



O Impacto da digitalização no processo produtivo de injeção plástica

The Impact of digitalization on the plastic injection production process

Nilson José de Oliveira Júnior¹

Léo Fernando Castelhana Bruno²

Sandro Breval Santiago³

Manoel Carlos de Oliveira Júnior⁴

Orlem Pinheiro de Lima⁵

Resumo

A competitividade perpassa vários fatores organizacionais, dentre eles o controle por meio de indicadores da produtividade. Nesse sentido, a digitalização da manufatura tornou-se necessária para o efetivo controle da função de produção nas indústrias. Com essas premissas, o presente estudo procurou avaliar o impacto da digitalização na gestão da produção em uma empresa do Polo Industrial de Manaus que utiliza a injeção plástica como processo produtivo. Para avaliar o grau de impacto da digitalização foram coletados dados e a forma de controle do processo, por meio dos registros históricos da produção nos últimos seis meses. As variáveis consideradas foram: índice de rejeição por problemas de qualidade, produtividade e custos de produção. Com a digitalização do processo de gestão, os resultados mostraram

¹ Doutorado em Administração pela Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária (FEA-USP), Universidade do Estado do Amazonas, CEP: 69850-000, R. Bloco Um e Três, 4-40, Platô do Piquiá, Boca do Acre - AM, CEP: 69850-000. E-mail: njoliveira@uea.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5799-4411>

² Doutorado em Administração, Californian American University, Fundação Dom Cabral.

E-mail: leobruno@fdc.org.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5943-1409>

³ Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus - AM, CEP: 69067-005. E-mail: sbreval@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0184-9845>

⁴ Doutorado em Gestão da Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus - AM, CEP: 69067-005. E-mail: manoelcarlos@ufam.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4630-0810>

⁵ Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade do Estado do Amazonas, Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200, Coroado I, Manaus - AM, CEP: 69067-005. E-mail: olima@uea.edu.br
Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-1007-0734>

melhoria no índice de defeitos, aumento das quantidades produzidas e redução de custos de produção.

Palavras-chave: Digitalização. Índice de Rejeição da Qualidade. Produtividade. Custos.

Abstract

Competitiveness permeates several organizational factors, including control through productivity indicators. In this sense, the digitization of manufacturing has become necessary for the effective control of the production function in industries. With these premises, the present study sought to evaluate the impact of digitization on production management in a company in the Industrial Pole of Manaus that uses plastic injection as a production process. In order to assess the degree of impact of digitization, data and the way in which the process was controlled were collected through historical production records in the last six months. The variables considered were: rejection rate due to quality problems, productivity and production costs. With the digitization of the management process, the results showed an improvement in the rate of defects, an increase in the quantities produced and a reduction in production costs.

Keywords: Digitization. Quality Rejection Rate. Productivity. Costs.

Introdução

Apesar de alguma incerteza quanto ao destino dos sistemas da indústria manufatureira, as novas ferramentas e características que constituem tais sistemas têm colaborado para reordenar segmentos inteiros da economia, privilegiando as empresas que investem em inovação e na utilização do conhecimento (ARBIX et al, 2017).

Ainda que o Brasil seja um novo entrante no que concerne à utilização da manufatura 4.0, faz-se mister conhecer as especificidades de empresas que iniciam o processo de adoção da inovação e do conhecimento como base para o incremento de suas operações manufatureiras.

Especificamente no segmento da indústria de injeção plástica, a moldagem por injeção é o processo mais importante para a fabricação de produtos moldados em plástico. O equipamento necessário consiste em dois elementos principais, a máquina de moldagem por injeção e o molde de injeção (MATA; ARAÚJO; SOUZA, 2019; UJIHARA; CARDOSO; CHAVES, 2017).

As máquinas de moldagem por injeção usadas hoje são as chamadas máquinas universais, nas quais vários moldes para peças plásticas com diferentes geometrias podem ser montados, dentro de certos limites de dimensão, ressalva-se, entretanto, que o projeto do molde de injeção deve se adaptar de acordo com os produtos plásticos. Para diferentes geometrias de moldagem geralmente são necessárias diferentes configurações de molde. A principal tarefa de um molde de injeção é moldar o material fundido na forma final do produto plástico (BRUCIAPAGLIA; FARINZES; CURY, 2000).

Esta tarefa é cumprida pelo sistema de cavidades que consiste em núcleo, cavidade, insertos e cabeçotes deslizantes/elevadores. As formas geométricas e os tamanhos do sistema de cavidades são determinados diretamente pelo produto moldado de plástico, de modo que todos os componentes de um sistema de cavidades são chamados de peças dependentes do produto (aqui em diante, produto se refere a um produto moldado em plástico, parte se refere ao componente de um molde de injeção) (BRUCIAPAGLIA; FARINZES; MATA; ARAÚJO; SOUZA, 2019)

Além da tarefa principal de moldar o produto, um molde de injeção também deve cumprir uma série de tarefas, como a distribuição do material fundido, resfriamento do material, ejeção do produto moldado, transmissão de movimento, orientação e alinhamento das metades do molde. As peças funcionais para cumprir essas tarefas são geralmente semelhantes em estrutura e forma geométrica para diferentes moldes de injeção (UJIHARA; CARDOSO; CHAVES, 2017; MATA; ARAÚJO; SOUZA, 2019).

Suas estruturas e formas geométricas são independentes dos produtos plásticos moldados, mas seus tamanhos podem ser alterados de acordo com os produtos plásticos. Portanto, um molde de injeção é na verdade um conjunto mecânico que consiste em peças dependentes do produto e peças independentes do produto. Como consequência, conforme é afirmado por Mata; Araújo; Souza (2019), a tecnologia e o desenvolvimento tecnológico são diretrizes fundamentais para o progresso e para a evolução da sistemática e dos processos industriais de moldagem por injeção plástica (BRUCIAPAGLIA; MATA; ARAÚJO; SOUZA, 2019; UJIHARA; CARDOSO; CHAVES, 2017).

Nesse campo, dentre as várias aplicações da automatização nas indústrias, pode-se citar o processo de injeção plástica, em que pese serem exigidos desempenhos significativos através dos processos realizados. Automação, em conceito e fundamento, trata-se da “aplicação de tecnologias de software, hardware e equipamentos específicos em processos produtivos” (MATA; ARAÚJO; SOUZA, 2019, p. 66).

Não obstante as especificidades da injeção plástica, de um modo geral a indústria, e os processos produtivos nela inseridos, é um dos setores mais afetados pela digitalização, por meio do desenvolvimento de novas tecnologias que podem aumentar a produtividade e melhorar os processos operacionais (ABDALLAH; SHEHAB; ASHAAB, 2021).

Os ajustes errôneos dos parâmetros supracitados, durante o processo de regulação na máquina de injeção plástica geram, invariavelmente, perdas de qualidade, que são caracterizadas pela quantidade de peças defeituosas, os rejeitos, e, portanto, o processo fabril não-digitalizado dificulta a responsividade e sobretudo a capacidade produtiva.

Nesse cenário, para melhor visualização e controle da produção se fez necessária a presença de um sistema de informações e indicadores que estivessem alinhados com a realidade organizacional do negócio e ao fácil entendimento dos gestores. Nessa linha, o sistema de informação ISM (*Injection Solution Monitoring*) implementado ofereceu importante apoio no controle de execução, no preenchimento de lacunas nos demais recursos e práticas da manufatura, contribuindo para o gerenciamento fabril (JEMIELNIAK ET AL., 1999).

O ISM pode auxiliar as organizações na identificação e atingimento de resultados em suas prioridades competitivas, juntamente ao processo produtivo, pois oferece meios alternativos, proporcionando melhorias no processo de tomada de decisão por meio da coleta de dados e visualização da produção em tempo real (on-line).

Nessa perspectiva, a realização da presente pesquisa tem por objetivo explicitar como a inserção do Sistema ISM impactou a gestão da produção em uma empresa do setor de injeção plástica, criando um controle efetivo e remoto da produção e facilidade para geração de relatórios de desempenho como Overall Equipment Effectiveness (OEE), Key Performance Indicator (KPI), entre outros (CAETANO, A. G. L. S., MEIRELES, G. S. C., OLIVEIRA, J. F. G., & LEÃO E SOUZA, 1999).

No modelo anterior de produção da empresa objeto de estudo não existia controle de modo remoto da produção e de apontamento de peças. Para consulta dos itens produzidos, era necessário verificar o andamento da produção em cada máquina, cujas informações constavam nas respectivas Ordens de Produção. Já a avaliação do desempenho do setor de injeção, realizava-se somente em dia posterior, pois não existia um indicador on-line da produção, ou seja, não havia possibilidade de apresentar os tempos reais de ciclo das máquinas em comparação ao tempo de ciclo pré-estabelecido.

Estruturalmente, além desta introdução, esta pesquisa se consolida em mais três seções, a saber: referencial teórico – que elenca as disposições teóricas; a metodologia

científica, que caracteriza a pesquisa como um estudo de caso, em seguida traz os resultados e discussão deste estudo *in loco*, e, por fim, a conclusão, onde se apresentam as considerações finais compreendidas, finalizando as notações científicas que aqui foram distribuídas. A seguir, tem-se o referencial teórico.

Referencial Teórico

Por meio do referencial teórico apresentado são abordadas as temáticas que caracterizam o setor de injeção plástica e os conceitos concernentes à digitalização da manufatura.

2.1 A manufatura no setor de injeção plástica

A indústria de plásticos e modelagem no Brasil gerou uma receita de R\$ 90,8 bilhões em 2021, um aumento de cerca de 5,5% em relação ao ano anterior. Na primeira metade da década, a receita do setor teve um aumento contínuo, chegando a quase R\$ 97 bilhões em 2014. No entanto, essa tendência foi interrompida, após a crise econômica que atingiu o país naquele ano. Em 2020, a produção de plásticos processados no Brasil foi de 7,3 milhões de toneladas (STATISTA, 2020).

O relatório global do mercado Plásticos e Modelagem de engenharia do Brasil 2022 também indica o consumo de importação/exportação, oferta e demanda, custo, preço, receita e margens brutas. Em que pese essas informações, ocorreu evolução de saldo de 6,8% entre 2021 e 2022, devido à maior demanda de modelagem gerada pelo uso de artefatos hospitalares e pela reinicialização da pandemia (BRAZIL ENGINEERING PLASTICS, 2022).

Dito isto, o tamanho do mercado global de plástico foi avaliado em US\$ 593,00 bilhões em 2021. Espera-se que se expanda a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 3,7% de 2022 a 2030. O crescente consumo de plástico na construção, automotivo e eletroeletrônicos é projetado para apoiar o crescimento do mercado durante o citado período de previsão. Regulamentos para diminuir o peso bruto de veículos, visando melhorar a eficiência do consumo de combustível e, eventualmente, reduzir as emissões de carbono estão impulsionando o consumo de plástico e modelagem como substituto de metais, incluindo alumínio e aço, para a fabricação de componentes automotivos (BRAZIL ENGINEERING PLASTICS, 2022)

A alta participação de mercado do Brasil é atribuída à presença das indústrias automotiva, aeroespacial e eletrônica. O país é caracterizado por um ambiente de baixo risco, uma economia estável e um setor financeiro robusto. Esses fatores proporcionaram oportunidades para os investidores nos últimos anos, que provavelmente desencadearão gastos com infraestrutura no país. Isso, por sua vez, deve impactar positivamente a demanda por plásticos na indústria de construção do Brasil (STATISTA, 2020).

A população crescente, juntamente com a rápida urbanização e industrialização nas economias emergentes, tem impulsionado os governos federais a aumentar seus gastos com construção para atender às crescentes necessidades de infraestrutura. O aumento dos gastos com construção por parte dos governos, principalmente na China e na Índia, impulsionará a demanda por plástico em aplicações de infraestrutura e construção (STATISTA, 2020).

Considerando a importância da injeção plástica, pesquisas têm sido realizadas no intuito de identificar parâmetros de controle do processo de moldagem plástica que mais decorrem em problemas de qualidade nos produtos. No caso do objeto de estudo desta pesquisa, a manufatura baseada na injeção plástica (Figura 1), os principais parâmetros de controle são: o tempo de ciclo, que se constitui como o tempo necessário para completar o ciclo de injeção; a velocidade de injeção, que é a velocidade de avanço do pistão da máquina injetora; o tempo de injeção, caracterizado como o tempo que a máquina utiliza para realizar a operação de injeção e, eventualmente, o recalque da peça injetada; o tempo de resfriamento, que é o tempo que a máquina permanece parada e, ao mesmo tempo, água industrial (gelada) ou água normal que circula pelo molde; a temperatura do molde, que apresenta-se como um fator controlado pela quantidade de água que passa pelos canais de circulação do molde; a temperatura da máquina, que é a temperatura do cilindro da máquina que determina a temperatura do material que será injetado no molde; a pressão de injeção, percebida como a pressão com que o material é injetado no molde; pressão de fechamento, conceituada como a pressão utilizada para regular e fechar o molde; e a pressão de recalque vista como a pressão que atua dentro do tempo de recalque (GALDAMEZ; CARPINETTI, 2004).

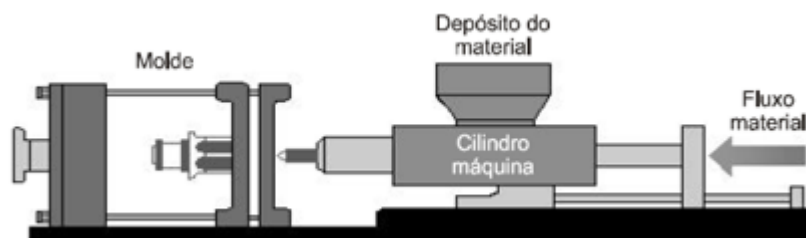


Figura 1 – Processo de moldagem plástica por injeção

Fonte: Galdamez e Carpinetti, 2004.

2.2 Interoperabilidade e a digitalização da manufatura

Com o intuito de aprimorar os sistemas de manufatura, o direcionamento dos esforços empresariais se voltou para aumentar a interoperabilidade das operações. Assim, o processo de integração na manufatura prevê a organização de um sistema completo que envolva seres humanos e máquinas, não apenas no nível operacional, mas também em termos de gestão e corporativos. Entretanto, é comum se observar vários níveis de interoperabilidade nas empresas manufatureiras que vão desde sistemas isolados até um ambiente integralmente interoperável, assim, o nível ou o grau em que uma empresa se encontra quanto à interoperabilidade é denominado maturidade de interoperabilidade organizacional (OIM) (PANETO; MOLINA,2008).

Um dos principais esforços para o desenvolvimento da interoperabilidade está focado na arquitetura de sistemas, implementados por meio de ferramentas de softwares, que impulsionam os resultados por meio das interfaces criadas (RAY; JONES, 2006). Na visão de Jardim-Gonçalves, Grilo e Popplewell (2016) a manufatura, em nível global, depende da interoperabilidade dos sistemas e de suas aplicações, sendo os sistemas manufatureiros reconhecidos como um fator de alto impacto na produtividade das empresas.

Assim como em outros subsistemas organizacionais a manufatura, no decorrer dos anos, vem passando por mudanças que buscam aperfeiçoar suas atividades. Yoo et al (2012) afirma que a transformação digital contempla tanto a digitalização de processos, visando a eficiência, quanto a inovação digital, com foco no aprimoramento de produtos físicos. As inovações tecnológicas que moldam a indústria avançada são norteadas por novos processos digitais, altamente integrados e intensivamente automatizados (ARBIX et al, 2017).

Nesse diapasão a Manufatura Integrada por Computador (CIM), surge como a automatização completa da indústria, na qual todos os processos são controlados por computadores ou sistemas computadorizados e a informação decorrente apresenta-se na forma digital (MOURA JÚNIOR, 1996)

Isto posto, valoriza-se de maneira crescente, na academia e na indústria, a necessidade de entender como as novas tecnologias digitais podem ser bem utilizadas para melhorar a eficiência e a competitividade (ASHARAFIAN et al, 2019).

Berghaus e Back (2016) salientam que a transformação digital é uma mudança que ocorre em vários níveis, por meio das tecnologias digitais que venham a melhorar os processos existentes, bem como pelo uso da inovação. Ainda quanto à temática, a transformação digital afeta múltiplas áreas organizacionais e *stakeholders* envolvidos (BERGHAUS; BACK, 2016).

O processo de digitalização ou transformação digital, apesar das diferentes concepções na literatura, pode ser entendida a partir da percepção dos autores apresentados no Quadro 1.

Definição	Autor
A estratégia de Transformação Digital é um plano que apoia as empresas na gestão das transformações que surgem devido à integração das tecnologias digitais, bem como em suas operações após uma transformação.	Cimini et al., 2017
A transformação digital é definida como uma mudança organizacional para análise de big data, nuvem, dispositivos móveis e plataforma de mídia social. Considerando que as organizações estão continuamente se transformando e evoluindo em resposta ao cenário de negócios em constante mudança, a Transformação Digital são as mudanças construídas no base das tecnologias digitais, introduzindo mudanças únicas nas operações de negócios, processos e criação de valor.	Nwankpa & Roumani (2016)
Transformação Digital é a transformação profunda e acelerada das atividades de negócios, processos, competências e modelos para alavancar totalmente as mudanças e oportunidades trazidas pelas tecnologias digitais e seu impacto na sociedade de forma estratégica e priorizada.	Demirkan et al. (2016)
A Transformação Digital é uma mudança induzida pela tecnologia em muitos níveis na organização que inclui tanto a exploração de tecnologias digitais para melhorar os processos existentes quanto a exploração da inovação digital, que pode potencialmente transformar o modelo de negócios.	Berghaus & Back (2016)
A utilização das novas tecnologias digitais, de forma a permitir melhorias significativas nos negócios operações e mercados, como melhorar a experiência do cliente, simplificar operações ou criando modelos de negócios.	Paavola et al. (2017)
Alterações fundamentais nos modelos de negócios existentes e a criação de novos modelos de negócios em resposta para a difusão de tecnologias digitais, como computação em nuvem, internet móvel, mídia social, e grandes dados.	Mittal et al., 2019
Transformação Digital é sobre a adoção de tecnologias disruptivas para aumentar a produtividade, criação de valor e bem-estar social.	Cachada et al., 2019
A Transformação Digital é um processo que visa melhorar uma entidade desencadeando mudanças em suas propriedades por meio de combinações de informação, computação, comunicação, e tecnologias de conectividade.	Vial (2019)

Quadro 1- percepções sobre a digitalização da manufatura

Fonte: Abdallah, Shehab e Ashaab, 2021.

Em consequência da digitalização da manufatura ocorre a redução de custos e o desenvolvimento, por meio do auxílio dos sistemas de gerenciamento da cadeia produtiva e em todas as operações organizacionais (PERINI; SUSI, 2004). Apesar disso, frequentemente as novas tecnologias são adotadas a partir de um modelo de “tecnologia *push*”,

onde os processos são adaptados para se adequarem às novas tecnologias (ASHARAFIAN et al, 2019).

Considerando esses aspectos a presente pesquisa incursionou no estudo do impacto causado pela transformação digital na manufatura de uma empresa do Polo Industrial de Manaus e o ferramental metodológico é descrito a seguir.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa caracterizada como um estudo de caso. Neste sentido, segundo DOOLEY (2002), um estudo de caso é uma pesquisa que avalia várias disciplinas que usam o método de investigação próprio para desenvolver teoria, para produzir nova teoria, para contestar ou desafiar teoria, para explicar uma situação, para estabelecer uma base de aplicação de soluções para situações, para explorar, ou para descrever um objeto ou fenômeno.

No estudo em tela, teve-se como objetivo identificar qual o impacto causado pela implantação do sistema *ISM – Injection Solution Monitoring* e como a inserção dessa inovação pôde contribuir para a adequada gestão da produção no setor de injeção plástica, por meio do controle da produção, de maneira remota, e do manuseio de dados e informações concernentes ao setor produtivo de uma empresa do PIM.

Os dados da produção foram obtidos por meio de solicitação à empresa, com anuência da alta direção. Os dados referem-se ao período de uma semana do mês de julho de 2022 e foram coletados no ISM. Os dados anteriores à digitalização foram extraídos, randomicamente, do período de uma semana de março de 2022.

O estudo evidencia as melhorias ocorridas numa peça piloto. Inicialmente, fez-se uma análise crítica de projeto para identificar o material escolhido (ABS) e se as tolerâncias dimensionais lineares e geométricas estavam dentro das recomendações do *MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA* (1969) em função do material da peça, suas dimensões e posição no molde. Procedeu-se a verificação do processo de injeção, para evidenciar se o molde foi bem projetado e se os parâmetros estavam dentro de recomendações técnicas, particularmente no que tange ao tempo de resfriamento, fundamental para assegurar cumprimento das especificações da qualidade, bem como determinação do tempo padrão do ciclo de injeção, que afeta o custo industrial.

Resultados

Segundo as recomendações do *CFT – CENTER FOR TECHNOLOGY/PHILIPS* (1980) o tempo de resfriamento a ser usado no processo depende do material (ABS), da espessura média da peça, da temperatura do cilindro e da temperatura do molde, existindo uma faixa recomendada para cada espessura, conforme Gráfico 1, a seguir:

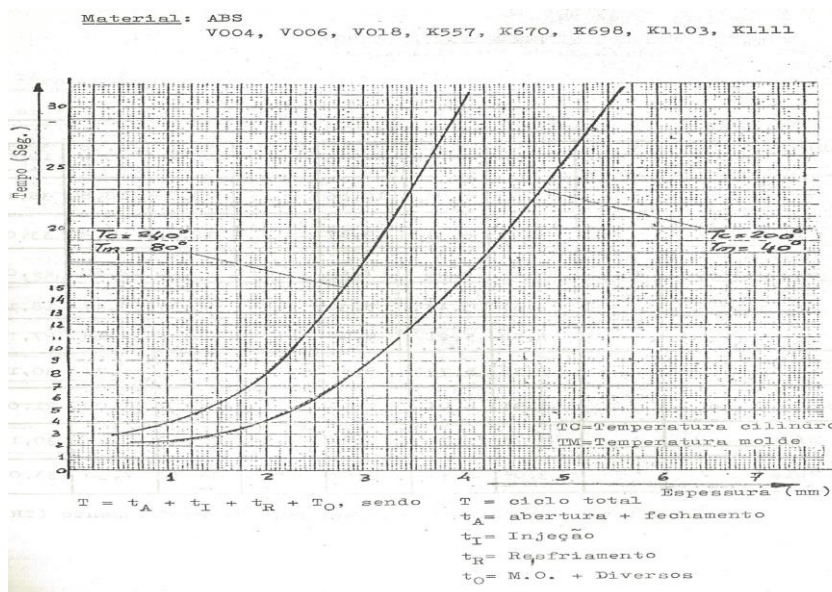


Gráfico 1 – Tempo de resfriamento em função do material da peça e espessura

Fonte: *CFT – Center for Technology/Philips*.

Para a peça piloto em questão, cuja espessura média é de 2,5 mm e peso 220 gramas, o tempo de resfriamento, recomendado pelo Gráfico 1, deve se situar entre 6 e 12 segundos, sendo que no caso foi definido 12 segundos contra 17 segundos utilizado anteriormente.

O sistema de coleta de dados automático foi instalado na empresa com a função de identificar problemas, registrá-los e demonstrá-los como informação. Desta forma os problemas são percebidos em tempo real e, com essas informações, as equipes de apoio podem solucioná-los. O sistema instalado na empresa foi o sistema *ISM – Injection Solution Monitoring*, como mostrado na Figura 2.



Figura 2 – Display evidenciando os dados coletados das máquinas
 Fonte: ISM.

O sistema permite o monitoramento por máquina, molde e parâmetros selecionados de desempenho. O procedimento de coleta dos dados através do sistema automático é simples e rápido. Utilizando um computador ligado à rede corporativa pode-se acessar ao banco de dados e solicitar ao software a elaboração dos gráficos conforme a necessidade. A Figura 3 evidencia outros parâmetros para os grupos operacionais monitorarem a produção em tempo real.



Figura 3 – Visualização de outros parâmetros de produção
 Fonte: Primária.

A Figura 3 mostra, por máquina, outros parâmetros relevantes para acompanhamento da produção, tais como: quantidades produzidas ao longo do tempo, bem como níveis e tipos de defeitos por hora.

Na peça piloto escolhida teve-se um ganho qualitativo, vide Tabela 1, em função do controle estatístico da qualidade por dominação onde amostras eram tiradas e avaliadas hora-a-hora, inspecionadas segundo uma IPI – Instrução para Inspeção, e os defeitos encontrados

informados ao sistema através da leitura dos códigos de barras relativos aos defeitos, conforme classificação uniforme de defeitos.

Tipo de controle	Peças defeituosas
Sistema Manual (%)	5
Sistema ISM (%)	4
Redução (%)	20

Tabela 1 – Nível da Qualidade

Fonte: ISM.

Como evidencia a Tabela 1, houve uma melhoria de 20 (%) no nível da qualidade, o que minimiza os custos de falha interna no custo total da qualidade, contribuindo com redução no custo industrial, minimizando retrabalhos ou perdas definitivas de material. Este fato ocorreu porque a informação flui mais rapidamente por meio do monitoramento digitalizado, permitindo ações corretivas com mais rapidez.

Outro ganho em função do controle e monitoramento em tempo real foi no aumento das quantidades produzidas em função da otimização do processo através da redução do tempo de ciclo pela redução do tempo de resfriamento para o material em questão usado na peça piloto (ABS), através do acerto do par temperatura do cilindro e do molde, conforme evidenciado na Tabela 2, a seguir.

Sistema Manual (segundos)	49,0
Sistema ISM (segundos)	43,0
Ganho (%)	12,2

Tabela 2 – Melhora no tempo do ciclo de injeção

Fonte: ISM.

Como mostra a Tabela 2, houve um ganho no tempo de ciclo de 12,2 %, aumentando, portanto, a produtividade, mais uma vez em função da digitalização do processo, que permite em tempo real acompanhar o comportamento dos parâmetros do processo.

Os resultados de qualidade e eficiência configuram-se como um importante indicador de desempenho da produção. Estes resultados, somados com os ganhos possíveis em toda a área de plásticos, reduzirão os custos industriais da empresa.

Conclusões

NO mercado competitivo atual, as empresas buscam o melhor aproveitamento do parque fabril reduzindo assim investimentos e custos de produção. Ao final desta pesquisa

fica evidente que a utilização do sistema de monitoramento automático do processo contribuiu para o melhor aproveitamento da máquina avaliada da linha de injeção, que se estenderá a toda a área de injetoras. Os valores encontrados são representativos, pois houve um aumento de produção sem investimentos em novas máquinas ou mão de obra.

A evolução da gestão da produção é contínua visto que os métodos antigos, com registros totalmente manuais, apresentavam problemas, como a necessidade de tempo para que os operadores fizessem os apontamentos, o lento fluxo de informações, o envolvimento de muitas pessoas, o risco de apontamentos incorretos, a falta de acompanhamento histórico e, também, a falta de apontamentos, além da demora na tomada de medidas corretivas.

O sistema automatizado ISM se destaca em relação ao modelo antigo (manual e planilhas), pois as informações sobre os apontamentos são disponibilizadas na tela do computador rapidamente e com reduzido risco de erro, facilitando assim o fluxo e a gestão da informação do processo produtivo da empresa. Outro ganho é que o gestor da produção e todos da equipe de apoio possuem acesso às mesmas informações. A grande variedade de gráficos que o sistema disponibiliza é importante para o processo de tomada de decisão e identificação de perdas. Ao final deste estudo de caso verificou-se que o sistema de monitoramento automático de máquina propicia ganhos produtivos e coopera para gestão dos dados das máquinas, facilitando assim o processo de tomada de decisão e o fluxo de informação.

A empresa, na qual foi realizada a pesquisa, obteve sucesso com a utilização da nova tecnologia de monitoramento das máquinas injetoras, tornando-se um diferencial competitivo em relação aos seus concorrentes.

Apesar de todas as qualidades do sistema, ele não soluciona problemas sozinho, a função do sistema de monitoramento de dados automático não é resolver problemas e aumentar a produção, sua função é coletar dados e demonstrá-los de maneira que as perdas fiquem visíveis e as ações de melhoria possam ser desenvolvidas, com base nessas informações, com rapidez, aumentando a produtividade da empresa.

Como limitações destaca-se o período de coleta restrito, devido principalmente ao grau de sigilo imposto pela empresa analisada. Assim, um período de tempo maior para coleta de dados tornar-se-ia ideal para composição de outras análises mais robustas.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi realizada com apoio da Universidade do Estado do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, Y. O., SHEHAB, E. & AL-ASHAB, A. Understanding digital transformation in the manufacturing industry: a systematic literature review and future trends. **Product, Management & Development**. N. 19, vol 1, 2021.
- ARBIX, G., SALERNO, M., ZANCUL, E., AMARAL, G. e LINS, L. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada. *Revisa Novos Estudos*, v. 36, n. 3, pag. 29-49, 2017.
- BERGHAUS, S. & BACK, A. Stages in digital business transformation: results of an empirical maturity study. *Tenth Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS), Paphos, Cyprus, September 2016*
- BRAZIL ENGINEERING PLASTICS, 2022. Market Report World. Publicação Eletrônica, Washington (EUA), 2022.
- BRUCIAPAGLIA, A. H., FARINZES, J.M. & CURY, J. E. R. A automação no Processo Produtivo: desafios e perspectivas, Departamento de Automação e Sistemas. Universidade de Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.
- CAETANO, A. G. L. S; MEIRELES; G. S. C.; OLIVEIRA, J. F. G.; LEÃO E SOUZA, G W., Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada. Congresso e Exposição Internacionais da Tecnologia da Mobilidade (SAE Brasil 99), 1999.
- GALDAMEZ, E. e CARPINETTI, L. Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no processo de injeção plástica. *Revista Gestão & Produção*, v. 11, n. 1, p. 121-134, jan-abr, 2004.
- JARDIM-GONÇALVES, R., GRILO, A. e POPPLEWELL, K. Novel strategies for global manufacturing systems interoperability. *Journal of Intelligent Manufacturing*. n.27, p. 1-9.
- JEMIELNIAK, K., Commercial tool condition motoring systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 1999.
- MATA, G. & ARAUJO, L. & SOUZA, F. (2019). Proposta De Automação Para Viabilizar A Rastreabilidade Em Uma Linha De Produção De Injeção Plástica Para O Reconhecimento Iatf, 2019.

- MOURA JÚNIOR, A. N. C. Novas tecnologias e sistemas de administração da produção - análise do grau de integração e informatização nas empresas catarinenses. 1996. 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 1996.
- PANETTO, H. e MOLINA, A. Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: trends and issues. *Computers in industry*, n.59, p.641-646, 2008.
- PERINI, A.; SUSI, A. Developing a decision support system for integrated production in agriculture. *Environmental Modelling and Software*, v. 19, n. 9, p. 821-829, 2004. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.03.001>.
- RAY, S. e JONES, A. Manufacturing interoperability. *Journal of Intelligent Manufacturing*, n. 17, p.681-688, 2006.
- SOUZA, F. B.; IRES, S. R. I (1999). Análise e proposições sobre o balanceamento e uso de excesso de capacidade em recursos produtivos. Vol. 6. 1999.
- STATISTA. Resultados do Setor de Injeção Plástica e Indústria do Plástico no Brasil. Publicação Eletrônica, 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/487685/brazilian-plastic-processed-industry-revenue/>. Acesso em 06 ago. 2022.
- UJIHARA, H. M.; CARDOSO, A. A.; CHAVES, C. A. Avaliação de resultados obtidos uma certificação de sistemas de gestão da qualidade em empresa de injeção plástica. XXVII ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2017
- YOO, Y. et al., 2012. Organizing for Innovation in the Digitized World. *Organization Science*, 23(5), pp.1398–1408.

Submetido em: 12.12.2022

Aceito em: 12.01.2023