

Impactos da operação de pré-ajustagem de ferramentas na eficiência do processo de usinagem

Impacts of tool preset operation on the efficiency of the machining process

Gabriela Moraes Simões Evangelista¹ - Faculdades Integradas Einstein de Limeira - Dep. de Engenharia de Produção
Milton Vieira Junior² - Univ. Nove de Julho - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Alexandre Tadeu Simon³ - Univ. Metodista de Piracicaba - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Ivan Correr⁴ - Faculdades Integradas Einstein de Limeira - Departamento de Engenharia de Produção

RESUMO

A busca pela produtividade é um dos principais objetivos das empresas de manufatura. Nas empresas de usinagem, o tempo de preparação (*setup*) influencia diretamente no tempo improdutivo do processo, como é o caso da operação de pré-ajustagem de ferramentas. Atualmente, existem sistemas automáticos e semiautomáticos de pré-ajustagem que reduzem este tempo de preparação, mas a maioria das empresas utilizam o método manual, pois relacionam que esta etapa não influencia no tempo de preparação da máquina. Entretanto, pesquisas apresentam que o efeito do processo de pré-ajustagem de ferramentas realizadas manualmente, não interfere apenas no tempo de *setup*, mas em outros fatores do processo de fabricação que comprometem ainda mais o tempo improdutivo. Neste contexto, o trabalho visa identificar a existência de influências que a pré-ajustagem manual pode ocasionar além do tempo improdutivo. A coleta de dados foi baseada em uma pesquisa descritiva do tipo estudo de campo. Os resultados obtidos, demonstram que o uso do método manual influencia além do tempo improdutivo, no aumento do custo de produção, confiabilidade e segurança do processo.

Palavras-chave: *Setup*. Pré-ajustagem de ferramentas. Estudo de campo

ABSTRACT

The search for productivity is one of the main objectives of manufacturing companies. In the machining companies, the preparation time directly influences the unproductive time of the process, as is the case with the tool presetting operation. Currently, there are automatic and semi-automatic presetting systems that reduce this preparation time, but most companies use the manual method because they report that this step does not influence the preparation time of the machine. However, research shows that the effect of the manual presetting process does not only interfere with setup time, but also interferes with other factors in the manufacturing process, further compromising unproductive time. Within this context, the work aims to identify the existence of influences that the manual pre-adjustment can cause beyond the unproductive time. The data collection was based on a descriptive study of the field survey type. The results show that the use of the manual method influences other factors in addition to the unproductive time, such as the increase of the cost of production, reliability and safety of the process.

Keywords: *Setup*. Tool presetting. Field study.

1. gabriela.m.s.evangelista@gmail.com; 2. mvieirajr@uninove.br; 3. atsimon@unimep.br;
4. Rua Ipiranga, 730, apto 151, Centro, 13400-485, Piracicaba-SP, icorrer@yahoo.com.br

EVANGELISTA, G. M. S.; JUNIOR, M. V.; SIMON, A. T.; CORRER, I. Impactos da operação de pré-ajustagem de ferramentas na eficiência do processo de usinagem. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 15, nº 1, jan-mar/2019, p. 283-299.

DOI: 10.15675/gepros.v14i1.2132

1. INTRODUÇÃO

O mercado é movimentado por incertezas, em questões de caráter econômico e político-social (FAVARETTO; VALLE; CANGIOLIERI JUNIOR, 2009).

No cenário atual, para as empresas se manterem competitivas perante as incertezas, é necessário o investimento em equipamentos modernos e tecnológicos que proporcionam o aumento da produtividade, redução de custos e melhor eficiência de produção. Juntamente com a oscilação do mercado, a exigência dos clientes perante seus fornecedores torna-se maior, em busca de produtos diversificados, inovadores e de qualidade (ADAME; CORRER; LIMA, 2015).

Com as tecnologias avançadas e a competitividade crescente é gerada a necessidade pelas empresas por encontrar meios para demonstrar diferenciação no mercado (VIEIRA JUNIOR et al., 2011).

Uma forma de alavancar a produtividade e competitividade em empresas de usinagem é a utilização da tecnologia CNC e as vantagens possibilitadas por esta tecnologia. Essas vantagens são claramente relevantes em comparação às máquinas convencionais, como flexibilidade de operação, produção de formas complexas com melhor precisão e acabamento, menor tempo de preparação da máquina, troca rápida de ferramentas, menor dependência do operador e melhor qualidade (LIMA; SIMON, 2015).

Para Aronson (2000), as empresas de usinagem devem focar na redução do tempo de indisponibilidade da máquina, dessa maneira é necessário que o processo de preparação da máquina (*setup*) seja rápido e preciso.

A redução do tempo ou aumento de disponibilidade é de grande importância para a sobrevivência e crescimento das empresas em um ambiente competitivo, acarretando a busca por soluções e tecnologias para a determinada finalidade (FARDIN et al., 2010).

Uma dessas soluções tecnológicas para a redução do tempo de *setup* em máquinas CNC são os sistemas de pré-ajustagem de ferramentas: internos (*presetters*) ou externos (*toolsetters*), porém atualmente, a parte majoritária das empresas brasileiras de usinagem utilizam o método manual (LIMA; SIMON, 2015; SIMON, 2008).

Nestes casos, as empresas utilizam o método manual de pré-ajustagem de ferramentas, pois os envolvidos no processo de produção (gestores, encarregados e operadores) relacionam que esta etapa interfere apenas no tempo de preparação da máquina. Este desconhecimento das vantagens são os principais agravantes da não utilização de sistemas automáticos de pré-ajustagem de ferramentas pelas empresas (ARONSON, 2000; FULLONE, 2002).

Contudo, pesquisas apontam que o efeito do processo de pré-ajustagem de ferramentas realizada manualmente, não está relacionado apenas à redução do tempo de *setup*, mas também de outros fatores do processo de fabricação que podem vir a comprometer ainda mais o tempo improdutivo (AGOSTINHO; MAESTRELLI; SIMON, 2002; BATTISTI et al., 2016; FARDIN, et al., 2010; SIMON, 2008; VIEIRA JUNIOR et al., 2016), o aumento do custo de produção (AGOSTINHO; MAESTRELLI; SIMON, 2002; VIEIRA JUNIOR, et al., 2016), a confiabilidade e segurança do processo produtivo (ALBERT, 2000; BERGAMIN et al., 2016; FELIX, 2014; MARPOSS, 2003; VIEIRA JUNIOR et al., 2015; WEBZELL, 2006), visto que estes fatores, dependem diretamente da experiência e da prudência do operador .

Neste artigo, buscou-se responder ao seguinte questionamento: O uso da técnica manual de pré-ajustagem de ferramentas influencia no aumento do tempo improdutivo do processo, no aumento do custo de produção, bem como na confiabilidade e segurança do processo?

Par responder o questionamento acima, o presente trabalho visa identificar se a realidade observada junto às empresas de usinagem condiz com a situação relatada pelos diversos pesquisadores citados nos parágrafos anteriores. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de campo junto às empresas, visando um breve diagnóstico da existência de influências que a pré-ajustagem de ferramentas manual pode ocasionar, relacionadas ao aumento do tempo improdutivo, aumento do custo de produção, confiabilidade e segurança do processo.

A presente pesquisa se justifica, com base nos resultados obtidos em pesquisas citadas nos parágrafos anteriores, no que diz respeito ao conhecimento, ou a falta deste, que as empresas de usinagem possuem em relação às influências que a pré-ajustagem de ferramentas manual no processo de usinagem. Conhecendo estas influências, as empresas podem criar e desenvolver estratégias e métodos para reduzi-las ou eliminá-las, possibilitando assim, redução do tempo improdutivo, redução do custo de produção, aumento da confiabilidade e segurança do processo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Impacto das perdas e desperdícios na produtividade do processo de usinagem

O foco principal das organizações atuais é a busca pela competitividade por meio do aumento da produtividade, tendo em vista que este fator possibilita gerar o alinhamento entre maximização de produção com a menor utilização

de recursos e atividades, possibilitando a redução de custos (VIEIRA JUNIOR et al., 2011).

Segundo Sandvik (2012) existem várias definições para a produtividade, porém com a visão voltada para o processo de usinagem, entende-se que é influenciada por determinados fatores, tais como: Seleção do método de usinagem; Definição da ferramenta; Redução de trocas de ferramentas; Disponibilidade do produto; Redução do tempo de *setup*. Com a efetividade desses fatores, conseqüentemente ocorre uma maior disponibilidade e redução do tempo de máquina parada.

Nos processos de produção há inúmeras perdas causadas por ociosidade, seja por paradas para a preparação de máquinas e ferramentas associadas a produção de produtos, independentemente do tamanho dos lotes (SHINGO, 2000).

No processo de usinagem, essas paradas são habitualmente encontradas na preparação da máquina (*setup*), sendo assim, ocorrem perdas de produtividade em virtude da falta de disponibilidade da máquina durante esta etapa (ARONSON, 2000; AGOSTINHO; MAESTRELLI; SIMON, 2002).

De acordo com McCarthy (2006), a maioria das empresas de usinagem utilizam 50% do tempo disponível das máquinas, sendo que o restante é empregado para a preparação (*setup*). As máquinas ficam ociosas, havendo um alto desperdício monetário e do tempo de produção, impactando na redução da produtividade.

Também ocorrem perdas nas operações de *setup* como movimentações desnecessárias dos operadores, peças em filas ou mudança de lotes. Essas perdas são inteiramente ligadas ao processo de usinagem (BERGAMIN et al., 2016).

As operações de *setup* não agregam valor, já que não geram transformação ao produto, porém por serem inerentes ao processo e de ocorrência frequente não são avaliadas, mas é necessário que sejam trabalhadas e reduzidas, para essa finalidade o *setup* tem que ser rápido e preciso (ARONSON, 2000; BATTISTI et al., 2016).

Conseqüentemente com a diminuição do tempo de *setup*, o tempo ocioso e os desperdícios são minimizados, elevando a produtividade e reduzindo os custos. Além de possibilitar a redução de lead times, tamanho de lotes e *work in process* (ALBERT, 2000; SANDVIK, 2012).

Segundo Pereira (2007) a inclusão de máquinas, ferramentas, métodos e sistemas no ramo da usinagem causa impacto direto na melhoria da produtividade, redução de máquinas paradas e desperdícios durante o processo.

Shingo (2008) expõe que uma das maiores causas para o elevado tempo de *setup* é a pré-ajustagem de ferramentas.

2.2. Pré-ajustagem de ferramentas

Nos processos de usinagem, existem ajustes necessários para a preparação da máquina para novos lotes. Um desses ajustes é a pré-ajustagem de ferramentas (FREY et al., 2011).

Durante o processo de pré-ajustagem de ferramentas em máquinas CNC, é necessário inserir no comando da máquina, as dimensões das ferramentas (comprimento e diâmetro) para a usinagem da peça (CORRER, 2006).

Este processo de pré-ajustagem de ferramentas pode ser realizado de três diferentes maneiras: pré-ajustagem manual, pré-ajustagem automática externa e pré-ajustagem automática interna (CORRER, 2006; SIMON, 2008).

A pré-ajustagem manual é caracterizada pela medição das ferramentas diretamente na máquina (SIMON, 2008) e subdivide-se em (CORRER, 2006):

- Manual sem usinagem: é realizada a aproximação manual das ferramentas até a superfície da peça nas três coordenadas (X,Y e Z). Uma das técnicas para detecção do contato da ferramenta com a superfície é o uso de folha de papel, filme plástico ou suporte entre a ferramenta e a peça;
- Manual com usinagem: após o processo manual de pré-ajustagem de ferramentas é fabricada uma peça teste na qual é feita a medição, e analisa-se a existência de discrepância entre as dimensões da peça fabricada e do projeto, e se houver diferença entre as medidas ocorre a compensação e correção das medições das ferramentas diretamente no comando da máquina.

De forma automatizada, existem dois tipos de pré-ajustagem de ferramentas, sendo interno ou externo (CORRER, 2006; SIMON, 2008).

A pré-ajustagem de ferramentas externa é realizada fora da máquina, com o uso de sistemas de medição externos conhecidos como *presetters*, não interferindo na disponibilidade da máquina durante o processo de medição (sistema independente) e apenas sendo necessária a digitação das medidas das ferramentas diretamente no comando da máquina CNC (FARDIN et al., 2010; SANTOS et al., 2006; SMITH, 2008).

A pré-ajustagem de ferramentas interna é realizada automaticamente na máquina com o auxílio de sistemas de *presetting* internos, conhecidos como *toolsetters*. Estes equipamentos são instalados sobre a mesa de trabalho ou em partes internas da máquina ferramenta, e toda a operação de medição da ferramenta é realizada de forma automática, apenas com a necessidade que o operador realize a fixação da ferramenta na máquina e informe as medidas apro-

ximadas das ferramentas. São dois os tipos de sistemas de *presetting* internos existentes no mercado: por contato ou laser (COSTA et al., 2015; CORRER, 2006; RENISHAW, 2010).

Estes dispositivos são capazes de registrar as dimensões das ferramentas, verificando falhas, como desgastes, quebras ou outras possíveis modificações que a ferramenta possa sofrer, além de realizar o monitoramento durante o processo de usinagem, automatizando as correções de diâmetro e comprimento (ARONSON, 2000; VIEIRA JUNIOR et al., 2014).

2.3. Fatores que impactam na eficiência do processo produtivo relacionados a pré-ajustagem de ferramentas

Existem vários fatores que impactam na funcionalidade e eficiência do desempenho das máquinas-ferramentas CNC relacionados aos tempos de preparação. As principais são relacionadas as técnicas de programação, transferência de programas para as máquinas, programação de máquinas, seleção de ferramentas e pré-ajustagem de ferramentas (LIMA; SIMON, 2015).

Quando trata-se do processo de pré-ajustagem de ferramenta, os envolvidos no processo de produção (gestores, encarregados, operadores) relacionam que esta etapa apenas interfere no tempo de preparação da máquina.

Pesquisas realizadas por Agostinho, Maestrelli e Simon (2002), Battisti et al. (2016), Fardin, et al. (2010), Simon (2008) e Vieira Junior et al. (2016) ratificam que a pré-ajustagem de ferramentas interfere no tempo de *setup* da máquina, e conseqüentemente nos tempos produtivos do processo de usinagem. Também apresentam que o uso de sistemas de pré-ajustagem de ferramentas externa (*presetters*) e pré-ajustagem automática interna (*toolsetters*) auxiliam na redução do tempo de *setup*.

Entretanto, pesquisas apontam que o efeito do processo de pré-ajustagem de ferramentas realizadas manualmente, não está relacionado apenas à redução do tempo de *setup*, mas também de outros fatores do processo de fabricação que podem vir a comprometer ainda mais o tempo improdutivo, o aumento do custo de produção, a confiabilidade e segurança do processo produtivo, visto que estes fatores dependem diretamente da experiência e da prudência do operador (Figura 1).

Figura 1 – Fatores que impactam na eficiência do processo produtivo relacionados a pré-ajustagem de ferramentas.

Autor(es)	Fatores	Características
Vieira Junior <i>et al.</i> (2015) Bergamin <i>et al.</i> (2016)	Variações dimensionais (degraus e marcas na superfície usinada)	Necessidade de retrabalho da peça em processos posteriores (acabamento manual), aumentando o tempo improdutivo do processo
Barnett (2006) Felix (2014) Bergamin <i>et al.</i> (2016)	Quebras ou lascamentos de ferramentas durante a operação de pré ajustagem de ferramentas	Necessidade reafiação ou substituição da ferramenta, aumentando o tempo improdutivo e o custo do processo
Vieira Junior <i>et al.</i> (2015) Bergamin <i>et al.</i> (2016)	Refugo de peças por erros na pré ajustagem de ferramentas	Necessidade de produção de outra peça, aumentando o tempo improdutivo e o custo do processo
Marposs(2003)	Correção e compensação manual das medidas das ferramentas	Interfere na confiabilidade e segurança do processo produtivo, como também no tempo improdutivo do processo

Fonte: Os autores.

A partir das evidências apresentadas, relacionadas a influência que o processo de pré-ajustagem de ferramentas pode interferir em outros fatores que impactam na eficiência do processo produtivo, o presente trabalho tem como objetivo identificar se a realidade observada junto às empresas de usinagem condiz com a situação relatada pelos diversos pesquisadores citados nos parágrafos anteriores. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de campo junto às empresas, visando um breve diagnóstico da existência de influências que a pré-ajustagem de ferramentas manual pode ocasionar, relacionadas ao aumento do tempo improdutivo, aumento do custo de produção e confiabilidade e segurança do processo.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Objeto de estudo

A abordagem de pesquisa empregada foi a quantitativa, que segundo Fonseca (2002) e Oliveira (2005), esse tipo de pesquisa é objetivo, os resultados podem ser quantificados, sendo baseados na coleta e análise de dados com o uso de instrumentos padronizados.

A metodologia do desenvolvimento da pesquisa foi baseada em uma pesquisa descritiva do tipo estudo de campo. Segundo Gil (2002) na pesquisa descritiva existe a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática, contemplando com o foco para

a atuação prática. A seleção pelo estudo de campo ocorre por ter como objetivo uma pesquisa com maior aprofundamento nas questões aplicadas, sendo necessário que o pesquisador seja participante no ambiente ou com objeto pesquisado, instituindo-se por método observatório e interrogativo (GIL, 2002).

A amostra é não probabilística e intencional. Na amostra probabilística, a principal característica é não fazer a seleção aleatoriamente. O tamanho do universo é desconhecido e a amostra selecionada é de acordo com os critérios subjetivos do pesquisador (ARIBONI; PERITO, 2004; GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1996). O tipo de amostra intencional é quando o subgrupo é selecionado pelas informações que contém, podendo representar toda a população. A seleção de amostra desse tipo tem base no julgamento do pesquisador (ARIBONI; PERITO, 2004; LAKATOS; MARCONI, 1996). Na prática, a investigação ou questionamento é direcionado aos líderes da comunidade, por serem considerados representantes da mesma.

O intuito da presente pesquisa foi analisar se os fatores que impactam na eficiência do processo produtivo relacionados a pré-ajustagem de ferramentas, apresentados em pesquisas e descritos no Quadro 1, se refletem nas empresas prestadoras de serviços de usinagem.

O método para a obtenção das informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa foi o questionário, que inicialmente foi organizado, em seguida foi aplicado nas empresas e os resultados analisados posteriormente.

3.2. Procedimentos de coleta de dados

Segundo Gil (2002), no estudo de campo é analisado uma comunidade de trabalho, na qual as conclusões das hipóteses são obtidas com a observação direta, entrevistando as pessoas relacionadas com aquele determinado ambiente, a fim de identificar as ocorrências na comunidade.

As questões elaboradas para o estudo de campo basearam-se nos fatores que impactam na eficiência do processo produtivo relacionados a pré-ajustagem de ferramentas (Figura 1) e em características da empresa relacionadas ao tipo de serviço prestado e o segmento que fornece seus serviços.

O questionário foi desenvolvido no *software* SurveyMonkey®, que possibilita a criação de questionários dinâmicos, gerando gráficos e relatórios e auxiliando na análise dos dados.

Para o questionário foram definidas nove (9) questões, das quais sete (7) utilizaram-se da escala tipo *Likert* de 5 pontos para mensurar o grau de concordância dos sujeitos que responderam os questionários.

Inicialmente foi aplicado um pré-teste do questionário em três (3) empresas, com o objetivo de detectar divergências de compreensão das questões, bem como acrescentar informações importantes ao questionário.

Por se tratar de um estudo de campo, o questionário elaborado (Figura 2) foi aplicado diretamente nas empresas para a validação das respostas, e os respondentes estavam diretamente envolvidos com o processo pesquisado, sendo estes, gestores, supervisores e encarregados da produção.

Para a presente pesquisa foram selecionadas 10 empresas respondentes, sendo que o critério da seleção foi que a empresa realizasse o processo de pré-ajustagem de ferramentas de forma manual, conforme apresentado anteriormente no item 2.2.

Figura 2 – Questionário aplicado nas empresas.

Questões	Respostas possíveis
Qual o tipo de serviço de usinagem a empresa presta?	Produção seriada, ferramentaria, moldes e matrizes
Qual(is) segmento(s) a empresa fornece seus serviços de usinagem?	Respostas abertas
A pré-ajustagem manual de ferramentas impacta no tempo de setup?	Discordo totalmente, discordo, não concordo nem discordo, concordo, concordo totalmente
A experiência dos operadores interfere no resultado da pré-ajustagem manual de ferramentas?	Discordo totalmente, discordo, não concordo nem discordo, concordo, concordo totalmente
Ocorrem erros causados por inserção manual de valores na operação de pré-ajustagem manual?	Nunca, raramente, às vezes, muitas vezes, sempre
Ocorrem quebras ou lascamentos de ferramentas durante a operação de pré-ajustagem manual?	Nunca, raramente, às vezes, muitas vezes, sempre
Ocorrem problemas dimensionais (degraus de usinagem) na superfície das peças após a usinagem?	Nunca, raramente, às vezes, muitas vezes, sempre
Ocorre compensação das medidas das ferramentas após a pré-ajustagem manual?	Nunca, raramente, às vezes, muitas vezes, sempre
Ocorrem refugos de peças por falhas na pré-ajustagem das ferramentas?	Nunca, raramente, às vezes, muitas vezes, sempre

Fonte: Os autores.

3.3. Procedimentos de análise de dados

Após a coleta de dados com o uso do *software* SurveyMonkey®, os resultados para a análise dos dados foram apresentados na forma de porcentagem, e calculado o *Ranking* Médio (RM) no formato da escala *Likert*.

A escala *Likert* foi definida para a análise dos dados, pois é uma ferramenta com capacidade de identificar a concordância ou discordância, a frequência e oferece um indicador para essa análise no ambiente estudado (LIMA; MENDES, 2012).

Esta escala é muito abordada em questionários, sua maior utilização é empregada em pesquisas de opinião. Quando os entrevistados são interrogados em um questionário baseado nesta escala, os respondentes especificam o nível de concordância ou discordância com a afirmação apresentada (LIKERT, 1932).

Para o levantamento dos dados de forma quantitativa, utilizando os dados qualitativos, Oliveira (2005) cita a utilização do *Ranking Médio* (RM) que é calculada de acordo com a frequência de respostas obtidas e com o grau de concordância ou discordância em cada resposta, numa população de participantes.

Para a presente pesquisa, foi utilizado o cálculo do RM apresentado por Oliveira (2005), apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Exemplo do cálculo do RM (*Ranking Médio*).

QUESTÕES	FREQUENCIA DE RESPOSTAS					RM
Como você avalia seu salário em relação aos afazeres e aos salários de outras empresas?	1	2	3	4	5	
		3	2	1		2,7
Média Ponderada = $(3 \times 2) + (2 \times 3) + (1 \times 4) = 16$	Logo RM = $16 / (3+2+1) = 2,7$					

Fonte: Adaptado de Oliveira (2005).

As questões tiveram as seguintes características relacionadas ao formato das respostas: As questões 1 e 2 tinham como objetivo identificar os tipos de serviços de usinagem e o segmento do fornecimento dos serviços das empresas; As questões 3 e 4 foram desenvolvidas na escala *Likert* de 5 pontos, baseadas no grau de concordância ou discordância: 1 (discordo totalmente), 2 (discordo), 3 (não concordo e nem discordo), 4 (concordo) e 5 (concordo totalmente); e As questões 5, 6, 7, 8 e 9, também foram desenvolvidas na escala *Likert* de 5 pontos, e baseadas na frequência da ocorrência dos problemas, sendo: 1 (nunca), 2 (raramente), 3 (às vezes), 4 (muitas vezes) e 5 (sempre).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As questões 1 e 2, tiveram como objetivo, identificar os serviços de usinagem que as empresas oferecem e os segmentos que atuam, respectivamente. Nesse caso, das empresas pesquisadas, 10 % prestam serviços de produção

seriada, 50 % de ferramentaria e 40% de moldes e matrizes. Dessas empresas, 80% são atuantes no setor automotivo, 10% duas rodas, 10% agrícola, 30% eletrodomésticos (linha branca), 10% extrusão de alumínio, 10% embalagens, 20% embalagens de cosméticos, 10% máquinas ferramenta e 10% siderúrgico.

Nas questões restantes (3 a 9), as respostas se baseavam na escala tipo *Likert* e com os resultados obtidos foram calculados o *ranking* médio (RM) de cada questão. Os resultados foram organizados do maior para o menor RM (Figura 4).

Figura 4 – Questionário em escala *Likert*.

QUESTÕES		FREQUÊNCIA DE RESPOSTAS					RM
		1	2	3	4	5	
4	A experiência dos operadores interfere no resultado da pré-ajustagem manual de ferramentas?	0,00%	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	4,6
3	A pré-ajustagem manual de ferramentas impacta no tempo de <i>setup</i> ?	0,00%	0,00%	10,00%	60,00%	30,00%	4,2
7	Ocorrem problemas dimensionais (degraus de usinagem) na superfície das peças após a usinagem?	0,00%	30,00%	40,00%	10,00%	20,00%	3,2
8	Ocorre compensação das medidas das ferramentas após a pré-ajustagem manual?	0,00%	30,00%	40,00%	10,00%	20,00%	3,2
5	Ocorrem erros causados por inserção manual de valores na operação de pré-ajustagem manual?	0,00%	20,00%	50,00%	30,00%	0,00%	3,1
6	Ocorrem quebras ou lascamentos de ferramentas durante a operação de pré-ajustagem manual?	0,00%	70,00%	20,00%	10,00%	0,00%	2,4
9	Ocorrem refugos de peças por falhas na pré-ajustagem das ferramentas?	0,00%	70,00%	30,00%	0,00%	0,00%	2,3

Fonte: Os autores.

Pela análise do RM, foi possível identificar que, os fatores mais relevantes são os relacionados à interferência da experiência dos operadores no resultado da pré-ajustagem manual de ferramentas (Questão 4), e ao processo da pré-ajustagem que impacta no tempo de *setup* (Questão 3) com RMs entre 4,6 e 4,2.

Em relação à interferência do resultado da pré-ajustagem manual de ferramentas, devido à experiência do operador (Questão 4), o resultado obtido foi que 100% dos respondentes concordaram e/ou concordaram plenamente com a afirmação, gerando um RM de 4,6, o que corrobora com os resultados apresentados por Aronson (2000), Costa et al. (2015) e Fardin et al. (2010) nos quais afirmam que a experiência do operador, afeta diretamente no resultado da pré-ajustagem.

No que diz respeito, ao aumento do tempo de *setup*, devido a pré-ajustagem manual (Questão 3), 90% dos respondentes concordaram e/ou concordaram plenamente, totalizando um RM de 4,2, o que ratifica os resultados das

pesquisas realizadas por Agostinho, Simon e Maestrelli (2002), Battisti et al. (2016), Fardin, et al. (2010), Simon (2008) e Vieira Junior et al. (2016) nos quais apresentam, que a pré-ajustagem de ferramentas feita manualmente impacta de forma relevante no tempo de *setup*.

Nas questões 7, 8 e 5, os resultados dos RMs ficaram entre 3,1 e 3,2, apresentando à existência de fatores relacionados a problemas dimensionais nas peças, ocasionados pela operação manual de pré-ajustagem (Questão 7), a ocorrência de compensação das ferramentas, após a pré-ajustagem (Questão 8), e erros causados por inserção manual de valores durante a operação de pré-ajustagem (Questão 5).

Na questão, relacionada à frequência da ocorrência de degraus de usinagem no processo de fabricação (Questão 7), 50% dos respondentes afirmaram que às vezes e/ou muitas vezes ocorrem degraus de usinagem, gerando um RM de 3,2. Resultados estes, que confirmam resultados das pesquisas evidenciadas por Bergamin et al. (2016) e Vieira Junior et al. (2015) sobre os problemas dimensionais, relacionados ao surgimento de degraus de usinagem na superfície das peças produzidas, devido a falhas na operação de pré-ajustagem manual.

Em relação à frequência da ocorrência da compensação das medidas das ferramentas após a pré-ajustagem (Questão 8), 50% afirmaram que ocorrem às vezes e/ou muitas vezes, totalizando um RM de 3,2. Este resultado se assemelha ao obtido por Marposs (2003), que apresenta que há compensação das medidas após a pré-ajustagem das ferramentas interfere diretamente no tempo produtivo do processo.

No que diz respeito, aos erros causados pelos operadores, na inserção manual dos valores da operação de pré-ajustagem (Questão 5), 80% disseram que ocorrem às vezes e/ou muitas vezes, gerando um RM de 3,1. Este resultado ratifica o que Albert (2000) apresenta, evidenciando a ocorrência de erros manuais na inserção manual de valores, interferindo assim na confiabilidade e segurança do processo produtivo.

Nas questões 6 e 9, os resultados dos RMs ficaram entre 2,3 e 2,4, sendo estes os menores níveis de ocorrências encontrados, e relacionados com quebras ou lascamentos de ferramentas durante a operação (Questão 6), e refugos de peças por falhas na pré-ajustagem (Questão 9).

Questionando, à frequência das ocorrências de quebras ou lascamentos de ferramentas durante esta operação (Questão 6), 70% responderam que raramente ocorrem, gerando um RM de 2,4. Estes resultados, evidenciam a interferência do operador no processo já expostos por Bergamin et al. (2016), Felix (2014) e Webzell (2006) ocasionando aumento do tempo improdutivo e do custo do processo.

Em relação, à frequência das ocorrências de refugos de peças por falhas na pré-ajustagem das ferramentas (Questão 9), 70% responderam que raramente ocorrem, gerando um RM de 2,3. Os resultados se relacionam com pesquisas desenvolvidas por Bergamin et al. (2016) e Vieira Junior et al. (2015) que apresentam a existência destas ocorrências e que estas interferem diretamente no tempo improdutivo e no custo do processo produtivo.

Mesmo apresentando os menores RMs, 2,4 e 2,3, respectivamente, é importante ressaltar que, às ocorrências relacionadas às quebras ou lascamentos de ferramentas e refugos de peças, podem gerar os maiores impactos relacionados a custo e tempo improdutivo.

5. CONCLUSÕES

Como pode ser observado nos resultados apresentados, o uso da técnica manual para a pré-ajustagem de ferramentas, segundo os respondentes das empresas, tem relação direta com o aumento do tempo improdutivo do processo, no aumento do custo de produção, bem como na confiabilidade e segurança do processo.

Durante a aplicação do questionário nas empresas, ficou evidente o reconhecimento dos respondentes, em especial gestores e supervisores da produção, que o resultado confiável da pré-ajustagem manual, reduziria os efeitos do aumento do tempo improdutivo do processo, no aumento do custo de produção, bem como na confiabilidade e segurança do processo.

Entretanto, mesmo nas empresas que relataram durante a pesquisa de campo que todos os operadores eram experientes, pode-se observar nas suas respostas que também sofriam com os problemas e limitações apresentados, tendo em vista a dinâmica do processo produtivo, na qual exige dos operadores, velocidade de produção e qualidade do serviço, o que interfere, muitas vezes, na atenção e sensibilidade do operador durante a operação de pré-ajustagem de ferramentas.

A interferência do processo de pré-ajustagem de ferramentas nos custos do processo produtivo é reduzida com o uso de sistemas de pré-ajustagem de ferramentas externos ou internos. Devido, à automatização do processo de medição das ferramentas, o uso destes sistemas possibilita reduzir a interferência do operador no processo de medição, impactando na redução do tempo improdutivo e no aumento da confiabilidade da medição e consequentemente do processo.

No que diz respeito as contribuições acadêmicas e empresariais da pesquisa realizada, são poucos os estudos sobre o aumento de produtividade nos processos de usinagem, por meio da melhoria dos processos de pré-ajustagem de ferramentas. Contudo, a pré-ajustagem de ferramentas é um dos processos que possibilita, se bem aplicado, reduzir o número de retrabalhos e tempo improdutivo nos processos de usinagem, conseqüentemente gerando a redução dos custos produtivos, fatores estes que as empresas buscam continuamente para se manterem competitivas no mercado.

Adicionalmente, sugere-se como pesquisas futuras, identificar quantitativamente o que o aumento do tempo improdutivo, o aumento no custo de produção e a interferência na confiabilidade e segurança do processo, gerados pelo método manual de pré-ajustagem de ferramentas, representa no custo total do processo produtivo de uma empresa de usinagem.

REFERÊNCIAS

ADAME, W. D.; CORRER, I.; LIMA, A. Avaliação da correlação entre aumento da rugosidade em função do desgaste de ferramenta, comparando ferramentas de CBN e cerâmica, no processo de torneamento de ferro fundido cinzento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2015, Salvador. **Anais...** Salvador; ABCM, 2015. p. 1-3.

ALBERT, M. **A Shop Preset For Productivity**. Modern Machine Shop, jan. 2000. Disponível em: <<http://www.mmsonline.com/articles/a-shop-preset-for-productivity>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

ARIBONI, S; PERITO, R. **Guia Prático para um projeto de pesquisa exploratória, experimental, descritiva**. São Paulo: Unimarco, 2004.

ARONSON, R. B. Presetting: Prelude to Perfection. **Manufacturing Engineering**, v. 124, n. 2, p. 86-91, 2000.

BATTISTI, E.; NICOLETTO, M.; CORRER, I.; VIEIRA JUNIOR, M.; PEREIRA, A. C. L. R. Estudo dos tempos de disponibilidade de máquinas ferramenta CNC e seus impactos financeiros, relacionados a operação de pré-ajustagem de ferramentas em empresas de usinagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABEPRO, 2016. p. 1-18.

BERGAMIN, W. R.; APOLINARIO, R. L.; CORRER, I.; VIEIRA JUNIOR, M.; ZAGO, A. M. Estudo dos ganhos de produtividade e redução de custos com o uso de sistemas de presetting automático a laser em máquinas CNC. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABEPRO, 2016. p. 1-15.

CORRER, I. **Projeto e construção de um sistema de pré-ajustagem de ferramentas interno a laser para uso em máquinas-ferramenta CNC**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Barbara D' Oeste, 2006.

COSTA, F. S.; VIEIRA JUNIOR, M.; CORRER, I. Produtividade e redução de perdas com uso de toolsetter a laser. **Máquinas e Metais**, v. 51, n. 594, p. 52-61, 2015.

FARDIN, E. L.; BAPTISTA, E. A.; COPPINI, N. L.; VIEIRA JUNIOR, M.; CORRER, I. Avaliação dos tempos de pré-ajustagem de ferramentas em máquinas CNC: vantagens e ganhos possíveis com o uso de equipamentos de presetting. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30, 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2010.

FAVARETTO, A. S.; VALLE, P. D.; CANGIOLIERI JUNIOR, O. O gerenciamento de ferramentas de corte na indústria automotiva: um estudo de casos na região metropolitana de Curitiba. **Produto & Produção**, v. 10, n. 3, p. 45-60, 2009.

FELIX, C. Reducing downtime with tool presetting. **Production Machining**, v. 8, p. 40-44, 2008.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREY, E. H.; BRAZ, P. H. C.; CRUZ, M. R.; GUIMARAES, J. C. F.; CAMARGO, M. E. Impacto do Número de Setups nos Indicadores da Manufatura Lean, Estudo em Setor de Usinagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

FULLONE, F. Pre-Cutting prep: Pre-Production Setup. **Manufacturing Engineering**, v. 128, n. 6, p. 55-60, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5ª ed. São Paulo Atlas, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, New York, n. 140, p. 44-53, 1932.

LIMA, L. C. S.; MENDES, P. B. A satisfação do manutentor na área industrial: o caso em uma indústria frigorífica. **Revista Brasileira de Tecnologia Industrial**, v. 6, n. 2, p. 757-769, 2012.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARPOSS, C. **Laser Toolsetter Optimizes Productivity**. Quality Magazine, mai. 2003. Disponível em: <<http://www.qualitymag.com/articles/84087-laser-toolsetter-optimizes-productivity>> Acesso em: 03 abr. 2017.

McCARTHY, R. **Toolroom Management: Presetting Increases Profits And Productivity**. MoldMaking Technology, ago. 2006. Disponível em: <<https://www.moldmakingtechnology.com/articles/toolroom-management-presetting-increases-profits-and-productivity>> Acesso em: 01 dez. 2017.

OLIVEIRA, L. H. **Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert**. Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração, 2005. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/producao-academica/ranking-medio-para-escala-de-likert/28>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

PEREIRA, S. **Melhoria da produtividade no processo de usinagem de uniões em ferro fundido maleável preto: um estudo de caso**. 2007. 118p. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

RENISHAW. High speed, non-contact, tool setting and breakage detection. **News from Renishaw**, p. 1-2, 2010.

SANDVIK C. **Manual Técnico de Usinagem**, São Paulo: Sandvik, , 2012.

SANTOS, T. A. F.; MARTINS, R. O.; CORRER, I.; VIEIRA JUNIOR, M. Estudo do nível de utilização do sistema de presetting de ferramentas em empresas da região de Santa Bárbara D'Oeste e Piracicaba. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2006. p. 1-7.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000. 327p.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SIMON, A. T.; MAESTRELLI, N. C.; AGOSTINHO, O. L. Influência das técnicas de pré-ajustagem de ferramentas na utilização de tecnologia CNC no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002. p. 1-6.

SIMON, A. T. Panorama do parque nacional de máquinas CNC de usinagem. In: CONGRESSO DE USINAGEM, 2008. **Anais...** São Paulo: Expo Center Norte, 2008.

SIMON, A. T.; LIMA, C. R. C. Computer numeric control machine tools utilization by metalworking companies in Brazil. **International Journal Manufacturing Research**, v. 10, n. 3, 2015.

SMITH, G. T. **Cutting tool technology: industrial handbook**. 1ª ed. London: Ed. Springer, 2008.

VIEIRA JUNIOR, M.; SILVA, J. M. A.; CORRER, I.; COPPINI, N. L.; BAPTISTA, E. A. Statement of Losses Caused by the Presetting of Tools by the Manual Method. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT, 2011, Reno. **Anais...** Reno: IEEE, 2011. p. 565-569.

VIEIRA JUNIOR, M.; COSTA, F. S.; BAPTISTA, E. A.; CORRER, I. Ganhos de produtividade e redução de perdas com o uso de sistemas toolsetter laser. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36, 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2014.

VIEIRA JUNIOR, M.; COSTA, F. S.; BAPTISTA, E. A.; CORRER, I. Variações na qualidade dimensional causadas pelo método de pré-ajustagem de ferramentas em centro de usinagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2015, Salvador. **Anais...** Salvador: ABCM, 2015.

VIEIRA JUNIOR, M.; CARVALHO, R.; PEREIRA, A.; BARDUZZI, J.; CORRER, I.; BATISTTI, E.; FARDIN, E. Diagnosis of the Use of Automated Systems for Presetting of Tools on CNC Machine Tools. In: PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT SOCIETY, 2016, Orlando. **Anais...** Orlando: POMS 27th Annual Conference, 2016. p. 2-6.

WEBZELL, S. Preset for productivity. **Machinery**, v. 164, n. 4130, p. 33-36, 2006.