

JAQUELINE BARDUZZI

**AVALIAÇÃO DO USO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM
FORNECEDORES DE USINAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Milton Vieira Junior, Dr. - Orientador

São Paulo

2016



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Jaqueline Barduzzi

Título da Dissertação: Avaliação do Uso de Troca Rápida de Ferramentas em Fornecedores de Usinagem do Estado de São Paulo.

A Comissão Examinadora, Composta Pelos Professores Abaixo, Considero(a) o(a) candidato(a)
Jaqueline Barduzzi APROVADA.

São Paulo, 29 de fevereiro de 2016.

Milton Vieira Junior (UNINOVE) - Orientador

André Luis Helleno (UNIMEP) - Membro Externo

Elesandro Antonio Baptista (UNINOVE) - Membro Interno

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força, fé e coragem durante esta caminhada.

Agradeço ao Vagner, meu noivo, pelo seu companheirismo, paciência e motivação em todos os momentos.

À minha mãe e meu padrasto, Eurides e João, por estarem presentes em todas as etapas da minha vida, sempre me apoiando e me motivando.

Ao meu pai, Norberto pelo incentivo aos estudos o qual foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, professor Milton Vieira Júnior, pela dedicação, compreensão, disponibilidade, apoio, orientação e pelas críticas construtivas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Às minhas irmãs, Almerissa, Roberta e Nathália que sempre foram amigas e sempre me apoiaram.

Aos professores Dr. Elesandro A. Baptista e Dr. Felipe Araújo Calarge pela participação na qualificação, que colaborarão para finalizar este trabalho.

Ao professor Dr. André Luis Helleno, pela participação na defesa, e colaboração prestada.

À Ana Carolina C. Foganholo, pelo apoio e principalmente pela dedicação demonstrada.

À Secretaria da Pós-Graduação do Mestrado de Engenharia de Produção da UNINOVE.

Aos amigos e colegas de curso o qual proporcionaram momentos incríveis e muitas risadas e muito contruíram para a realização desta dissertação.

À todos os professores do curso de Mestrado em Engenharia de Produção da UNINOVE, onde cada um contribuiu para o nosso aprendizado.

À todas as empresas participantes da pesquisa e à Revista Máquinas e Metais, o qual tornou possível a conclusão deste trabalho.

À equipe da biblioteca do mestrado, pelo apoio, dedicação e por sempre estarem dispostos a ajudar em todos os momentos.

Por fim e não menos importante, à Universidade Nove de Julho pela bolsa concedida para a obtenção do título de mestre e à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa CAPES - Prosup II.

“Quanto mais me elevo, menor fico aos olhos de quem não sabe voar. ”

Friedrich Nietzsche

Barduzzi, Jaqueline.

Avaliação do uso de troca rápida de ferramentas em fornecedores de usinagem do Estado de São Paulo./ Jaqueline Barduzzi. 2016.

106 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2016.

Orientador (a): Prof. Dr. Milton Vieira Júnior.

1. Setup. 2. Troca rápida de ferramentas. 3. Fornecedores de usinagem.

I. Júnior Vieira, Milton.

II. Título

CDU 658.5

RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo sobre a troca de ferramentas nas empresas fornecedoras de serviços de usinagem do Estado de São Paulo. Procurou-se identificar se as empresas aplicam os princípios da Troca Rápida de Ferramentas - TRF e se conhecem os benefícios de sua aplicação. A partir de uma *survey* exploratória realizada com responsáveis do setor de usinagem de 24,1% das empresas em todo o Estado, este estudo analisa as percepções das empresas em relação à troca rápida de ferramentas. As análises foram conduzidas com uma adaptação do algoritmo ROC (*Rank Order Clustering*) visando a formação de grupos de empresas a fim de identificar aquelas que conhecem os benefícios advindos da TRF e a aplicam, aquelas que afirmam conhecer os benefícios mas não aplicam de forma efetiva a TRF, e aquelas que afirmam desconhecer os benefícios e acabam não aplicando a TRF efetivamente. Os resultados demonstraram que a grande maioria das empresas conhecem a metodologia de TRF e percebem seus benefícios; no entanto, as análises de questões relativas às atividades de troca de ferramentas e aos seus respectivos tempos também permitiram concluir que mais da metade das empresas pesquisadas não aplicam efetivamente essa metodologia.

PALAVRAS-CHAVE: *Setup*, Troca rápida de ferramentas, Fornecedores de Usinagem.

ABSTRACT

This essay presents a study on the exchange of tools in suppliers of machining service from São Paulo State. We pursued to identify if companies apply the principles of Quick-Change Tools – TRF - and discern the benefits provided by this application. After a survey conducted with representatives of 24,1% of the companies machining industry throughout the State, this study observes the individual and collective contributions of the companies concerning the exchange of industry tools. The analyses were conducted by the ROC algorithm (Rank Order Clustering) aimed at the formation of groups of companies in order to identify those whom know the benefits from the TRF and apply, those who claim knowing the benefits but don't apply TRF effectively, and those who claim to ignore the benefits and end up not applying TRF effectively. The results revealed that the vast majority of companies know the methodology of SMED and realize its benefits; however, analysis of concerns relating to the changeover activities and their respective times also showed that more than half of companies surveyed do not effectively apply this methodology.

Keys-words: *Setup, SMED, Suppliers of Machining.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – REPRESENTAÇÃO DO SMED	12
FIGURA 2 – PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	18
FIGURA 3 – DESVENDANDO PROBLEMAS DE PRODUÇÃO AO REDUZIR ESTOQUES.....	19
FIGURA 4 – METODOLOGIA	35
FIGURA 5 – PARTICIPAÇÃO DE DIFERENTES SEGUIMENTOS DAS EMPRESAS	43
FIGURA 6 – PORTE DAS EMPRESAS PESQUISADAS	44
FIGURA 7 – QUANTIDADE DE MÁQUINAS RELACIONADAS À USINAGEM DAS EMPRESAS PESQUISADAS.....	44
FIGURA 8 – ETAPAS DA TROCA DE FERRAMENTAS E TEMPO GASTO.....	45
FIGURA 9 – QUANTIDADE DE TROCAS DE FERRAMENTAS.....	48
FIGURA 10 – TEMPO GASTO POR <i>SETUP</i>	49
FIGURA 11 – MÉTODO DE <i>PRESETTING</i> UTILIZADO PELAS EMPRESAS	50
FIGURA 12 – TEMPO DE <i>PRESETTING</i> POR <i>SETUP</i>	50
FIGURA 13 – SEPARAÇÃO DOS MATERIAIS AUXILIARES DO <i>SETUP</i>	51
FIGURA 14 – TREINAMENTO DA EQUIPE DE <i>SETUP</i>	52
FIGURA 15 – USO DOS PRINCÍPIOS DE TRF.....	52
FIGURA 16 – MONITORAMENTO DO TEMPO DE <i>SETUP</i>	53
FIGURA 17 – REDUÇÃO DO ESTOQUE INTERMEDIÁRIO E PERDAS PRODUTIVAS	54
FIGURA 18 – REDUÇÃO DO <i>SETUP</i> EM RELAÇÃO AO ÚLTIMO ANO	54
FIGURA 19 – AUMENTO DE CAPACIDADE, DISPONIBILIDADE E FLEXIBILIDADE EM RELAÇÃO AO ÚLTIMO ANO	55
FIGURA 20 – REDUÇÃO DO CUSTO DO <i>SETUP</i> EM RELAÇÃO AO ÚLTIMO ANO.....	55
FIGURA 21 – REDUÇÃO DO TEMPO DA TROCA DE FERRAMENTAS E PARADAS DE PRODUÇÃO EM RELAÇÃO AO ÚLTIMO ANO	56
FIGURA 22 – REDUÇÃO DO TEMPO DE AJUSTES EM RELAÇÃO AO ÚLTIMO ANO	56
FIGURA 23 – UTILIZAÇÃO DE TRABALHADORES MULTIFUNCIONAIS NO <i>SETUP</i>	57
FIGURA 24 – REDUÇÃO DE LEAD TIME, TEMPO DE CICLO E TAMANHO DE LOTES	58
FIGURA 25 – MELHORIA DA QUALIDADE E DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	58
FIGURA 26 – CRITÉRIOS PARA IMPLANTAR A TRF – APENAS EM E. T. GARGALO	59
QUADRO 1 – ESTÁGIOS E ETAPAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DA TRF	15
QUADRO 2 – BENEFÍCIOS DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RESULTADOS DAS PALAVRAS-CHAVE NAS BASES DE DADOS.....	8
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS E ELEMENTOS DE UMA SURVEY EXPLORATÓRIA.....	36
TABELA 4 – CONFIGURAÇÃO DA SURVEY EXPLORATÓRIA DO PRESENTE TRABALHO .	37
TABELA 5 – MATRIZ EMPRESAS X BENEFÍCIOS	60
TABELA 6 – MATRIZ EMPRESAS X BENEFÍCIOS COM COLUNAS REAGRUPADAS	64
TABELA 7 – MATRIZ EMPRESAS X BENEFÍCIOS COM VALORES EM DECIMAIS	68
TABELA 8 – MATRIZ EMPRESAS X BENEFÍCIOS AGRUPADOS COM ALGORITMO ROC	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNC - *Computer Numeric Control*

EOQ - *Economic Order Quantity*

JIT – *Just in time*

ROC - *Rank Order Clustering*

SMED - *Single-Minute Exchange of Die*

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

WIP – *Work in Process*

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	X
SUMÁRIO	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 RELEVÂNCIA DO TRABALHO	5
1.4 DELIMITAÇÃO.....	6
1.5 METODOLOGIA.....	6
1.5.1 BIBLIOMETRIA	7
1.5.2 ETAPAS DA CONDUÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	9
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 CONCEITUAÇÃO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	11
2.2 IMPORTÂNCIA DA TRF PARA A MANUFATURA ENXUTA	17
2.3 BENEFÍCIOS DA TRF	20
2.4 ABORDAGENS DE ESTUDO E VARIÁVEIS DA TRF	27
3. MÉTODO DE PESQUISA	35
3.1 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	38
3.2 FORMA DE ANÁLISE DAS RESPOSTAS	40
4. PESQUISA REALIZADA	42
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS.....	43
4.2 ASPECTOS OPERACIONAIS	45
4.3 PERCEPÇÃO DOS BENEFÍCIOS E DAS CARACTERÍSTICAS DA TRF	51
5. CONCLUSÕES	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
7. APÊNDICE	87

1. INTRODUÇÃO

Para se manterem competitivas no mercado, as empresas buscam adequar suas atividades de forma a melhorar e otimizar seus sistemas de produção, para isso, adotam técnicas e recursos avançados de manufatura, como otimizar as operações e sistemas das suas linhas de produção e estruturação da cadeia de valores.

Um dos caminhos para alcançar estratégias competitivas pelas empresas é a adoção da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) que aborda a eliminação de desperdícios como uma forma de alcançar níveis competitivos de produção, dentro de critérios de qualidade, competitividade, flexibilidade, velocidade de produção e cumprimento de prazos de entrega de pedidos (SLACK, N. *et al.*, 2009).

A manufatura enxuta está embasada em um conjunto de características que Pettersen, (2009) elencou a saber: *Kaizen* / melhoria contínua; redução de tempos de *setup* (Troca Rápida de Ferramentas – TRF); *Just in Time* (JIT); produção puxada; *poka yoke*; nivelamento da produção (*heijunka*); trabalho padronizado; controle visual e gestão a vista; 5S e *housekeeping*; *andon*; produção em pequenos lotes; estudo de tempos; redução de inventários; Manutenção Produtiva Total (TPM); automação (*Jidoka*), entre outros.

Pettersen (2009) ainda traz um agrupamento dessas características destacando que algumas delas foram citadas por todos os principais autores do tema Manufatura Enxuta:

- Práticas de *just in time* (que incluem o próprio JIT, o nivelamento da produção e os sistemas de produção puxada);
- Redução do uso de recursos de produção (que inclui a produção em pequenos lotes, a eliminação de desperdícios, a redução do tempo de *setup*, a redução do *lead time* e a redução do inventário em processo).

Nota-se que a redução dos tempos de *setup* está dentre as características consideradas como uma das fundamentais para a implantação da manufatura enxuta. Observa-se que as empresas que implantaram o Sistema Toyota de

Produção em diferentes países são as que mais investiram em ferramentas de redução do tempo de *setup* (AMOAKO-GYAMPAH; GARGEYA, 2001).

A redução do tempo de *setup* se tornou uma das práticas mais conhecidas entre as empresas que adotaram a filosofia de manufatura enxuta devido à metodologia desenvolvida por Shingo (2000), conhecida como *Single Minute Exchange of Die* (SMED); trata-se de uma "... abordagem científica para redução do *setup*, que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento". Esta metodologia é amplamente conhecida no Brasil como Sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) e por isso, neste trabalho, decidiu-se usar a sigla TRF como tradução de SMED.

A troca rápida de ferramentas é fundamental para a melhoria da qualidade do produto, redução das paradas não programadas e ganho de mão de obra, uma vez que tem grande impacto no tempo de eficiência fabril (TROVINGER; BOHN, 2005). Esses autores aplicaram os conceitos da TRF em uma linha de produção de placas de circuito impresso e criaram um sistema informatizado com códigos de barra e terminais sem fio para reduzir os tempos de *setup* e a precisão das informações, considerando-os como uma extensão dos princípios de Shingo.

Muitos pesquisadores baseiam-se no conceito tradicional de SMED de Shingo (2000) para propor novas técnicas de TRF e gerar benefícios. Um estudo realizado nos EUA mostrou que o aumento da capacidade efetiva resultante da TRF traz como benefícios a redução do investimento em novos equipamentos (SPENCE; PORTEUS, 1987).

Reis e Alves (2010) realizaram um estudo que serve como guia para as empresas calcularem os benefícios gerados por meio da aplicação da TRF. Dentre os benefícios citados pelos autores são: redução do tempo de parada de equipamentos, redução de inventário, redução de recursos (exemplo: mão de obra), aumento da flexibilidade e controle do processo e aumento da qualidade do produto.

Um estudo realizado em uma empresa de tubos de PVC mostrou alguns dos benefícios propiciados pela redução do tempo de *setup* como flexibilidade da linha de produção, melhoria da capacidade da empresa, aumento das horas trabalhadas (ALMOMANI *et al.*, 2013).

No entanto, alguns autores consideram a proposta de Shingo incompleta: Antunes Jr.; Rodrigues (1993) afirmam que não existe um critério definido que estabeleça prioridades para implantação da TRF; Faccio (2013) afirma que a proposta é restrita no que se refere a sistemas de manufatura complexos, e apresenta uma metodologia complementar, exemplificando sua aplicação em uma empresa com linhas de transfers em *layouts* circulares.

Na bibliografia pesquisada para o presente trabalho, notou-se que muitos autores após Shingo propuseram novas metodologias para redução de *setup*; no entanto, boa parte dos autores pesquisados não fez aplicação direta dessas metodologias nas empresas. Isso gera o ponto de interesse da presente pesquisa: saber se as indústrias do setor metal mecânico, mais especificamente empresas que trabalham com processos de usinagem, conhecem e aplicam efetivamente a metodologia de TRF (a partir da proposta por Shingo), bem como os benefícios que essa metodologia pode propiciar. A escolha por empresas que utilizam processos de usinagem deve-se ao fato de haver, com certa constância, trocas de lotes e, por consequência, a realização de *setup*.

1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho busca identificar a presença de indícios da aplicação da TRF nas empresas no setor de Usinagem no Estado de São Paulo para apoiar decisões dos investidores e partes interessadas. Na literatura estudada, notou-se a escassez de trabalhos com aplicação dos princípios de manufatura enxuta e TRF pelas empresas da região em questão. Diante do contexto apresentado, surge a primeira questão de pesquisa:

As empresas do setor metal mecânico conhecem e aplicam os estágios e etapas propostos a partir de Shingo?

Uma vez identificadas as empresas usuárias da metodologia TRF, o foco deste trabalho é comparar se os benefícios percebidos pelas empresas deste setor são os

mesmos descritos pela bibliografia estudada. Surge, então, a segunda questão de pesquisa:

Qual é a percepção das empresas usuárias de Troca Rápida de Ferramentas sobre os benefícios propiciados por essa metodologia?

Após identificar quais os benefícios percebidos pelas empresas estudadas, é ainda objetivo buscar o entendimento dos critérios de aplicação da TRF utilizados pelas empresas: se ocorre a aplicação em todos os equipamentos ou apenas nos equipamentos que apresentam-se como restrição à capacidade produtiva. Surge a terceira questão de pesquisa:

Na visão das empresas, compensa aplicar TRF em estações de trabalho que não sejam gargalo?

1.2 OBJETIVOS

Para melhor entendimento dos objetivos do presente estudo, foram separados em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo identificar se as empresas prestadoras de serviço de usinagem do Estado de São Paulo utilizam de forma efetiva a TRF, por meio da percepção dos benefícios que a TRF propicia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Fazer um estudo bibliométrico sobre proposições de metodologias de TRF e compará-las para verificar os trabalhos que tiveram aplicação nas indústrias;
- Verificar na literatura quais os benefícios citados por implementar a redução do tempo de *setup*;
- Verificar se esses benefícios são percebidos pelas empresas pesquisadas;

- Verificar se, no entendimento das empresas, a TRF deve ser aplicada apenas a equipamentos críticos (máquinas gargalo).

1.3 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Atualmente o mercado demanda variedade de produtos em paralelo com a personalização. Os clientes têm exigido prazos de entrega cada vez menores, levando à necessidade de produzir lotes menores e de ter menor tempo de resposta. Como resultado, os altos tempos de *setup*, além de representar custos adicionais na manufatura, afetam diretamente a competitividade das empresas, ocasionando eventuais perdas de mercado ou perda de clientes (FACCIO 2013).

No âmbito do Brasil, o tema TRF tem sido pouco explorado nas pesquisas: foram identificados apenas sete artigos que abordaram o tema em questão, sendo que apenas os trabalhos de Fogliatto; Fagundes (2003); Neumann; Ribeiro (2004), Sugai; McIntosh; Novaski (2007), Satolo; Calarge (2008) e Reis; Alves (2010) mostraram aplicações de redução do tempo de *setup*.

Mesmo em trabalhos que não apresentam efetiva aplicação na indústria como aqueles em que os autores propuseram metodologias para reduzir o tempo de *setup*, são citados benefícios que seriam resultantes da aplicação dessas metodologias.

No entanto, nenhum desses trabalhos avalia se há a efetiva percepção desses benefícios por parte das empresas que aplicam a TRF, bem como entre aquelas que afirmam não aplicar. Também não há nenhum indício de que haja algum critério que possa determinar a prioridade na aplicação da TRF apenas nas estações de trabalho que se configurem como gargalo de produção.

Neste contexto se torna relevante verificar se a percepção dos benefícios citados na literatura está condizente com a prática das empresas e se existe algum critério que priorize a escolha de estações de trabalho gargalo como aquelas em que a TRF deva ser aplicada.

1.4 DELIMITAÇÃO

Em meio ao cenário de crescimento abaixo das expectativas do mercado, as empresas do setor metal mecânico estão usando o seu parque de máquinas para, além da produção de produtos, fornecer serviços de usinagem para empresas de máquinas em geral, autopeças, empresas agrícolas, entre outras.

Em 2014, foram identificadas 237 empresas prestadoras de serviço de usinagem no Brasil, que detêm um parque de 3906 máquinas, sendo 700 a mais que em 2013. Em média são 16,5 máquinas por empresa e ainda há espaço para crescimento, uma vez que 45% destas empresas apresentava à época planos de aquisição de novos equipamentos. Grande parte destas empresas estão concentradas no Estado de São Paulo, totalizando 70%, ou seja, 166 empresas (REVISTA MÁQUINAS & METAIS, 2014). Neste universo, este trabalho é direcionado às empresas do Estado de São Paulo, prestadoras de serviço de usinagem.

1.5 METODOLOGIA

A estrutura metodológica desta pesquisa está organizada da seguinte forma:

1 - A pesquisa caracteriza-se como de natureza aplicada e de campo que, consiste em examinar o cenário no qual o problema estudado está inserido para a busca de respostas que se queira comprovar por meio de hipóteses e para posterior análise e explicações por meio de métodos e técnicas específicas (FACHIN, 2006; MARCONI; LAKATOS, 2010);

2 - No que se refere à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa descritiva, pois conforme Tripodi, *et al.*, (1975:42-71, apud MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 170) esta tem por objetivo a análise de fenômenos ou fatos com a finalidade de fornecer informações para comprovação de hipóteses acerca de determinados grupos, populações ou programas. Permite ainda entender o que um segmento ou área de atividade manifesta sobre determinados aspectos, e assim propiciar a tomada de decisões sob relevância gerencial (SILVA; LOPES; BRAGA JUNIOR, 2014);

3 – No que se refere aos objetivos da pesquisa, esta caracteriza-se como exploratória, pois busca aumentar a familiaridade com um determinado fenômeno e clarificar conceitos e desenvolver hipóteses (MARCONI; LAKATOS, 2010 p.171).

4 – No que se refere ao método de pesquisa, este caracteriza-se como *survey* exploratória, a qual é utilizada para adquirir entendimento inicial sobre um tema. Tem por objetivo fornecer subsídios para a realização de uma *survey* mais detalhada (MIGUEL, *et al.*, 2012).

Este método de pesquisa pode ser definido como a busca de informações sobre características, ações ou opiniões de um grupo de pessoas que representam uma população (TANUR, 1982, apud PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993).

Para identificar a existência de um *gap* de pesquisa, realizou-se uma pesquisa bibliográfica amparada por um estudo de bibliometria, conforme mostrado na sequência.

1.5.1 BIBLIOMETRIA

Para realizar a busca de material para a revisão bibliográfica, foram estabelecidas trinta e duas combinações de palavras-chave de modo a não deixar de lado nenhuma cognata ou termo que pudesse ser sinônimo do que estava sendo buscado (Tabela 1). Procurou-se padronizar os critérios utilizados em todas as bases de periódicos pesquisadas (SciELO, Ebsco, Proquest, Capes, Science Direct e Emerald), buscando as palavras-chave no título e/ou no resumo, e não se fez qualquer recorte temporal.

Tabela 1 – Resultados das Palavras-chave nas bases de dados

Item	Combinação de palavras-chave	Artigos encontrados
1	" <i>setup</i> "+"benefits"+"reduction"	120
2	" <i>setup</i> time reduction"	76
3	"changeover time"+"applications"	61
4	"machine <i>setup</i> time"	50
5	" <i>setup</i> reduction"+" <i>setup</i> "+"benefits"	17
6	"changeover time"+"stages"	16
7	"changeover time"+"steps"	14
8	" <i>setup</i> time reduction"+"benefits"	11
9	" <i>setup</i> time reduction"+" <i>setup</i> "+"benefits"	10
10	"SMED"+"applications"	8
11	"SMED"+"benefits"	6
12	"stages"+"SMED"	5
13	" <i>setup</i> time reduction"+" <i>setup</i> "+"benefit"	3
14	"rapid exchange of tools"	3
15	"redução de tempo de <i>setup</i> "+"implementação"	3
16	"steps"+"SMED"	2
17	"troca rápida de ferramentas"+"benefícios"	2
18	"troca rápida de ferramentas"+"implementação"	2
19	"redução de tempo de <i>setup</i> "+"benefícios"	2
20	" <i>setup</i> reduction"+"SMED"+"applications"	1
21	" <i>setup</i> time reduction"+"SMED"+"applications"	1
22	" <i>setup</i> reduction"+"SMED"+"applications"	1
23	"troca rápida de ferramentas"+"redução"+" <i>setup</i> "	1
24	"redução de tempo de <i>setup</i> "+"benefícios"+" <i>setup</i> "	1
25	"troca rápida de ferramentas"+"implementação"	1
26	"troca rápida de ferramentas"+"etapas"	1
27	"tempo de preparação de máquina"+"implementação"	1
28	"troca rápida de ferramentas"+"etapas"	1
29	"tempo de troca"+"implementação"	1
30	"troca rápida de ferramentas"+"implementação"	1
31	"troca rápida de ferramentas"+"etapas"	1
32	"quick tool exchange"	0

Fonte: o autor

1.5.2 ETAPAS DA CONDUÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Após uma primeira avaliação do resultado da busca, foram retirados os artigos repetidos (152 artigos) e adotado um critério de seleção dos artigos no qual foram utilizados somente artigos com proposição de modelos, *frameworks* ou procedimentos, ou que descrevem o desenvolvimento de algum processo para a TRF, a fim de se responder às questões de pesquisa inicialmente propostas.

De um total inicial de 423 artigos encontrados, foram considerados relevantes 58 artigos, sendo os demais considerados não relevantes para a presente pesquisa. Isso foi feito por meio de uma revisão sistemática dos artigos, cujo objetivo foi delimitar o espectro de pesquisa bibliográfica previamente estabelecida. Para isto, foram definidas oito questões que estão alinhadas com as questões de pesquisa propostas neste trabalho, a saber:

- **Questão 1:** Quais as principais variáveis do modelo modelos, frameworks, processos, procedimentos de TRF apresentados no artigo?
- **Questão 2:** Quais os benefícios citados pelos autores na aplicação das metodologias?
- **Questão 3:** Como as empresas medem os benefícios propiciados pela aplicação dessas metodologias?
- **Questão 4:** Quais são os estágios e etapas propostos a partir de Shingo para TRF?
- **Questão 5:** Quais os indicadores ou evidências de implantação da metodologia Shingo utilizado pelas empresas?
- **Questão 6:** Como as empresas tomaram conhecimento da metodologia Shingo para TRF?
- **Questão 7:** Como as empresas aplicam os estágios e etapas propostos por Shingo?
- **Questão 8:** Qual é o critério adotado pelas empresas para implantar TRF nas estações de trabalho?

As oito questões citadas anteriormente foram usadas **apenas para efeito de filtro de bibliometria**. As respostas das questões, serviram como facilitadoras para o

embasamento da presente pesquisa. Contudo, não foram todos os artigos que responderam às oito questões simultaneamente.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, descritos a seguir:

- Capítulo 1 - É feita a apresentação do tema, dentro de um contexto mais amplo da utilização de Manufatura Enxuta. Também são apresentados os objetivos do trabalho, geral e específicos, bem como a justificativa da escolha do tema;
- Capítulo 2 - Traz uma revisão teórica sobre TRF, Benefícios de sua aplicação e abordagens de estudo e variáveis a fim de fornecer uma base para a proposta de pesquisa;
- Capítulo 3 – Apresenta o método de pesquisa utilizado neste trabalho;
- Capítulo 4 – É apresentado os resultados da pesquisa realizada nas empresas e os respectivos gráficos com os dados, para melhor compreensão das respostas além de conter uma discussão sobre os resultados obtidos na presente pesquisa;
- Capítulo 5 - Apresenta as conclusões deste trabalho;
- Ao final apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas e consultadas nesta pesquisa; bem como os apêndices da presente pesquisa (questionário e a relação das empresas pesquisadas).

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta conceitos sobre TRF, os benefícios que podem ser obtidos com a sua aplicação, as variáveis existentes nos sistemas de TRF e os modelos de aplicação encontrados na literatura pesquisada.

2.1 CONCEITUAÇÃO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

Segundo Santos; Wysk e Torres (2009) o tempo de *setup* pode ser definido como o tempo decorrente da última peça conforme de um lote até a primeira peça conforme do lote seguinte, e qualquer processo de *setup*, independente do tipo de máquina ou equipamento, pode ser dividido em 4 etapas:

- 1- Preparar, ajustar e verificar novos materiais e ferramentas;
- 2- Remoção da ferramenta antiga e colocação da nova ferramenta na máquina;
- 3- Medir, configurar e calibrar a ferramenta;
- 4- Produzir peças iniciais e ajustar a máquina;

Segundo Reis e Alves (2010) as empresas desejam reduzir o tempo de *setup* por dois motivos: aumentar a capacidade produtiva, ou seja, quando a produção é a restrição, ou introduzir/melhorar a produção enxuta.

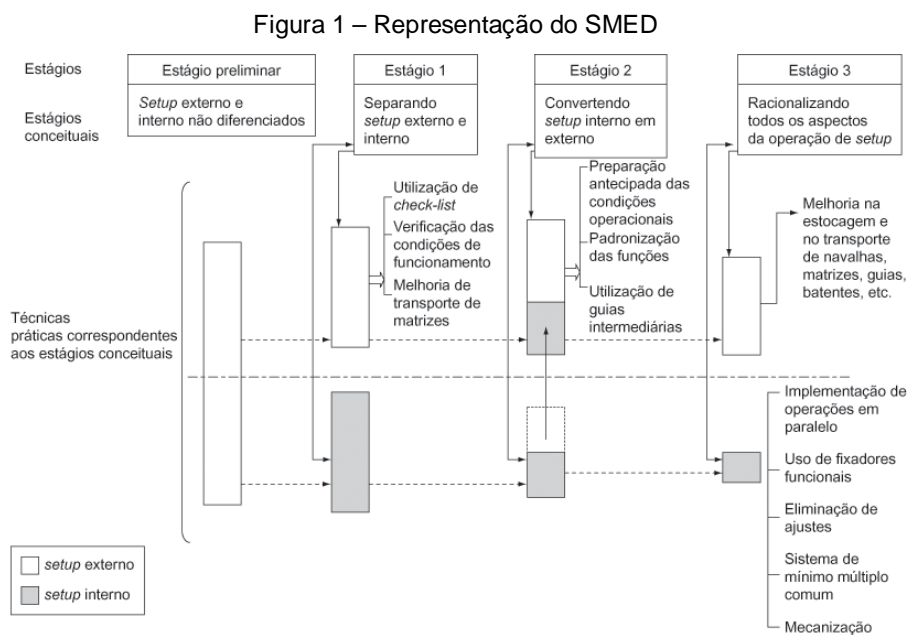
Quando o tempo de preparação é longo, muitas empresas optam por produzir lotes maiores, aumentando o estoque em processo, fazendo produtos desnecessários e incorrendo em perdas no sistema de produção, o que é contraditório com a proposta de produção enxuta. Desta forma, na busca por aumentar a disponibilidade de máquinas, a redução do tempo de *setups* é um meio de se evitar a compra de novos equipamentos e se aumentar a capacidade de produção.

Nos sistemas de produção JIT, a redução dos problemas de capacidade de produção passa pela redução do estoque em processo. Assim, o tempo da preparação e da troca de ferramentas deve ser estudado e melhorado com práticas

de Kaizen e melhoria contínua a fim de flexibilizar a produção (GAITHER; FRAZIER, 2002).

A partir de 1950, Shingo (2000) desenvolveu uma metodologia para redução sistemática do tempo de troca de *setup*, denominada SMED, livremente traduzida como troca rápida de ferramentas em um dígito de minuto, ou seja, em um tempo menor que 10 minutos.

Shingo levou 19 anos para consolidar essa metodologia, que foi iniciada a partir de estudos de processos em estamparias da planta da Mazda de Toyo Kogyo, em Hiroshima, no ano de 1950, continuou a ser desenvolvida em 1957, no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries em Hiroshima, e finalizou-se em 1969 na principal planta da Toyota Motor Company. Shingo (2000) procurou mostrar por meio de quatro estágios que é possível reduzir o tempo de *setup* ao máximo ou até mesmo eliminar o *setup* aumentando a competitividade das empresas. A metodologia está dividida em 4 estágios apresentados na sequência, e também na Figura 1.



Fonte: Shingo, (2000)

Estágio Inicial – *Setup* Interno e Externo não diferenciados

No estágio inicial procura-se verificar as características do processo de troca de ferramentas, como tempo total de troca, equipamentos utilizados, etc. Para auxiliar

neste estágio, geralmente o engenheiro de produção deve valer-se de recursos como cronômetros, observação, filmagens, entrevista com operários e anotações referentes ao processo.

Estágio 1 - Separação do *Setup* Interno e *Setup* Externo

Após observação preliminar no estágio inicial, inicia-se a diferenciação do *setup* interno e externo, sendo atividades internas são as que somente podem ser feitas com a máquina parada e as atividades externas são as atividades do *setup* que podem ser feitas com a máquina trabalhando.

A análise da filmagem do *setup* auxilia o engenheiro a separar as atividades que podem ser feitas externamente e as que não são possíveis e a verificar as condições dos equipamentos. (MONDEN, 1984; SHINGO, 1989; MCINTOSH *et al.*, 2000; FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003; SATOLO; CALARGE, 2008). Segundo Shingo (2000), neste estágio pode haver redução de 30% a 50% do tempo inicial de *setup*.

Estágio 2 – Mudança do *setup* interno para externo

Após análise do *setup* no estágio anterior, busca-se um esforço para padronizar ferramentas e preparação antecipada de atividades, convertendo em externas o máximo possível das atividades. Segundo Shingo (2000), neste estágio pode haver redução de até 75% do tempo inicial de *setup*.

Estágio 3 – Racionalização todos os aspectos da operação de *setup*

No estágio 3, o principal objetivo é analisar os elementos restantes de forma a racionalizar, simplificar e serem concluídos em menor tempo possível. Este estágio segundo Shingo (2000), pode reduzir o tempo de *setup* em até 90% de tempo de configuração anterior ao estágio inicial.

Tendo como base a metodologia SMED, Antunes Jr. e Rodrigues (1993) utilizaram a Teoria das Restrições (TOC) criada por Goldratt (1990) para propor uma metodologia de priorização de redução de *setup*. Esta metodologia consiste, segundo os autores, em quatro estágios e duas etapas, a seguir:

Estágio 1 - Identificação da restrição do sistema

Utilizando como base do cálculo, a carga máquina semanal e a demanda, o recurso no qual estiver acima da capacidade é a restrição do sistema, passando assim para o segundo estágio.

Estágio 2 – Explorar a restrição do sistema

Explorar a restrição do sistema gerando o máximo de ganhos possíveis, dando preferência ao atendimento pleno ao mercado, no qual a diferença de horas que não poderiam ser compreendidas na carga máquina, sendo temporariamente atendidas por horas extras.

Estágio 3 – Subordinação dos demais recursos do sistema

Neste estágio, verifica-se a existência de outros recursos com restrição de capacidade. Após a constatação de outras restrições, o mesmo procedimento do estágio anterior é tomado nestas restrições, com a finalidade de aumentar a capacidade a curto prazo.

Estágio 4 – Elevar o sistema das restrições

Após análise das restrições, como estágio 4 é proposto o aumento da capacidade das restrições. Para isto pode haver dois caminhos: o investimento em novos equipamentos ou a redução do tempo de utilização dos recursos sem que aja geração de riquezas. Nesta segunda opção, a redução do tempo de *setup* entra como parcela de tempo que poderá vir a ser utilizada para atividades que gerem ganhos e aumento da capacidade do recurso.

Etapa 1 – Separação da preparação interna e preparação externa

Por meio das técnicas propostas por Shingo (2000), busca-se a identificação das atividades de *setup* que podem ser feitas internas e externas. A aplicação deste procedimento, segundo os autores reduz a restrição inicial identificada, podendo reduzir o uso de horas extras.

Etapa 2 – Conversão da preparação interna em externa

Ao contrário da etapa 1, no qual as atividades são apenas organizadas, esta etapa busca alternativas para converter as atividades internas em atividades externas de modo a quebrar o gargalo inicialmente identificado.

Dentro deste método de concentrar os esforços para aplicar a TRF para elevar eliminar a restrição nos equipamentos, os autores recomendam como trabalhos futuros a proposição de metodologias para avaliar a necessidade de aplicar a TRF em equipamentos que não sejam gargalo.

Como metodologia complementar ao SMED, Fogliatto e Fagundes (2003) apresentam uma metodologia para redução do tempo de *setup* e redução do tamanho dos lotes, focando o trabalho em equipe e melhorias dos processos. A metodologia está dividida em 4 estágios e 14 etapas, conforme Quadro 1, que são mais bem explorados na sequência.

Quadro 1 – Estágios e etapas para implementação da TRF

Estágios	Etapas
Estratégico	Definição de metas Escolha da equipe de implantação Treinamento da equipe de implantação Definição da estratégia de implantação
Preparatório	Definição do produto a ser inicialmente abordado Definição do processo a ser inicialmente abordado Definição da operação a ser inicialmente abordada
Operacional	Análise da operação a ser inicialmente abordada Identificação das operações internas e externas do <i>setup</i> Conversão do <i>setup</i> interno em externo Prática da operação de <i>setup</i> e padronização Eliminar ajustes Eliminar o <i>setup</i>
Comprovação	Consolidação da TRF em todos os processos da empresa

Fonte: Fogliatto; Fagundes (2003)

Estágio 1 – Estágio Estratégico

Neste estágio, composto de quatro etapas, no qual são definidas metas de curto prazo, escolha e treinamento da equipe de implantação, conhecimento das estratégias de aplicação da TRF e a noção dos possíveis resultados para assim apresentar para a alta gerência e obter o convencimento e apoio.

Estágio 2 – Estágio Preparatório

O estágio preparatório consiste de três etapas. A primeira etapa fundamenta-se em definir o produto a ser abordado na implantação da TRF, colocando como prioridade os produtos pertencentes a categoria A da curva ABC dos produtos, apresentando assim ganhos mais significativos. Como segunda etapa, após a definição do produto, a equipe deverá fazer a definição do processo piloto, dando preferência aos equipamentos gargalo, para conseguir desta forma maiores ganhos. Por fim a terceira etapa é proposto escolher a operação a ser implantada a TRF, buscando operações no qual existam restrições, de modo a ao implantar a TRF evitar a compra de novos equipamentos.

Estágio 3 – Operacional

Após escolher a operação a ser abordada, é então elaborada uma lista com todas as atividades do *setup* e o tempo médio de cada etapa. Após análise é possível realizar melhorias iniciais ou deixar de fazer alguma atividade. A segunda etapa baseia-se na análise de filmagens do *setup* para posterior análise das atividades e separação em *setup* interno e *setup* externo. Como terceira etapa do estágio operacional, as operações do *setup* interno e *setup* externo são reavaliadas com objetivo de passar a maior parte das atividades para quando o equipamento esteja em operação, ou seja, *setup* externo. Como quarta etapa, busca-se padronizar as melhorias, contabilizar os resultados e padroniza as operações por meio de dispositivos e elementos padronizados. A quinta etapa tem como objetivo eliminar os ajustes que ocorrem no período de *run-up*, no qual a produção geralmente ocorre com menor cadência. Por fim como sexta etapa deste estágio, busca-se a eliminação do *setup*, entretando nem sempre sendo possível, porém a aplicação das etapas anteriores visa reduzir o *setup* significativamente.

Estágio 4 – Consolidação

Estágio na qual a comprovação das melhorias podem ser verificadas por meio do tempo de *setup* antes e depois. A construção de dispositivos, ferramentas e equipamentos padronizados também são subsídios importantes para a garantia da estabilidade do programa de TRF.

2.2 IMPORTÂNCIA DA TRF PARA A MANUFATURA ENXUTA

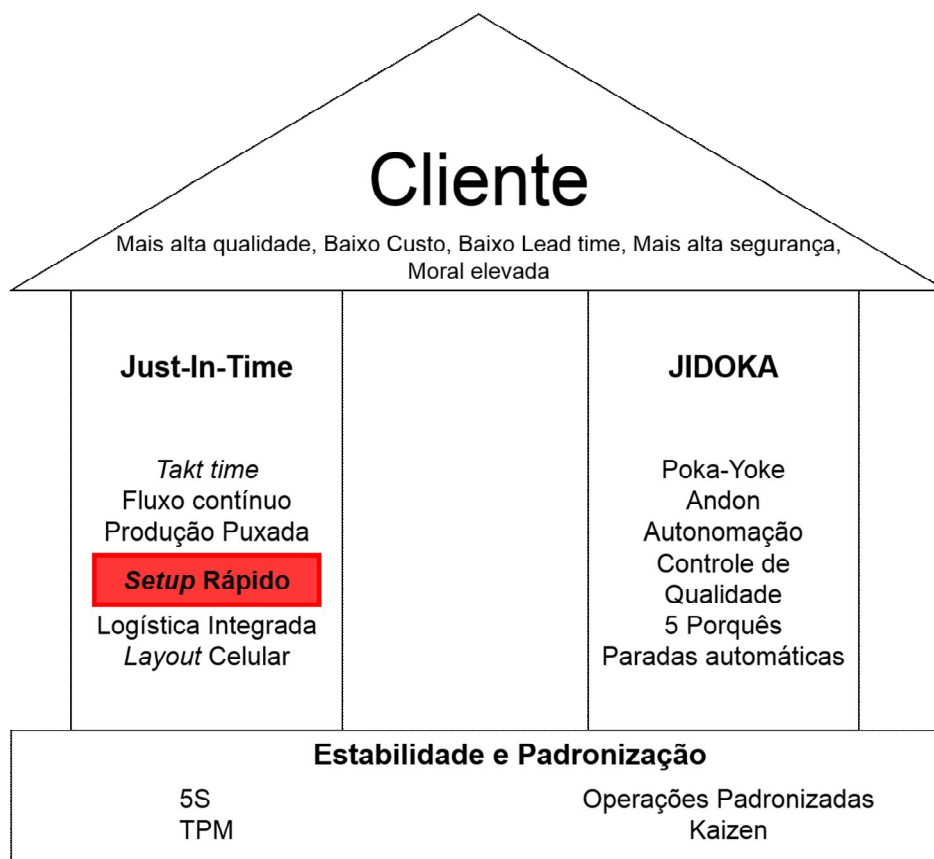
O Sistema Toyota de Produção, também conhecido como Manufatura Enxuta, baseia-se na sistemática de eliminar os desperdícios e as perdas, reduzindo custos de produção. A estrutura do Sistema Toyota de Produção é apoiada por 2 pilares principais: *Just in time* e *Jidoka* (OHNO, 1997; GAITHER; FRAZIER, 2002; ANTUNES *et al.*, 2008). O *Just in time* propõe produzir o necessário, quando necessário e na quantidade necessária. Já o *Jidoka* propõe permitir aos operadores e às máquinas autonomia de detectar problemas, interromper o trabalho e sinalizar.

Dentre os objetivos fundamentais do JIT estão a redução do estoque em processo e a redução do *lead time* do produto; o tempo de *setup* está diretamente ligado ao *lead time* de manufatura. (GAITHER; FRAZIER, 2002).

A Figura 2 apresenta os dois pilares da manufatura enxuta, com destaque para o *setup* rápido e com a apresentação de outros componentes essenciais para a melhoria do sistema de trabalho. No contexto da manufatura enxuta, o *setup* rápido apresenta-se como um dos fatores fundamentais para a implantação e funcionamento da filosofia *Just in time*, uma vez que é necessário a prática de trabalhar com pequenos lotes de produção e tempo de resposta cada vez menor às demandas do mercado.

A redução do tempo de *setup* é um dos componentes do *just in time* que possibilita a diminuição do tempo das atividades de preparação, e aplicando a TRF visa a redução de recursos e diminuição de inventário (REIS; ALVES, 2010).

Figura 2 – Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Das; Venkatadri; Pandey (2014)

Phan e Matsui (2010) procuraram identificar por meio de um estudo de múltiplos casos se há diferença no grau de implementação de práticas de produção *just in time* entre os países e se as práticas de produção JIT relacionam-se positivamente para desempenho operacional de fábricas. Dentre as práticas JIT pesquisadas, o estudo destacou que o *setup* rápido é diferencial para o alto desempenho e baixo custo de produção nas empresas.

Num cenário de flexibilização e diversificação da produção, com lotes cada vez menores, a troca de ferramentas deve então ser cada vez mais rápida e com baixo valor investido (SANTOS; WYSK; TORRES, 2009).

No processo de implementação do JIT, o principal objetivo é reduzir os estoques em processo de forma incremental. Por meio de melhorias contínuas no processo, os problemas de produção são encontrados, analisados e resolvidos. A Figura 3 mostra que quanto menor o estoque em processo, menores são os problemas de produção. Neste contexto o *setup* rápido é fundamental para alcançar estas melhorias.

Figura 3 – Desvendando problemas de produção ao reduzir estoques



Fonte: Gaither; Frazier (2002)

Segundo Shingo (2000) são sete os desperdícios que devem ser eliminados ao longo do sistema de produção:

1. Superprodução;
2. Espera, no qual o tempo de *setup* tem grande influência;
3. Transporte;
4. Produção desnecessária;
5. Estoques de trabalho em processo, em outra demonstração de influência dos tempos de *setup*;
6. Movimento e esforço;
7. Produtos defeituosos.

Nota-se no segundo desperdício, então, que a redução dos tempos de *setup* é um fator de extrema importância para a adoção da manufatura enxuta e para a redução do lead time nos sistemas de produção.

2.3 BENEFÍCIOS DA TRF

Dentre os benefícios do uso da metodologia TRF, destacam-se a melhoria da qualidade do produto, o aumento da disponibilidade da máquina, o aumento da flexibilidade de produção, o aumento da capacidade produtiva e a melhoria na produtividade (SANTOS; WYSK; TORRES, 2009; ALMOMANI *et al.*, 2013).

Entretanto, outros benefícios também podem ser destacados, conforme aponta a literatura pesquisada para o presente trabalho. Os benefícios foram reunidos em 8 grupos, que são expostos na sequência.

A redução do tempo de *setup* e a redução do *downtime* são citadas como um resultado positivo da aplicação das metodologias propostas por Shingo (2000) e por outros autores como Gilmore e Smith (1996), Samaddar (2001), Satolo e Calarge (2008) e Gawronski (2012). Trata-se de dispender menos tempo com ajustes e preparações, possibilitando a rápida recuperação da sequência de produção das estações de trabalho.

Freeland; Leschke e Weiss (1990) mostram a relevância da redução de custo de *setup* e propõem uma metodologia para o cálculo de acordo com os parâmetros da situação, além de fornecer uma lista de prioridades visando reduzir o custo do *setup*. Como benefícios da aplicação, os autores citam a redução dos ajustes e a redução do número de *setups* por ano.

No que se refere ao benefício da redução de custo de *setup*, citada por outros 39% dos autores pesquisados, a aplicação da TRF proporciona menor incidência de custos a cada fase do processo de produção. Leschke (1997) propõe uma metodologia tendo como base o SMED, porém sob nova perspectiva, considerando as implicações econômicas e sequência de implementação por ordem de prioridade. Como resultado da aplicação, estão a redução do custo anual e redução do *setup*. Ng; Cheng e Kovalyov (2004) propõem um algoritmo para a redução do tempo de *setup* e encontrar a sequência ótima de lotes de tal forma a reduzir custos e utilização de recursos.

Com relação ao benefício da redução de *lead time*, do tempo de ciclo e do tamanho de lotes, citado por cerca de 37% dos autores pesquisados, obtêm-se menores

tempos de ciclo de produção, resultando em menor lead time. Fogliatto e Fagundes (2003) em um estudo de caso sobre a indústria moveleira, aplicaram a troca rápida de ferramentas com uma das variáveis sendo o lote econômico de fabricação (*Economic Order Quantity- EOQ*) durante um mês e obtiveram a redução do tamanho dos lotes de produção. Os autores ainda citam vantagens desta aplicação como maior flexibilidade, redução de estoque em processo e redução de produtos acabados. Hariga (2000) desenvolveu um modelo estocástico para redução de tempo *setup* no qual, entre os benefícios da aplicação, estão a redução de *lead time* e redução de custos. Já Gawronski (2012) em um estudo de caso também na indústria de móveis aponta que a aplicação do modelo apresentado para TRF reduz o lead time, atrasos e o tempo de *setup*.

Os benefícios aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade apontam que o uso da TRF aumenta o tempo em que os equipamentos estão disponíveis para produção (principalmente devido à redução do *downtime*, conforme citado anteriormente), o que leva a maior disponibilidade, melhor utilização e maior flexibilidade das estações de trabalho. Spence e Porteus (1987) em seu trabalho analisaram a relação entre a redução do tempo de *setup* e o aumento de capacidade. Os autores apresentaram um modelo para redução do *setup* no qual como objetivos está a melhor utilização dos equipamentos, possibilitando a redução de investimento em novos equipamentos

McIntosh *et al.* (2000) propõem melhorias além da redução da duração das atividades ou eliminação por completo pode ser a parcela de maior significância. Na metodologia SMED sugere-se a aplicação na sua conclusão. O autor propõe que estas melhorias podem ser examinadas na fase inicial do projeto, gerando melhorias como aumento da capacidade e ganho de mão-de-obra.

De outro ponto de vista, Ferradás e Salonidis (2013) desenvolveram uma adaptação da metodologia SMED em uma linha de solda, por meio da junção das melhores práticas encontradas na literatura. Como resultado do estudo de caso, os autores citam benefícios como a redução de custos e aumento da capacidade.

Gawronski (2012) por meio de um estudo de casos em uma indústria de móveis planejados, desenvolveu um modelo de escalonamento de ordens e redução do

tempo de *setup*. Como benefícios da aplicação desta metodologia foi a redução dos atrasos da produção e o menor tempo de utilização do CNC.

No benefício redução de inventário e de perdas, a aplicação da TRF proporciona menor inventário em processo devido à menor incidência de tempos de espera aos lotes de produção. Kannenberg e Antunes Jr. (1995) propõem uma sistemática de redução do tempo de *setup* levando em consideração o envolvimento estratégico e a formação de equipe estratégica, criando um ambiente favorável para a implantação da TRF em médio e longo prazo. Esta sistemática, em curto prazo aumenta a capacidade em máquinas gargalo e proporciona o aumento da produção e ao longo prazo propõe redução das perdas em todos os equipamentos cuja implantação da TRF foi implantada e reduz os estoques intermediários.

Por outro lado, Samaddar (2001) propõe um modelo PERT de redução de *setup* no qual estuda a relação entre a redução do tempo de *setup* e a redução da variância no processo. Como benefícios da aplicação do modelo, está a redução do estoque em processo (*Work in Process - WIP*). Também Gawronski (2012) em um estudo de casos na indústria de móveis, desenvolveu um modelo de escalonamento de ordens de produção no sentido de reduzir o tempo de *setup* que resultou também na redução de WIP.

Os benefícios melhoria da qualidade e melhoria no desenvolvimento dos produtos são citados por 18% dos autores, como resultado da aplicação da TRF nos processos. Voros (1999) desenvolveu um modelo matemático de redução do tempo de *setup* e dimensionamento de lotes com foco na melhoria de qualidade do processo, na qual o autor afirma existir uma correlação direta entre o tamanho do lote de fabricação e a deterioração da qualidade.

Lovell (2003) em seu trabalho, cita o processamento em lotes, no qual uma máquina mal ajustada pode levar a fabricação de um lote inteiro com defeitos. Outro problema possível é um operador na linha de montagem encontrar uma peça defeituosa e devolvê-la ao estoque, gerando posterior necessidade de inspeção de todos os lotes. A redução do tempo de *setup* é um dos componentes do JIT, visto que para produzir lotes menores, requer o menor custo de *setup* possível.

O Auxílio na tomada de decisões foi citado como uma forma de utilizar a metodologia da TRF como referência para tomada de decisões ligadas à manufatura. Wachter (1996) procurou entender e explicar como os programas de melhoria afetam a capacidade de manufatura. Para isto desenvolveu uma metodologia para alcançar o melhor tempo de *setup* com o menor lote possível. Como benefícios da aplicação o autor cita o trabalho como um guia para a tomada de decisões estratégicas de manufatura e aplicações.

Reis e Alves (2010) fazem um comparativo entre os modelos de Shingo (2000) e de McIntosh *et al.* (2001) analisando para cada necessidade se vale a pena aplicar SMED ou Mudança de Projeto. O autor propõe uma metodologia complementar com os quatro estágios iniciais do SMED e mais dois estágios sendo eles o cálculo do ganho máximo em inventário e o cálculo do ganho máximo em recursos. A metodologia desenvolvida por meio de estudo de casos, auxilia as empresas na tomada de decisões e gera benefícios como a redução de mão-de-obra, utilizando-se de trabalhadores multifuncionais no *setup*.

Já Taj *et al.* (2012) em um estudo de múltiplos casos no setor de estamparias, desenvolveram um modelo de planejamento de programação de produção para linhas de produção com restrição de recursos e com tempo de *setup* significativo. Após testar o modelo em 3 estamparias os autores concluíram que o modelo auxilia na tomada de decisões para o lançamento de novas linhas de produção e quanto ao número de turnos de trabalho.

Os benefícios melhoria de *layout* e aumento da segurança, apesar de aparecer apenas uma vez dentre os artigos pesquisados (DAS; VENKATADRI; PANDEY, 2014) foram considerados relevantes. Em um estudo de caso em uma empresa de bobinas e ar condicionado, aplicaram-se os princípios da manufatura enxuta como SMED, TPM, JIT e Kaizen com o objetivo de aumentar a produtividade geral da fábrica: para atingir o objetivo de redução do inventário, o *setup* também precisou ser reduzido. Após analisar o mapa do estado atual e, baseando-se no modelo Shingo, colocou-se o máximo das atividades internas para externas. Como resultado foram apresentadas melhorias no *setup* e também melhorias significativas no *layout* da planta e na segurança do trabalho.

Com base na bibliometria realizada no capítulo anterior e na fundamentação teórica utilizada para embasar a presente pesquisa, foi verificado o que os autores falavam de benefícios resultantes da implantação da TRF. O Quadro 2 apresenta, de forma sintética, os benefícios apontados na literatura como resultado da aplicação da Troca Rápida de Ferramentas.

Quadro 2 – Benefícios da troca rápida de ferramentas

	Redução do tempo de <i>setup</i> e <i>downtime</i>	Redução de custo de <i>setup</i>	Redução de <i>lead time</i> , tempo de ciclo e tamanho de lotes	Aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Redução de inventário e de perdas	Melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos	Auxilia na tomada de decisões	Melhoria de <i>layout</i> e aumento da segurança
Reis e Alves (2010)	x	x	x	x	x	x	x	
Gilmore e Smith (1996)	x	x	x	x	x			
Jaber (2006)	x	x	x			x		
Das, Venkatadri e Pandey (2014)	x			x	x			x
Neumann e Ribeiro (2004)	x	x	x	x				
Satolo e Calarge (2008)	x		x	x		x		
Hahm e Yanob (1996)		x		x	x			
Kannenber e Antunes Jr. (1995)				x	x			
Fogliatto e Fagundes (2003)	x	x	x					
Freeland, Leschke e Weiss (1990)	x	x			x			
Almomani <i>et al.</i> (2013)	x			x	x			
Trovinger e Bohn (2005)	x	x				x		
Suresh (1992)	x		x		x			
Gawronski (2012)	x		x	x				
Taj <i>et al</i> (2012)		x		x			x	
Lovell (2003)		x			x	x		

Fonte: O autor

Quadro 2 – Benefícios da troca rápida de ferramentas (continuação)

	Redução do tempo de <i>setup</i> e <i>downtime</i>	Redução de custo de <i>setup</i>	Redução de <i>lead time</i> , tempo de ciclo e tamanho de lotes	Aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Redução de inventário e de perdas	Melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos	Auxilia na tomada de decisões	Melhoria de <i>layout</i> e aumento da segurança
Phan e Matsui (2010)		x		x				
Agarwal (2008)	x				x			
Singh, Khanduja (2009)	x			x				
Wemmerlöv, Vakharia (1993)			x		x	x		
Hahn, Bragg e Shin (1988)			x	x				
Voros (1999)		x				x		
Faccio (2013)	x		x					
Trevino, Hurley e Friedrich (1991)	x		x					
Duplaga, Hahnt e Watts (1996)	x			x				
Hariga (2000)		x	x					
Spence e Porteus (1987)	x			x				
Cakmakci (2008)	x					x		
Yang e Deane (1993)	x		x					
Hwang, Kim e Kim (1991)	x	x						
Samaddar (2001)	x				x			
Pratsini (1997)	x		x					
Leschke (1997)	x	x						

Fonte: O autor

Quadro 2 – Benefícios da troca rápida de ferramentas (continuação)

	Redução do tempo de <i>setup</i> e <i>downtime</i>	Redução de custo de <i>setup</i>	Redução de <i>lead time</i> , tempo de ciclo e tamanho de lotes	Aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Redução de inventário e de perdas	Melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos	Auxilia na tomada de decisões	Melhoria de <i>layout</i> e aumento da segurança
Ferradás e Salonitis (2013)		x		x				
Samaddar, Whalen (2008)	x				x			
Daniel Ng, Cheng e Kovalyov (2004)		x	x					
McIntosh <i>et al</i> (2000)	x			x				
Filho e Uzsoy (2010)	x		x					
Chuang, Ouyang e Chuang (2004)	x	x						
Flynn (1987)	x				x			
Wanga e Wangb (2013)	x							
Diaby (2000)	x							
Wagner e Ragatzb (1994)	x							
Wacker (1996)							x	
KuSar <i>et al</i> (2010)	x							
Harikrishnan e Ishii (2005)			x					
Tarokh, Motamedi e Bagheri (2013)		x						
Samaddar, Hill (2007)	x					x		
Sugai, McIntosh e Novaski (2007)	x							
Frequência de citação	71%	39%	37%	35%	29%	18%	6%	2%

Fonte: O autor

2.4 ABORDAGENS DE ESTUDO E VARIÁVEIS DA TRF

Dos artigos pesquisados, a principal metodologia utilizada para TRF foi o estudo de caso, seguido por modelos matemáticos, proposição de algoritmos e proposição de modelo teórico.

As principais diferenças entre as variáveis das metodologias de Troca Rápida de Ferramentas que os artigos apresentaram são discutidas na sequência do texto.

Trevino; Hurley e Friedrich (1993) apresentaram um modelo de justificativa para a redução do tempo de *setup* na indústria farmacêutica. Os autores apresentaram o cálculo do custo relativo anual total e formulas para encontrar o percentual ideal de *setup* reduzido de forma a reduzir o custo relativo anual total. Como variáveis de saída da metodologia, os autores apresentam:

- Custo de inventário;
- Custo de *setup*;
- Custo de armazenamento;
- Custo de redução do *setup*;
- Custo de qualidade;
- Custo relativo anual total.

As variáveis da metodologia foram apresentadas de tal forma a auxiliar a tomada de decisões na implementação de melhorias no *setup* e aumento da capacidade produtiva.

McIntosh *et al.* (2000) avaliaram a metodologia SMED, considerando inicialmente as mesmas etapas do Shingo:

- Estagio Inicial – *Setup* Interno e Externo não diferenciados;
- Estagio 1 - Separação do *Setup* Interno e *Setup* Externo;
- Estagio 2 – Mudança do *setup* interno para externo;
- Estágio 3 – Racionalização todos os aspectos da operação de *setup*.

Os autores avaliaram se a aplicação da metodologia SMED é capaz de gerar melhorias apropriadas ou se uma equipe de *kaizen* poderia ter efetivado estas

melhorias. Além desta análise, foi considerado as taxas de aceleração e desaceleração onde certamente ocorrerão ajustes, no qual Shingo não especificou em seu trabalho. A maior diferença proposta pelos autores foi a alteração de *design (projeto)* já nos estágios iniciais do projeto de melhorias e não em sua conclusão, como sugerido por Shingo. Segundo os autores, a mudança de *design* pode resultar em melhorias significativas e que alteram de forma significativa a condução dos trabalhos de melhoria.

Fogliatto e Fagundes (2003) apresentaram uma proposta metodológica para a TRF que visa suprir as deficiências das publicações anteriores. As principais diferenças em relação ao SMED são: definição do projeto, planejamento das atividades, treinamento da equipe de implantação, implantação propriamente dita, acompanhamento e consolidação. Esta metodologia foi aplicada em um estudo de caso em uma indústria de móveis.

Considerando que não é possível realizar mudanças no *setup* de máquinas sem que existam investimentos, Agarwal (2008) desenvolveu um modelo de redução do tempo de *setup* e inventário com foco em finanças e custos para investigar problemas de desempenho em manufatura com *layout* celular. Como principais variáveis da saída do modelo, o autor definiu:

- Custo anual total de *setup*;
- Custo de WIP;
- Relação entre custo de qualidade e a redução do tempo de *setup*;
- Custo para reduzir o *setup*;
- Custo total anual.

Agarwal (2008) afirma ainda que as empresas podem dessa forma calcular a melhor relação custo x benefício antes de investir em melhorias.

Reis e Alves (2010), criaram uma metodologia para o *setup* rápido e aumento de capacidade. Foi apresentado um fluxograma para tomada de decisão tendo por base o por quê se deseja reduzir o tempo de *setup*, em função de uma demanda existente. Ao aplicar a metodologia SMED por meio de um estudo de caso, os autores identificaram que a metodologia não foi adequada, propondo o foco em

projetos e, para isto, como requer investimentos, apresentaram então o cálculo do ganho máximo em inventário, o cálculo do ganho máximo em recursos e o cálculo do teto de ganho, para o cenário de tempo de *setup* zero minuto, visando assim o melhor custo benefício e economia em recursos para a empresa que se utilizou dessa metodologia.

Freeland; Leschke e Weiss (1990) propuseram um modelo teórico para a redução do custo do *setup* necessário para atingir zero de inventário, além de apresentarem uma lista de priorização dos itens a serem melhorados para maior redução de custo. Foi feito um cálculo para a demanda de um único item, e o interesse na redução do *setup* dependerá de fatores externos como condições do mercado e ambiente competitivo. Foi feito o cálculo para quando existe mais de um item para a redução do *setup*, no qual foi apresentado um ranking para a escolha de itens para redução do *setup*. Como variáveis de saída consideradas foram: valor do dólar anual dos itens e demanda ao longo do tempo.

Kannenber e Antunes Jr. (1995) propõem uma sistemática genérica de implementação de TRF a partir da junção de diferentes metodologias encontradas na literatura, considerando como relevantes o médio e longo prazo, trazendo itens essenciais para criar um ambiente favorável ao processo de implementação. Apesar de não ter tido aplicações em empresas, os autores detalham cada passo da implementação da TRF proposta, podendo ser adaptada ao perfil de cada empresa, tendo mais ou menos passos em sua aplicação. A seguir são apresentados os passos para a aplicação desta metodologia:

1. Convencimento e comprometimento da alta administração;
2. Estabelecer equipe estratégica;
3. Análise do futuro da planta produtiva;
4. Estabelecimento de políticas de médio e longo prazo;
5. Definição do equipamento a ser estudado;
6. Escolha e treinamento das equipes;
7. Separação do *setup* interno/externo;
8. Simplificar atividades internas/externas;
9. Transferir interno para externo.

Hahm e Yanob (1996) apresentaram um estudo para determinar a frequência de produção de um único componente e a frequência de entrega desse componente para um cliente que utiliza este componente a uma taxa constante. Este modelo matemático teve como objetivo reduzir o custo de *setup*, reduzir o custo médio por unidade e reduzir os custos de manutenção dos estoques, tanto dos fornecedores e dos clientes. Para isto, apresentou uma metodologia para cálculo do custo do *setup*, com as seguintes variáveis: demanda por unidade de tempo; intervalo de produção (tempo entre *setups*); intervalo de administração (tempo entre fornecimentos); tempo de processamento por unidade; Custo de entrega; custo de instalação; custo de inventário por unidade por unidade tempo e tempo de *setup*.

Pratsini, 1997 desenvolveu um modelo computacional com uma programação linear cujo objetivo era minimizar a troca rápida de ferramentas e redução de custos de estoque para ambientes com restrição de capacidade ao longo do tempo. Como variáveis do modelo são: Uma máquina capaz de produzir vários itens; custo e tempo de *setup* e demanda dos diferentes produtos.

Foram testados 5 problemas com diferentes parâmetros de custos de *setup*, capacidade produtiva e taxas de aprendizagem. Foram utilizados os parâmetros de Leschke para geração dos dados dos problemas.

Voros (1999) desenvolveu um modelo matemático de redução de *setup* e inventário com o foco em dimensionamento de lotes e considerando a qualidade do processo. O autor faz a correlação entre quanto maior o tamanho do lote, maior a deterioração da qualidade do processo. O autor apresenta funções lineares para a redução do *setup*, cálculo de melhoria de custos e a qualidade do processo. Por meio de exemplos numéricos pode-se notar a melhoria da qualidade conforme adoção de políticas de redução de *setup* e menor custo anual reduzido de forma linear.

Lovell (2003) apresenta dois modelos teóricos que combinam o conceito de tamanho ótimo de lote e a teoria microeconômica e a prática de mercado monopolista na adoção de práticas *just in time* e as consequências econômicas de sua aplicação, qual é o número de empresas que irá ajustar os preços mediante este novo modelo de gestão.

O primeiro modelo leva em consideração o tamanho de lote ideal, tendo duas variáveis: custo do *setup* para produzir o lote; produção de lotes maiores a um custo menor de *setup* porém aumenta o custo de inventário.

O segundo modelo sob a visão do conceito monopolista, ao contrário do preço por diferenciação do produto, as empresas tendem a ajustar o preço conforme a preferência das vendas, de modo que ao longo prazo tendem que o lucro seja zero e conseqüentemente quebra da empresa.

Chuang; Ouyang e Chuang (2004) desenvolveram um algoritmo para avaliação de estoques, no qual leva em consideração o do custo ideal de *setup* e *lead time* ideal. Como variáveis deste algoritmo estão a avaliação de pedidos não atendidos e as vendas perdidas, o tempo de *setup* e o custo de inventário. Exemplos numéricos demonstraram que pode ser alcançado redução do tempo de *setup* e a redução do custo anual.

Jaber (2006) desenvolveu um modelo matemático para dimensionar lotes e reduzir o tempo de *setup*. As principais diferenças entre o modelo e o tradicional SMED é que o autor faz o dimensionamento de lotes para produções com retrabalho, levando em consideração o custo do *setup*, custo fixo e custo de retrabalho. A replicação do modelo por meio de exemplos numéricos gerou menor custo anual, redução de defeitos, redução do *setup* e redução no tamanho do lote.

Godinho Filho; Uzsoy (2010) estudaram seis programas de melhoria contínua para analisar a relação entre o tamanho de lote de produção e o *lead time* médio. Como principais variáveis propostas para compor esta metodologia estão: chegada das ordens; variabilidade do processo; tempo de reparo das máquinas; tempo de *setup*; taxa de defeitos; tempo até a falha; tempo de reparo.

Para simular os resultados na aplicação da metodologia foram usados dois conjuntos de experimentos: um com melhorias de grandes proporções (50%), obtida por meio de investimentos no processo; e o outro conjunto de experimentos com pequenas melhorias em todas as variáveis testadas representando baixo investimento. Foi simulado melhorias em um sistema de produção durante o período de 10 anos com intervalos de 3 meses, representado pela diminuição das médias e das variâncias do processo anterior. Os resultados a cada 3 meses levaram em

conta as melhorias do estado anterior. O modelo foi testado em um simulador Vensim PLE Plus (Ventana Systems Inc) e em um computador com processador Intel Centrino Duo (1.6 GHz) e memória RAM de 1024 MB. O modelo mostrou que a redução de *setup* se torna mais efetiva quando usados lotes menores de produção.

Wanga e Wangb (2013) estudaram os problemas programação de uma máquina com efeitos da deterioração e da aprendizagem e propuseram uma metodologia para os tempos de preparação com sequência passado-dependente. Como principais variáveis do modelo matemático podem-se citar: Tempo real de processamento; tempo de *setups* dependentes da sequência e *makespan*.

Tarokh; Motamedi; Bagheri (2013) apresentaram um algoritmo para calcular a relação entre o tamanho do lote ideal e a redução do tempo de *setup* e o número ideal de entregas. Para isto considera-se o custo das entregas únicas ou múltiplas entregas. As variáveis apresentadas foram: quantidade ideal por ordem de produção; taxa ótima de redução de *setup*; número ideal de entregas; custo para entrega única. Por meio de aplicação de exemplos numéricos, notou-se menor custo total anual.

Faccio (2013) aplicou a metodologia SMED em uma linha de transfers com *layouts* circulares, e procurou mostrar em seu estudo que em linhas de produção complexas a aplicação do SMED não foi suficiente. Para isto propôs um método heurístico para redução da troca de ferramentas aprimorando a metodologia de Shingo, sendo:

- Etapa 1: Reduzir o tempo de *setup* - atividades internas e externas;
- Etapa 2: Simplificar as atividades, maior parte das atividades para externas, otimizar mais o tempo de *setup*, fazer o balanceamento das atividades;
- Etapa 3: Após análise da redução de *setup* e balanceamento, fazer uma lista de atividades para serem feitas em melhorias de processo;
- Etapa 4: Compilar os resultados.

A metodologia proposta é composta por quatro etapas, tendo como base os estágios e etapas do SMED.

Chou; Chien e Gen (2014) apresentaram um algoritmo para otimizar problemas de programação em uma linha de montagem de painéis de cristal líquido. Como variáveis, foram consideradas o *makespan*; quantidade de ordens em atraso, e tempo total de *setup* da máquina; famílias dos produtos; conjunto de máquinas disponíveis e sequência de *setups* dependentes.

Leschke (1997) propõe uma metodologia de troca rápida de ferramentas com ênfase no valor econômico do processo, que segundo o autor, pode ser usada como complementar ao programa SMED. As variáveis apresentadas podem maximizar os resultados de melhorias. Inicialmente o autor considera a base do SMED, modificando e melhorando os 4 estágios de Shingo, sendo:

Estágio 1 - organização das atividades do *setup*. Neste estágio são feitas melhorias sem investimento, como reorganização da sequência de atividades do *setup*;

Estágio 2 - padronização das atividades, como adequação de ferramentas e grampos para realização do *setup*;

Estágio 3 - racionalização do *setup* – considerando por exemplo a reorganização de máquinas e células;

Estágio 4 - Tipo de investimento correspondente, considerando por exemplo considerando mudanças administrativas ou em centros de trabalho.

Taj *et al.* (2012) desenvolveram uma metodologia para planejamento de produção para uma linha de produção que produz vários produtos e que tenha restrição de recursos e tempo de *setup* considerável. Como principais variáveis da metodologia podem-se citar: número de ciclos por semana; demanda semanal dos clientes; taxa de produção por hora dos produtos; estoque de segurança dos produtos; número de operadores necessários para produzir cada produto; tempo de *setup* por produto; custo de inventário; custo de capital e máximo de horas semanais disponíveis para produção. A metodologia foi testada em três estamparias por meio de estudo de múltiplos casos.

De forma resumida, percebe-se que os autores, de maneira geral, tratam em suas abordagens de um conjunto de variáveis que podem ser agrupadas em:

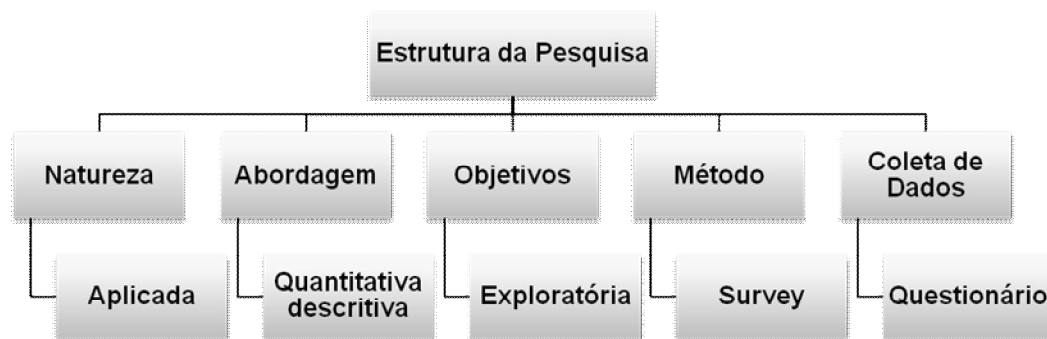
- Tempo de *setup*;
- Nº de *setups* realizados;
- Quantidade de lotes diferentes processados;
- Tamanho dos lotes;
- Ferramental utilizado;
- Atividades realizadas no *setup*;
- Capacitação de pessoal para realizar o *setup*.

Essas variáveis servirão de base para a avaliação que se propõe neste trabalho.

3. MÉTODO DE PESQUISA

A partir da descrição metodológica apresentada no item 1.5, é possível sintetizar a metodologia adotada para o presente trabalho da forma apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Metodologia



Uma vez que o método de pesquisa adotado é a *survey* com objetivo “exploratória”, alguns detalhes precisam ser explicitados a fim de se buscar a definição de como será estruturada e aplicada a pesquisa em questão.

Segundo Miguel *et al.* (2012), a *survey* exploratória é aplicada nos estágios iniciais de uma pesquisa, com objetivo de obter uma visão inicial sobre o tema e servir como base para uma *survey* mais detalhada, e por isso não segue, em geral, um modelo conceitual definido. Outras características da *survey* exploratória são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características e elementos de uma survey exploratória

Elemento / Dimensão	Exploratória
Unidade (s) de análise	Claramente definido
Respondentes	Representativos da unidade de análise
Hipóteses de pesquisa	Não necessária
Critério de seleção de amostra	Por aproximação
Representatividade da amostra	Não é necessário
Tamanho da amostra	Suficiente para incluir uma gama do fenômeno de interesse
Pré-teste do questionário	Realizado com uma parte da amostra
Taxa de retorno	Não tem mínimo
Uso de outros métodos para coleta de dados	Múltiplos métodos

Fonte: Adaptado de Miguel *et al.* (2012)

A condução de *surveys* possui características distintas, sendo (PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993):

- 1: Produzir informações quantitativas sob determinados aspectos da população estudada;
- 2: A principal forma de conseguir informações é perguntando para pessoas com questões pré-definidas e estruturadas. As respostas constituirão material para ser analisado;
- 3: As informações geralmente são coletadas apenas de uma fração da população estudada – (amostra), de forma que esta coleta seja possível generalizar para toda a população. Podem ser feitas análises estatísticas para melhor compreensão dos fenômenos estudados.

A partir dessas características, propõe-se que a presente pesquisa busque responder às questões de pesquisa apresentadas em 1.1 como forma de produzir as informações quantitativas desejadas (característica 1). O instrumento de coleta de dados adotado (característica 2) é um questionário aplicado a uma população (característica 3) que seja relacionada com o tema principal da pesquisa, ou seja, práticas de *setup* de máquinas. A Tabela 3 mostra a configuração final dos elementos da *survey* exploratória proposta neste trabalho.

Tabela 3 – Configuração da survey exploratória do presente trabalho

Elemento / Dimensão	Exploratória	Corte Transversal
Unidade (s) de análise	Claramente definido	Fornecedores de usinagem do Estado de São Paulo
Respondentes	Representativos da unidade de análise	Ocupantes de cargos de liderança do setor de usinagem das empresas
Hipóteses de pesquisa	Não necessária	Não foram estabelecidas
Critério de seleção de amostra	Por aproximação	Por conveniência (disponibilidade)
Representatividade da amostra	Não é necessário	Fonte: Guia de prestadores de serviços de usinagem da Revista Máquinas e Metais, edição de novembro de 2014.
Tamanho da amostra	Suficiente para incluir uma gama do fenômeno de interesse	166 empresas prestadoras de serviço de usinagem do Estado de São Paulo.
Pré-teste do questionário	Realizado com uma parte da amostra	Realizado com parte da amostra (3 empresas)
Taxa de retorno	Não tem mínimo	Cerca de 20%
Uso de outros métodos para coleta de dados	Múltiplos métodos	Contato telefônico inicial e e-mail com <i>link</i> para o questionário

Fonte: o autor

No que se refere ao questionário adotado, observa-se a orientação de Marconi e Lakatos (2010):

Questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 184)

Os questionários devem ser enviados por e-mail ou carta e depois de preenchido o portador devolve do mesmo modo. Deve ser enviada uma carta de apresentação, esclarecendo a natureza da pesquisa, despertando assim para a necessidade de obtenção de respostas (MARCONI; LAKATOS, 2010).

O tipo de pergunta adotado é o de múltipla escolha, ou seja, perguntas fechadas com opções de respostas dentro da abrangência do assunto. A técnica de múltipla escolha é facilmente tabulável e tão precisa quanto ao de perguntas abertas (MARCONI; LAKATOS, 2010).

A escala adotada foi a *escala de Likert* representada por sentenças declarativas seguidas por opções de respostas com graus de concordância ou endosso da afirmação. Após a afirmação colocada, as respostas têm aproximadamente intervalos iguais de concordância. Será utilizado quatro possibilidades de respostas: discordo totalmente; discordo; concordo e concordo totalmente. Também foi considerado um ponto central ou seja: não concordo, nem discordo; indicando que o respondente pode ser neutro em relação à afirmação.

A aplicação do questionário se deu a partir de uma seleção de empresas que são potenciais usuárias da TRF.

3.1 ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Para a coleta de dados, foi elaborado um questionário com um conjunto de assertivas com base no tema apresentado. Um pré teste foi realizado junto a 3 empresas prestadoras de serviço de usinagem a fim de ajustar as questões para um melhor entendimento do que se pretendia.

Posteriormente, adaptou-se o questionário para ser aplicado com o uso do site Survey Monkey <www.surveymonkey.com.br>, resultando num total de 22 questões. O questionário completo está apresentado no APÊNDICE 1.

O questionário foi dividido em duas partes principais: a primeira parte composta de três questões tem como objetivo conhecer o perfil da empresa, como segmento, porte e a quantidade de máquinas no setor de usinagem. A segunda parte com 19 questões procura avaliar o nível de conhecimento da TRF nas empresas pesquisadas, se conhecem os benefícios identificados na revisão bibliográfica deste trabalho, e qual é o critério que as empresas pesquisadas adotam para a adoção de sistemas de troca rápida nas máquinas da produção.

Para avaliar o grau de concordância e discordância dos respondentes em relação às afirmações com as quais se buscava respostas, foi utilizada a *escala de Likert* de cinco pontos, à qual são atribuídos pontos para cada nível de resposta, conforme se segue:

- 1 ponto: Discordo totalmente;
- 2 pontos: Discordo;
- 3 pontos: Nem concordo nem discordo;
- 4 pontos: Concordo;
- 5 pontos: Concordo totalmente.

Para a aplicação do questionário, as empresas escolhidas são empresas prestadoras de serviço de usinagem do Estado de São Paulo, conforme lista extraída da Revista Maquinas e Metais, edição novembro de 2014 (Guia dos prestadores de serviços de usinagem - APÊNDICE 2). A aplicação do questionário do presente estudo visa a obtenção de maior volume de dados, além de possibilitar atingir maior número de empresas na área de usinagem no Estado de São Paulo.

O perfil dos respondentes da pesquisa são pessoas que estão diretamente ligadas ao setor de usinagem e troca de ferramentas ocupando cargos de liderança ou diretamente ligados à troca rápida de ferramentas no setor pesquisado. Não foi exigido grau mínimo de escolaridade para o pesquisado.

Com base no guia extraído da Revista Maquinas e Metais, no qual constava o telefone das empresas, foi feito o contato telefônico a fim de conseguir o e-mail e o nome da pessoa responsável pelo setor de usinagem. Pelo site da pesquisa, www.surveymonkey.com, foi possível fazer o envio por e-mail do link para a pesquisa juntamente com uma carta de apresentação personalizada para cada respondente, explicando os objetivos do estudo e a finalidade dos dados que estavam sendo coletados.

Uma semana após o envio do primeiro e-mail, foi retomado o contato com as empresas e também enviado um e-mail lembrete, para a mesma lista de contatos com o objetivo de aumentar o índice de respostas.

3.2 FORMA DE ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Para a análise dos resultados, foi utilizado o seguinte procedimento:

1 – As questões que são referentes a aspectos operacionais do *setup* foram trabalhadas com uma descrição simples e analítica, sem utilização de estatística;

2 – Para as questões que se referem aos benefícios e às características da TRF, cujas respostas variam dentro de uma escala de *Likert* entre 1 a 5, foi adotada uma adaptação do Método (*Rank Order Clustering* - ROC), proposto por King em 1980 (KING apud BASHIR; KARAA, 2008). A partir de uma matriz composta pela lista de empresas pesquisadas nas linhas, e pelos benefícios e características do TRF listados nas colunas, foi aplicada a adaptação do Método ROC.

Inicialmente, foi feita uma consulta a 3 especialistas em processos de fabricação sobre uma provável ordem de importância dos benefícios, de forma que as colunas (e as respostas) fossem ordenadas em função dessa percepção e a matriz de respostas pudesse ser montada para dar início à aplicação do método ROC adaptado.

Num segundo momento, aos valores da escala *Likert* observados nas respostas foram atribuídos valores 1 (para respostas 5 e 4 da escala *Likert*), 0 (para respostas 3 na escala *Likert*) e -1 (para respostas 2 e 1 na escala *Likert*). Esses valores deveriam compor um número binário a ser transformado em número decimal, que depois serviriam para um ordenamento de valores (do maior para o menor). A atribuição de valor negativo foi arbitrada a fim de criar um diferencial para as respostas “discordo” e “discordo totalmente” dos questionários no momento da conversão para número decimal.

Em seguida foi aplicado o método ROC adaptado, ou seja, os valores da tabela foram convertidos para um número decimal (tendo como base a conversão de números binários para decimais) e depois foi feita a ordenação das linhas tendo por referência os valores decimais em ordem decrescente. O resultado dessa aplicação permitem que sejam feitos agrupamentos das empresas em função do conhecimento da TRF e de seus benefícios, e dessa forma possam ser identificados:

- Se as empresas conhecem a TRF e a aplicam;
- Se os benefícios propiciados pela TRF são efetivamente percebidos por essas empresas;
- Se existe algum indicativo de que a TRF deva ser aplicada apenas em estações de trabalho gargalo.

4. PESQUISA REALIZADA

Para verificar como as empresas têm lidado com a troca de ferramentas nas empresas fornecedoras de usinagem de São Paulo, foi feita uma pesquisa do tipo *survey* junto a empresas prestadoras de serviços de usinagem.

Após contato telefônico inicial, foram enviados 166 questionários por *e-mail* para o responsável pelo setor de usinagem das empresas. Houve um retorno de 24% dos questionários por parte das empresas pesquisadas.

Após as empresas responderem ao questionário, das respostas obtidas, apresenta-se o resultado da pesquisa realizada. Conforme já explicitado no capítulo anterior, as três primeiras questões foram aplicadas para caracterização das empresas. Da quarta questão em diante entrou-se no assunto específico do *setup* e dos benefícios, buscando então verificar os objetivos da pesquisa.

As questões que se referem aos aspectos operacionais da TRF (tempo gasto nas etapas do *setup*, quantidade de *setups* realizados por dia, tempo total declarado como *setup*, tipo de *presetting* utilizado e tempo de *presetting*), que são analisadas de forma direta, sem uso de qualquer tratamento estatístico, devem servir para verificar se as empresas realmente aplicam a TRF; estas podem declarar conhecer e utilizar, mas não aplicam as técnicas descritas na literatura. Cada questão gerou um gráfico para melhor compreensão e análise das respostas.

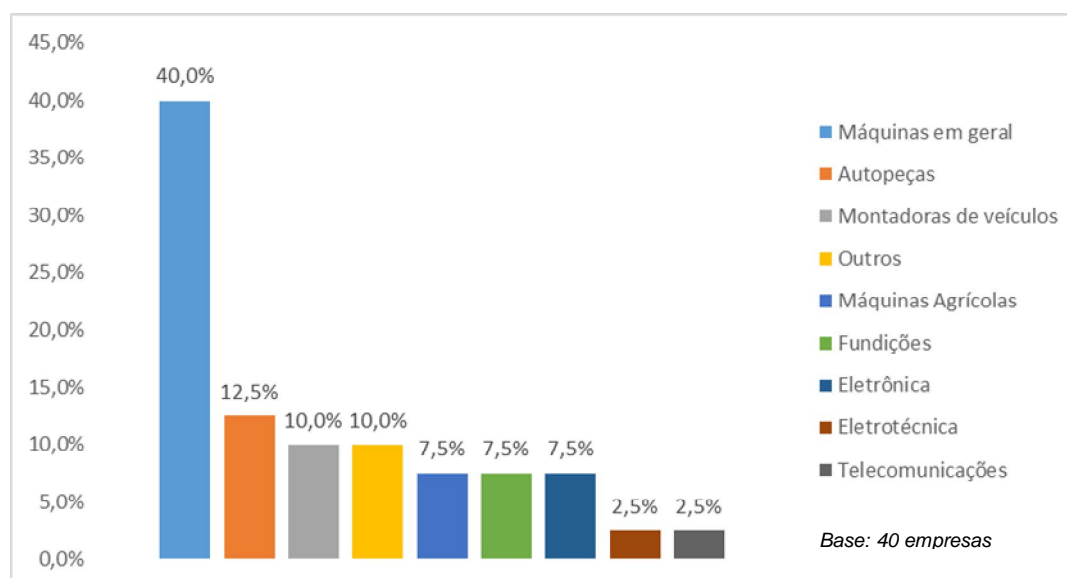
Já nas questões que se referem aos benefícios a às características da TRF utilizadas na empresa, foi feita a aplicação do método ROC adaptado, conforme descrito no capítulo 3.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS

Com relação à Questão 1, que busca enquadrar as empresas no seu respectivo setor de atividade, nota-se que na grande maioria das empresas os serviços estão enquadrados nos setores de máquinas em geral (40%), seguido por empresas de autopeças (12,5%), em terceiro lugar, empresas montadoras de veículos (10%), e em quarto lugar um grupo de empresas com atividades heterogêneas denominado de “outros” (10%), seguido por empresas de máquinas agrícolas, fundições, empresas de eletrônica, eletrotécnica e empresas do setor de telecomunicações

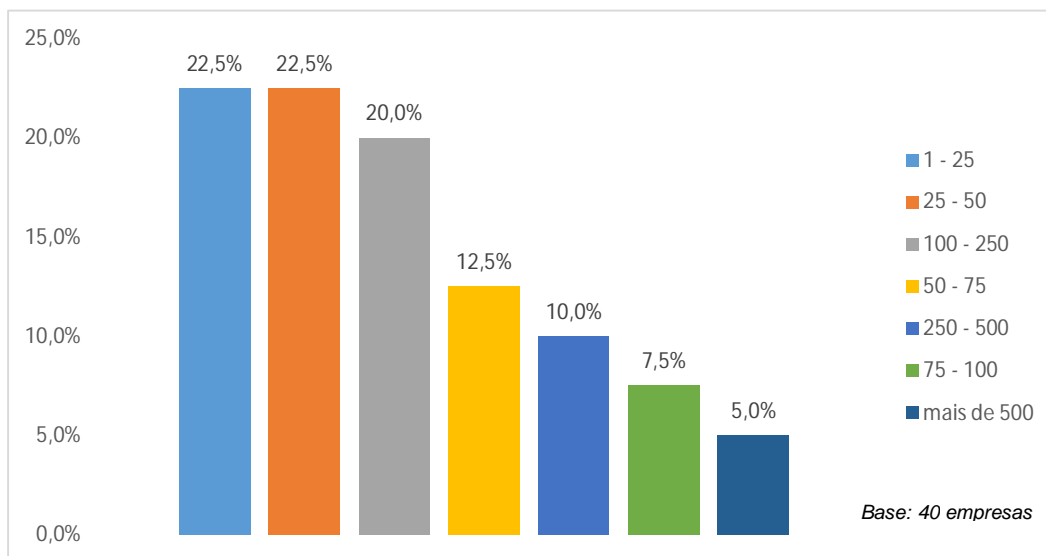
Figura 5.

Figura 5 – Participação de diferentes seguimentos das empresas



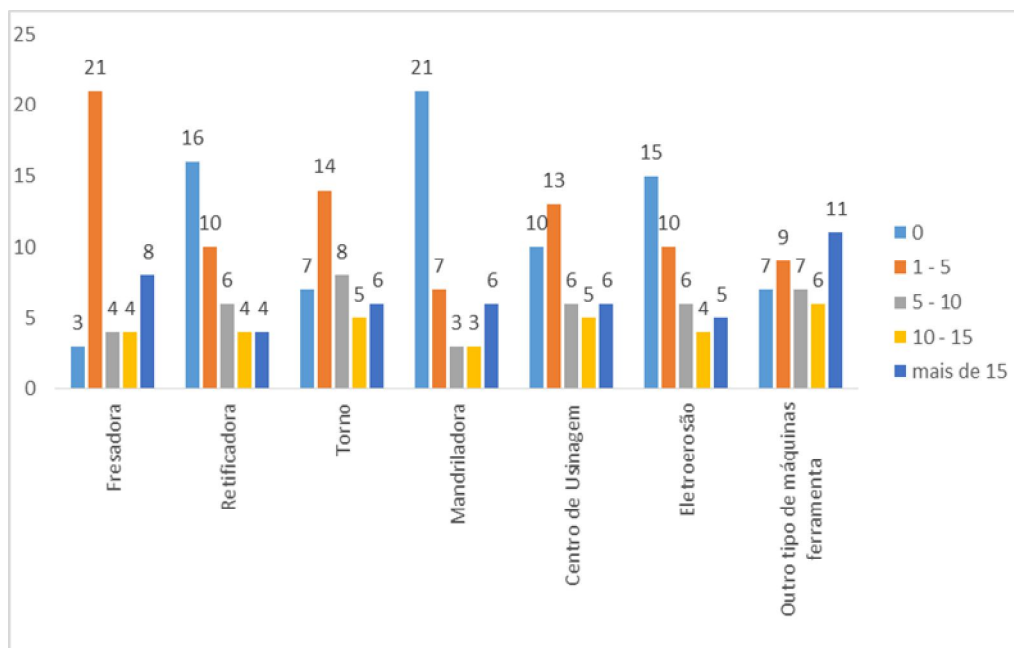
No tocante à caracterização das empresas com relação ao número de funcionários, nota-se que a maioria dos respondentes, 65% das empresas está enquadrada como Micro e Pequena Empresa (de 1 a 100 funcionários), seguido por Média Empresa (100 a 500 funcionários) com 30% dos respondentes enquadrados neste porte e finalmente Grande Empresa (mais de 500 funcionários) são representadas por 5% das empresas, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Porte das empresas pesquisadas



Já no que tange à quantidade de máquinas existentes no parque das empresas pesquisadas, foi solicitado para que as empresas relacionassem o número de máquinas relacionadas à usinagem. Nota-se que existe número considerável de todos os tipos de máquinas; a grande maioria das empresas tem pelo menos de 1 a 5 fresadoras, retificadoras, tornos, centros de usinagem e outros tipos de máquinas ferramentas. Já em menor quantidade e não em todas as empresas, aparecem equipamentos como mandriladora e eletroerosão (Figura 7).

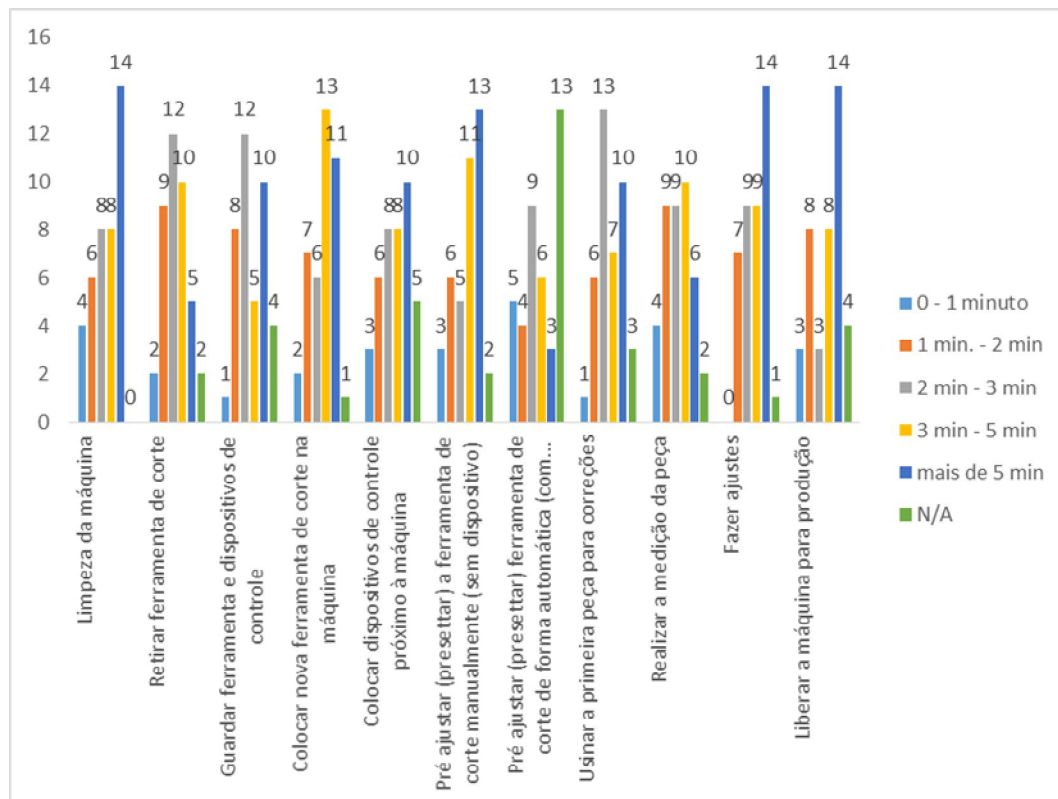
Figura 7 – Quantidade de máquinas relacionadas à usinagem das empresas pesquisadas



4.2 ASPECTOS OPERACIONAIS

A partir da questão 4, procurou-se entender os aspectos mais específicos de *setup* de equipamentos. Nessa questão, o *setup* foi dividido em 10 etapas estabelecidas tendo por base as atividades identificadas na literatura, com a indicação de seus respectivos tempos de realização (em faixas divididas entre 0 a 1 minuto; 1 a 2 minutos; 2 a 3 minutos; 3 a 5 minutos; mais de 5 minutos; ou atividade não realizada). O objetivo dessa questão foi entender quais destas etapas as empresas utilizam na troca de ferramentas e qual é o tempo aproximado de cada uma destas etapas do dia-a-dia (Figura 8). Além disso, é possível estabelecer um paralelo entre esses tempos declarados nas atividades isoladamente e os tempos que as empresas declaram como tempo total de *setup*, identificando se há incongruências nessas declarações.

Figura 8 – Etapas da troca de ferramentas e tempo gasto



- A primeira etapa do *setup* questionada foi a limpeza da máquina. Na troca de ferramentas a limpeza se torna essencial uma vez que a usinagem do lote anterior deixa a máquina com sujeira (cavacos) que necessitam ser retirados

para não contaminar o porta ferramentas e a ferramenta de usinagem do próximo lote. Dentre as empresas pesquisadas, 36 fazem limpeza da máquina ao realizar uma troca de ferramentas, levando tempo consideravelmente alto: de 1 a 5 minutos de limpeza por troca, havendo casos consideráveis, 14 empresas, que declararam gastar mais de 5 minutos de limpeza em cada troca de ferramentas.

- Já na segunda etapa da troca de ferramentas, verificou-se quanto tempo as empresas levam para retirar a ferramenta da máquina. Mais da metade das empresas declarou gastar entre 2 e 5 minutos para realizar esta etapa. Duas empresas declararam dispendir menos de 1 minuto nesta etapa, o que é coerente com os princípios da TRF; nove empresas declararam gastar um tempo entre 1 a 2 minutos e cinco empresas declararam gastar mais de 5 minutos somente nesta etapa.
- Em relação à terceira etapa do *setup*, visou verificar se após retirar a ferramenta da máquina o operador do *setup* costuma guardar a ferramenta anterior e o dispositivo de controle. Somente quatro empresas não costumam guardar a ferramenta anterior durante o *setup*, o que segundo Shingo (2000) atividade como esta devem ser consideradas externa, ou seja, com a máquina em produção. A grande maioria das empresas pesquisadas realiza esta etapa no *setup* interno, gastando no mínimo dois minutos e em alguns casos, até mais de cinco minutos.
- Com relação à quarta etapa do *setup*, foi objetivo verificar quanto tempo leva para colocar a nova ferramenta na máquina, uma vez retirada a anterior. Apenas duas empresas dentre as pesquisadas leva menos de 1 minuto para realizar esta etapa. A grande maioria leva entre 3 e 5 minutos, e 11 empresas declararam gastar mais de 5 minutos na colocação da nova ferramenta.
- Quanto à quinta etapa do *setup*, foi objetivo saber se durante o *setup* o operador coloca os dispositivos de controle próximos a máquina (realização do *setup* externo). Verificou-se que grande parte das empresas gasta entre 1 a 5 minutos buscando dispositivos de controle para medição e controle de qualidade. A minoria pesquisada, ou seja, 20 % das empresas ou não fazem esta etapa dentro do *setup* ou gastam menos de 1 minuto; entende-se então que os materiais

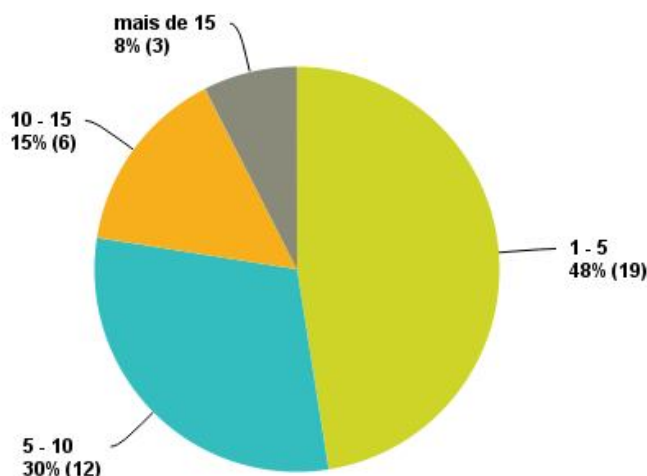
necessários para a realização da troca são separados com antecedência (*setup* externo).

- Em relação à sexta etapa do *setup* de ferramentas, procurou-se entender como é realizada a pré-ajustagem da ferramenta na máquina. Foram dadas duas opções para o respondente: “presetar” a ferramenta manualmente ou com auxílio de dispositivo automático, conhecido comercialmente como *Toolsetter*. A grande maioria das empresas pesquisadas não usa dispositivos automáticos para realizar a pré-ajustagem e gasta no mínimo 3 minutos, em muitos casos, mais de 5 minutos. Notou-se que algumas empresas responderam fazer *setups* tanto com pré-ajustagem manual, tanto com o uso de *presettters* (equipamentos externos para *presetting* de ferramentas); neste segundo caso, gastando tempo demasiadamente alto, o que leva a concluir que nestes casos, 12 empresas fizeram erro de interpretação da questão nesta etapa.
- A sétima etapa do *setup* refere-se à usinagem da primeira peça para realizar eventuais correções. Das empresas estudadas, três empresas não fazem esta etapa no *setup*. Metade das empresas que declararam usinar a peça para fazer correções, gastam de zero a cinco minutos nesta etapa. Somente uma empresa gasta mais de cinco minutos com a usinagem da peça para em seguida realizar as correções se necessário.
- A oitava etapa tratou referiu-se ao tempo dispendido para medir a peça durante o *setup*. Das empresas pesquisadas, somente duas não realizam esta etapa no *setup* interno. A grande maioria das empresas (32 empresas) alegaram gastar de zero a 5 minutos com a medição da peça durante o *setup*.
- A nona etapa procurou verificar se após a usinagem da primeira peça e medição, se são feitos ajustes durante o *setup*. Quatorze empresas gastam mais de cinco minutos nesta etapa. Nenhuma das empresas pesquisadas gasta menos de um minuto. As demais 26 empresas gastam de um a cinco minutos com ajustes no *setup*.
- A décima e última etapa no qual o *setup* foi dividido, buscou entender quanto tempo as empresas gastam para liberar a máquina para a produção após a troca da ferramenta, medições e ajustes. Esta foi a etapa no qual apresentou maior

gasto de tempo no *setup*, uma vez que 14 empresas alegaram gastar mais de cinco minutos somente nesta etapa. Quatorze empresas gastam até três minutos e oito empresas gastam de três a cinco minutos nesta última etapa do *setup*.

Com relação à quinta questão, que procurou identificar a quantidade de troca de ferramentas realizada em um dia normal de trabalho, mais da metade das empresas declararam fazer pelo menos cinco *setups* por dia de trabalho, podendo chegar a mais de 15 trocas de ferramenta em três turnos de produção. Dezenove empresas, ou seja, 48% das empresas pesquisadas faz entre uma e cinco trocas de ferramentas por dia. (Figura 9).

Figura 9 – Quantidade de trocas de ferramentas

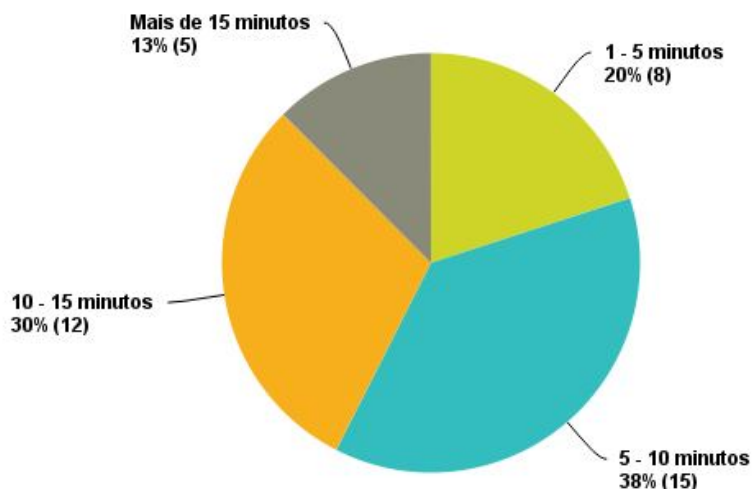


Observando as respostas das questões 5 e 4, pode-se destacar que num cenário de trocas entre 5 a 15 vezes por dia (em três turnos de 8 horas), e considerando que as empresas despendem uma média de 3 minutos por etapa do *setup* (num total de 10 etapas), o tempo total despendido com *setup* pode variar entre 150 e 450 minutos. Isso significa que é possível existirem empresas que não têm o real conhecimento do tempo que dedicam à operações de *setup* (no caso extremo, mais de 7 horas por dia, ou seja, praticamente um turno de trabalho).

Com relação à questão 6, que trata ainda das trocas de produto, procurou-se identificar quanto tempo leva a troca de ferramenta, ajustagem e início da produção do próximo produto, ou seja, o tempo total de *setup*. Constatou-se que a maioria das

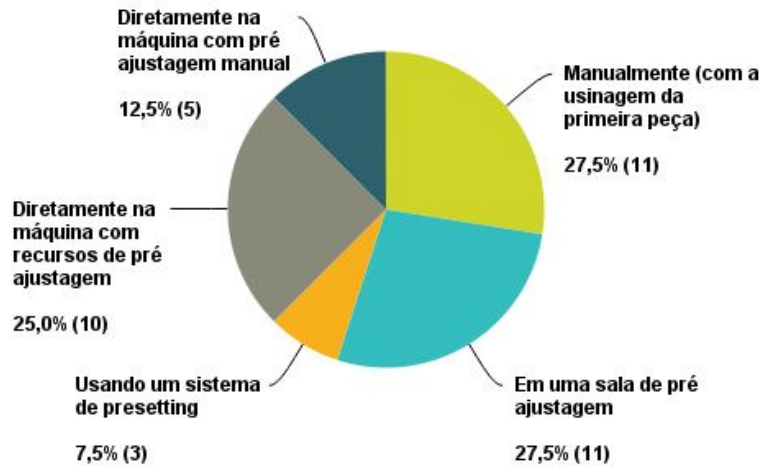
empresas (27 empresas) gastam de 5 a 15 minutos de *setup* e cinco empresas gastam mais de 15 minutos para realizar o *setup*. Somente 8 empresas fazem o *setup* num tempo considerado aceitável conforme a literatura (entre 0 e 5 minutos) (Figura 10).

Figura 10 – Tempo gasto por *setup*



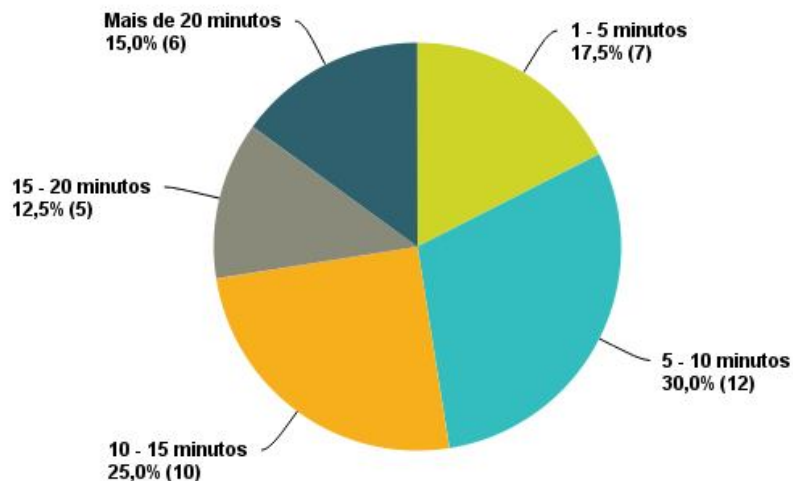
No entanto, a informação prestada pelas empresas conflita com a composição de tempos das etapas descritas na questão 4, o que aponta para um real desconhecimento de como os tempos de *setup* são contabilizados e da influência que têm sobre a disponibilidade de equipamentos e suas consequências.

A questão 7 procurou identificar como é feita a pré ajustagem das ferramentas. Em máquinas manuais, o preparador de *setup* lê as coordenadas da ferramenta na máquina para ajustar a altura correspondente à peça a ser usinada. Já em máquinas CNC, o preparador busca na memória da máquina o programa a ser utilizado, informa o tipo de ferramenta e a aproxima da peça para fazer o *preseting* (ou seja, *presetting* de forma manual). Notou-se que a grande maioria das empresas faz o *preseting* das ferramentas de forma manual, utilizando os recursos da máquina e conhecimento do preparador de *setup*. Apenas três empresas fazem uso do sistema automático de *preseting* (*toolsetter*) para agilizar o *setup* (Figura 11).

Figura 11 – Método de *presetting* utilizado pelas empresas

Essa situação representa mais ainda que os tempos de *setup* podem ser elevados devido ao método de *presetting* adotado pelas empresas.

Essa situação é corroborada pela questão 8, que procurou verificar quanto tempo demora em média para fazer a pré ajustagem de uma ferramenta (*presetting*) na máquina. Somente sete empresas gastam menos de cinco minutos, as demais empresas pesquisadas levam entre 5 e 20 minutos, tendo seis empresas declarado despendar mais de vinte minutos somente nesta etapa do *setup* (Figura 12).

Figura 12 – Tempo de *presetting* por *setup*

As respostas dessas duas questões (7 e 8) apontam para um problema identificado por vários autores, dentre estes *Correr et al* (2011), que indicam para atividades de *presetting* uma parcela significativa dos tempos de *setup*, e que o *presetting* também influencia diretamente na disponibilidade de equipamentos.

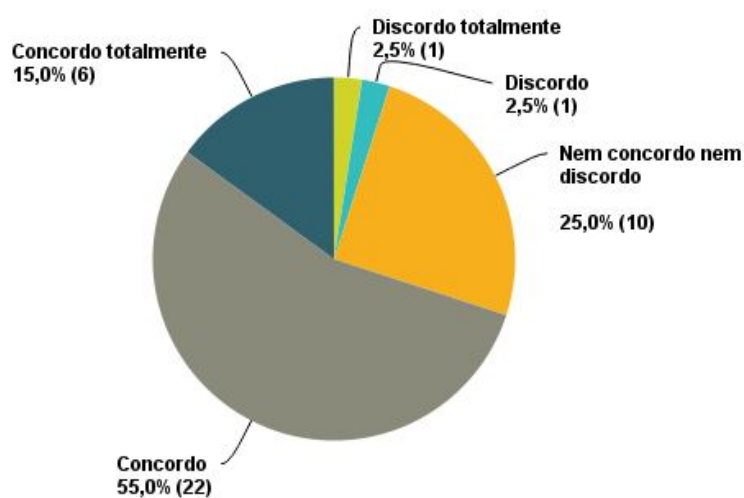
4.3 PERCEPÇÃO DOS BENEFÍCIOS E DAS CARACTERÍSTICAS DA TRF

Nas questões de 9 a 22 do questionário, buscou-se responder às questões de pesquisa apresentadas no capítulo 1, ou seja, o conhecimento da TRF e a percepção dos benefícios propiciados, a utilização da TRF nas empresas e a aplicação em máquinas que não sejam gargalos de produção.

As respostas de cada questão são expostas na sequência do texto, e ao final das exposições é feita a análise de agrupamento proposta no capítulo 3 deste trabalho.

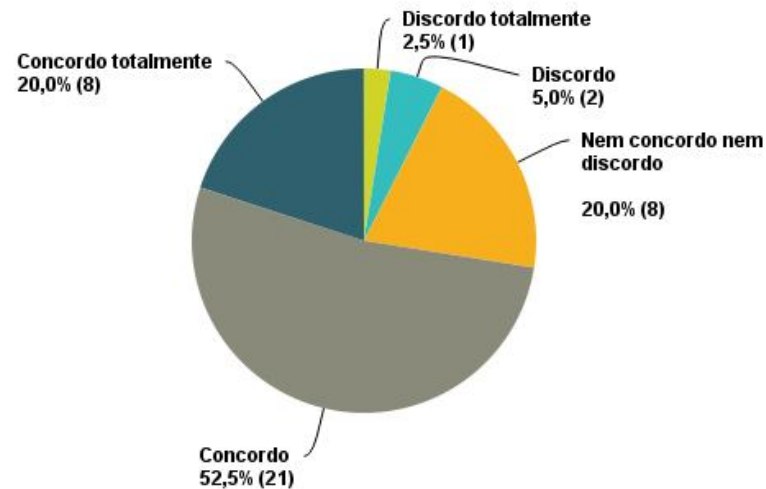
Com relação à questão 9, buscou-se identificar se as empresas utilizam os princípios da troca rápida, separando os materiais auxiliares do *setup*, instrumentos de apoio, próxima ferramenta e próximo material com antecedência. Nota-se que dos respondentes, 70% afirmam separar com antecedência os materiais necessários para a realização do *setup* (Figura 13).

Figura 13 – Separação dos materiais auxiliares do *setup*



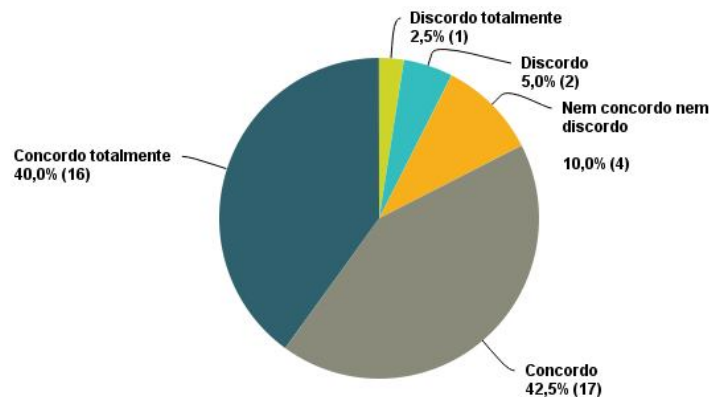
Em relação à questão 10, buscou-se verificar se a equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas. Verificou-se que 72,5% das empresas procura realizar treinamentos periódicos com o intuito de difundir os conceitos de TRF e conseqüentemente reduzir o tempo do *setup* (Figura 14).

Figura 14 – Treinamento da equipe de *setup*



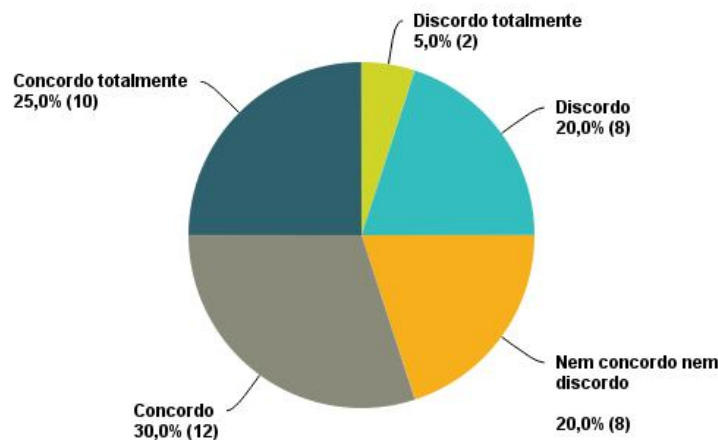
Em relação à questão 11, procurou identificar se a equipe de trabalho conhece e usa os princípios da TRF. A grande maioria dos respondentes (82,5% das empresas) afirmou que a equipe conhece e utiliza os princípios da troca rápida de ferramentas (Figura 15).

Figura 15 – Uso dos princípios de TRF



Em relação à questão 12, buscou-se verificar se o tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente. Apesar da questão anterior as empresas afirmarem que fazem uso da metodologia de TRF, 45% das empresas não monitoram o tempo de *setup* periodicamente. Somente 55% dos pesquisados afirmaram fazer o controle e monitoramento do tempo das trocas de ferramenta (Figura 16).

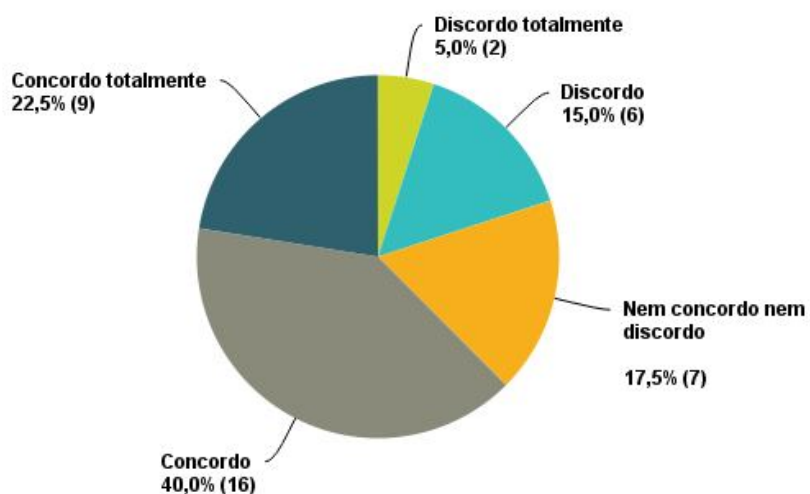
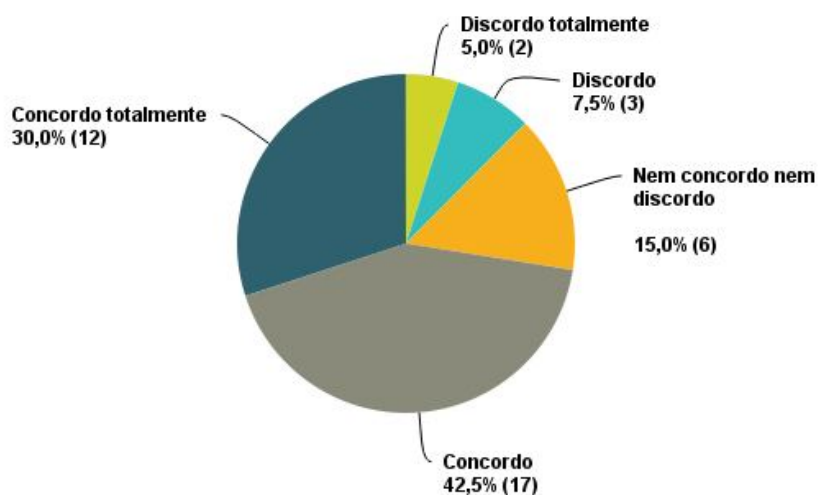
Figura 16 – Monitoramento do tempo de *setup*



Com relação à questão 13, procurou-se identificar entre as empresas pesquisadas se o estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram em relação ao último ano (2014). 62,5% das empresas afirmaram que os estoques intermediários e perdas produtivas caíram em relação ao ano anterior. Os benefícios da aplicação das ferramentas do JIT, incluindo a redução do tempo de *setup* contribuem para a flexibilidade da produção, reduzindo assim os estoques em processo e perdas produtivas (Figura 17).

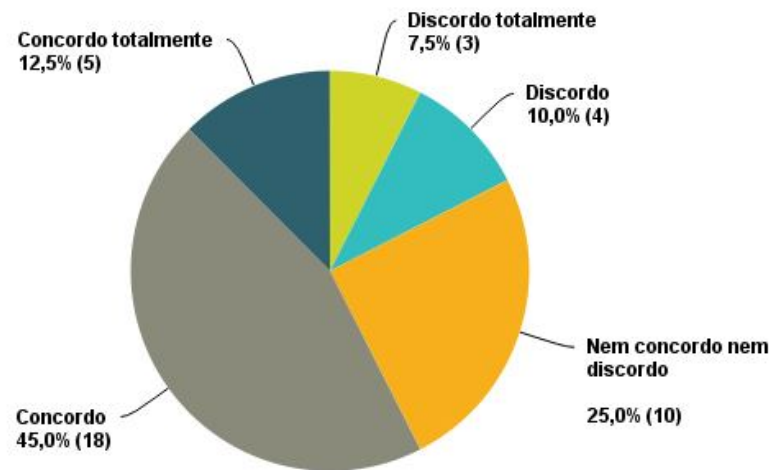
Em relação à questão 14, buscou-se identificar se o tempo de troca de ferramentas foi reduzido em relação ao último ano (2014). 72,5% das empresas afirmaram ter conseguido reduzir o tempo total do *setup* se comparado ao ano anterior. Contudo os resultados de algumas empresas contradiz a questão 12, no qual nem todas fazem o controle do tempo de *setup*. Uma vez não medido periodicamente, não há como fazer o comparativo anual (Figura 18).

Figura 17 – Redução do estoque intermediário e perdas produtivas

Figura 18 – Redução do *setup* em relação ao último ano

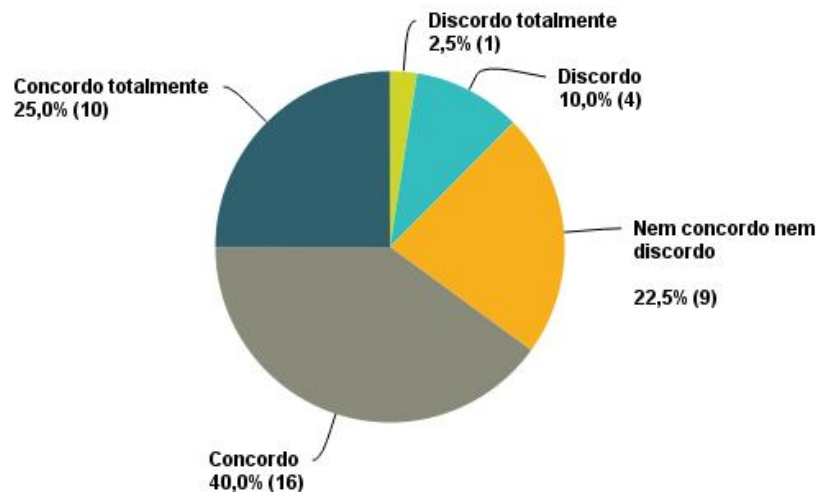
Em relação à questão 15, buscou-se identificar se houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade em relação ao último ano (2014). Mais da metade das empresas (57,5%) afirmaram que houve melhorias na capacidade produtiva, disponibilidade dos equipamentos e a produção se tornou mais flexível em relação ao último ano (Figura 19).

Figura 19 – Aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade em relação ao último ano



Em relação à questão 16, buscou-se identificar se houve redução de custo para realização do *setup* em relação ao último ano (2014). A grande maioria das empresas pesquisadas (65%) afirmaram que o *setup* está mais econômico em relação ao último ano (Figura 20).

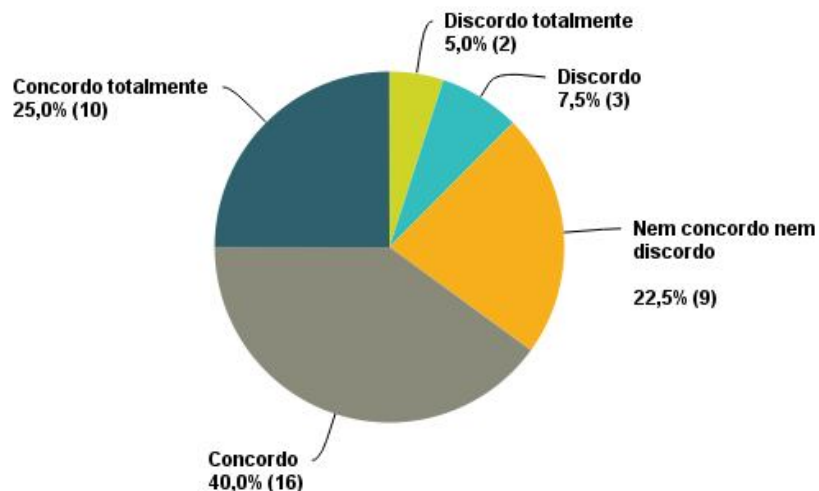
Figura 20 – Redução do custo do *setup* em relação ao último ano



Em relação à questão 17, buscou-se identificar se houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados na produção em relação ao último ano (2014). Nota-se que a maioria das empresas (65%)

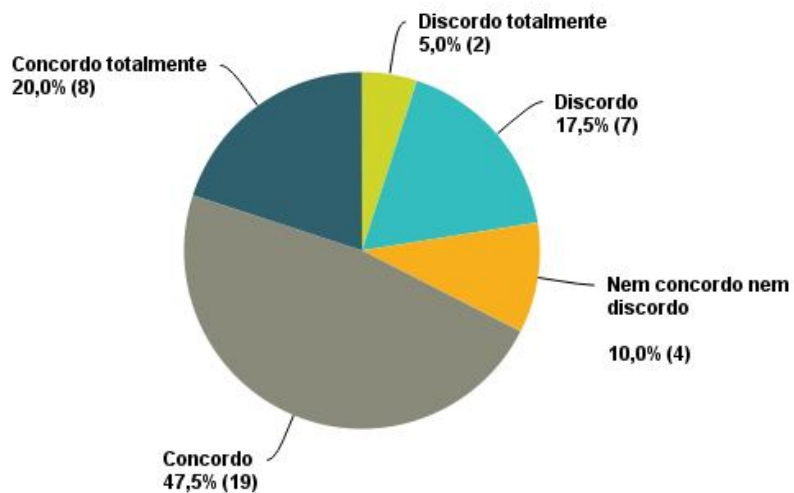
perceberam reduções das paradas de produção e a redução no tempo nas trocas de ferramentas (Figura 21).

Figura 21 – Redução do tempo da troca de ferramentas e paradas de produção em relação ao último ano



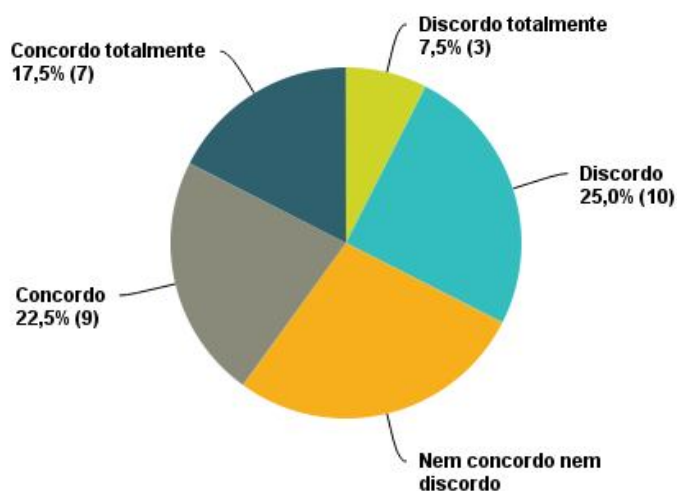
Em relação à questão 18, buscou-se identificar se houve redução do tempo de ajustes no *setup* em relação ao último ano (2014). A maioria das empresas (67,5%) afirmam que houve redução dos tempos de ajustes em relação ao último ano (Figura 22).

Figura 22 – Redução do tempo de ajustes em relação ao último ano



Em relação à questão 19, procurou-se identificar entre as empresas pesquisadas se houve utilização de trabalhadores multifuncionais no *setup* em relação ao último ano (2014). Já em relação a este benefício apontado na literatura, não há consenso por parte das empresas. Entende-se que a maior parte das empresas não se utiliza de preparadores multifuncionais para realizar o *setup*. O que também contradiz a questão 10 na qual foi afirmado a equipe participar de treinamentos periódicos para redução do tempo de troca (Figura 23).

Figura 23 – Utilização de trabalhadores multifuncionais no *setup*



Em relação à questão 20, no qual procurou verificar se houve redução de *lead time*, tempo de ciclo e tamanho de lotes em relação ao último ano (2014). Nesta questão mas uma vez a grande maioria das empresas (72,5%) afirmaram que notou-se redução de *lead time*, tempo do ciclo do produto e tamanho dos lotes, benefício citado na literatura, como resultado da aplicação de ferramentas do JIT (Figura 24).

Já em relação à questão 21, procurou identificar se houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos em relação ao último ano. Mais uma vez, a grande maioria das empresas (72,5%) afirmaram que houve melhorias tanto na qualidade como no desenvolvimento de produtos em relação à 2014. Nove empresas não veem ligação entre a redução do *setup* e a melhoria da qualidade dos produtos (Figura 25).

Figura 24 – Redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes

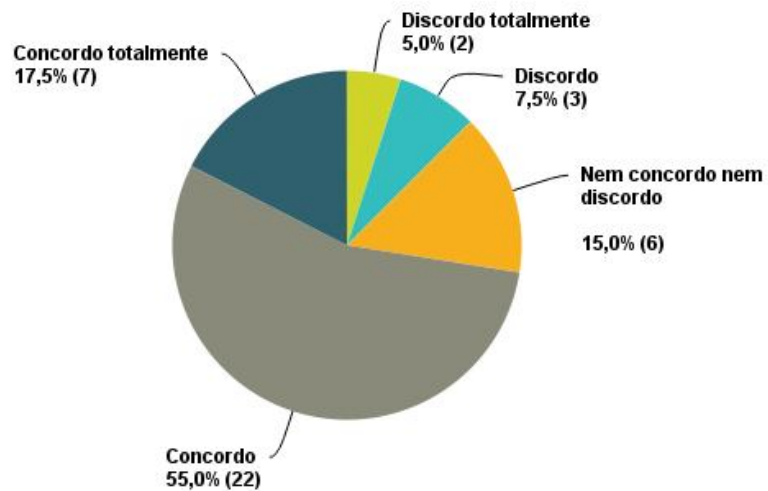
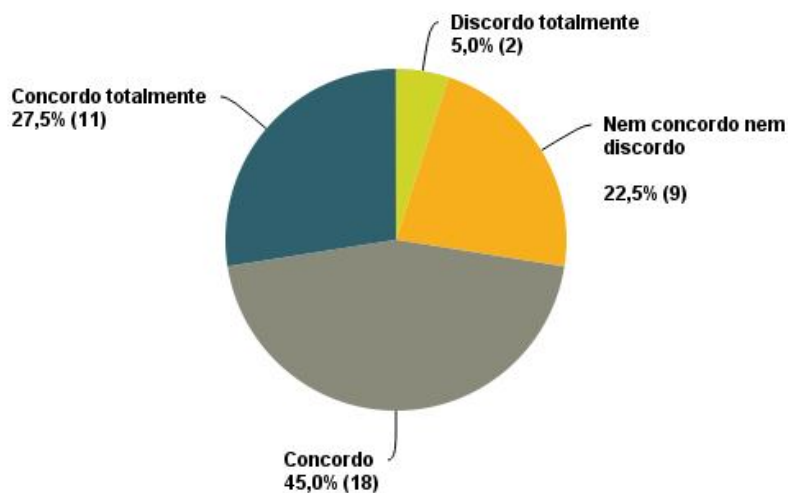


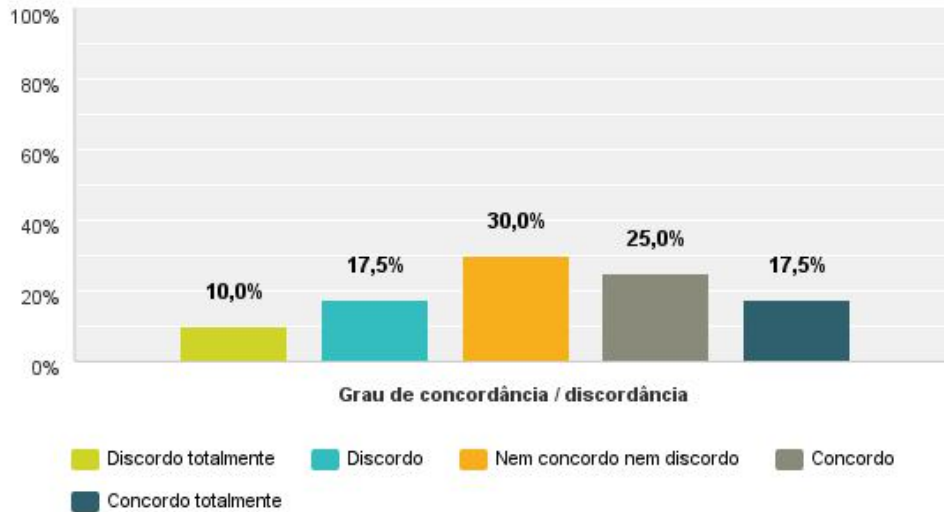
Figura 25 – Melhoria da qualidade e do desenvolvimento de produtos



Com relação à questão 22, na qual buscou identificar a opinião das empresas a respeito dos critérios que devem ser adotados para implantação da troca rápida de ferramentas, se deve ser considerado apenas equipamentos gargalos de produção ou todos os equipamentos. Como resultado da pesquisa, a maioria das empresas (57,5%) acredita que não necessariamente a implantação da TRF deve ser somente

neste tipo de equipamentos e sim em qualquer equipamento que aja necessidade de melhoria, sendo ele gargalo de produção ou não (Figura 26).

Figura 26 – Critérios para implantar a TRF – apenas em E.T. gargalo



A seguir apresenta-se a análise das respostas das questões de 9 a 22, em que foi seguido o procedimento descrito ao final do capítulo 3, ou seja, a adaptação do método ROC.

A partir das respostas dos questionários, foi elaborada a Matriz Empresas x Benefícios (Tabela 4). Nas linhas da tabela encontram-se as empresas na ordem em que foram obtidas as respostas dos questionários, ou seja, da primeira até à 40ª empresa. Nas colunas, as questões que se referem aos benefícios a às características da TRF utilizadas na empresas, (questão 9 à questão 22). Como resultado da pesquisa de campo, para cada questão foi atribuída pelos respondentes uma resposta na escala de Likert, variando de 1 a 5 pontos.

Tabela 4 – Matriz Empresas x Benefícios

Questão nº:	1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do envolvimento dos produtos no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 1	Autopeças	250 - 500	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	2
Empresa 2	Máquinas em geral	1 - 25	4	4	3	3	5	3	2	3	4	4	3	4	3	4
Empresa 3	Máquinas em geral	50 - 75	5	5	4	4	4	4	4	4	3	4	5	4	5	5
Empresa 4	Máquinas em geral	100 - 250	3	3	4	4	2	4	3	4	4	4	3	3	3	3
Empresa 5	Montadoras	250 - 500	4	4	4	5	4	3	2	4	4	4	5	4	3	5
Empresa 6	Autopeças	100 - 250	4	3	5	4	2	5	3	2	4	2	3	5	3	2
Empresa 7	Autopeças	75 - 100	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	3
Empresa 8	Máquinas Agrícolas	50 - 75	4	5	4	3	4	4	4	2	4	5	5	4	4	2
Empresa 9	Máquinas em geral	1 - 25	3	4	4	5	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4
Empresa 10	Máquinas em geral	100 - 250	4	2	4	3	2	4	2	3	1	1	2	1	1	1
Empresa 11	Fundições	100 - 250	3	2	2	1	3	5	1	5	4	2	3	4	5	4
Empresa 12	Máquinas em geral	1 - 25	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3
Empresa 13	Eletrônica	250 - 500	4	3	2	3	2	5	3	5	3	4	2	4	5	3

Fonte: O autor

Tabela 5 – Matriz Empresas x Benefícios (continuação)

Questão nº:	1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 14	Montadoras	250 - 500	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4
Empresa 15	Outros	100 - 250	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	1	3	4	4
Empresa 16	Máquinas Agrícolas	25 - 50	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	5
Empresa 17	Fundições	75 - 100	3	4	4	3	4	3	4	5	5	4	5	4	3	3
Empresa 18	Eletrônica	100 - 250	2	5	4	4	3	4	4	4	5	2	3	4	5	3
Empresa 19	Telecomunicações	mais de 500	4	4	3	5	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5
Empresa 20	Máquinas Agrícolas	50 - 75	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4
Empresa 21	Eletrotécnica	25 - 50	5	5	5	5	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5
Empresa 22	Autopeças	100 - 250	4	3	5	4	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4
Empresa 23	Montadoras	50 - 75	3	3	5	5	2	2	4	4	5	2	3	4	4	5
Empresa 24	Máquinas em geral	25 - 50	4	4	4	4	4	4	3	2	3	2	3	4	3	4
Empresa 25	Máquinas em geral	50 - 75	4	3	4	2	4	4	4	3	4	4	2	4	4	3
Empresa 26	Máquinas em geral	25 - 50	3	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3

Fonte: O autor

Tabela 5 – Matriz Empresas x Benefícios (continuação)

Questão nº:	1	2	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 27	Máquinas em geral	75 - 100	3	4	4	2	4	4	3	4	3	4	2	4	4	3
Empresa 28	Outros	25 - 50	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2
Empresa 29	Máquinas em geral	1 - 25	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
Empresa 30	Autopeças	100 - 250	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	4	2
Empresa 31	Máquinas em geral	25 - 50	4	4	5	3	4	3	4	3	2	3	1	4	4	3
Empresa 32	Eletrônica	1 - 25	4	4	4	2	3	2	3	5	3	4	2	4	5	1
Empresa 33	Máquinas em geral	50 - 75	4	4	4	2	4	4	5	3	2	4	2	3	4	2
Empresa 34	Montadoras	25 - 50	5	4	5	2	3	4	3	3	4	4	2	2	4	5
Empresa 35	Máquinas em geral	25 - 50	4	3	4	3	4	4	4	3	5	4	3	5	5	4
Empresa 36	Máquinas em geral	250 - 500	3	4	5	2	1	1	1	5	3	3	2	2	3	1
Empresa 37	Outros	mais de 500	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	1
Empresa 38	Fundições	50 - 75	4	4	5	4	4	5	4	3	4	4	2	3	4	3
Empresa 39	Outros	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Empresa 40	Máquinas em geral	100 - 250	4	4	5	5	3	4	4	4	4	5	3	4	3	3

Fonte: O autor

Na sequência, após a consulta a três especialistas em processos oriundos da academia, foi elaborada a nova matriz Empresas x Benefícios. As colunas foram reordenadas em função da percepção de importância atribuída pelos especialistas, no qual as questões aparecem ordenadas da esquerda para a direita, sendo da mais importante para a menos importante.

Já nas linhas, foi feita a substituição dos valores de *Likert* pelos valores 1, 0 e -1. Para as respostas no qual o resultado dado pelas empresas foi 4 ou 5 pontos (concordo ou concordo totalmente), os valores foram substituídos por 1; para as respostas no qual o resultado dado pelas empresas foi 3 pontos, foi substituído por 0 (não concordo e nem discordo) e por fim para as respostas no qual o resultado dado pelas empresas foi 1 ou 2 pontos (discordo totalmente e discordo), foi substituído por -1, conforme a proposta de adaptação do método ROC (Tabela 5).

Tabela 5 – Matriz Empresas x Benefícios com colunas reagrupadas

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 1	Autopeças	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1
Empresa 2	Máquinas em geral	1 - 25	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	-1	0	0	1
Empresa 3	Máquinas em geral	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Empresa 4	Máquinas em geral	100 - 250	1	0	0	1	1	-1	1	1	0	0	0	1	0	0
Empresa 5	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	-1	1	1	1
Empresa 6	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	0	0	-1	0	-1
Empresa 7	Autopeças	75 - 100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Empresa 8	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1
Empresa 9	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1
Empresa 10	Máquinas em geral	100 - 250	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1
Empresa 11	Fundições	100 - 250	-1	-1	0	-1	1	0	-1	1	1	1	-1	1	0	1
Empresa 12	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Empresa 13	Eletrônica	250 - 500	-1	0	1	0	1	-1	1	0	1	1	0	1	-1	0

Fonte: O autor

Tabela 6 – Matriz Empresas x Benefícios com colunas reagrupadas (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 14	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa 15	Outros	100 - 250	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	1
Empresa 16	Máquinas Agrícolas	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa 17	Fundições	75 - 100	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Empresa 18	Eletrônica	100 - 250	1	1	-1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	0	0
Empresa 19	Telecomunicações	mais de 500	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa 20	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa 21	Eletrotécnica	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Empresa 22	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Empresa 23	Montadoras	50 - 75	1	0	0	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	1
Empresa 24	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	0	0	-1	0	1
Empresa 25	Máquinas em geral	50 - 75	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	0
Empresa 26	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	0	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0

Fonte: O autor

Tabela 6 – Matriz Empresas x Benefícios com colunas reagrupadas (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção
Empresa 27	Máquinas em geral	75 - 100	1	1	0	-1	1	1	1	0	1	1	0	1	-1	0
Empresa 28	Outros	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1
Empresa 29	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1
Empresa 30	Autopeças	100 - 250	0	1	0	0	0	0	-1	0	-1	1	0	0	-1	-1
Empresa 31	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	0	0	1	0	-1	1	1	1	0	-1	0
Empresa 32	Eletrônica	1 - 25	1	1	1	-1	-1	0	1	0	1	1	0	1	-1	-1
Empresa 33	Máquinas em geral	50 - 75	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	0	-1	-1
Empresa 34	Montadoras	25 - 50	1	1	1	-1	1	0	1	1	-1	1	0	0	-1	1
Empresa 35	Máquinas em geral	25 - 50	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Empresa 36	Máquinas em geral	250 - 500	1	1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	1	-1	-1
Empresa 37	Outros	mais de 500	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	0	-1
Empresa 38	Fundições	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	-1	0
Empresa 39	Outros	25 - 50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
Empresa 40	Máquinas em geral	100 - 250	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0

Fonte: O autor

O passo seguinte é a conversão dos valores das linhas da Tabela 6, considerados como se fossem “binários”, em valores decimais para a sua ordenação.

Nas colunas, onde são apresentadas as 14 questões referentes aos benefícios e características da TRF, foi considerado os graus de importância resultantes da aplicação da TRF a seguinte ordem: do benefício mais importante para o menos importante da esquerda para a direita, respectivamente.

Na ordem da planilha, foram multiplicadas as linhas por valores exponenciais de base 2, sendo as respostas da questão mais importante multiplicadas pelo fator 2^{13} , as repostas da segunda questão mais importante multiplicadas pelo fator 2^{12} e assim por diante até a 14ª questão no qual foi multiplicada pelo fator 2^0 .

Após as multiplicações dos valores de cada linha pelo fator considerado, gerou-se valores decimais. Posteriormente a somatória de cada linha resultou na resposta de cada empresa um total em valores decimais, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Matriz Empresas x Benefícios com valores em decimais

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 1	Autopeças	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 2	Máquinas em geral	1 - 25	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	-1	0	0	1	6617
Empresa 3	Máquinas em geral	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	16319
Empresa 4	Máquinas em geral	100 - 250	1	0	0	1	1	-1	1	1	0	0	0	1	0	0	9668
Empresa 5	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	15839
Empresa 6	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	0	0	-1	0	-1	11483
Empresa 7	Autopeças	75 - 100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14334
Empresa 8	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	15349
Empresa 9	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	13413
Empresa 10	Máquinas em geral	100 - 250	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	6149
Empresa 11	Fundições	100 - 250	-1	-1	0	-1	1	0	-1	1	1	1	-1	1	0	1	-12819
Empresa 12	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	16190
Empresa 13	Eletrônica	250 - 500	-1	0	1	0	1	-1	1	0	1	1	0	1	-1	0	-5710

Fonte: O autor.

Tabela 7 – Matriz Empresas x Benefícios com valores em decimais (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 14	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 15	Outros	100 - 250	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	1	16347
Empresa 16	Máquinas Agrícolas	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 17	Fundições	75 - 100	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	12782
Empresa 18	Eletrônica	100 - 250	1	1	-1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	0	0	11772
Empresa 19	Telecomunicações	mais de 500	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8191
Empresa 20	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 21	Eletrotécnica	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	16375
Empresa 22	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12287
Empresa 23	Montadoras	50 - 75	1	0	0	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	1	8445
Empresa 24	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	0	0	-1	0	1	16029
Empresa 25	Máquinas em geral	50 - 75	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	0	10230
Empresa 26	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	0	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	12190

Fonte: O autor.

Tabela 7 – Matriz Empresas x Benefícios com valores em decimais (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 27	Máquinas em geral	75 - 100	1	1	0	-1	1	1	1	0	1	1	0	1	-1	0	12210
Empresa 28	Outros	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 29	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 30	Autopeças	100 - 250	0	1	0	0	0	0	-1	0	-1	1	0	0	-1	-1	3949
Empresa 31	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	0	0	1	0	-1	1	1	1	0	-1	0	14582
Empresa 32	Eletrônica	1 - 25	1	1	1	-1	-1	0	1	0	1	1	0	1	-1	-1	12977
Empresa 33	Máquinas em geral	50 - 75	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	0	-1	-1	14165
Empresa 34	Montadoras	25 - 50	1	1	1	-1	1	0	1	1	-1	1	0	0	-1	1	13999
Empresa 35	Máquinas em geral	25 - 50	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	11257
Empresa 36	Máquinas em geral	250 - 500	1	1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	1	-1	-1	10457
Empresa 37	Outros	mais de 500	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	0	-1	67
Empresa 38	Fundições	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	-1	0	16342
Empresa 39	Outros	25 - 50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-16381
Empresa 40	Máquinas em geral	100 - 250	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	16108

Fonte: O autor.

Finalmente, foi feita a nova ordenação das linhas considerando-se o valor decimal de cada linha, em ordem decrescente (Tabela 7). Com esse resultado foi possível identificar os agrupamentos que possibilitam chegar à análise dos benefícios e usos da TRF. Após a reordenação das linhas, foi feita a divisão em quatro grupos:

- Grupo verde: empresas que declaram conhecer a TRF e efetivamente a aplicam em sua produção (30%);
- Grupo Azul: empresas que declaram conhecer a TRF mas indicam utilizá-la de forma parcial (12,5%);
- Grupo Amarelo: empresas que afirmam conhecer a TRF mas que não a utilizam de modo comprovado (45%);
- Grupo Vermelho: empresas que declaram não conhecer e não utilizar a TRF (12,5%).

Tabela 7 – Matriz Empresas x Benefícios agrupados com algoritmo ROC

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 14	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 16	Máquinas Agrícolas	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 20	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16383
Empresa 1	Autopeças	250 - 500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 28	Outros	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 29	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	16381
Empresa 21	Eletrotécnica	25 - 50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	16375
Empresa 15	Outros	100 - 250	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	-1	1	16347
Empresa 38	Fundições	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	-1	0	16342
Empresa 3	Máquinas em geral	50 - 75	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	16319
Empresa 12	Máquinas em geral	1 - 25	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	16190
Empresa 40	Máquinas em geral	100 - 250	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	16108
Empresa 24	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	0	0	-1	0	1	16029
Empresa 5	Montadoras	250 - 500	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	15839
Empresa 8	Máquinas Agrícolas	50 - 75	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	15349
Empresa 31	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	1	0	0	1	0	-1	1	1	1	0	-1	0	14582
Empresa 7	Autopeças	75 - 100	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	14334

Fonte: O autor.

Tabela 8 – Matriz Empresas x Benefícios agrupados com algoritmo ROC (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 33	Máquinas em geral	50 – 75	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	1	1	0	-1	-1	14165
Empresa 34	Montadoras	25 – 50	1	1	1	-1	1	0	1	1	-1	1	0	0	-1	1	13999
Empresa 9	Máquinas em geral	1 – 25	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	13413
Empresa 32	Eletrônica	1 – 25	1	1	1	-1	-1	0	1	0	1	1	0	1	-1	-1	12977
Empresa 17	Fundições	75 - 100	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	12782
Empresa 22	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12287
Empresa 27	Máquinas em geral	75 - 100	1	1	0	-1	1	1	1	0	1	1	0	1	-1	0	12210
Empresa 26	Máquinas em geral	25 - 50	1	1	0	-1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	12190
Empresa 18	Eletrônica	100 - 250	1	1	-1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	0	0	11772
Empresa 6	Autopeças	100 - 250	1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	0	0	-1	0	-1	11483
Empresa 35	Máquinas em geral	25 - 50	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	11257
Empresa 36	Máquinas em geral	250 - 500	1	1	0	-1	-1	-1	0	0	-1	0	-1	1	-1	-1	10457
Empresa 25	Máquinas em geral	50 - 75	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	0	10230
Empresa 4	Máquinas em geral	100 - 250	1	0	0	1	1	-1	1	1	0	0	0	1	0	0	9668
Empresa 23	Montadoras	50 - 75	1	0	0	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	1	8445
Empresa 19	Telecomunicações	mais de 500	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8191
Empresa 2	Máquinas em geral	1 – 25	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	-1	0	0	1	6617
Empresa 10	Máquinas em geral	100 - 250	1	-1	1	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	6149

Fonte: O autor.

Tabela 8 – Matriz Empresas x Benefícios agrupados com algoritmo ROC (continuação)

Questão nº:	1	2	11	10	9	12	14	13	18	17	20	21	15	16	19	22	Total
Empresas Pesquisadas	Setor principal da empresa	Número de funcionários da organização (aproximado)	A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas	A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas	Os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta são separados com antecedência	O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente	O tempo de troca de ferramentas foi reduzido	O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram	Houve redução do tempo de ajustes no <i>setup</i>	Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados	Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no <i>setup</i>	Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no <i>setup</i>	Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade	Houve redução de custo para realização do <i>setup</i>	Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no <i>setup</i>	A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção	
Empresa 30	Autopeças	100 - 250	0	1	0	0	0	0	-1	0	-1	1	0	0	-1	-1	3949
Empresa 37	Outros	mais de 500	0	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	-1	-1	0	-1	67
Empresa 13	Eletrônica	250 - 500	-1	0	1	0	1	-1	1	0	1	1	0	1	-1	0	-5710
Empresa 11	Fundições	100 - 250	-1	-1	0	-1	1	0	-1	1	1	1	-1	1	0	1	-12819
Empresa 39	Outros	25 - 50	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-16381

Fonte: O autor.

A análise desse resultado final aponta que a maioria das empresas que participaram da pesquisa (grupo amarelo e grupo vermelho) não utilizam claramente a TRF, a despeito de que diversas declaram conhecer os benefícios e a metodologia de TRF proposta por Shingo (2000) e por outros autores, como (SANTOS; WYSK; TORRES, 2009). Mesmo dentre as empresas que declaram utilizar a TRF de forma parcial, diversas declararam desconhecer os benefícios advindos da utilização dessa metodologia (grupo azul).

Essa situação é confirmada pela avaliação descrita em 4.2, quando observou-se que o tempo de *setup* das empresas é elevado, mesmo com a afirmação de que conhecem e utilizam a TRF em suas respectivas produções.

Apenas uma pequena parcela indicou utilizar a TRF e obter resultados significativos dos benefícios apresentados na parte teórica deste trabalho (grupo verde).

5. CONCLUSÕES

Com base na percepção dos respondentes da pesquisa realizada, ficou evidenciado que as empresas pesquisadas conhecem os princípios da Troca Rápida de Ferramentas respondendo à primeira questão de pesquisa proposta, na qual buscou verificar se as empresas conhecem e aplicam os estágios e etapas propostos a partir de Shingo.

Por meio da utilização do método ROC adaptado, foi possível separar quatro grupos de empresas por proximidade das respostas, possibilitando fazer as análises referentes ao conhecimento da TRF, à aplicação e à percepção dos benefícios.

Ainda como o objetivo desta pesquisa foi identificar se as empresas conhecem e usam efetivamente a TRF, após a aplicação do algoritmo ROC adaptado observou-se que somente 30% das empresas pesquisadas utilizam a TRF de forma efetiva. A grande maioria dos gestores (57,5%) conhecem os princípios da TRF, contudo não a utilizam ou não foi possível comprovar a aplicação do uso dos estágios e etapas propostos a partir de Shingo (2000).

Como proposta de estudo na segunda questão de pesquisa, era objetivo verificar a percepção das empresas sobre os benefícios propiciados pela metodologia de TRF. De acordo com os resultados obtidos, notou-se que os prestadores de serviços de usinagem do Estado de São Paulo percebem os benefícios da aplicação da TRF, como redução do tempo de *setup*, redução do *downtime*, redução de *lead time*, redução do tempo de ciclo e do tamanho de lotes, redução de custo de *setup*, redução de inventário e de perdas, aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade, propiciados ao aplicar a TRF. No entanto, em diversos momentos das respostas ao questionário, demonstram não aplicar a TRF e nem obter os benefícios dela advindos.

Com base nos dados da pesquisa, ficou evidenciado que as empresas afirmam ter havido resultados positivos em relação ao ano de 2014 quanto aos benefícios citados na literatura, mesmo 45% empresas alegando não fazer o controle periódico do tempo de *setup*. Contudo, percebeu-se que a maioria das empresas tem o tempo

total de *setup* muito elevado, em alguns casos gastando mais de 20 minutos somente com ajustes e liberação da máquina para a produção.

Como ponto relevante desta pesquisa no que tange à revisão bibliográfica, foi constatada a ausência de trabalhos com proposições de metodologias de TRF no Brasil, sendo que foram identificados apenas cinco trabalhos com proposições de metodologias para TRF e aplicação nas empresas brasileiras, o que deixa uma lacuna a ser preenchida num trabalho futuro.

Por fim, na terceira questão de pesquisa, o trabalho teve também o objetivo de entender se existem critérios que devam ser adotados para iniciar um projeto de TRF e se a prioridade são os equipamentos gargalo, ao contrário do trabalho de Antunes Jr. e Rodrigues (1993), ficou evidenciado que não há um consenso sobre a existência clara deste critério. A maioria dos respondentes acredita que não há a necessidade de ser escolhida uma máquina gargalo para aplicar os princípios da TRF.

Como sugestão para trabalhos futuros, além da já indicada no texto acima, aponta-se para a possibilidade de realizar uma *survey* do tipo explicatória de nível nacional sobre o mesmo tema, a fim de permitir generalizações mais bem fundamentadas .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, A. Partitioning bottleneck work center for cellular manufacturing An integrated performance and cost model. **International Journal of Production Economics**, v.111, p.635–647, 2008.

ALMOMANI, M.A.; ALADEEMY, M.; ABDELHADI, A.; MUMANI, A. A proposed approach for *setup* time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. **Computers & Industrial Engineering**, v.66, n.2, p.461–469, 2013.

AMOAKO-GYAMPAH, K, GARGEYA, V.B. Just-in-Time Manufacturing in Ghana. **Industrial Management & Data Systems**, v.101, p.106–13, 2001.

ANTUNES JÚNIOR; ALVAREZ, R.; PELLEGRIN, I.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P. **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção** Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BASHIR, H. A.; KARAA, S. Assessment of clustering tendency for the design of cellular manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.19, n.8, p.1004-1014, 2008.

CAKMAKCI, M. Process improvement performance analysis of the *setup* time reduction-SMED in the automobile industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.41, n.1, p.168-179, 2009.

CHUANG, B. R.; OUYANG, L. Y.; CHUANG, K. W. A note on periodic review inventory model with controllable *setup* cost and lead time. **Computers & Operations Research**, v.31, p.549–561, 2004.

CHOU, C. W.; CHIEN, C. F.; GEN, M. A Multiobjective Hybrid Genetic Algorithm for TFT-LCD Module Assembly Scheduling, **Automation Science and Engineering**, v.11, n.3, 2014.

CORRER, IVAN ; VIEIRA JUNIOR, M. ; SILVA, J.M.A. ; SILVA, D. S. ; COSTA, A. S. Statement of losses caused by the *presetting* of tools by the manual method. **Annals of the 22nd Annual Conference of the Production and Operations Management Society**, p. 1-15, 2011.

DAS, B.; VENKATADRI, U.; PANDEY, P. Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.71, n.1, p. 307-323, 2014.

DIABY, M. Integrated batch size and *setup* reduction decisions in multi-product, dynamic manufacturing environments. **International Journal of Production Economics**. v.67, n.3, p.219–233, 2000.

DIABY, M. Optimal *setup* time reduction for a single product with dynamic demands, **European Journal of Operational Research**, v.85, n.3, p.532–540, 1995.

DUPLAGA, E. A.; HAHN, C.K.; WATTS, C.A. Evaluating capacity change and *setup* time reduction in a capacity-constrained, joint lot sizing situation. **International Journal of Production Research**, v.34, n.7, 1996.

FACCIO, M. *Setup* time reduction: SMED-balancing integrated model for manufacturing systems with automated transfer. **International Journal of Engineering and Technology**, v.5, n.5, 2013.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 209p.

FERRADÁS, P. G.; SALONITIS, K. Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells. **CIRP Annals Manufacturing Technology**, v.7, p.598-603, 2013.

FLYNN, B. B. Repetitive Lots: The Use of a Sequence-Dependent Set-Up Time Scheduling Procedure in Group Technology and Traditional Shops. **Journal Of Operations Management**, v.7. n.1-2, 1987.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. Troca Rápida de Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso. **Gestão e Produção**, v.10, n.2, p.163-181, 2003.

FREELAND, J. R.; LESCHKE, J. P.; WEISS, E. N. Guidelines for *setup*-cost reduction programs to achieve zero inventory. **Journal of Operations Management**, v.9, n.1, p.85-100, 1990.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GAWRONSKI, T. Optimization of *setup* times in the furniture industry. **Springer**, v.201, n.1, p.169-182, 2012.

GILMORE, M., SMITH, D. J. Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study. **International Journal of Operations & Production Management**, v.16, n.3, p.4-17, 1996.

GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Estudo do efeito de programas de melhoria contínua em variáveis do chão de fábrica na relação entre tamanho de lote de produção e lead time. **Gestão & Produção**, v.17 n.1, 2010.

HAHN, K. C.; BRAGG, D. J.; SHIN, D. Impact of the *Setup* Variable on Capacity and Inventory Decisions. **The Academy of Management Review**, v.13, n.1, p.91-103, 1988.

HAHM, J.; YANOB, C. A. The economic lot and delivery scheduling problem The single item case. **International Journal of Production Economics**, v.28, p.235-252, 1992.

HARIGA, M. A. *Setup* cost reduction in (Q, r) policy with lot size, *setup* time and lead-time interactions. **Journal of the Operational Research Society**, v.51, p.1340-1345, 2000.

HARIKRISHNAN, K.K.; ISHII, H. Single machine batch scheduling with resource dependent *setup* and processing times. **Fuzzy Optimization and Decision Making**, v.4, p.141–147, 2005.

HWANG, H.; KIM, D. B.; KIM, Y. D. Multiproduct economic lot size models with investment costs for *setup* reduction and quality improvement. **International Journal of Production Research**, v.31, n.3, 1993.

JABER, M. Y. Lot sizing for an imperfect production process with quality corrective interruptions and improvements, and reduction in *setups*. **Computers & Industrial Engineering**, v.5, p.781–790, 2006.

JANEZ KUŠAR, J.; BERLEC, T.; ŽEFRAN, F.; STARBEK, M. Reduction of Machine *Setup* Time. **Journal of Mechanical Engineering**, v.56, n.12, p.833-845, 2010.

KANNENBERG, G.; ANTUNES JR, J. A. V. Proposta de uma sistemática de implantação de troca rápida de ferramentas para indústrias de forma no Brasil. **Produção**, v.5 n.1, 1995.

LESCHKE, J. P. The *setup*-reduction process: part 1. **Production & Inventory Management Journal**, v.38, n.1, p.32-37, 1997.

LOVELL, M. C. Optimal lot size, inventories, prices and JIT under monopolistic competition. **International Journal of Production Economics**, v.81–82, p.59–66, 2003.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010, 320p.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 277p.

MCINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. **International Journal of Production Research**, v.38, n.11, p.2377-2395, 2000.

MIGUEL, C. P. A. (Coord.) Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

NEUMANN, C.S.R.; RIBEIRO, J.L.D. Desenvolvimento de fornecedores um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. **Revista Produção**, v.14 n.1, 2004.

NG, C.T. D.; CHENG, T.C.E.; KOVALYOV, M. Y. Single machine batch scheduling with jointly compressible *setup* and processing times. **European Journal of Operational Research**, v.153, n.1, p. 211–219, 2004.

REVISTA MÁQUINAS & METAIS. Relação de prestadores de serviços de usinagem, Nov/2014.

PETTERSEN, J. Defining lean production: some conceptual and practical issues. **The TQM Journal**, v.21, n.2, p.127–142, 2009.

REIS, M.E.P.; ALVES, J.M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de set-up. **Gestão e Produção**, São Carlos, v.17, n.3, p.579-588, 2010.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000. 327 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3.ed. SÃO PAULO: Atlas, 2009. 703p.

SAMADDAR, S.; HILL, C. A. Controlling adverse effect on work in process inventory while reducing machine *setup* time. **European Journal of Operational Research**, v.180, p.249–261, 2007.

SAMADDAR, S.; WHALEN, T. Improving Performance in Cyclic Production Systems by Using Forced Variable Idle *Setup* Time. **Manufacturing & Service Operations Management**, v.10, n.2, p.173–180, 2008.

SAMADDAR, S. The effect of *setup* time reduction on its variance. **Omega**, v.29, n.3, p.243–247, 2001.

SANTOS, J.; WYSK, R. A.; TORRES, J. M. **Otimizando a Produção Enxuta com a metodologia Lean**. São Paulo: Leopardo, 2009.

SATOLO, G.E.; CALARGE, F.A. Troca Rápida de Ferramentas: Estudo de Casos em Diferentes Segmentos Industriais. **Exacta**, v.6, p.283-296, 2008.

SINGH, B. J.; KHANDUJA, D. SMED for quick changeovers in foundry SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v.59, n.1, 2004.

SILVA, D.; LOPES, E. L.; BRAGA JUNIOR, S. S. Pesquisa Quantitativa: Elementos, Paradigmas e Definições. **Revista de Gestão e Secretariado**, v.5, n.1, p.01-18, 2014.

SPENCE, A. M, PORTEUS, E.L. *Setup* Reduction and Increased Effective Capacity. **Management Science**, v.33, p.1291–1301, 1987.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): Análise Crítica e Estudo de Caso. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 2, p. 323-335, 2007.

SURESH, N. C. Partitioning Work Centers for Group Technology: Analytical Extension and Shop-Level Simulation Investigation. **Decision Sciences**, v.23, n.2; 1992.

OHNO, T. O. **Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PHAN, C. A.; MATSUI, Y. Comparative study on the relationship between just-in-time production practices and operational performance in manufacturing plants. **Operations Management Research**, v.3, p.184–198, 2010.

PRATSINI, E. Learning complementarity and *setup* time reduction. **Computers & Operations Research**, v.25, n.5, p.397–405, 1998.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. *Survey* research in management information systems: an assesement. **Journal of Management Information System**, 1993.

TAJ, S.; NEDELTCHEVA, G. N.; PFEIL, G.; ROUMAYA, M. A spread-sheet model for efficient production and scheduling of a manufacturing line/cell. **International Journal of Production Research**, v.50, n.4, p. 1141–1154, 2012.

TAROKH, M. J.; MOTAMEDI, P.; BAGHERI, F. Optimizing *Setup* Time Reduction Rate in an Integrated JIT Lot-Splitting Model by Using PSO and GS Algorithms for Single and Multiple Policies. **International Journal of Industrial Engineering & Production Research**, v.24, n.1, p.37-46, 2013.

TREVINO, J.; HURLEY, B. J.; FRIEDRICH, W. A mathematical model for the economic justification of *setup* time reduction. **International Journal of Production Research**, v.31, n.1, 1993.

TROVINGER, S. C.; BOHN, R. E. *Setup* Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and IT-Based Methods. **Production and Operations Management**, v.14, p.205–217, 2005.

VOROS, J. Lot sizing with quality improvement and *setup* time reduction. **European Journal of Operational Research**, v.113, n.3, p.568–574, 1999.

WACKER, J. G. A Theoretical Model of Manufacturing Lead Times and Their Relationship to a Manufacturing Goal Hierarchy. **Decision Sciences**, v.27, n.3, p.483–517, 1996.

WAGNER, B. J.; RAGATZ, G. L.; The impact of lot splitting on due date performance. **Journal of Operations Management**, v.12, n.1, p.13-25, 1994.

WANGA, X. Y.; WANGB, J. J. Scheduling problems with past-sequence-dependent *setup* times and general effects of deterioration and learning. **Applied Mathematical Modelling**, v.37, p.4905–4914, 2013.

WEMMERLÖV, U.; VAKHARIA, A. J. On the impact of family scheduling procedures. **Institute of Industrial Engineers - IIE Transactions**, v.25, n.4, pg. 102, 1993.

YANG, J.; DEANE, R. H. *Setup* time reduction and competitive advantage in a closed manufacturing cell. **European Journal of Operational Research**, v.69, n.3, p.413–423, 1993.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BICHENO, J. **The New Lean Toolbox**: Towards Fast, Flexible Flow, 3.ed., PICSIE Books, Buckingham. 2004, 211p.

DENNIS, P. **Lean Production Simplified**: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System. Productivity Press, New York, 2002.

FELD, W.M. **Lean Manufacturing**: Tools, Techniques, and How to Use Them. St Lucie Press, Boca Raton, 2001.

LIKER, J.K., **The Toyota Way**: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill, New York, 2004.

OHNO, T. **Toyota Production System**: Beyond Large-scale Production. Productivity Press, Portland, OR. 1988.

MONDEN, Y. **Toyota Production System**: An Integrated Approach to just-in-time, 2.ed., Chapman & Hall, London, 1998.

SCHONBERGER, R.J. **Japanese Manufacturing Techniques**: Nine Hidden Lessons in Simplicity, Free Press, New York, 1982. 260p.



SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint**, Japan Management Association, Tokyo. 1984. 296p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. São Paulo: Editora Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**: The Story of Lean Production. Rawson Associates, New York, 1990. 323p.

7. APÊNDICE

Apêndice 1 – Questionário aplicado nas empresas prestadoras de serviço de usinagem de São Paulo.

	AVALIAÇÃO DO USO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS
Bem-vindo!	
<p>Este trabalho tem como objetivo a obtenção de dados para uma pesquisa acadêmica realizada junto ao programa de Pós-Graduação stricto sensu – Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, e faz parte das pesquisas do Grupo de Pesquisa em Gerência da Produção.</p> <p>O trabalho de pesquisa trata da avaliação do uso da troca rápida de ferramentas por empresas prestadoras de serviços de usinagem no Estado de São Paulo. A colaboração que solicito é que respondam o questionário que será utilizado como forma de coleta de dados para a pesquisa. O link é seguro e remete a um formulário de pesquisa elaborado no SurveyMonkey.</p> <p>Dados como nome e/ou razão social das empresas não serão solicitados e nem divulgados no resultado final; apenas os dados referentes à troca rápida de ferramentas é que serão utilizados.</p> <p>Agradeço a atenção e colaboração de todos, colocando-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se façam necessários.</p> <p>Atenciosamente, </p> <p>Grupo de Pesquisa em Gerência de Produção – PPGE/UNINOVE</p> <p>Coordenação: Prof. Milton Vieira Junior, Dr. Professor / Pesquisador/ Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção Universidade Nove de Julho – UNINOVE (http://www.uninove.br/Paginas/Mestrado/Engenharia/mepHome.aspx) e-mail: mvieirajr@uninove.br Fone: (011) 36659301</p> <p>Agradecemos por participar do nosso questionário. Seu feedback é muito importante. Esta pesquisa leva cerca de 5 minutos</p>	

As seguintes perguntas são só com o propósito de classificação e nos ajudarão a entender diferentes grupos de empresas

1. Qual das seguintes opções melhor descreve o setor principal da sua empresa?

- Máquinas em geral
- Autopeças
- Montadoras
- Máquinas Agrícolas
- Fundições
- Eletrônica
- Eletrotécnica
- Telecomunicações
- Outros

2. Qual o número de funcionários desta organização? (aproximado)

- 1 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100
- 100 - 250
- 250 - 500
- mais de 500

3. Quantas máquinas a empresa que você trabalha tem no parque atual?

	0	1 - 5	5 - 10	10 - 15	mais de 15
Fresadora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Retificadora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Torno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mandriladora	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Centro de Usinagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eletroerosão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro tipo de máquinas-ferramenta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Considerando as etapas listadas a seguir, quais das seguintes operações a troca de ferramentas realizada em sua empresa utiliza? Marque o tempo aproximado de cada etapa se aplicável.

	0 - 1 minuto	1 min. - 2 min	2 min - 3 min	3 min - 5 min	mais de 5 min	N/A
Limpeza da máquina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Retirar ferramenta de corte	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Guardar ferramenta e dispositivos de controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colocar nova ferramenta de corte na máquina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Colocar dispositivos de controle próximo à máquina	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pré ajustar (presetar) a ferramenta de corte manualmente (sem dispositivo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pré ajustar (presetar) ferramenta de corte de forma automática (com dispositivo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usinar a primeira peça para correções	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realizar a medição da peça	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fazer ajustes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liberar a máquina para produção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Pensando nas trocas de produto, quando é necessário parar a máquina e fazer a troca da ferramenta de corte, quantas trocas de ferramentas sua empresa faz em um dia normal de trabalho (dê sua melhor estimativa)

▼

▲

↕

▲

▼

1 - 5

5 - 10

10 - 15

mais de 15

Outro (especifique)

6. Pensando ainda nas trocas de produto, quanto tempo leva a troca de ferramenta, ajustagem e início da produção do próximo produto (tempo total de setup)? (dê sua melhor estimativa)

▼

▲

↕

▲

▼

1 - 5 minutos

5 - 10 minutos

10 - 15 minutos

mais de 15 minutos

Outro (especifique)

7. Como é feita a pré ajustagem das ferramentas?

▼
Manualmente (com a usinagem da primeira peça)
Em uma sala de pré ajustagem
Usando um sistema de presetting?
Diretamente na máquina com recursos de pré ajustagem
Diretamente na máquina com pré ajustagem manual

8. Quanto tempo demora em média para fazer a pré ajustagem de uma ferramenta na máquina?

1 - 5 minutos	5 - 10 minutos	10 - 15 minutos	15 - 20 minutos	Mais de 20 minutos
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Para realizar a troca de ferramenta, os instrumentos de apoio e a próxima ferramenta foram separados com antecedência

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. A equipe é treinada periodicamente com intuito de reduzir o tempo de troca de ferramentas?

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. A equipe conhece e usa os princípios de troca rápida de ferramentas

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. O tempo de troca de ferramentas é monitorado periodicamente?

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. O estoque intermediário e as perdas produtivas diminuíram em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. O tempo de troca de ferramentas foi reduzido em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Houve aumento de capacidade, disponibilidade e flexibilidade em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Houve redução de custo para realização do setup em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Houve redução do tempo de troca de ferramentas e do tempo parado por problemas inesperados em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Houve redução do tempo de ajustes no setup em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. Houve utilização de trabalhadores multifuncionais no setup em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Houve redução de lead time, tempo de ciclo e tamanho de lotes no setup em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Houve melhoria da qualidade e do desenvolvimento dos produtos no setup em relação ao último ano

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. A troca rápida de ferramentas só deve ser aplicada em máquinas gargalo da produção.

Discordo totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Agradecemos sua participação!

Apêndice 2 - Lista dos fornecedores de usinagem utilizada na pesquisa

Grande São Paulo

Acero	(11) 4965-7604	www.acerousinagem.com.br
Acerotec	(11) 2488-8084	www.acerotec.com.br
Aclom	(11) 4345-3462	www.aclom.com.br
Aeron	(11) 4555-5452	aeronfer@ig.com.br
AJW	(11) 4033-5802	www.ajw.com.br
Ales Usinagem	(11) 4941-1408	www.alesusinagem.com.br
Allperf	(11) 4071-4131	www.allperf.com.br
Anetec	(11) 2402-2719	anetec@ymail.com
Anfeer-N	(11) 4447-4888	www.anfeer-n.com.br
APF	(11) 2910-0697	www.apfpower.com.br
Ares Moldes	(11) 3834-2912	www.aresmoldes.com.br
ASMI	(11) 4066-6562	asmi_usinagm@terra.com.br
Balsiferr	(11) 4547-4086	www.balsiferr.com.br
Belliero	(11) 4975-4024	belliero@gmail.com
Bidumold	(11) 4351-1093	www.bidumold.com.br
Botto	(11) 4531-8300	www.botto.com.br
Calimaq	(11) 2917-2638	calimaq.porto@terra.com.br
Cimpro	(11) 3714-7520	cimpro@terra.com.br - cimpro
Comtec	(11) 2966-9230	scomtec@terra.com.br
Contefix	(11) 3974-7744	contefix@uol.com.br
D&F	(11) 5515-1011	www.dfusinagem.com.br
Dabis	(11) 2325-0868	www.dabis.com.br
Dical	(11) 3984-7969	www.dicalusinagem.com.br
Digimold	(11) 4035-5557	www.digimold.com.br
DV Usinagem	(11) 4038-5438	dvusinagemeferramentaria@hotmail.com
Engremec	(11) 2965-9151	www.engremec.com.br
Estampex	(11) 2954-3433	www.estampex.com.br
Estampo Tec	(11) 2487-2977	www.estampotec.com.br
F.Ratte	(11) 5514-6620	ratte.usinagem@uol.com.br
Fae	(11) 2015-1010	ednofae@gmail.com
Ferraresi	(11) 2693-5221	sindneyferraresi@ferraresimaquinas.com.br
Framos	(11) 4341-7393	framosbc@terra.com.br
Gazopava	(11) 2421-0033	www.gazopava.com.br
Gepela	(11) 5522-2655	www.gepela.com.br
Giwasi	(11) 5514-2654	www.giwasi.com.br
Gouvea	(11) 4751-2730	www.usinagemgouvea.com.br
Gouvetec	(11) 5660-7667	gouvetec@gmail.com
Hafer	(11) 2954-9991	www.hafer.com.br
Hatner	(11) 2488-8526	hatner@uol.com.br
IMIT	(11) 4658-1177	www.imit.com.br
J.A Caldeiraria	(11) 4493-9519	www.jacaldeiraria.com.br
Japax	(11) 5564-7488	japax.com.br
JML	(11) 5681-5546	jtp@jtptornearia.com.br
Jomatic	(11) 3437-5377	www.jomatic.com.br
JTP	(11) 2583-4302	jtptornearia.com.br
Keefter	(11) 4347-9090	www.keefter.com.br
Kerps	(11) 4347-9090	www.kerps.com.br
Kondor	(11) 4997-0114	www.kondor.com.br

Grande São Paulo (continuação)

Lautec	(11) 4646-8888	www.lautec.com.br
Liessi	(11) 4039-3663	liessi@liessi.com.br
Maac	(11) 3695-9080	cidafraberti@maac.com.br
Marx Usinagem	(11) 4723-1133	www.marxusinagem.com.br
Maximino	(11) 99231-8088	maximinowilson@ig.com.br
Maya Ferramentas	(11) 4827-9223	www.mayaferramentas.com.br
Mc Mecânica	(11) 2954-9725	mcmecanica@terra.com.br
MDF	(11) 2062-7755	mdfind@ig.com.br
MDS Usinagem	(11) 4035-6569	mdusinagem@gmail.com
Mecânica de Precisão Almeida	(11) 2412-1499	vagna@mpalmeida.com.br
Mecanix	(11) 4742-5664	mecanix@mecanixusinagem.com.br
Mefel	(11) 4035-0520	www.mefel.com.br
Mekab	(11) 4198-3221	mekab@mekab.com.br
Melofer	(11) 5565-8782	melofer@melofer.com.br
Micromecânica CB	(11) 5686-0664	dcarmo@micromecanicacb.com.br
Micromil	(11) 2252-3682	www.micro1000.com.br
Modelação Unidos	(11) 2723-4755	www.unidosmolds.com.br
Modelação Ventrini	(11) 4827-9008	www.modelacaoventorini.com.br
Mogi Peças	(11) 4791-3164	www.mogipeças.com.br
Nagtec	(11) 2279-9277	kmgalimbertti@ig.com.br
NCG	(11) 4341-5021	www.ncgmetal.com.br
Negel	(11) 4463-8610	www.negel.com.br
Pacífico Usinagem	(11) 2215-3131	pacificotln@terra.com.br
Passaroto	(11) 4549-1344	passarotoequipamentos@outlook.com
Precision	(11) 2604-3265	corteacion@precisionusinagem.com.br
Previatos	(11) 4453-4440	www.previatos.com.br
Prontidão Usinagem	(11) 2431-8193	www.prontidaousinagem.com.br
PW	(11) 4654-8444	producao@pwusinagem.com.br
Reibrag	(11) 40320-6481	www.reibrag.com.br
Retifica Provecto	(11) 3858-3865	www.retificadebarramentos.com.br
Rivermec	(11) 5560-1570	rivermec@rivermec.com.br
Rudloff	(11) 2082-4500	www.rudloff.com.br
RZS	(11) 4115-8658	www.rzrepresentacoes.com.br
Safema	(11) 4645-1311	safema@terra.com.br
Santecno	(11) 4647-6095	santana@santecno.com.br
Selco	(11) 4176-4055	pcampedeli@selcoved.com.br
Service Brasil	(11) 4407-0129	www.usinagemmsb.com.br
SV Usinagem	(11) 4330-9588	www.svusinagem.com.br
Technousi Almar	(11) 2919-8494	www.almar.com.br
Telmecânica	(11) 5514-5344	telmecanica@gmail.com
Tenografica	(11) 3714-3632	www.tecnografica.com.br
Tornearia Rodrigues	(11) 2436-1846	www.torneariarodrigues.com.br
Ultramec	(11) 4544-1335	www.ultramecdobrasil.com.br
Uniao Forte	(11) 4148-2686	www.uniaoforteusinagem.com.br
Uniferro	(11) 2431-2212	www.uniferro-manut.com.br
Usifac	(11) 4601-3305	www.usifac.com.br
Usiká	(11) 4727-1376	www.usika.com.br
Usimarc	(11) 4973-0313	usimarc@usimarc.com.br

Grande São Paulo (continuação)

Usimepro	(11) 4207-8826	meprousinagem@terra.com.br
Util	(11) 4426-9188	utilusinagem@uol.com.br
Vianatool	(11) 2606-5910	vianatool@hotmail.com
Waw	(11) 4606-0263	waw.usinagem@gmail.com
Wings	(11) 4772-4077	www.wingsferramentaria.com.br
Yadoya	(11) 4012-7220	www.yadoyaindustrial.com.br

São Paulo (Interior)

Alpha	(17) 3634-1990	www.alphametalurgica.com.br
Apex Precision	(14) 3532-4141	adm@apexprecision.com.br
Aspem	(19) 3886-1163	www.aspemferramentaria.com.br
B'Four Usinafer	(15) 3238-6363	www.bfour.com.br
BGL	(19) 3451-8210	vendas3@bgl.com.br
Bianchesi	(19) 3656-3797	jbbianchesi@terra.com.br
Ceribelli & Madi	(12) 3642-8458	cerimadi@terra.com.br
Chinelatto	(19) 3446-4545	www.chinelatto.com.br
CNC Service	(19) 3463-6311	www.grupocnc.com.br
Cotec	(16) 98119-1815	cetecdobrasil@ig.com.br
Dellm	(19) 3497-1370	www.dellm.com.br
Delman	(19) 6324-1535	www.delmanindustrial.com.br
DP Ferramentaria	(16) 3413-9503	contato@dpferramentaria.com.br
Eduma	(16) 3361-1147	www.eduma.com.br
Erro-Vale	(12) 3021-4100	morone2000@yahoo.com.br
Eroway	(19) 3033-0403	www.eroway.com.br
Evolutec	(19) 3414-5200	www.evolutec.com.br
Evolution	(19) 99771-6837	www.evolutiondobrasil.com.br
Exata	(12) 3888-4030	exata.janos@uol.com.br
Fesmo	(12) 3202-8000	www.fesmo.com.br
Fogarin	(19) 3665-1592	celso.forarin@gmail.com
Fortale	(19) 3468 -1745	www.fortale.com.br
DG Usinagem	(16) 3761-4497	www.gdpeças.com.br
GFM Usinagem	(19) 2121-4368	www.gfm.ind.br
Giovanni Passarella	(19) 3887-6155	www.giovannipassarella.com.br
Globo Usinagem	(12) 3978-1801	www.globousinagem.com.br
HJ Usinagem	(16) 3307-4725	www.hj.ind.br
Imeco	(19) 3656-5342	www.imecoindustria.com.br
Induspira	(19) 3446-0332	induspira@gmail.com
Jag Tools & Calibrators	(19) 3801-6950	sjjg@terra.com.br
Jaguar Metalúrgica	(19) 3854-5003	www.jaguarmetalurgica.com.br
Kone	(19) 3451-1026	www.kone.com.br
Landa	(19) 3272-1841	landramaquinas.com.br
Libe	(19) 3883-6127	www.libemaquinas.com.br
LRD Montech	(19) 3889-1127	www.montech.ind.br
Maad	(19) 3486-7270	www.maad.com.br
Makintec	(17) 3238-4229	www.makintec.com.br
Malagutti	(18) 3221-9771	malagutti@iftnet.com.br
MDA	(15) 3018-5415	mdadobrasil@mdadobrasil.com

São Paulo (Interior) (continuação)

Microflex	(15) 3018-5415	www.microflexusinagem.com.br
MS Usinagem	(19) 3451-7630	msgomesusinagem@gmail.com
MSP Usinagem	(19) 3652-7195	www.mspusinagem.com.br
Paulo Ferro	(16) 3337-6661	pferrousinagem@hotmail.com
Pedro II	(14) 3252-2055	www.pedro2.com.br
Prestec	(15) 3213-2868	www.prestec.com.br
R3F	(12) 3961-7000	www.metalurgica3f.com.br
Rafel	(19) 3272-7569	www.rafel.com.br
RG Usinafer	(15) 3225-1687	www.rgusinagem.com.br
Rical	(19) 39356265	www.ricalusinagem.com.br
RMV	(19) 3544-7742	rmvvalvulas@ig.com.br
Romp	(19) 3441-1578	www.romp.com.br
São Carlos	(19) 3821-8400	www.indsaocarlos.com.br
SD	(19) 3935-8783	www.metalsd.com.br
Selftrack	(19) 3466-5131	www.selftrack.com.br
Tooling	(19) 3896-1082	tooling.usi@hotmail.com
Topdrill	(19) 3454-7009	www.topdrill.com.br
Usiforma	(19) 3454-7009	www.usiforma.com.br
Usifort	(15) 3016-3860	usinagem.usifort@gmail.com
Usimax Araras	(19) 3551-1192	soniausimax@bol.com.br
Usinafer Eireli	(15) 3238-7472	www.usinafer.com.br
Usiplan	(19) 3466-2541	www.usiplanusinagem.com.br
Usitep	(19) 3429-6891	www.grupojca.com.br
Venturoso, Valentin & Cia	(16) 3810-1738	www.vv.com.br
Zavatin	(14) 3452-1872	www.usinagemzavantin.com.br