela 2 – Dados para payback.

Itens	Valores (R\$)
Valor ciclo injeção (4 tubeiras)	48,64
Salário operador	1960,00
Salário operador c/encargos	3920,00
Valor matéria prima Kg	26,50
Quantidade matéria prima kg/mês	1250,00
Tempo ciclo em segundos	74,50
Valor investimento total	72000,00
Demanda de ciclos/mês prevista	975,25
Receita bruta	47436,16
Minutos trabalhadas	1210,94
Horas trabalhadas	20,18
Custo mensal matéria prima	33125,00
Receita líquida	10391,16

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Assim, pôde ser comprovado pelo gráfico abaixo que o Payback foi alcançado entre os meses 7 e 8, sendo que o ponto de corte (prazo máximo para retorno) foi definido pela administração em 12 meses conforme figura 7. Também pôde ser concluir que o valor do investimento realizado, dobrou por volta do 16º mês.

Figura 7 - Gráfico Payback do projeto.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

## 5 CONCLUSÃO

Este artigo discutiu a implementação de um sistema de câmara quente em um molde de injeção plástica, com o objetivo de aumentar a produção e minimizar os efeitos ambientais. Para avaliar a viabilidade do sistema, foram usadas ferramentas como cálculo de custos e reembolso. O conceito de bucha fria é um método de fabricação de moldes mais econômicos, mas foi observado que apresenta deficiências significativas, especialmente em componentes técnicos que exigem certa precisão. O sistema de câmara quente, pôde não apenas reduzir estes problemas, mas também aumentou a qualidade das peças produzidas. Com isso, foi reduzido o desperdício de matéria prima, promovendo uma produção mais sustentável. Os resultados indicam que, apesar do gasto inicial de 72 mil reais, a adoção desta tecnologia foi justificada em 8 meses, pois, aumentou a competitividade através do novo ciclo de injeção reduzido em 37,5% e sustentabilidade da produção da peça em questão. Durante o desenvolvimento deste estudo, fatores desafiadores como tempo disponível para realizar medições e documentar etapas fizeram parte do processo, algumas informações confidenciais do projeto e parâmetros personalizados de máquinas também se fizeram presentes dificultando a jornada.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASSAF NETO, Alexandre; SILVA, César Augusto Tibúrcio. **Administração do capital de giro**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- BONFIM, Vitória. **Otimização de custos no processo de um molde de injeção plástica: estudo de caso em uma indústria de termoplásticos**, 2019.
- FANT, L.D., et al. (2015). **O uso das técnicas de valor presente líquido, taxa de interna de retorno e payback descontado: um estudo de viabilidade de investimentos no grupo Breda Ltda**. 1142-1157.

FARHAN, Alexandre. Transformação: **O que é uma câmara quente?** Plástico.com.br, 2015. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/transformacao-camara-quente-exige-qualificacao/#:~:text=Um%20sistema%20de%20c%C3%A2mara%20quente,para%20a%20efici%C3%A2ncia%20do%20sistema>. Acessado em: maio de 2024.

FERNANDES, Roger; SANTO, Ana Maria E. **Comportamento das propriedades físicas da poliamida 6.6 (nylon 6.6) após a reciclagem.** XII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação, 2009.

Hot Runner Socket & Plug Inserts - 16 Poles - 16 Amperage. Disponível em: <https://guvenal.net/en/hot-runner-socket-plug-inserts-16-poles-16-amperage>. Acesso em: 17 set. 2024.

MURVAY, Pal-Stefan; SILEA, Ioan. A survey on gas leak detection and localization techniques. 2012.

## **SOBRE OS AUTORES**

### **i ABNER CAMARGO MORAIS**



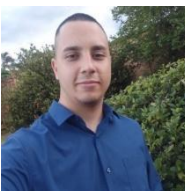
Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange” (2024). Tem experiência na área de ferramentaria de moldes de injeção plástica e alumínio. Atua como ferramenteiro de moldes na empresa Marelli.

### **ii DOUGLAS BERNARDES DOS SANTOS**



Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange” (2024). Tem experiência na área de injeção plástica. Atua como operador técnico na empresa Kärcher Brasil.

### **iii GABRIEL HENRIQUE FONSECA SILVA SANTOS OLIVEIRA**



Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade de Tecnologia SENAI “Roberto Mange” (2024). Tem experiência na área de ferramentaria de estampo. Atua como programador e operador CNC de eletro erosão a fio na empresa L.A Usinagem.

### **iv RICARDO FAVARO**



Mestre em Engenharia Mecânica na UNICAMP, especialista em Projeto, Manufatura e Análise de Engenharia Auxiliada por Computador (CAD/CAM/CAE) pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica de São Caetano do Sul (2015). Graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Anhanguera (2012). Professor de Educação Superior na Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange".

#### v **ROBERTO GIANI PATTARO JUNIOR**



Doutor em Engenharia Mecânica pela Unicamp (2024). Mestre em Engenharia Mecânica pela Unicamp (2019). Especialista MBA - em Gestão da Produção e Qualidade pela FGV (2015). Graduação em Engenharia de Produção - Anhanguera Educacional - Campinas (2010). Atualmente é Professor de Educação Superior no SENAI - SP. Grande experiência na área de Engenharia Mecânica, de manufatura e de Produção. <https://orcid.org/0000-0003-4992-1006>.