

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA

ARTURO VAINE

**ESTUDO DE TENDÊNCIAS E IMPACTO DE INOVAÇÕES EM
TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP* VIA APLICAÇÃO
DE MINERAÇÃO TECNOLÓGICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2016

ARTURO VAINE

**ESTUDO DE TENDÊNCIAS E IMPACTO DE INOVAÇÕES EM
TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPO DE *SETUP* VIA APLICAÇÃO
DE MINERAÇÃO TECNOLÓGICA**

Proposta de Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Antônio Reaes

CURITIBA

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia de Trabalho de Conclusão de Curso intitulada “ESTUDO DE TENDÊNCIAS E IMPACTO DE INOVAÇÕES EM TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP VIA APLICAÇÃO DE MINERAÇÃO TECNOLÓGICA”, realizada pelo aluno Arturo Vaine como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Orientador: Prof. Paulo Antônio Reaes, Dr.
DAMEC, UTFPR

Banca: Prof. Walter Luis Mikos, Dr.
DAMEC, UTFPR

Prof. Osvaldo Verussa Junior, M.
DAMEC, UTFPR

Curitiba, 22 de junho de 2016.

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso (ou Programa)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu agradeço a Deus, que me deu força para realizar todo este trabalho. Aos meus pais, por todo o incentivo nos momentos de maior dificuldade, muito obrigado. À Larissa, meu amor, muito obrigado pela compreensão nos muitos momentos em que estive ausente. Ao professor Paulo Reaes, agradeço pela orientação, sabedoria e conhecimento transmitido. Muito obrigado pela sua preocupação com minha formação pessoal e acadêmica.

Por fim, gostaria de agradecer à Marília de Souza, Ariane Hinça, e Carla Simão, pela disponibilidade para sanar minhas dúvidas sobre as informações fornecidas pelos relatórios setoriais, publicados pelos Observatórios da Indústria – Sistema FIEP.



OBSERVATÓRIOS
SESI/SENAI/IEL

BÚSSOLA DA
INOVAÇÃO

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano.”

Sir Isaac Newton

RESUMO

VAINE, Arturo. Estudo de tendências e impacto de inovações em técnicas de redução de tempo de *setup* via aplicação de mineração. 2016. Monografia – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Inovações em domínios industriais bem como melhorias de produtividade são pontos estratégicos de destaque para o desenvolvimento de uma indústria competitiva. Neste contexto, a aplicação de inovações para incremento produtivo pode significar uma das práticas interessantes ao aperfeiçoamento de produção dentro de uma planta que possua características direcionadas à adoção de princípios do Sistema Toyota de Produção, focado em eliminação de desperdício. Um dos desperdícios apontados pelo Sistema Toyota é a presença de atividades que não agregam valor ao processo produtivo. Com base nisto, tempos compreendidos para a preparação de máquinas, mas que possam ser eliminados por meio de técnicas estudadas há muitas décadas, significam ganhos produtivos. Neste trabalho buscou-se encontrar tendências e impactos de inovações aplicadas com esta motivação na indústria, por meio do uso de mineração tecnológica.

Palavras-chave: Mineração Tecnológica, SMED, Troca Rápida de Ferramentas, TRF, Redução de Tempo de *Setup*, Sistema Toyota de Produção, Ferramentas de Manufatura Enxuta.

ABSTRACT

VAINE, Arturo. Estudo de tendências e impacto de inovações em técnicas de redução de tempo de *setup* via aplicação de mineração. 2016. Monografia – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Innovations in industrial areas as well as improvements in productivity are prominent strategic points for the development of a competitive industry. In this context, application of innovations in production increase can result an interesting practical improvement of production within a plant having characteristics aimed at adopting principles of Toyota production system focused on elimination of waste. A waste appointed by the Toyota System is the presence of activities that do not add value to the production process. Based on this, for times ranging preparation machines but which can be removed by techniques studied for many decades, mean production gains. In this paper it sought to find trends and impacts of innovations applied to this motivation in the industry through the use of technological mining.

Keywords: Tech Mining, SMED, Single Minute Exchange of Die, Quick Changeover, Setup Reduction, Toyota Production System, Lean Tools.

GLOSSÁRIO

| | |
|-----------------|---|
| <i>Googling</i> | Expressão utilizada para busca de informação via Google.com |
| GS | Abreviação para Google Scholar |
| IDH | Índice de Desenvolvimento Humano |
| <i>Jidoka</i> | Princípio de detecção automática de falhas em produção |
| JIT | Just In Time |
| <i>Kaizen</i> | Expressão japonesa para práticas de melhoria contínua |
| <i>Kanban</i> | Sistema de programação de produção enxuta |
| MT | Mineração Tecnológica |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| <i>Pit Stop</i> | Local reservado à manutenção de veículos em competições |
| <i>PoP</i> | Abreviação para <i>Publish or Perish</i> |
| <i>Setup</i> | Operação de preparação, antes ou após dado processo |
| SMED | <i>Single Minute Exchange of Dies</i> – Método de Redução de <i>Setup</i> |
| STP | Sistema Toyota de Produção |
| SI | <i>Setup</i> Interno |
| SE | <i>Setup</i> Externo |
| TRF | Troca Rápida de Ferramentas |
| TRIZ | Sigla em russo para Teoria de Solução Inventiva de Problemas |
| <i>Try-out</i> | Teste-piloto de processo de fabricação |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| VSM (MFV) | <i>Value Stream Mapping</i> – Mapeamento de Fluxo de Valor |
| WIP | <i>Work In Progress</i> – Produtos em Processo |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 – Índice Global de Inovação WIPO 2015. | 16 |
| Figura 1.2 - Índice de Qualidade de Inovação. | 17 |
| Figura 1.3 - Evolução de produção de veículos japoneses e estado-unidenses de 1947 a 1989. | 19 |
| Figura 1.4 - Evolução da capacidade mundial de armazenamento de dados. | 21 |
| Figura 1.5 – Evolução da capacidade mundial de processamento de dados. | 21 |
| Figura 2.1 - Arranjo típico de Atividades Produtivas em Fluxo de Valor. | 27 |
| Figura 2.2 - Diferentes perspectivas da Manufatura Enxuta. | 28 |
| Figura 2.3 – Exemplo de <i>Kanban</i> em fábrica da Toyota. | 31 |
| Figura 2.4 – Equipes de pit stop da Fórmula 1. Equipe Sauber-BMW (à esquerda) nas 500 Milhas de Indianápolis, e equipe Ferrari (à direita) no Grand Prix de 2013, em Melbourne, Austrália. | 33 |
| Figura 2.5 – Produção característica durante período de setup. | 34 |
| Figura 2.6 – Etapas Conceituais e Técnicas Práticas do SMED. | 38 |
| Figura 2.7 - Três maiores fases de implementação SMED. | 39 |
| Figura 2.8 - Melhorias sucessivas no setup de prensa de 500 toneladas em Arakawa. | 39 |
| Figura 2.9 - Grampos funcionais. | 42 |
| Figura 2.10 – Sensor de curso em máquina do tipo interruptor de lâminas (<i>reed switch</i>). | 44 |
| Figura 2.11 - Fluxo de Aplicação das 8 Técnicas SMED. | 44 |
| Figura 2.12 – Reconhecimento de entidades em análise bibliométrica. | 46 |
| Figura 2.13 – Método dos Homens Pequenos proposto por Altshuller como um dos Métodos de Solução Inventiva. | 48 |
| Figura 2.14 - Tópicos dos tipos de análises da mineração – 4 Ps. | 49 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.15 - Comportamento de palavra-chave como indicador de inovação. | 51 |
| Figura 2.16 - Evolução de buscas pelos termos “Impressão 3D” (a) e “Reprap” (b), as letras maiúsculas indicam a ocorrência de reportagens, relacionadas ao tema, publicadas pela imprensa no período. | 52 |
| Figura 2.17 - Mapa de colaboração entre os dez maiores requerentes de patentes, para o período de 1980 a 2013. | 54 |
| Figura 2.18 - Definição do índice “h”. | 58 |
| Figura 2.19 - Distribuição de publicações de Richard McIntosh (h = 10; 38 publicações detectadas em busca por autor “RI McIntosh”). | 59 |
| Figura 3.1 - Interface de busca no programa <i>PoP</i> . | 65 |
| Figura 3.2 – Fluxograma de busca <i>PoP</i> . | 66 |
| Figura 3.3 – Busca em curso, com indicação de resultados limitados a 1000 documentos. | 67 |
| Figura 3.4 - Comando de cópia de Estatísticas e Resultados de busca. | 67 |
| Figura 3.5 – Resultados de busca por autor, para “RI McIntosh”. | 68 |
| Figura 3.6 - Estatísticas de documentos da busca pelo autor "RI McIntosh". | 68 |
| Figura 3.7 - Resultados de "RI McIntosh" na tela <i>PoP</i> . | 68 |
| Figura 4.1 - Volume de publicações selecionadas através de acesso Google Scholar via <i>Publish or Perish</i> – busca por “ <i>lean manufacturing</i> ” (total de 718 resultados entre 1990 e 2015). | 70 |
| Figura 4.2 – Volume de publicações obtidas por GS via <i>PoP</i> – busca pelas expressões “ <i>single minute exchange of die</i> ” e “ <i>quick changeover</i> ”. Total de 78 resultados entre 1990 e 2015. | 71 |
| Figura 4.3 - Perdas de produção presentes em períodos de <i>setup</i> , aceleração e desaceleração. | 73 |
| Figura 4.4 – Limites e custos hipotéticos para melhorias de setup segundo diferentes estratégias. | 75 |
| Figura 4.5 – “Heat map” de oportunidades voltadas à análise de dados, ou “Big data”. | 78 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.6 - Indicadores de amostra de resultados. | 82 |
| Figura 4.7 - Distribuição de 1375 publicações segundo classificação Qualis. | 82 |
| Figura 4.8 – Quantidade de artigos selecionados, por estratos Qualis. | 83 |
| Figura 4.9 - Porte da amostra de pesquisa. | 87 |
| Figura 4.10 - Distribuição de empresas respondentes de acordo com os municípios do Paraná em 2012. Base de 1240 empresas paranaenses. | 87 |
| Figura 4.11 - Gráfico Radar Bússola da Inovação para as 10 dimensões compreendidas pela pesquisa – Produtos de Metal. | 88 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Indicadores de Competitividade da Indústria Brasileira. | 15 |
| Tabela 2 – Diferenças entre os sistemas Toyota e Ford. | 30 |
| Tabela 3 – Maiores requerentes de patentes no período de 1980 a 2013. | 53 |
| Tabela 4 – Ferramentas levantadas para aplicação de metodologia de mineração. | 55 |
| Tabela 5 – Dez primeiras publicações sobre SMED com maior número de citações. | 69 |
| Tabela 6 – Aspectos de melhorias de setup segundo Metodologia e Projeto. | 75 |
| Tabela 7 - Benefícios conferidos pela aplicação de metodologia SMED. | 77 |
| Tabela 8 - Cruzamento de publicações e benefícios do método SMED. | 79 |
| Tabela 9 – Características das publicações mais citadas sobre SMED. | 80 |
| Tabela 10 – Publicações em ordem de maior número de citações e respectivos índices, via PoP. | 81 |
| Tabela 11 – Indexação de periódico para diferentes Áreas do Conhecimento. | 83 |
| Tabela 12 – Qualis dos artigos mais citados. | 84 |
| Tabela 13 - Setor e porte da amostra de 1240 indústrias pesquisadas em 2012. ... | 86 |
| Tabela 14 - Ações de Inovação nos três anos anteriores à pesquisa (2010-2012) – Produtos de Metal. | 89 |
| Tabela 15 - Atividades de Inovação realizadas nos últimos três anos (2010-2012) em empresas do setor de Produtos de Metal. | 90 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | Contexto | 14 |
| 1.2 | Sistema Toyota de Produção | 18 |
| 1.3 | Mineração Tecnológica | 20 |
| 1.4 | Caracterização do Problema | 22 |
| 1.5 | Objetivos | 23 |
| 1.6 | Justificativa | 24 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 25 |
| 2.1 | Sistema de Produção Enxuta | 25 |
| 2.1.1 | Princípios da Produção Enxuta | 25 |
| 2.1.2 | Produção de Pequenos Lotes e Troca Rápida de Ferramentas | 33 |
| 2.1.3 | Quatro Estágios Conceituais da SMED/TRF | 37 |
| 2.1.4 | Técnicas de Redução do Tempo de <i>Setup</i> | 40 |
| 2.2 | Mineração Tecnológica e Inovação | 45 |
| 2.2.1 | Ferramentas de Análise | 55 |
| 2.2.2 | <i>Publish or Perish</i> | 58 |
| 2.3 | Observatórios da Indústria – FIEP | 62 |
| 3 | METODOLOGIA | 63 |
| 3.1 | <i>Publish or Perish</i> | 64 |
| 3.2 | Observatórios da Indústria – FIEP | 69 |
| 3.2.1 | Bússola da Inovação | 69 |
| 4 | RESULTADOS | 70 |
| 4.1 | Periódicos via <i>PoP</i> | 70 |
| 4.2 | Observatórios da Indústria do Paraná | 85 |
| 5 | CONCLUSÕES | 91 |
| 5.1 | Relevância de Resultados | 91 |
| 5.2 | Validação de Resultados via trabalhos de levantamentos paralelos | 92 |
| 5.3 | Dificuldades encontradas | 92 |
| 5.4 | Recomendações para trabalhos futuros | 92 |
| | REFERÊNCIAS | 94 |
| | APÊNDICE A | 101 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Entre os dias 25 e 27 de setembro de 2015, mais de 150 líderes mundiais estiveram na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), em Nova York, para adotar formalmente uma nova agenda de desenvolvimento sustentável. Esta agenda foi formada pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem ser aplicados por todos os países do mundo durante os próximos 15 anos, até 2030 (ONU, 2015). Definiu-se, entre eles, o Objetivo 9: construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação. O nono objetivo tem como principais estratégias específicas:

- Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e fronteira, para apoiar o desenvolvimento econômico e bem-estar humano, com foco no acesso aberto e justo para todos.
- Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria na empregabilidade e do Produto Interno Bruto (PIB), de acordo com as circunstâncias nacionais, e dobrar sua participação nos países menos desenvolvidos.
- Aumentar o acesso dos pequenos industriais e outras empresas, em particular nos países em desenvolvimento, aos serviços financeiros, incluindo crédito, e sua integração em cadeias de valor e mercados
- Em 2030, atualizar a infraestrutura e modernizar indústrias para torná-las sustentáveis, com o aumento da eficiência na utilização de recursos e maior adoção de tecnologias limpas e processos industriais ambientalmente saudáveis.
- Reforçar a investigação científica, aprimorar as capacidades tecnológicas dos setores industriais em todos os países, em especial os países em desenvolvimento, incluindo, em 2030, incentivar a inovação e aumentar substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por 1 milhão de pessoas e despesas de

investigação e desenvolvimento pública e privada.

- Facilitar o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e resiliente nos países em desenvolvimento através de maior apoio financeiro, tecnológico e técnico a países africanos, os países em desenvolvimento sem litoral, e Estados insulares em desenvolvimento.
- Apoiar o desenvolvimento de tecnologia nacional, investigação e inovação nos países em desenvolvimento, nomeadamente assegurando um ambiente político propício à diversificação industrial e aumento de valor agregado às *commodities*.
- Aumentar significativamente o acesso à tecnologia da informação e telecomunicações, bem como no fornecimento de acesso universal e à Internet nos países menos desenvolvidos até o ano de 2020.

Frente a este contexto de iniciativa global de desenvolvimento observa-se a indústria brasileira bastante defasada das indústrias dos demais países emergentes na última década. A aparente baixa competitividade brasileira é refletida no baixo crescimento da participação nas exportações mundiais de manufaturados, Tabela 1. Diferentemente da média dos países emergentes, o Brasil tem perdido competitividade nos últimos 10 anos (CNI, 2015).

Tabela 1 – Indicadores de Competitividade da Indústria Brasileira.

| Varição acumulada | 2003-2013 | 2011-2013 | 2012-2013 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Participação nas exportações mundiais de manufaturados (pontos percentuais) | 0,04 | -0,01 | 0,01 |
| Participação no valor adicionado mundial de manufaturados (pontos percentuais) | -0,19 | -0,09 | -0,01 |
| Custo unitário do trabalho efetivo em dólar real (%) ¹ | 128,2 | -12,7 | -4,8 |
| | 2004-2014 | 2011-2014 | 2013-2014 |
| Taxa de câmbio efetiva real (%) ¹ | 53,2 | -11,9 | 0,6 |
| Produtividade de trabalho efetiva (%) | -20,8 | -2,5 | -2,0 |

Dados elaborados pela CNI, com base em estatísticas do BLS, Banco Central de la República Argentina, BCB, IBGE, INDEC, INEGI, FUNCEX, FGV/IBRE, entre outros.

¹ Competitividade desce com o aumento do indicador.

Adaptado de: CNI, 2015.

A inovação é aspecto estratégico no processo de desenvolvimento industrial, como se pôde ver mesmo em um dos itens dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Em ranking da Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO – World Intellectual Property Organization), publicado em 2015, analisou-se o grau de inovação de 141 países e economias ao redor do mundo, Figura 1.2. O relatório de Índice Global de Inovação, que utiliza 79 indicadores, apresentou resultados poucos inesperados, com Reino Unido, Estados Unidos, Suécia, Suíça e Holanda liderando o quadro geral. No entanto o estudo contemplou aspectos estratégicos e pouco intuitivos em muitos casos, como: qualidade de inovação (mensurada por indicadores tais como reputação de universidades e centros de pesquisa).

Além disto, devido à intenção do estudo estar focada na maior cobertura de países, mas com certo respaldo de dados fundamentais, os países deveriam possuir registrados pelo menos os dados de 48 indicadores dos 79 totais (60%), além de possuir ao menos dois “sub-índices” por indicador do estudo (WIPO, 2015).

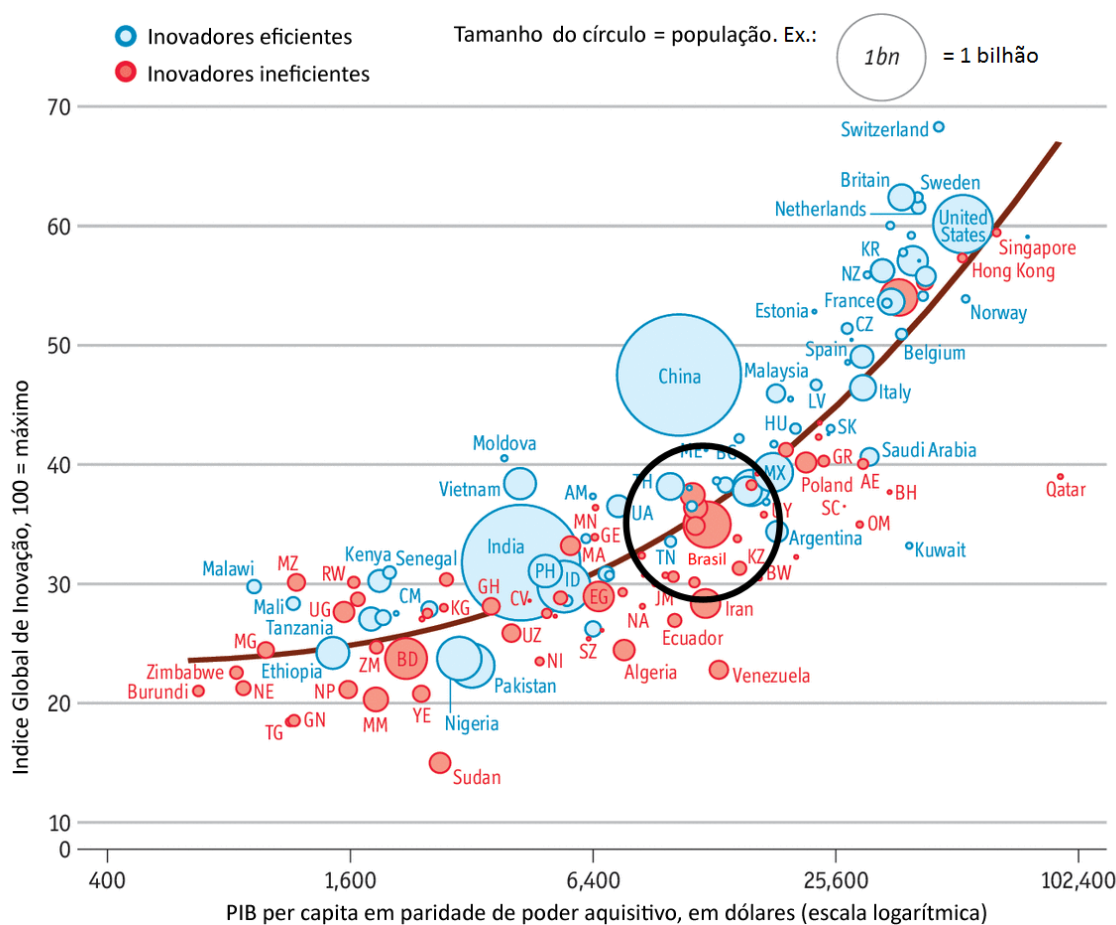
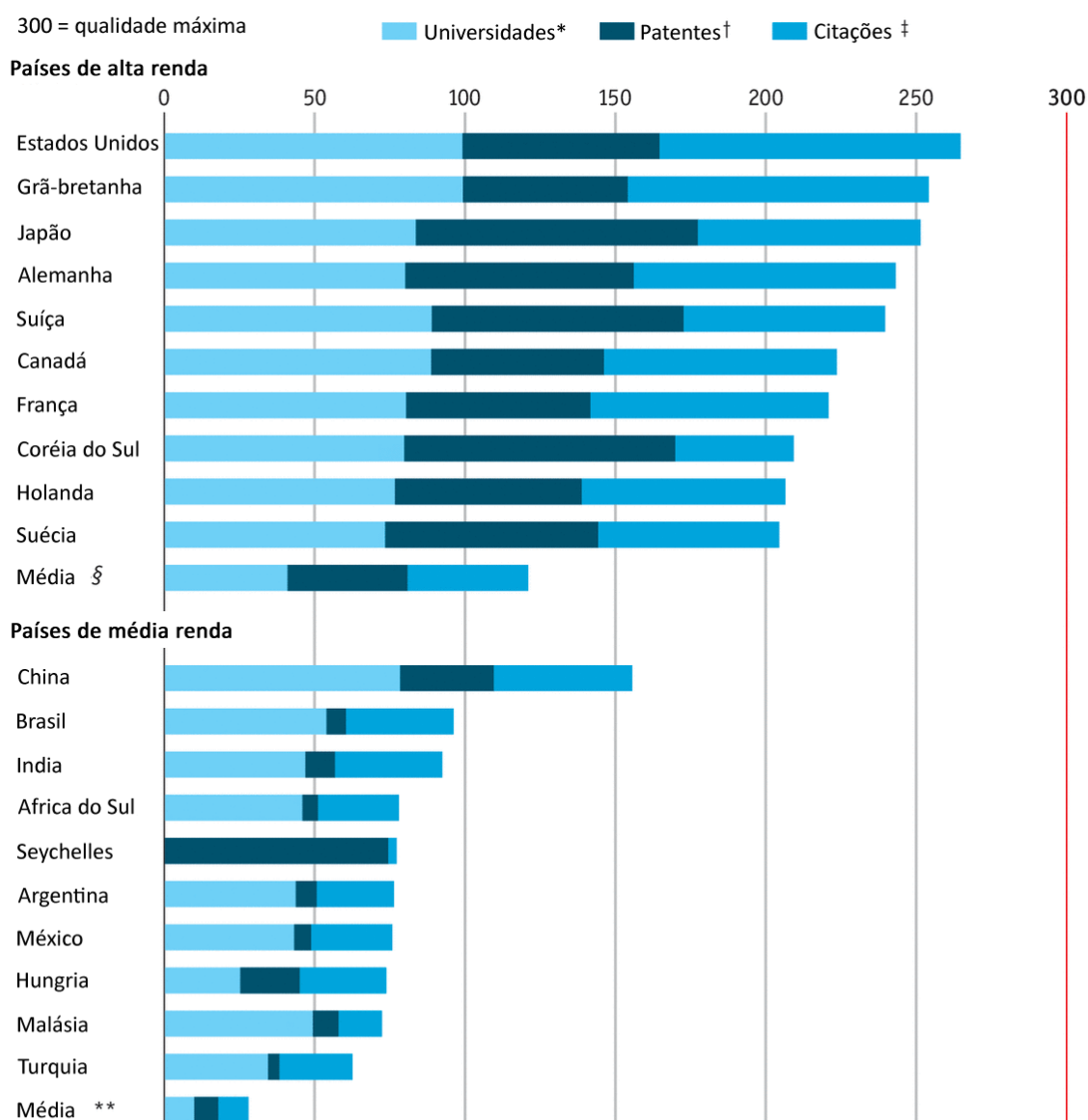


Figura 1.1 – Índice Global de Inovação WIPO 2015.

Adaptado de: WIPO, 2015.

A Qualidade de Inovação, Figura 1.3, considerada no índice tem importância direta sobre produtividade e impacto da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) presente nos países. Neste sentido é interessante o destaque de Seychelles como um dos países com maior número de patentes por unidade de Produto Interno Bruto (PIB), considerando que se trata de um país insular, com fortes características de paraíso fiscal, e com menos de 100 mil habitantes.



*Classificação média das três melhores universidades

‡ Artigos citados em % de artigos publicados

† Número de patentes arquivadas por unidade de PIB

§ De 48 países

**De 72 países

Figura 1.2 - Índice de Qualidade de Inovação.

Fonte: WIPO, 2015.

No Brasil o tempo médio entre depósito de pedido e aceite de proposta pelo INPI é de onze anos. Desta forma não há muita surpresa frente à exibição de um índice muito abaixo da média mundial. A demora na aprovação de patentes é vista como obstáculo à inovação no País há anos (GRAEL, 2015).

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, nos atuais programas de pós-graduação estruturados no País formam-se atualmente cerca de quatorze mil doutores por ano, e são produzidos 2,5% das publicações científicas do globo, o que representa a 13ª posição mundial (MILIONI, 2015). Então embora significativa produção, ainda há pouco impacto (ao se observar de início somente as citações), além de resultar em pouca inovação tecnológica traduzida em registros de patentes.

Um país ser considerado inovador (inovador eficiente) não significa exatamente ser um país desenvolvido, como se pôde ver pela presença de países em desenvolvimento pontuados como inovadores eficientes. No entanto todos os países desenvolvidos, seja na Europa ou América do Norte, são classificados nesta categoria, condição que sugere realidade propícia a bom desempenho em outros indicadores, como renda per capita ou mesmo o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

1.2 Sistema Toyota de Produção

Kiichiro Toyoda, fortemente influenciado por seu contato com a indústria da Ford, em visita aos Estados Unidos e Europa, fundou no Japão a Toyota Motors Corporation em 1937. A empresa surgiu como subsidiária das Indústrias Toyota na fabricação de automóveis, e começou produzindo caminhões para as forças armadas, mas tinha o propósito de iniciar sua entrada na produção, em larga escala, de veículos de passeio e veículos comerciais de carga. A empresa teve grande impacto negativo sobre seu desenvolvimento no período em que se desenrolou a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Ao final dos conflitos Kiichiro viu-se presidente da companhia em um país arrasado pela guerra, e traçou a meta de “alcançar o nível industrial dos Estados Unidos no setor automobilístico no período de três anos”, a fim de evitar um previsível fracasso do setor, no Japão, caso o desenvolvimento do plano excedesse este tempo (ANDERE, 2012).

Além deste previsível desafio de desenvolvimento industrial em um ambiente de dificuldades do pós-guerra, havia outro problema à frente da empresa: tinha-se constatado de que a produtividade industrial dos japoneses era cerca de nove vezes menor que a dos americanos na época, média que piorava na situação da indústria automobilística. Neste quadro observou-se que a igualdade de rendimento seria atingida por meio da eliminação de desperdício presente nos processos de fabricação, que tem entre os seus métodos as técnicas de redução de tempo de *setup*. Ao longo dos anos testemunhou-se uma agressiva evolução da produção japonesa de automóveis, que iniciou-se em maior grau na década de 1960 e igualou-se à norte-americana no início da década de 1980, Figura 1.4.

Segundo Ohno (2006) este princípio de eliminação de desperdício, a fim de aumentar a produtividade, foi o que definiu o marco inicial do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, criado por ele, Eiji Toyoda e Shigeo Shingo, e que é aplicado até os dias de hoje.

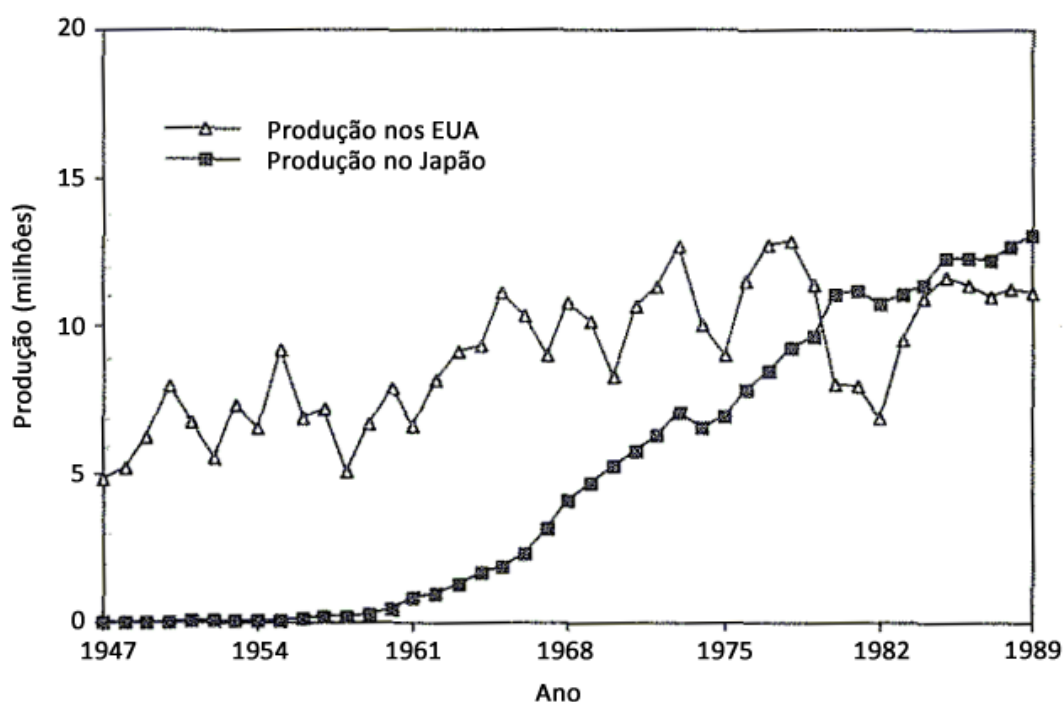


Figura 1.3 - Evolução de produção de veículos japoneses e estado-unidenses de 1947 a 1989.

Fonte: Womack et al, 1990.

1.3 Mineração Tecnológica

Juntamente à evolução industrial que se teve ao longo da segunda metade do século XX, ocorreu o acelerado desenvolvimento das tecnologias de computação. Estima-se que, em média, no ano de 2012 tenha sido produzido o volume de cerca 104 milhões de gigabytes de dados por hora (WALL, 2014). É neste cenário da era de hiperinformação que se observa como uma tecnologia sofisticada de busca de dados, bem como o domínio da transformação de informação em conhecimento, representam tecnologias de grande valor estratégico.

Em 1998 foi fundada a Google, com a missão declarada de “organizar a informação mundial e torna-la universalmente acessível e útil”. Hoje a Google é uma empresa que processa cerca de 1 petabyte (10^{15} bytes = 1000 terabytes) de informação a cada 1,2 hora. Oito anos depois da Google, foi fundada outra empresa, menos visível no cenário geral de tecnologia, a Palantir Technologies. Esta companhia foi avaliada em US\$ 20 bilhões em 2015, e trabalha com análise de dados em áreas tão diversas quanto investigações antiterrorismo e análise financeira (MAC, 2015). As duas empresas se firmaram como referências na era da internet e da “onda” de *startups*¹. Esta grande disponibilidade de dados, Figura 1.5, aliada a diversas ferramentas de processamento de dados, Figura 1.6, tem proporcionado cada vez mais uma nova maneira de compreender o mundo.

Observa-se que a participação de plataformas de videogames aumentou significativa a sua participação no processamento de dados. Pode-se entender esta evolução devido ao barateamento e conseqüente popularização de dispositivos com alto grau de processamento, que chegaram até mesmo a ser aplicados em conjuntos de computadores empregados em pesquisas de fármacos na Universidade Estadual de Campinas (ROMERO, 2007). Neste contexto de avanços técnicos é crescente a discussão acerca de inovação. Para uma formalização do conceito, definiu-se no Manual de Oslo (OCDE, 2005) uma série de diretrizes para coleta e interpretação de dados de inovação. Trata-se essencialmente de uma extensa compilação de metodologias para categorização de tipos e processos de inovação bem como a sua mensuração. Genericamente, utiliza-se o termo “inovação” para uma mudança

¹ O termo startup se refere geralmente a uma companhia de pequeno ou médio porte do ramo tecnológico e fortemente relacionada a algum segmento de inovação. Este termo foi popularizado quando houve a bolha das empresas “ponto com”.

tecnológica, ou seja, não se trata apenas da geração de uma ideia, mas também a sua implantação prática industrial ou comercialização.

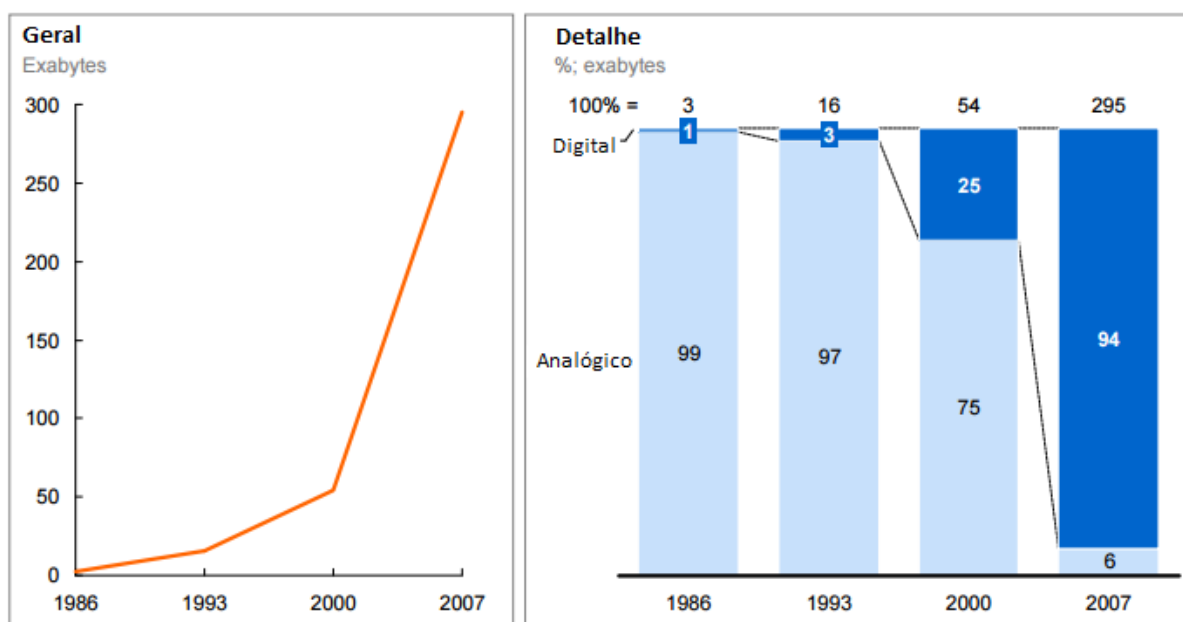


Figura 1.4 - Evolução da capacidade mundial de armazenamento de dados.

Fonte: Hilbert e Lopez, 2011.

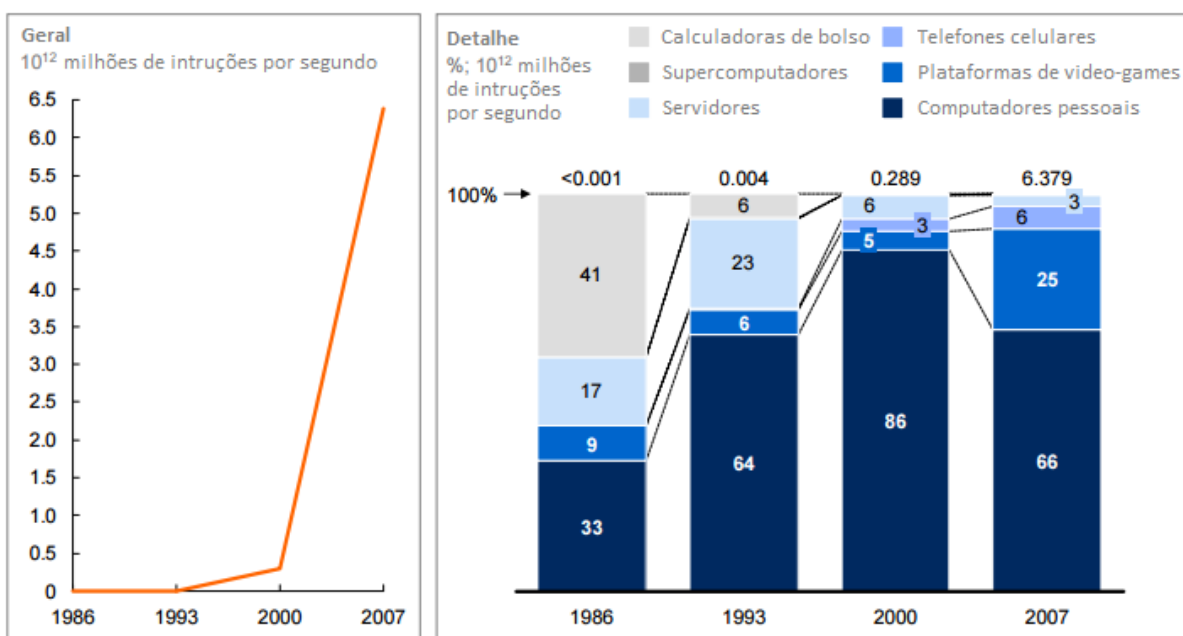


Figura 1.5 - Evolução da capacidade mundial de processamento de dados.

Fonte: Hilbert e Lopez, 2011.

É do escopo deste trabalho a análise da presença ou não de inovações em redução de tempo de *setup*, bem como as características de suas principais aplicações.

1.4 Caracterização do Problema

Publicações recentes a respeito de técnicas de redução de tempo de *setup* geralmente se limitam a estudos de caso, em que as ferramentas são aplicadas em uma linha de produção e os resultados são comparados somente com a situação presente antes do uso da ferramenta de melhoria. Constatou-se, até o período de realização deste trabalho, que após buscas por literatura que compreendesse um levantamento de trabalhos realizados com técnicas SMED (abreviação de *Single Minute Exchange of Die*), não há ainda algum trabalho publicado a respeito das tendências e resultados recentes de uso de técnicas de melhoria em *setup* por meio de uma abordagem com enfoque de mineração tecnológica. A metodologia SMED consiste basicamente de um conjunto de princípios organizacionais compilado por Shigeo Shingo, consultor da Toyota, com fim de obter significativas melhorias operacionais e ganhos em tempo produtivo por meio da redução de tempo de *setup*, isto é, em etapas que compreendem a preparação de uma linha de produção.

Assim como no trabalho de Buettner e Morselli (2013), observa-se que a aplicação de uma ferramenta de melhoria de produtividade se baseia na expectativa de algum aperfeiçoamento de processo, mas pouco ou nada se sabe quanto ao resultado que se espera obter com base em um conjunto de estudos anteriores sobre a aplicação da ferramenta. Em outras palavras: não há estimativas da ordem de grandeza dos benefícios bem como da abrangência dos setores industriais presentes em estudos de caso recentes.

Frente ao contexto atual, em que muitas tecnologias possuem um ciclo de vida acelerado e correspondente saturação rápida nos mercados, empresas têm incrementado não somente a taxa de inovação tecnológica, mas também expandido o escopo de seus produtos ou serviços por meio da combinação de características de outros mercados. Esta evolução de estratégia de mercado vem eventualmente conduzindo a uma convergência industrial (KIM et al, 2015). Há vários exemplos

disponíveis de convergência na literatura, desde a indústria automobilística a farmacêutica.

Esta convergência industrial acaba produzindo a reestruturação da indústria tradicional e ocasiona ambiente propício até mesmo para surgimento de uma nova indústria. Como um bom exemplo tem-se o caso de *smartphones*, em que esta indústria emergiu como resultado da integração de varias funcionalidades, tais como fotografia de alta resolução, conexão de internet a alta velocidade, navegação via GPS, além da aplicação de outros recursos presentes anteriormente em diferentes categorias de produtos em diferentes indústrias.

Neste ambiente competitivo de metamorfose tecnológica, muitas empresas não acompanham as tendências de convergência industrial e eventualmente entram em falência, como foi o caso da Nokia, adquirida pela Microsoft em setembro de 2013 Hacklin et al (2013 apud KIM et al, 2015). Dado este panorama de transformações, observa-se que reformulações metodológicas, ainda que em técnicas de melhorias industriais criadas há muitas décadas, são uma evolução natural das técnicas de redução de tempo de *setup*. Neste sentido questiona-se se tem havido evoluções nessa ferramenta essencial nos sistemas de produção em lotes, que é a redução dos tempos de *setup*.

A técnica de mineração de tecnológica pode ser um bom instrumento para identificar mudanças na produção científica com relação a essa ferramenta, guardados os seus devidos critérios. Os resultados obtidos com essa técnica podem ser validados com um trabalho paralelo de levantamento da presença desses avanços nas disciplinas de gestão industrial ofertadas nas Universidades de Excelência na área de Engenharia de Produção, e também por meio do levantamento de registros dessas mudanças nas indústrias nacionais de referência.

1.5 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo central apresentar e analisar a situação atual das técnicas de redução de tempo de *setup* em processos de fabricação. Para isto será aplicada a mineração tecnológica como ferramenta estratégica de pesquisa.

Objetivos específicos do trabalho:

- Apresentar a fundamentação teórica necessária para análise de técnicas de redução de tempo de *setup*;
- Realizar levantamento e comparação de dados relativos ao tema em estudos de caso disponíveis na literatura;
- Empregar a ferramenta de mineração tecnológica;

1.6 Justificativa

Pelos pontos considerados anteriormente pode-se afirmar que o presente trabalho é coerente com um Trabalho de conclusão de Curso. Em primeiro lugar por que é uma oportunidade efetiva de aplicar os conhecimentos do curso de Engenharia Mecânica, em particular na utilização de conceitos ligados a gestão da produção industrial e de ferramentas de mineração de textos (ex.: Publish or Perish) para obtenção de dados através da literatura científica.

Por outro lado, constitui uma oportunidade de gerar uma contribuição acadêmica para aprimoramento do estado da arte de uma metodologia industrial que gera ganhos de competitividade. Constitui-se ainda num potencial suporte ao aprimoramento didático em diversas disciplinas ligadas à produção industrial no curso de Engenharia Mecânica da UTFPR. Além disto, há a possibilidade de se gerar um material de consulta sintética e atualizada para as gerências das empresas industriais. E, por último, constitui uma oportunidade de aprimoramento do autor em geração de conhecimento científico e pesquisa acadêmica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão expostos conceitos fundamentais de manufatura enxuta, com embasamento no STP, e das técnicas de redução de tempo de *setup*, bem como alguns princípios estudados e utilizados da metodologia de Mineração Tecnológica.

2.1 Sistema de Produção Enxuta

Manufatura lean, ou na tradução, manufatura enxuta, em termos simples significa produzir mais com menos. Este termo se popularizou por meio de Womack et al (1990). Produção enxuta é o resultado do uso de uma série de ferramentas desenvolvidas e adotadas principalmente nos Estados Unidos nos últimos trinta anos. O princípio base deste modo de trabalho foca na eliminação de desperdícios no uso de todos os recursos, incluindo pessoas e tempo. Princípios fundamentais foram importadas de indústrias japonesas e então “americanizadas”, pouco a pouco adaptadas e integradas às indústrias nos EUA.

A história do Sistema de Produção Enxuta confunde-se com a da própria Toyota Motors, pois lá foram dados os seus primeiros passos, e até ocorrer a sua difusão no mundo ocidental, alguns termos foram popularizados como sinônimos, por exemplo: Sistema Toyota de Produção (STP), Produção Enxuta, Manufatura Enxuta. Neste trabalho será dado destaque ao Sistema de Produção Enxuta como se tem hoje conhecido, desenvolvido e aplicado em plantas de manufatura em geral, não somente do setor automobilístico, ainda que os fundamentos sejam baseados no STP.

2.1.1 Princípios da Produção Enxuta

Segundo Shingo (2005) é recorrente certa confusão feita por muitos entre o STP e o Sistema *Kanban*. O autor define que o *Kanban* tem participação de apenas 5% no STP, enquanto eliminação de perdas representa 80%, e o restante é contabilizado por um sistema próprio de produção. Além disto, ele ainda alerta que o *Kanban* é uma técnica de controle de produção que demanda outras melhorias fundamentais antes que possa ser aplicada com eficácia à eliminação de perdas.

Ohno (2006) afirma que a Toyota baseia-se no princípio de não-custo, diferentemente do princípio de custo utilizado por muitas empresas na política de redução de gastos. Pode-se esclarecer melhor a questão da seguinte maneira: seria o princípio de custo o enfoque de cálculo de preço do produto como soma de custo mais lucro, enquanto que o enfoque da Toyota concentra-se sobre o cálculo do lucro como subtração de custo do preço de venda do produto. Desta forma observa-se que redução dos custos é o objetivo central dos fabricantes de bens de consumo para que sobrevivam no mercado.

Shingo (2005) sustenta que um planejamento industrial, focado no aumento de margem de lucro, e que seja baseado primeiramente na redução de custos, não sobre aumento de preço do produto final como única solução, terá seus esforços com resultados sólidos. No entanto, o autor ressalta a importância dada pelas práticas da Toyota, voltadas para a detecção de desperdícios em atividades rotineiras, diárias, que muitas vezes não são notados porque se tornou aceito como uma atividade necessária ao trabalho diário. Neste sentido é que se deve entender o desperdício como toda atividade que não agrega valor ao processo, tal como: fabricação em espera, movimentação de colaboradores, acúmulo de peças não acabadas, entre outras. A detecção de desperdício, ou distinção de categoria de atividade é balizada pelo ponto de visto do cliente. Destacam-se três tipos principais, as que agregam valor, as que são necessárias, mas não agregam valor, e as desnecessárias (e logicamente não agregam valor):

- Atividades que Agregam Valor (AV):
 - Modificam forma ou qualidade de matéria-prima. São atividades de transformação que constituem a essência do processamento e aumentam o valor do item, isto é, atividades que justificam o preço que os clientes irão pagar pelo produto acabado.
- Atividades necessárias que Não Agregam Valor (NAV):
 - Embora sejam atividades sem determinado valor pelo ponto de vista do cliente, elas são necessárias para a continuidade do processo produtivo. As atividades de *setup* são um exemplo, pois são necessárias no processo produtivo, mas não conferem maior valor ao produto.
- Atividades desnecessárias que Não Agregam Valor (NAV):

- Não agregam valor ao produto processado. Do ponto de vista do cliente, são atividades que não serão “pagas”, não representam algum valor a ser vendido. São etapas a eliminar, como por exemplo: as esperas, retrabalhos, etc.

Na Figura 2.1 ilustram-se as diferenças entre o enfoque tradicional das tarefas e o enfoque das tarefas na Produção Enxuta.

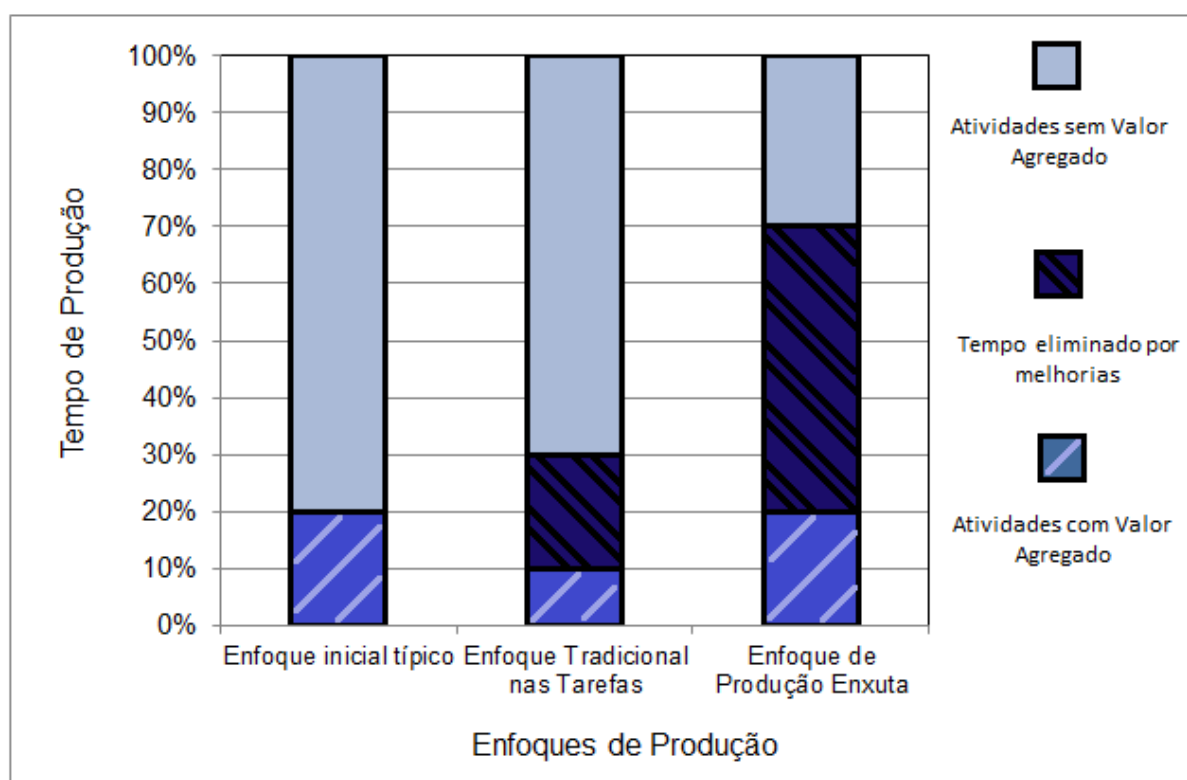


Figura 2.1 - Arranjo típico de Atividades Produtivas em Fluxo de Valor.

Fonte: Hines e Taylor, 2000.

Para Hines e Taylor (2000) a parcela de atividades que não agregam valor algum é geralmente bastante representativa. Segundo os autores há muitos casos típicos, no ambiente da manufatura, em que somente 5% do tempo é gasto com atividades que agregam algum valor ao produto acabado final. Com este embasamento vê-se que se pode obter melhor resultado em termos de custo e eficiência, por meio do enfoque em redução ou eliminação das atividades que não agregam valor ao produto (NAV), que é a principal abordagem de melhorias da Produção Enxuta.

Pelo enfoque tradicional concentra-se sobre melhorias em atividades que agregam valor, isto é, nas melhorias em processamentos, o que significa geralmente pesados investimentos (como por exemplo, em maquinário mais rápido) com reduzidos ganhos em produtividade. Por outro lado, no enfoque de Produção Enxuta concentra-se sobre as melhorias em atividades que não agregam valor, melhorias que demandam menor investimento e produzem ganhos em produtividade muito maior, Figura 2.2.

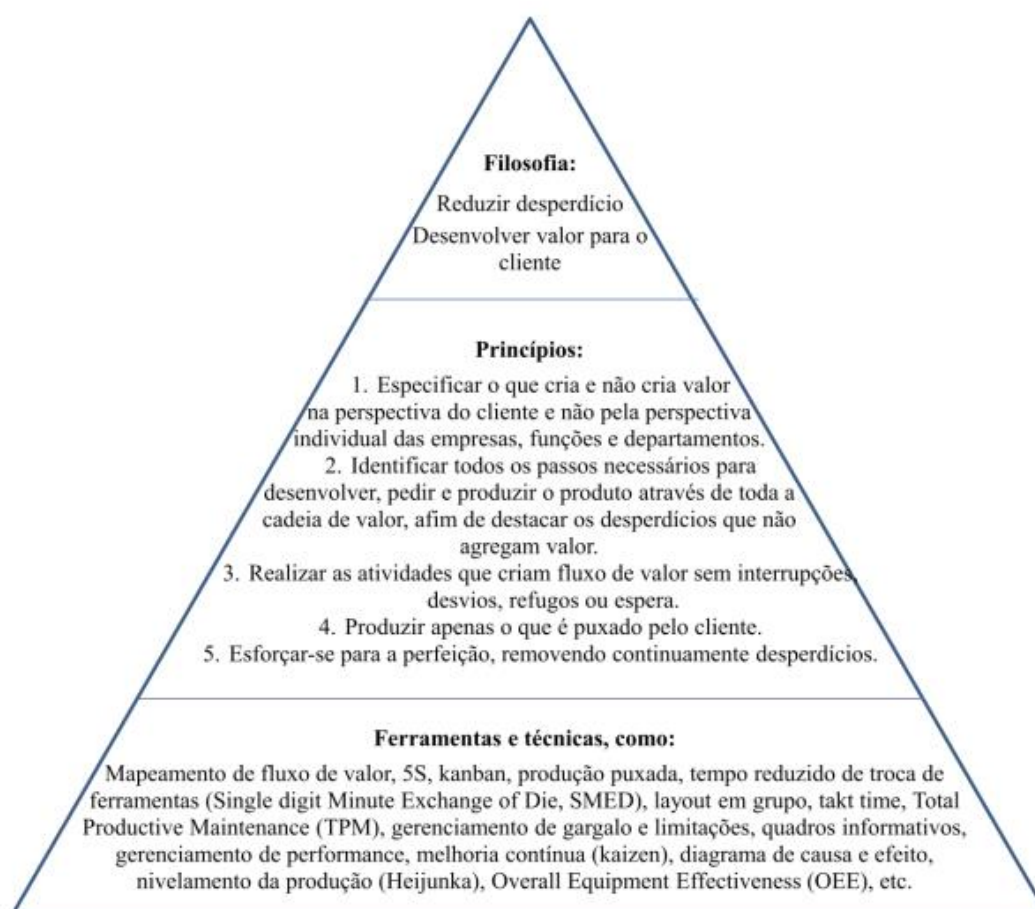


Figura 2.2 - Diferentes perspectivas da Manufatura Enxuta.

Fonte: Nisikava, 2013).

Andere (2012) defende que, visto que a eliminação dos desperdícios é o objetivo principal da Produção Enxuta, é de importância estratégica a identificação dos oito tipos de desperdício presente em uma linha de produção:

1. Superprodução – seja quantitativa ou antecipada, ocasiona estoques e transporte de materiais, além do desperdício dos próprios produtos acabados

excedentes, produzidos em quantidade maior do que a necessidade do cliente.

2. Estoque – de matéria-prima, de material em processo, ou inventário de produto acabado, é um item de processo que gera custos de armazenamento, pode ocultar defeitos de fabricação, e ainda pode promover obsolescência de produtos. É geralmente um desperdício de produtos acabados.
3. Defeitos de fabricação – geram gastos de tempo operacional com reprocessamento e possivelmente até mesmo com o descarte de produtos defeituosos. Além disto, há o agravante da possibilidade de perda de clientes devido à queda de confiança nos produtos, difícil de ser contabilizada dentro de um determinado mercado.
4. Transporte de materiais – do estoque aos locais de processamentos, ou de produtos semiacabados, entre as etapas de processamentos. É uma atividade que não agrega valor ao produto, de acordo com a visão do cliente.
5. Superprocessamento – de um produto, seja ele o beneficiamento de um material acima de um nível especificado (como por exemplo, dar um acabamento superior ao necessário para dada superfície), ou seja o processamento impróprio (como o uso de ferramentas incorretas, ou modo incorreto de trabalho, ou a realização de passos desnecessários). É um tipo de desperdício atrelado diretamente na eficiência de processo.
6. Espera – seja ela a do operador durante o tempo de trabalho de máquina, ou aguardo de abastecimento de matéria-prima, ou por disponibilização de ferramentas, é outro desperdício operacional.
7. Movimento dos operadores pela fábrica – em excesso provoca lentidão de processos e pode ser causado por outros desperdícios, como a superprodução ou defeitos de fabricação.
8. Desperdício de Criatividade dos Colaboradores – para desenvolver melhorias nos processos. Muitas vezes, devido ao gasto de tempo utilizado na resolução de problemas no sistema produtivo, os colaboradores destinam

quase todo o seu tempo disponível à solução temporária de problemas, correção de erros ou então em circulação desnecessária pelas linhas de produção. Esta situação leva a uma grande redução em tempo disponível para a realização de melhorias definitivas nos processos, ou aprendizado de novas técnicas.

As sete primeiras foram definidas por Ohno (2006), com base em todo o histórico de desenvolvimento do STP. Já o desperdício de criatividade, um pouco menos intuitivo, foi um conceito introduzido na literatura por Liker (2005). Assim como uma linha de produção do Sistema Ford, o STP está baseado no fluxo de trabalho (OHNO, 2006). A diferença entre os dois reside no fato de que, enquanto no primeiro há o armazenamento das peças, a Toyota buscou eliminar o “depósito”, conforme a Tabela 1.

Tabela 2 – Diferenças entre os Sistemas Toyota e Ford.

| Característica | Ford | Toyota | Benefício |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| 1. Fluxo de uma peça | Somente em montagem | Processamento e montagem ligados | Ciclos curtos, inventário reduzido de produtos acabados |
| 2. Tamanho de lote | Grande | Pequeno | Redução de WIP, produção baseada em demanda |
| 3. Fluxo de Produto | Produto único (ou poucos modelos) | Fluxo misto (vários tipos) | WIP reduzido, ajuste para mudanças, promove balanceamento de carga |

Fonte: Shingo, 2005.

Ohno (2006) sustenta que o STP está baseado sobre a eliminação do desperdício por meio do *Just in time* (produção em sincronia com a demanda), e a Automação (ou *Jidoka*, que consiste da detecção automática de falhas em produção). O autor ressalta que para bem entender o Sistema Toyota, deve-se compreender o principal entre os desperdícios: a superprodução, pois ela é, afinal o desperdício que desencadeia muitos dos outros a se considerar. A superprodução, além de ocultar defeitos de fabricação, gera estoque, transporte, esperas e movimentação excedentes, o que torna sistema produtivo ineficiente: gera um processamento inadequado, bem como o desperdício de criatividade dos colaboradores – um efeito em cadeia.

Enquanto o Sistema Ford trabalha com a produção de uma grande quantidade de peças, sem uma troca de matriz, no Sistema Toyota ocorre o contrário: produção em pequenos lotes e troca rápida de ferramentas. Com base nisto, toma-se atenção à análise de superprodução.

A superprodução pode ser dividida em dois tipos: a quantitativa e a antecipada. A quantitativa é bem compreendida pelas empresas, consiste na fabricação de produtos além do necessário ou solicitado, realizada muitas vezes a fim de compensar quantidade de produtos defeituosos previstos no lote. Já a produção realizada, por exemplo, uma semana antes do prazo de entrega, é então caracterizada como superprodução antecipada.

Para eliminação da produção antecipada criou-se na Toyota o método de produção *Just in time*, ou JIT. Embora o termo *Just in time* tenha sido muito difundido pelo chão de fábrica, nota-se que a melhor expressão do conceito definido pela Toyota seria *Just on time*, ou seja, a produção realizada no momento exatamente determinado (SHINGO, 2005). Quanto à eliminação de produção excedente, o STP preconiza a produção a estoque zero, ou seja, sem estoque, o que equivale a operar cada processo com abastecimento de insumos na quantidade necessária, e no momento necessário, no tempo correto. Para indicar quais componentes, e quando, devem passar de um processo a outro, criou-se a metodologia de *Kanban*, Figura 2.3.

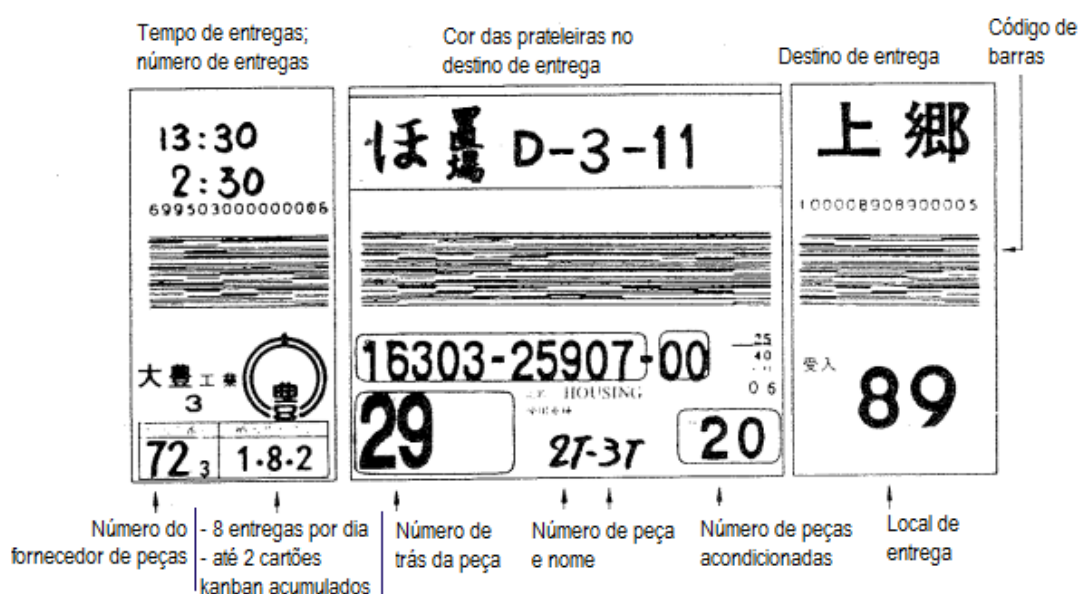


Figura 2.3 – Exemplo de *Kanban* em fábrica da Toyota.

Fonte: Shingo, 2005.

Este é o meio utilizado para transmissão de informação da ordem de fabricação, um cartão devidamente posicionado com as informações necessárias à produção e transporte de produtos (OHNO, 2006).

No aspecto da relação trabalhador-máquina, nota-se que o STP definiu uma modificação progressiva: trabalhador e máquina devem ser separados a fim de aumentar a eficiência do processo produtivo. Neste sentido é que a Toyota enfatiza a aplicação da autonomia, a resolução autônoma de problemas pelas máquinas, para evitar desperdício caso seja produzido grande lote de produtos defeituosos.

A autonomia baseia-se em detecção de problemas de produção por sensores ou pelos próprios colaboradores, com subsequente parada imediata das máquinas e alerta de parada por luzes indicadoras. Uma ferramenta de gestão à vista utilizada para monitoramento de paradas é o Andon (painel indicador de processos), que mostra aos envolvidos qual problema ocorreu, e onde. A partir da detecção do problema deve-se então concentrar-se sobre a implantação de soluções definitivas, medidas temporárias não são apropriadas, ainda que possam ocasionar retorno da normalidade da operação.

2.1.2 Produção de Pequenos Lotes e Troca Rápida de Ferramentas

A etapa de *pit stop* (manutenção rápida de veículos), em corridas automobilísticas, é frequentemente utilizada como metáfora para o *setup* de processos em manufatura. Desta maneira, é marcante a comparação feita entre dois casos, de 1950 e 2013, Figura 2.4. No primeiro caso observou-se a ação de 4 mecânicos da Sauber-BMW por cerca de 67 segundos, enquanto no segundo, da Ferrari, foram empregados 17 mecânicos por 3 segundos (MEAD, 2014).

Na primeira situação contabilizou-se 268 segundos de trabalho, enquanto que no segundo foram 51 segundos (ou 748 segundos, se for incluído o tempo de espera de 41 segundos). Deste ponto de análise observa-se um custo operacional 2,8 vezes maior para a Ferrari comparado à Sauber-BMW. No entanto, ao focar-se sobre o ganho de tempo, que tem importância crucial na Fórmula 1, houve redução de 96% no tempo de manutenção do carro no caso da escuderia italiana em 2013.



Figura 2.4 – Equipes de pit stop da Fórmula 1. Equipe Sauber-BMW (à esquerda) nas 500 Milhas de Indianápolis, e equipe Ferrari (à direita) no Grand Prix de 2013, em Melbourne, Austrália.

Fonte: Mead, 2014.

Segundo Kannenberg (1994), o tempo de preparação em um processo industrial, ou de *setup*, Figura 2.5, é o intervalo de tempo compreendido entre o instante do término da última peça boa do lote anterior até o instante da saída da primeira peça boa do lote seguinte. Isto é, pode-se também denominar como o tempo necessário para ser realizada a preparação dos operadores e os equipamentos para se dar início a fabricação de outro produto dentro do *mix* global

de produção.

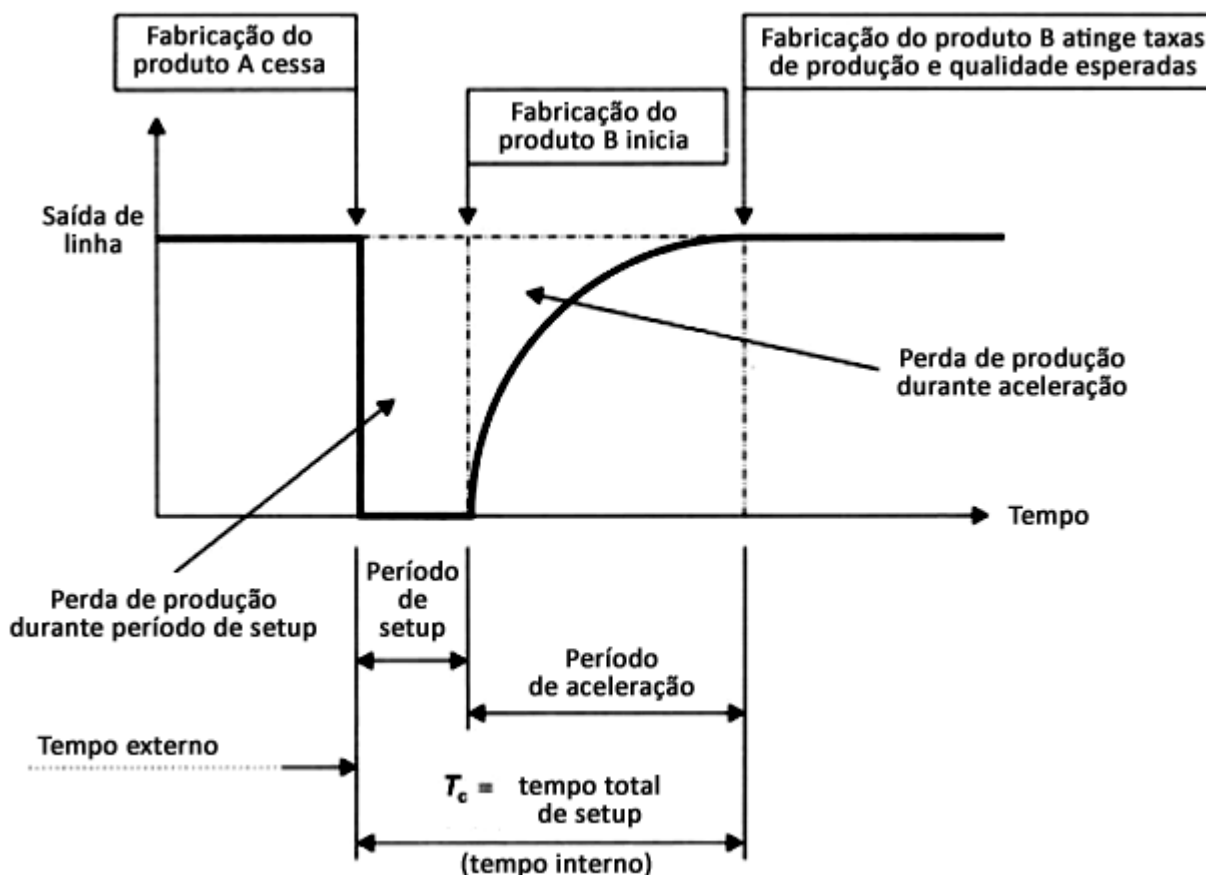


Figura 2.5 – Produção característica durante período de setup.

Fonte: McIntosh et al, 2001.

Longos tempos de *setup* e grandes lotes estão intimamente ligados. No Sistema Ford de Produção em Massa observa-se que os tempos de *setup* são longos como alternativa para reduzir custos, pois se realizam grandes lotes para aumentar a utilização da máquina. Já na Toyota, a opção encontrada para aumento de produtividade foi a redução dos tempos de *setup* decorrente da diminuição de tempos de ciclo, com o sistema produtivo implementado para produzir lotes pequenos e manter a produção sincronizada com o nível da demanda (SHINGO, 2005).

No sistema Ford trabalha-se com grandes lotes, produção de vasto inventário, enquanto que no sistema Toyota sustenta-se a eficiência dos processos sobre a eliminação total de superprodução ocasionada pelo inventário e custos com mão-de-obra e instalações relacionadas ao inventário. Esta supressão de acúmulo de produção é solucionada pelo sistema *Kanban*, que preconiza apenas a

circulação das peças necessárias no processamento, e apenas no tempo correto, sem esperas ou antecipações (*Just In Time*). Para que se tenha uma produção *just in time*, se faz necessária a redução de lotes, mas com a preparação rápida da linha, que evite grande redução na produção. Ohno (2006) ressalta que as trocas rápidas de ferramentas são requisitos incondicionais de estabelecimento do STP.

Shingo (2005) extrapola, e afirma que a maneira mais rápida de trocar uma ferramenta seria não trocá-la, no entanto, quando é necessária a troca, esta etapa pode ser executada em até dez minutos. A esta definição deu o nome de Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Atualmente o termo mais difundido é o SMED, que se trata de um método de redução de tempo de *setup* inicialmente associado à troca de matrizes de estamparia. As técnicas de melhoria, baseadas em produção enxuta, e aplicadas na Toyota foram todas desenvolvidas internamente, com exceção da TRF, metodologia para redução de tempo de *setup* de máquinas, desenvolvida em colaboração com o consultor Shigeo Shingo, segundo Womack e Jones (1998 apud SUGAI et al, 2007, p.324).

Segundo Shingo (2005), técnicas de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) do STP proporcionam, em média, reduções de 87,5%. Este valor é baseado nos resultados obtidos após desenvolvimento e amadurecimento de técnicas adotadas em seu trabalho. No ano de 1950, o autor trabalhou em uma pesquisa de melhoria da eficiência de uma planta da Mazda, a fim de eliminar gargalos ocasionados na operação de três grandes prensas de estamparia. Após levantamento dos tempos de operação constatou-se que apenas 3% do período analisado compreendia operações efetivas de moldagem, enquanto 67% destinava-se à troca de matrizes e outras operações. Nesta análise foi então observada a seguinte distinção nas operações de *setup*:

- *Setup* Interno (SI) – que compreende as operações que somente podem ser realizadas quando a máquina estiver parada, como por exemplo: a fixação e remoção das matrizes.
- *Setup* Externo (SE) – que compreende as operações de *setup* que devem ser concluídas com máquina em operação, como por exemplo: transporte de matrizes entre armazém e máquina.

Ao notar-se a diferença entre ambos os *setups*, o tempo de *setup* interno foi

reduzido em 50%. Além disto, outro ponto considerado pelo autor como fundamental na redução do tempo de *setup* é a transformação do *setup* interno em *setup* externo. Com uso deste princípio ele obteve cerca de 40% de ganho de produtividade de uma plaina em um estaleiro da Mitsubishi, em 1957.

2.1.3 Quatro Estágios Conceituais da SMED/TRF

A adoção da metodologia SMED demonstrou significativas melhorias principalmente com: separação de *setup* interno (SI) e *setup* externo (SE), conversão de SI em SE, eliminação de ajustes, e fixação sem parafusos. Estas medidas podem reduzir em mais de 90% os tempos anteriores. Melhorias podem ser conduzidas de maneira progressiva, de acordo com os quatro seguintes estágios conceituais, Figura 2.6, e com diferentes velocidades de implementação, Figura 2.7, conforme constatação de eficiência por Shingo (2005):

- Estágio 1:
 - Este estágio preliminar é o que antecede o início de aplicação da TRF. Nesta fase, observa-se uma grande parte das atividades que poderiam ser executadas com a máquina em operação (*Setup Externo*) é executada após a parada da máquina (como *Setup Interno*). Este estágio geralmente tem como consequência as maiores reduções nos tempos de *setup*.
- Estágio 2:
 - Consiste da separação de atividades de SI e SE. Shingo (2005) recomenda a realização de uma lista de verificação que inclua todas as peças, condições de operação e medidas que tenham de ser realizadas com a máquina em operação (*checklist*). O autor ainda aconselha o teste de uso de todos os componentes antes do *setup*.
- Estágio 3:
 - Consiste em analisar as operações de *setup* atuais a fim de determinar se alguma das atividades consideradas do SI pode ser convertida em SE. Como exemplo: pode-se pré-aquecer uma matriz de injeção para que o tempo de aquecimento dela não consuma tempo do SI.
- Estágio 4:
 - O estágio final da metodologia envolve a análise dos SI e SE e tentar identificar ações possíveis de melhoria em ambos.

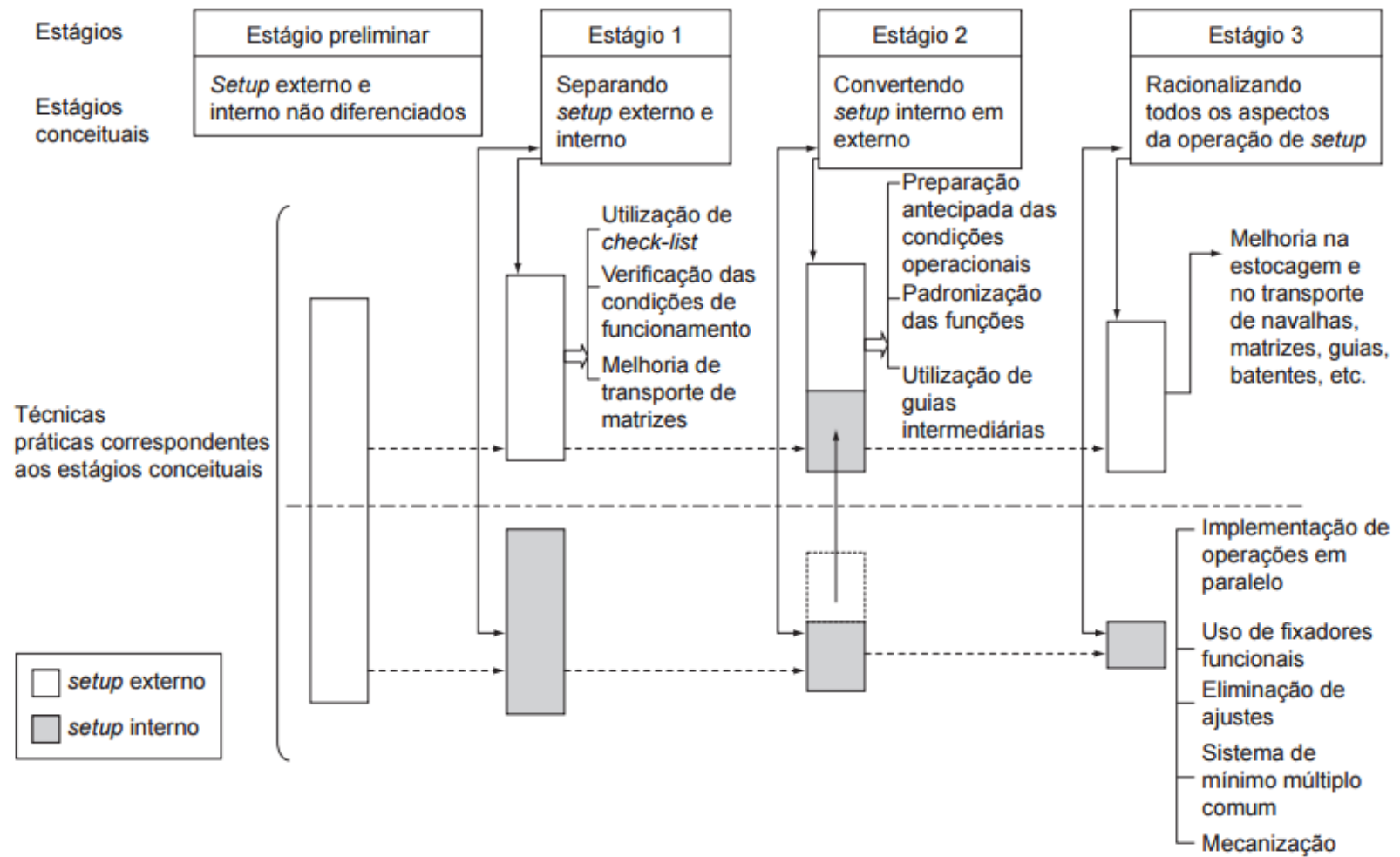


Figura 2.6 – Etapas Conceituais e Técnicas Práticas do SMED.

Fonte: Shingo, 2005.

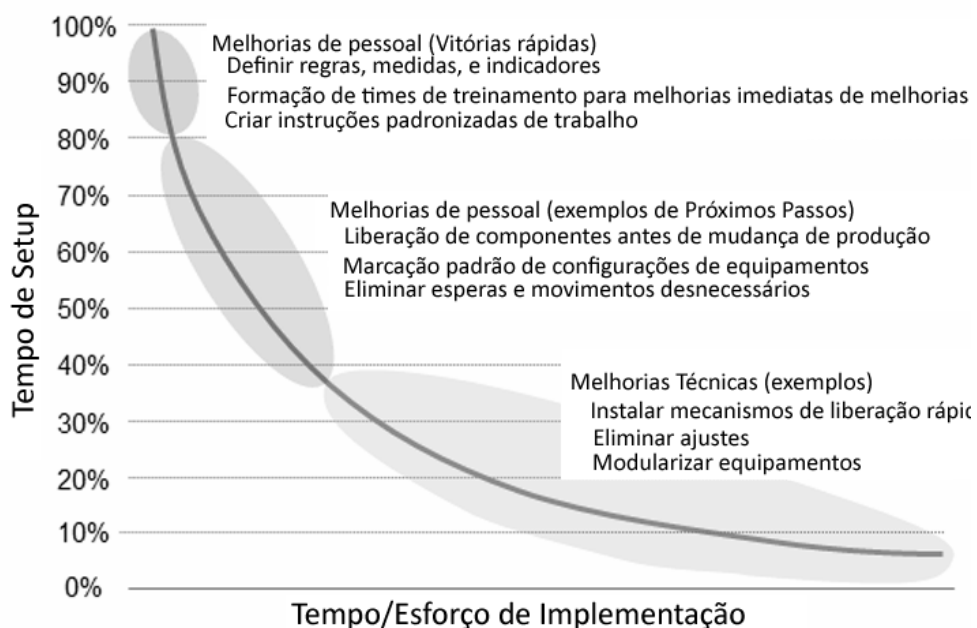


Figura 2.7 - Três maiores fases de implementação SMED.

Fonte: Vorne, 2016.

Pode parecer pouco ilustrativo o gráfico de tempo de setup versus tempo e esforço de implementação de melhorias, mas ao observar-se o registro de Shingo (2005) para os trabalhos desenvolvidos em uma prensa de 500 toneladas, Figura 2.8, vê-se que a evolução e consolidação das melhorias em sistema produtivo pôde levar alguns anos de trabalho.

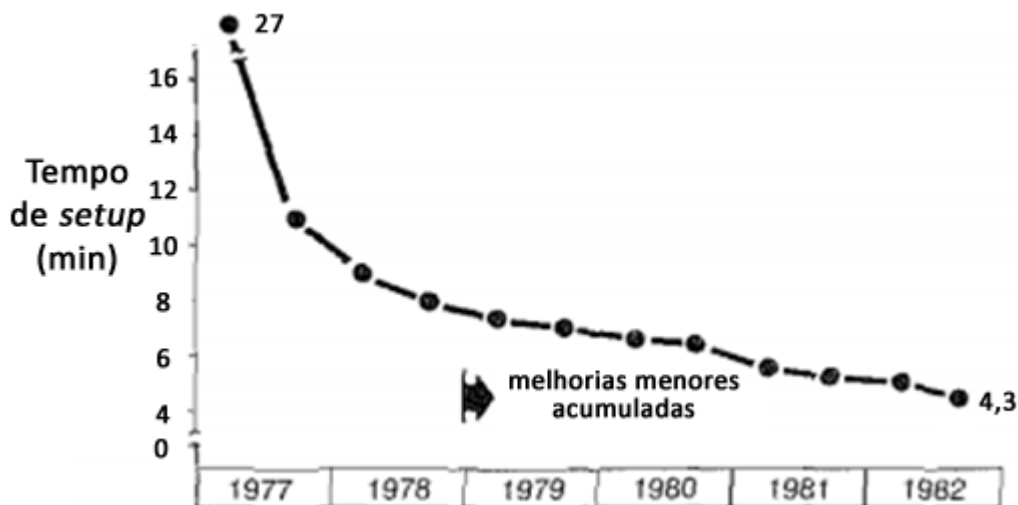


Figura 2.8 - Melhorias sucessivas no setup de prensa de 500 toneladas em Arakawa.

Fonte: Shingo, 2005.

2.1.4 Técnicas de Redução do Tempo de *Setup*

Shingo (2005) criou oito técnicas de melhoria em *setup* em 1970, quando trabalhava juntamente ao gerente de produção de carrocerias da Toyota. As suas primeiras análises compreenderam a redução de tempo de *setup* de uma prensa com carga de 1000 toneladas. As técnicas foram as seguintes:

- Técnica 1 – Separação das atividades entre *Setup* Interno e Externo

Deve-se identificar claramente entre as operações atuais quais devem ser executadas enquanto tal processo ou máquina está parado (*Setup* Interno) e quais podem ser realizadas com a máquina funcionando (*Setup* Externo). A separação e organização das operações de *setup* internas e externas podem reduzir o tempo de *Setup* Interno (paradas inevitáveis de funcionamento de máquina) de 30 a 50%. Exemplo de separação: toda preparação e transporte de matrizes, gabaritos, dispositivos de fixação, ferramentas e materiais podem ser realizados durante o funcionamento da máquina. Então o *Setup* Interno pode ser limitado à remoção da matriz ou ferramenta anterior e fixação da seguinte.

- Técnica 2 – Converter *Setup* Interno em *Setup* Externo

Segundo o autor, este é o princípio mais influente da TRF para se atingir os tempos de *Setup* inferiores a 10 minutos. A alteração do *Setup* Interno para Externo exige novo exame das operações internas para verificar possibilidade de conversão.

- Técnica 3 – Padronizar a função, e não a forma

Embora a padronização da forma e do tamanho das matrizes possa significar grande redução dos tempos de *Setup*, ela representa uma perda. Isto ocorre devido ao fato de que a adequação de todas as matrizes ao maior tamanho utilizado demanda possíveis custos desnecessários. No entanto, a padronização de função requer somente a uniformidade nas peças utilizadas na operação de *Setup*.

Por exemplo, acrescentar uma placa à borda de fixação da matriz padroniza as dimensões somente daquela peça e faz com que seja possível utilizar os mesmos

grampos para diferentes preparações.

- Técnica 4 – Utilizar grampos funcionais, ou eliminar os grampos

Embora o parafuso seja o mecanismo de fixação mais comum, ele não é eficiente, pois demanda mais movimento do que o necessário para se fixar um objeto. Assim, somente a última rosca do parafuso é que realmente realiza o travamento, enquanto as anteriores são um desperdício. Ao analisar a operação inversa, somente a primeira rosca é que solta o objeto, enquanto as demais são vistas como um desperdício de movimentos. O parafuso deveria ser um fixador de um único giro por este raciocínio, para ser um fixador funcional e eficiente. Entre os fixadores funcionais mais comuns estão incluídos o método do rasgo em U, o método do furo em forma de pêra e o método da braçadeira, conforme a Figura 2.9.

- Técnica 5 – Usar dispositivos intermediários

Esta técnica considera a redução dos tempos gastos com a fase de acerto do *Setup*. Enquanto há o processamento de uma peça presa a um dispositivo, a seguinte pode ser fixada e centrada em outro. Assim é possível trocar somente os dispositivos, com as peças fixas a ele, ao invés de trocar as peças e ter de fixá-las e ainda realizar todos os ajustes com máquina parada. Utilizam-se grampos para instalar os dispositivos de forma rápida e fácil.

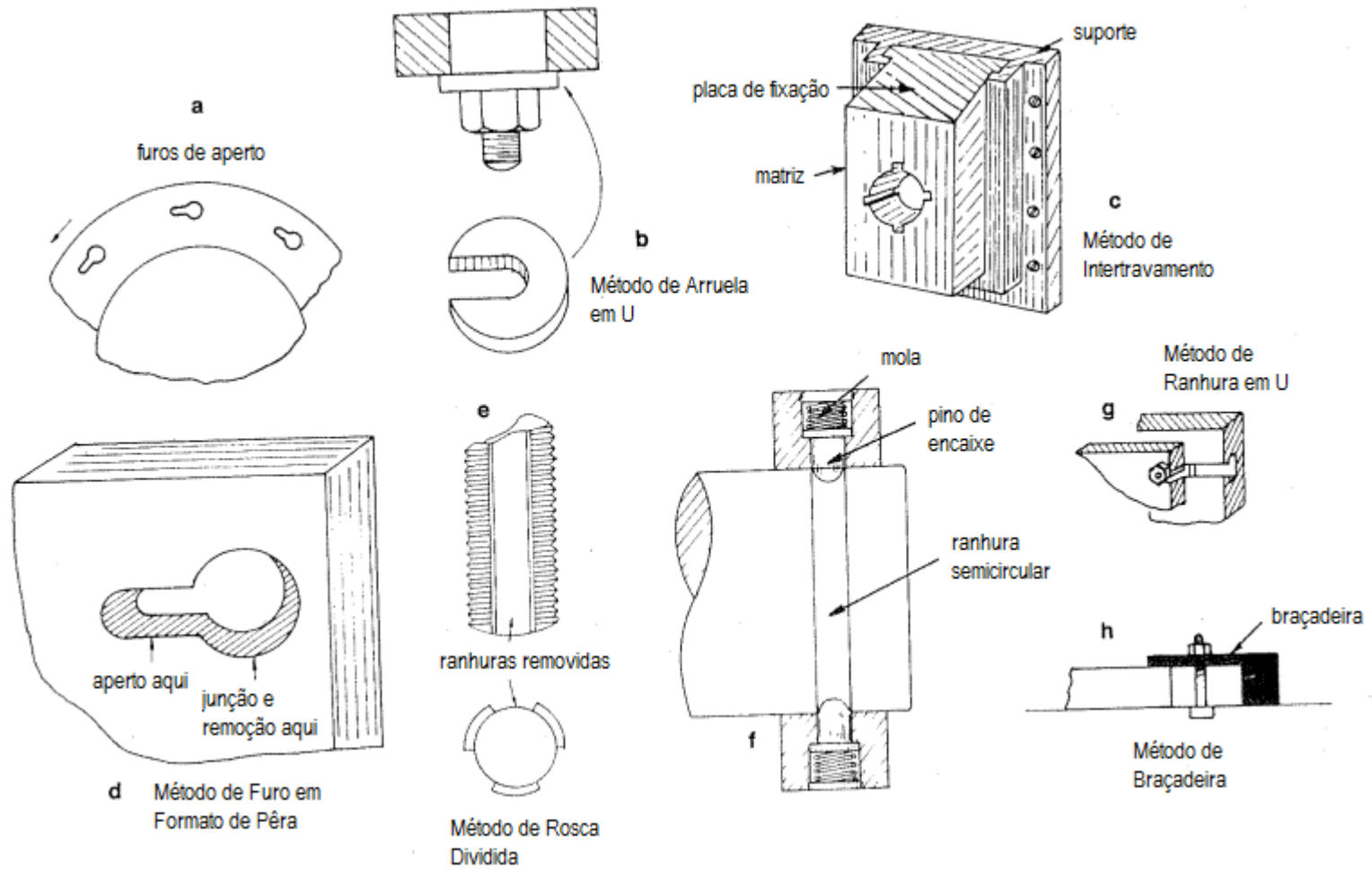


Figura 2.9 - Grampos funcionais.

Fonte: Shingo, 2005.

- Técnica 6 – Adotar operações paralelas

A simultaneidade de ações muitas vezes envolvem operações em duas ou mais partes da máquina, como por exemplo, no caso de operações nas partes da frente e de trás da máquina. No caso em que somente um operador executa tais operações, muito tempo e movimento são desperdiçados com o seu deslocamento em torno da máquina. Se duas pessoas realizam as operações paralelas simultaneamente, o tempo de *Setup* pode ser reduzido em mais de 50%, devido à economia de movimentos. Por exemplo, uma operação, que demore 30 minutos para ser executada por um único trabalhador, com dois pode levar apenas 10 minutos. A aplicação de operações paralelas resulta em um saldo menor ou igual de número de horas-homem em relação à situação com apenas um trabalhador. Assim a taxa de operação da máquina é elevada.

Apesar destes ganhos, gestores geralmente não aderem a esta medida, pois não veem como grande benefício a “perda” de um colaborador de um posto de produtivo para auxiliar em uma etapa de *setup*.

- Técnica 7 – Eliminar ajustes

Geralmente processos de ajustes e testes-piloto (*try-out* de produção) correspondem a parcelas de 5 a 70% do tempo de *setup* interno. Desta forma, a eliminação destas etapas pode significar razoável ganho em produtividade. Deve-se primeiramente distinguir etapas de preparação e de ajuste, pois são duas funções diferentes e separadas. Uma preparação ocorre na mudança de posição de um interruptor de fim de curso, Figura 2.10. Já um ajuste ocorre quando o interruptor de fim de curso é testado e repetidamente ajustado em uma nova posição. Ajustes podem ser eliminados, se um padrão for utilizado para se determinar com precisão a posição correta do interruptor de fim de curso. Desta forma a preparação será a única operação necessária ao processo.

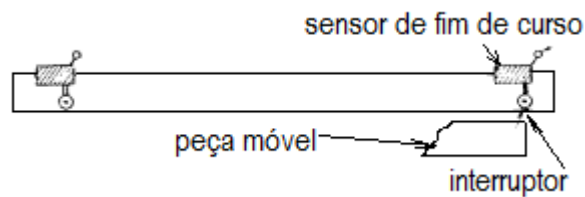


Figura 2.10 – Sensor de curso em máquina do tipo interruptor de lâminas (*reed switch*).

Fonte: Shingo, 2005.

- Técnica 8 – Mecanização

Em resumo, pode-se observar as técnicas de melhoria segundo o fluxograma de aplicação mostrado na Figura 2.11:

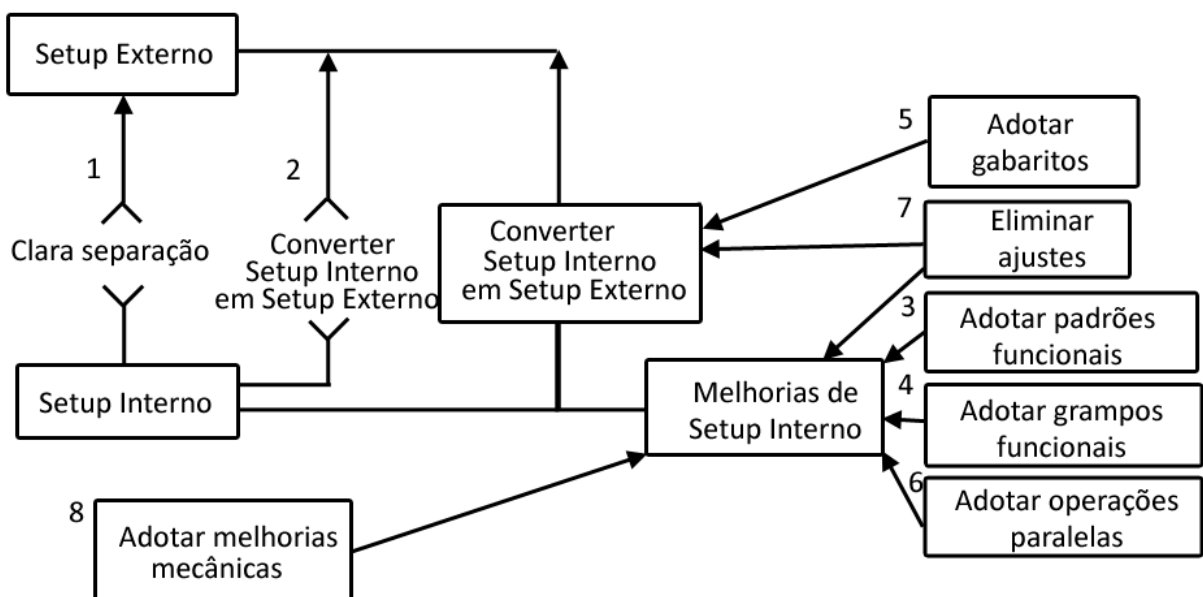


Figura 2.11 - Fluxo de Aplicação das 8 Técnicas SMED.

Fonte: Shingo, 2005.

Após todo o trabalho de aplicação das sete primeiras técnicas é que pode-se concentrar sobre a possibilidade de mecanização. As sete primeiras técnicas podem reduzir um *setup* de 2 horas para 3 minutos, e a mecanização pode reduzir esse tempo em apenas mais 1 minuto (redução de aproximadamente 97%).

2.2 Mineração Tecnológica e Inovação

A gestão da informação e do conhecimento transforma-se cada vez mais em valioso recurso para companhias competitivas frente à evolução de sistemas produtivos que ocorre na chamada Manufatura 4.0, ou Manufatura Avançada. Desta forma entende-se que é de importância estratégica priorizar a criação e implementação de processos focados na organização e sistematização de captura, armazenamento, geração, criação, análise, tradução, compartilhamento e fornecimento de informação exata de maneira rápida e precisa (CERTI, 2016).

Neste cenário a internet se apresenta como um meio de fácil acesso à vasta produção bibliográfica em muitos domínios do conhecimento. No entanto cuidados devem ser tomados quanto a alguns empecilhos ao bom uso desta fonte de informações, como: rigorosa precisão no acesso a conhecimento (de reduzidas incertezas), de autoridade confiável (autores com larga experiência no campo de estudo), relevante (de assuntos com razoável impacto na sociedade) e sem custo monetário ao usuário (SONNAD, 2015). Sabe-se que a internet representa hoje um domínio de grandes oportunidades quanto ao acesso à informação gratuita. Apesar disto, a ilegalidade de recentes e controversas iniciativas voltadas à livre disponibilização de conteúdo ainda são debatidas na comunidade científica (SCHIERMEIER, 2015). Um relevante exemplo deste tipo de pirataria é o portal Sci-Hub, site desenvolvido pela neurocientista cazaque Alexandra Elbakyan, e que liberou recentemente mais de 48 milhões de publicações científicas (BOHANNON, 2016).

Em um contexto com grande disponibilidade de conteúdo a filtragem de material relevante então é vista como um obstáculo muitas vezes. “Trilema”, Trindade de Inconsistência ou mais conhecida como Trindade Impossível é um conceito de condições geralmente aplicado à Economia, mas Sonnad (2015) estendeu a ideia à Gestão da Informação, como Trindade Impossível da Informação, ao analisar a Enciclopédia de Filosofia de Stanford. Esta trindade assume que em três características de um sistema, somente duas características podem ser satisfeitas. Desta forma no acesso à informação tomou-se por hipótese que somente duas características podem ser satisfeita quanto ao conteúdo, se é: confiável, compreensível, e atualizado (RUSSEL, 2015).

Publicações em periódicos científicos não foram contempladas neste tipo de

avaliação, no entanto pode-se entender que é uma fonte certificada (geralmente há revisão dos artigos por outros autores da área), atualizada (pois são trabalhos para divulgação de pesquisas recentes), mas muitas das vezes é um recurso pouco compreensível ao público leigo.

Mineração Tecnológica (MT) é a abreviação de “mineração de textos de recursos de informação sobre ciência e tecnologia”, e trata-se da aplicação de ferramentas de mineração de informações para a compreensão de processos de inovação tecnológica. Segundo Porter et al (2005) distingue-se mineração tecnológica de mineração de dados, e mineração de textos (também conhecida por análise bibliométrica), de acordo com a sua dependência de domínio sobre ciência e tecnologia para análise e definição de sua aplicação prática.

A mineração de dados envolve extração de informações úteis sob qualquer forma de dados, mas o seu uso comumente destina-se a análises de dados numéricos (como por exemplo, em situações de prevenção de fraudes, com a verificação de concordância dos dados de compras de um cartão de crédito, com o “perfil demográfico” do usuário). Enquanto a mineração de textos concentra-se sobre análise de frequência (quantas vezes o termo se repete no texto) e relações de entidades (quais tipos de palavras estão presentes). Um exemplo do reconhecimento de entidades é observado na Figura 2.12, em que entidades correspondentes a datas estão destacadas em azul, em amarelos a quantidades ou números, em vermelho empresas, e em laranja nomes próprios.

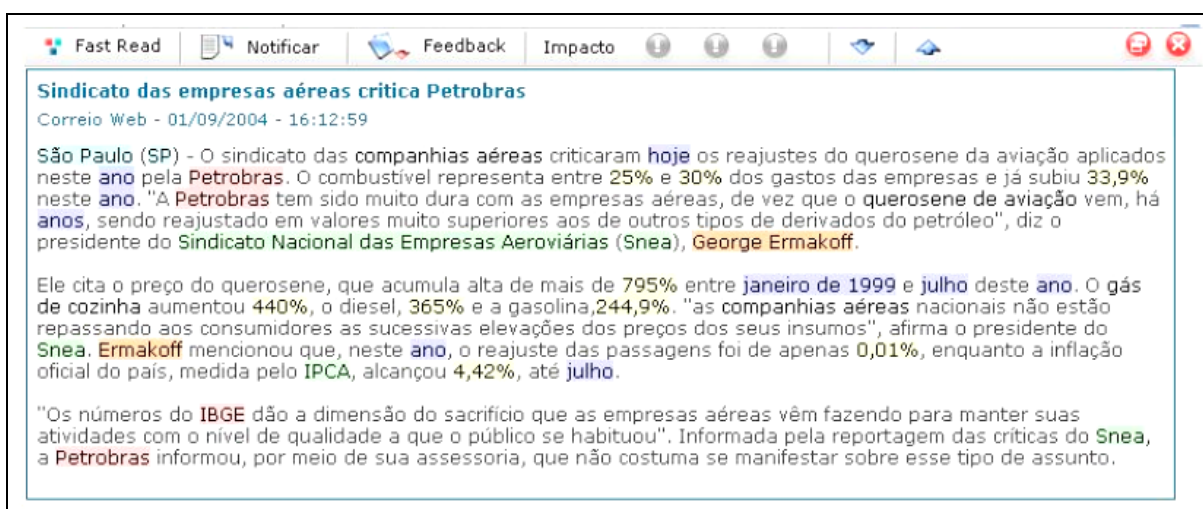


Figura 2.12 – Reconhecimento de entidades em análise bibliométrica.

Fonte: Aranha e Passos, 2006.

A MT costuma explorar fontes de texto de vários tipos. Neste trabalho será abordada a mineração tecnológica, que utiliza publicações como fonte de dados para análise de tendências. De fato, os tipos de mineração costumam “se confundir”, afinal são todos eles análises de dados de diversas naturezas.

A metodologia de MT baseia-se na análise de mudanças em tecnologias, ela se direciona para o que está acontecendo no momento e para o que se prevê ocorrer no futuro de acordo com as tendências, isto é, com a direção do desenvolvimento de determinadas tecnologias. Desta forma, mineradores são pesquisadores e observadores do desenvolvimento tecnológico (PORTER et al, 2005). Neste gênero de estudo o princípio-chave de uma pesquisa representativa reside na exploração de múltiplas fontes de informações por meio de múltiplas ferramentas. Contudo, a mineração tecnológica ainda é uma metodologia que requer ser complementada pela opinião de um especialista na área pesquisada, a fim de se validar os resultados, embora estes tenham sido obtidos de uma extensa amostra de publicações.

Altshuller (1996), ao estudar centenas de milhares de patentes, descobriu que aproximadamente 25% de todas as patentes industriais possuem soluções para problemas conhecidos em outra área, ou indústria, que não a original de aplicação. Enquanto isso, 35% são somente extensões reduzidas de tecnologias, e menos de 1% das patentes registradas é que realmente envolvem criação de conhecimento fundamental, isto é, representam base pioneira para desenvolvimento tecnológico em algum campo técnico. Frequentemente inovadores reproduzem soluções já conhecidas, ainda que muitas vezes presentes em campos aparentemente distintos, e foi este o princípio fundamental da Teoria de Solução de Problemas Inventivos, também conhecida como TRIZ, proposta pelo autor. Na Figura 2.13 ilustra-se um dos métodos, aplicado ao problema de separador de líquidos, em que com a rotação de um reservatório há a obstrução do duto devido ao movimento centrífugo envolvido no escoamento de um dos fluidos.

Embora o método TRIZ ainda seja um pouco desconhecido, mostrou ter grande relevância até em empresas de porte, como no caso da Samsung. A companhia obteve como resultados a criação de 50 patentes em 2003, e o desenvolvimento de uma inovação sobre um projeto, em tecnologia de DVD em 2004, que gerou economia de US\$ 100 milhões (SHAUGHNESSY, 2013).

Por outro viés, March (1991) afirma que há a possibilidade de inovações por meio de soluções encontradas a partir de antigos conhecimentos, isto é, de desenvolver opções de soluções em um novo domínio via exploração *versus* exploração de conhecimento.

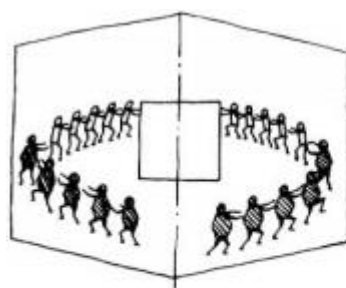


Figura 7

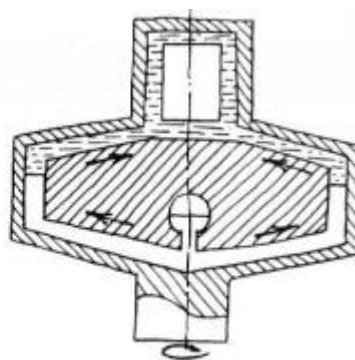


Figura 8

Figura 2.13 – Método dos Homens Pequenos proposto por Altshuller como um dos Métodos de Solução Inventiva.

Fonte: Altshuller, 1996.

A exploração é um processo de vinculação de conhecimento, que integra conhecimentos já sedimentados, por combinação de competências básicas para satisfazer necessidades do mercado. Já a exploração é um processo que aproveita o que já se conhece a fim de se obter novos conhecimentos. Alguns autores utilizam uma “analogia evolucionária”, e acabam denominando exploração vs exploração de variação vs seleção. Exploração significa descoberta de ideias e contextos, muitas vezes há a variação de ideias que foram bem sucedidas no passado. Já a exploração geralmente envolve seleção de conhecimento e construção de conexões que não haviam sido antes realizadas. Com isto exposto, pode-se relacionar até certo ponto estes conceitos de produção de conhecimento com a Mineração Tecnológica.

Na Figura 2.14 associam-se quatro tópicos da mineração com os tipos de análise possíveis, são os 4P da MT.

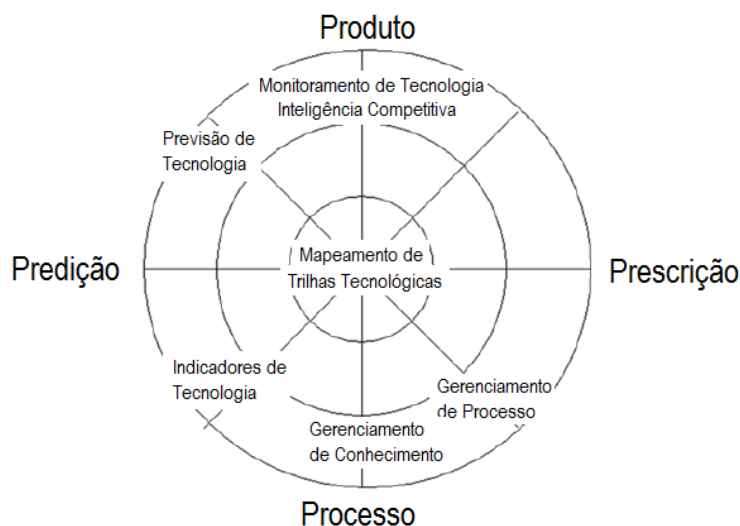


Figura 2.14 - Tópicos dos tipos de análises da mineração – 4 Ps.

Fonte: Porter et al, 2005.

- P1 – Produto, informação e análises compiladas em forma de relatório;
- P2 – Processo, pesquisadores e usuários engajados na colaboração para foco, interpretação e atuação em resultados de mineração;
- P3 – Predição, indicação de desenvolvimento mais provável de um segmento técnico, geralmente em um modo de extrapolação;
- P4 – Prescrição, defesa de ações para afetar futuro de desenvolvimento de tecnologia e empreendedorismo em um modo “normativo”.

Os tópicos foram organizados por Porter et al (2005) em gráfico similar ao tipo radar, Figura 2.14, pois há disposição de dimensões ou áreas, mas sem indicação de intensidades plotadas ou valores numéricos para uma determinada pesquisa. Observa-se que, dada à natureza do gráfico, em que a sua escala inicia no centro, em Mapeamento de Trilhas Tecnológicas (que pode ser também traduzido como MT), a magnitude de importância dada para cada tópico possui a sua devida classificação de pesquisa no gráfico. Quanto às classificações no radar tem-se:

- (i) Monitoramento tecnológico – catalogação, caracterização e interpretação de atividades de desenvolvimento tecnológico;

- (ii) Inteligência Tecnológica Competitiva – investigar “quem está trabalhando em que”;
- (iii) Previsão de Tecnologia – antecipação de ramos futuros no desenvolvimento tecnológico;
- (iv) Mapeamento Tecnológico – rastreamento evolucionário de tecnologias relacionadas, e por vezes, de famílias de produtos;
- (v) Avaliação Tecnológica – antecipar possíveis consequências de mudanças indiretas em dada tecnologia em particular;
- (vi) Previsão Tecnológica – planejamento estratégico com ênfase em funções tecnológicas e prioridades nacionais;
- (vii) Gerenciamento de Processos de Tecnologia – tornar pessoas envolvidas na tomada de decisões sobre tecnologia;
- (viii) Indicadores de Ciência e Tecnologia – séries de tempo que rastreiam avanços na capacidade tecnológica nacional.

Para o embasamento de uma pesquisa representativa, em qualquer um dos tópicos, Porter (2005) sustenta que a mineração de textos requer seis tipos de informação para uma análise aprofundada. Primeiramente as de ordem técnica: (1) base de dados (Scopus, Scielo, etc.), (2) fontes de internet (“*Googling*” em sites diversos), (3) especialistas técnicos no assunto. E em segundo as de ordem do contexto: (4) negócios (concorrência, cliente, base de dados de conteúdo, notícias, etc.), (5) fontes na internet (blogs pessoais, sites gerais), e (6) especialistas em negócios. No entanto, este trabalho estará concentrado unicamente, na ordem técnica, sobre bases de dados (portal de periódicos, artigos), fontes de internet e especialistas técnicos (professor orientador, por exemplo). O autor não se aprofunda razoavelmente sobre cada uma das fontes, além disto os pontos (2) e (5) mostram certa redundância. No entanto, vale destacar a importância dada para especialistas no assunto como uma das fontes, afinal uma pesquisa não deve ater-se somente sobre publicações.

Como significativo exemplo de MT envolvida com inovação, tem-se um caso de ordem técnica das forças armadas dos EUA, no qual foi realizado o rastreamento de P&D estrangeiro na área de engenharia de materiais. Houve um estudo a fim de

se identificar interesses em comum em todo um cenário internacional, muito embora seja um ramo de indústria em que geralmente se tem grande atenção à confidencialidade em etapas iniciais de concepção. Na Figura 2.15 pode-se observar o exemplo de uma análise de tecnologia orientada para o futuro (verificação de tendência).

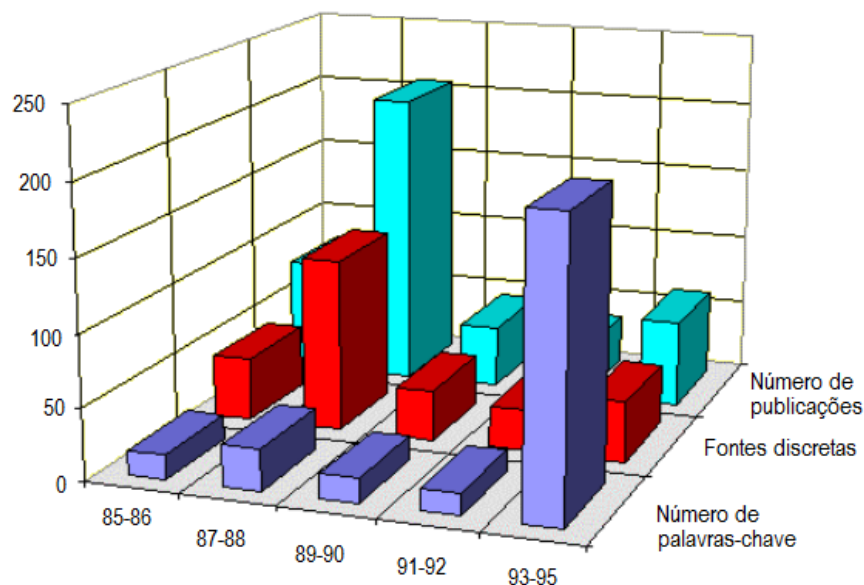


Figura 2.15 - Comportamento de palavra-chave como indicador de inovação.

Fonte: Porter et al, 2005.

Trata-se do caso da investigação do potencial de tecnologia emergente de filme cerâmico em motores que, devido às suas especificidades, buscavam atender às necessidades das forças armadas dos EUA entre anos 1980 e 1990.

Ao considerar-se a parcela de número de publicações vê-se que em um período atingiu-se até 200 publicações disponíveis, e então se iniciou uma queda abrupta, comportamento também observado na fileira de “fontes discretas”. No entanto, já na fileira de palavras-chave relacionadas ao assunto, evidencia-se uma aceleração nos resultados de P&D, relativos a aplicações de materiais cerâmicos em motores, para o último período do intervalo de tempo considerado.

Este indício de avanço foi confirmado por especialistas em materiais cerâmicos, e representou então um forte subsídio na tomada de decisão de investimentos neste segmento da indústria militar (PORTER et al., 2005).

A mineração, como foi já foi exposto anteriormente, é uma ferramenta que exige determinada experiência ou conhecimento inicial na área de pesquisa, pois se trata de uma metodologia que busca verificar colaboração entre autores, e de dar a “pontuação” de determinados autores por meio de índices calculados segundo alguns critérios, a fim de hierarquizar trabalhos.

Em 2003 o “*bureau*” de Propriedade Intelectual do Reino Unido apresentou, em relatório, uma série de tendências e peculiaridades do avanço sobre o interesse em impressão 3D, sob uma visão macroscópica deste segmento de tecnologia (*Intellectual Property Office, 2013*). Este trabalho representou uma interessante aplicação de ferramentas de mineração, embora a base de dados utilizada tenha sido principalmente de patentes. Primeiramente foi mostrada a evolução temporal de publicações relativas à tecnologia de impressão 3D, via *Google Trends*, conforme a Figura 2.16:

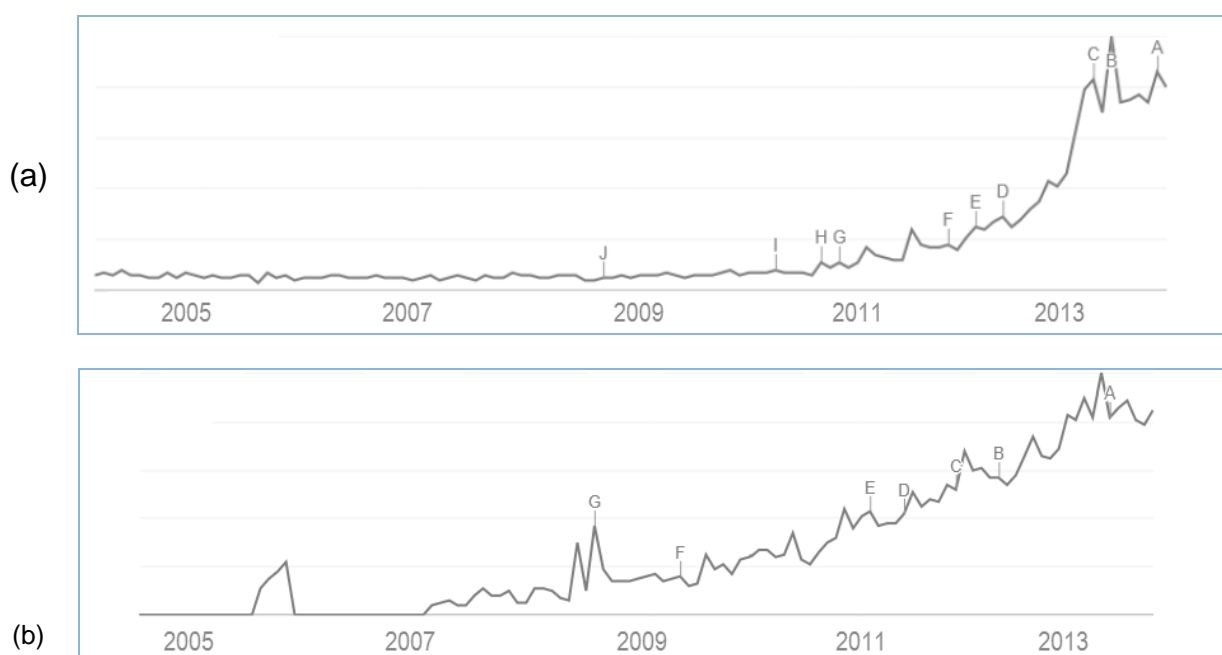


Figura 2.16 - Evolução de buscas² pelos termos “Impressão 3D” (a) e “Reprap3” (b), as letras maiúsculas indicam a ocorrência de reportagens, relacionadas ao tema, publicadas pela imprensa no período.

Fonte: Google Trends, 2015.

² Número de buscas não é divulgado, observa-se que os valores são normalizados, isto é, o máximo valor é dado como 100.

³ O Projeto RepRap é uma iniciativa que surgiu em 2004 na Inglaterra, com o objetivo de criar impressoras 3D com capacidade para ser usada para prototipagem e fabricação rápidas dos seus próprios componentes de plástico.

Neste estudo foram utilizadas várias ferramentas de análise, focadas exclusivamente sobre mineração de patentes em impressão 3D, com destaque às dez maiores empresas com pedidos de direitos sobre tecnologia, Tabela 3:

Tabela 3 – Maiores requerentes de patentes no período de 1980 a 2013.

| Companhias | Patentes |
|----------------------------|----------|
| Fujitsu Ltd | 92 |
| Stratasys Inc | 92 |
| 3D Systems Inc | 91 |
| NEC Corp | 67 |
| Samsung Electronics Co Ltd | 48 |
| LG Philips LCD Co Ltd | 41 |
| Objet Geometries Ltd | 38 |

Fonte: Intellectual Property Office, 2013.

Embora tecnologias estratégicas e pioneiras sejam tratadas geralmente em confidencialidade entre empresas, há em alguns casos certa colaboração entre duas companhias. Esta situação de transferência de tecnologia pode muitas vezes sinalizar intenções de maiores alianças ou mesmo fusão entre as duas empresas, como observa-se no caso em que a 3D Systems adquiriu a CorpZ, e as duas possuem colaboração em 14 patentes, Figura 2.17. O mapa de colaboração representa a quantidade de patentes por meio das células em amarelo, no período considerado de 34 anos.

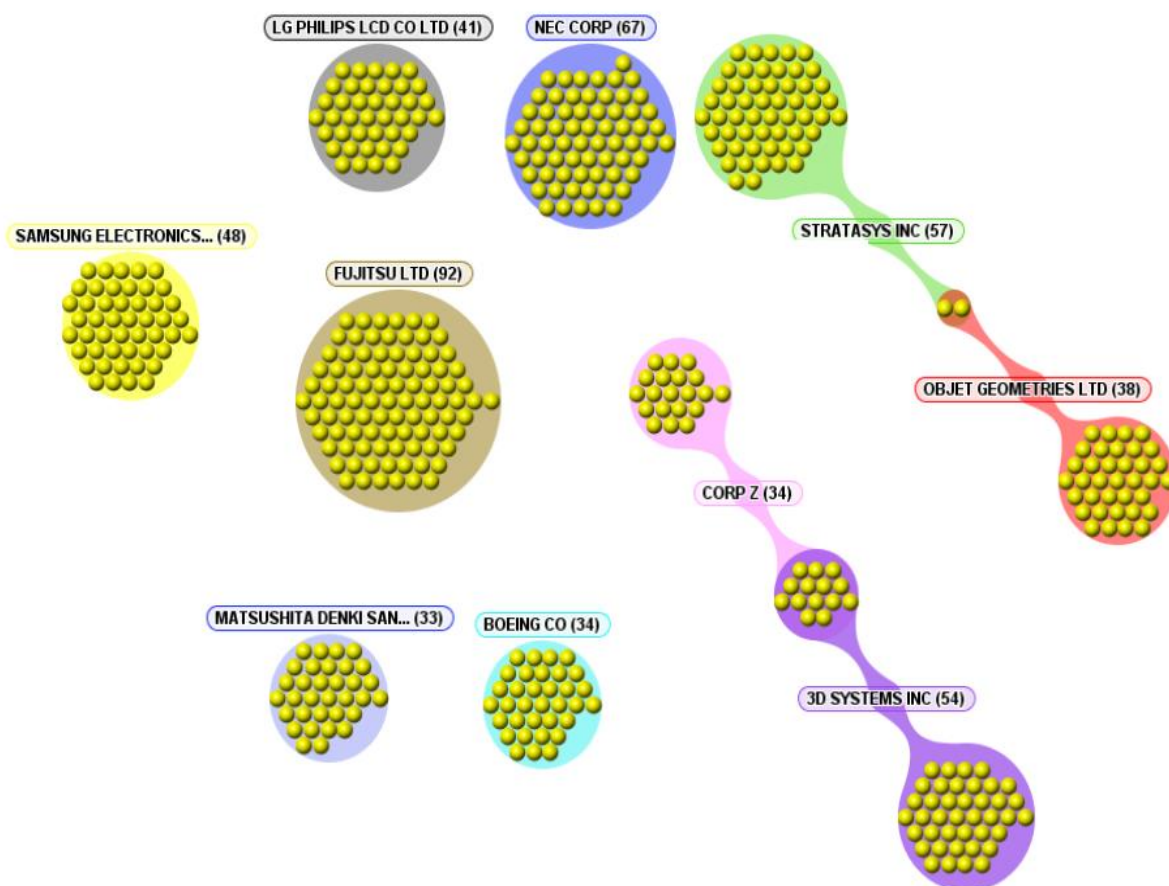


Figura 2.17 - Mapa de colaboração entre os dez maiores requerentes de patentes, para o período de 1980 a 2013.

Fonte: Intellectual Property Office, 2013.

Este relatório de patentes representa uma abordagem bastante similar com a que será adotada neste trabalho, devido às análises entre autores, evolução temporal de publicações, bem como o tipo de ferramenta utilizada: foi aplicado o *software* Vantage Point para análise de patentes, descrito brevemente na seção seguinte.

2.2.1 Ferramentas de Análise

Após levantamento dos autores mais populares e relevantes para este trabalho, foram analisadas 15 ferramentas utilizadas atualmente para mineração tecnológica, conforme Tabela 4:

Tabela 4 – Ferramentas levantadas para aplicação de metodologia de mineração.

| Ferramenta | Licença | País | Instituição | Ano |
|----------------------|----------------|---------------|---|------|
| BibExcel | Gratuita | Áustria | Universidade de Viena | 2006 |
| Citespace | Gratuita | EUA | Universidade de Drexel | 2004 |
| CopalRed | Não disponível | Espanha | Universidade de Granada | - |
| IN-SPIRE | Paga | EUA | Departamento de Energia dos EUA | - |
| Leydesdorff Software | Gratuita | Holanda | Univ. Amsterdam | - |
| Network Workbench | Gratuita | EUA | Universidade de Indiana | 2007 |
| Publish or Perish | Gratuita | Inglaterra | Universidade de Middlesex | 2007 |
| ReVis | Gratuita | Brasil | Universidade Federal de São Carlos | 2009 |
| SCImago | Gratuita | Espanha | Univ. Estremadura | 2007 |
| Sci2 Tool | Gratuita | EUA | Univ. de Indiana | - |
| Vantage Point | Paga | EUA | - | - |
| VisPipeline-Graph | Gratuita | - | - | - |
| VOSViewer | Gratuita | - | - | - |
| Sobek | Gratuita | Brasil | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | 2007 |
| Weka | Gratuita | Nova Zelândia | - | 1999 |

Fonte: Autoria Própria

BibExcel consiste de um software livre criado para auxiliar o usuário na análise de dados bibliográficos, ou quaisquer outros dados de natureza textual em formato similar. Entre seus recursos há a geração de arquivos de dados que podem ser carregados em qualquer programa que utilize dados tabelados.

Citespace é um aplicativo gratuito, desenvolvido em linguagem Java, que permite a visualização e análise das tendências e padrões na literatura científica. É uma ferramenta desenvolvida para a visualização do progressivo domínio do conhecimento. Este aplicativo possui enfoque sobre a busca de pontos críticos no desenvolvimento de um campo de conhecimento.

CopalRed realiza uma separação preliminar da informação e então automaticamente executa 3 tipos de análises: (1) Análise estrutural: evidencia a estrutura do campo científico de interesse, no formato de rede, define os autores e suas relações; (2) Análise estratégica: posiciona cada autor dentro da rede, define a intensidade de seus relacionamentos externos (centralidade) e a sua coesão interna (densidade); (3) Análise dinâmica: diferentemente de outras ferramentas, ele analisa as transformações das traduções dos autores ao longo do tempo.

INSPIRE é um software de visualização de informação de dados. Ele permite rápida hierarquização e identificação de uma serie de documentos com base no relacionamento em qualquer coleção pertencente a um dos grupos do INSPIRE.

Leydesdorff é um software que trata do mapeamento de periódicos.

Network Workbench realiza análise de rede em larga escala, com uma caixa de ferramentas de modelagem e visualização para pesquisa em Biomedicina, Ciências Sociais e Física. Esta ferramenta é capaz de criar, avaliar e dirigir um único ambiente, modelagem e visualização de dados.

Publish or Perish foi desenvolvido a fim de encorajar pesquisadores a apresentar estudos de caso com melhor impacto. Recomenda-se a seguinte utilização do programa na análise de citações: se um autor apresenta boas métricas de citação é bastante provável que ele tenha um impacto significativo na área de interesse. No entanto, o contrário não é necessariamente correto ou válido. Uma métrica de citação fraca pode ocorrer devido à falta de impacto de suas publicações na área, e também devido a pelo menos um dos seguintes fatores: busca por trabalho em área reduzida (desta forma, geram-se poucas citações), há publicação

em outra língua que não seja o inglês (o que restringe efetivamente, também, o campo de citação analisado), ou presença de publicações da área principalmente em livros (não abordados nas buscas do software). A ferramenta recupera e analisa citações acadêmicas por meio do acesso ao portal Google Scholar e gera diversos dados estatísticos, que podem ser visualizados na tela, copiados ou salvos em diferentes formatos de saída.

ReVis é uma ferramenta criada para apoiar a seleção e avaliação de qualidade de estudos primários em revisões bibliográficas. Ela fornece mapeamentos visuais do conjunto de estudos revisados, a fim de auxiliar o usuário a explorar os dados.

SCImago é um portal que inclui periódicos e os indicadores científicos de países desenvolvidos a partir das informações contidas na base de dados do Scopus.

Sci2 Tool – Science of Science (Sci2) é uma ferramenta criada especificamente para o estudo da ciência. Ela fornece análises em diversos aspectos para as bases de dados disponíveis.

Vantage Point é um programa bastante robusto na análise de resultados de busca em bases de dados de patentes e da literatura, pois ajuda a explorar relacionamentos de padrões.

VisPipelineGraph é uma ferramenta para a análise de redes sociais que permite a construção de visualizações de grafos com vértices, arestas e seus atributos a partir de arquivos em determinada formatação.

VOS viewer é um software que permite a elaboração de mapas baseados em dados. O programa mostra um mapa de diferentes maneiras, cada qual destacando um aspecto diferente do mapa.

No quadro geral, embora haja versão gratuita de várias ferramentas, em alguns casos há versão paga com uma variedade muito maior de comandos e funcionalidades.

2.2.2 Publish or Perish

Como será visto no próximo capítulo, este programa foi escolhido como ferramenta principal de análise de publicações, por isso é abordado aqui com mais profundidade. Além de tratar de diversos dados simples de estatística (como número de artigos, número de citações, entre outros) *Publish or Perish* computa os seguintes parâmetros para as análises comparativas:

- Índice “h” de Hirsch
 - Proposto por J.E. Hirsch (2005), este índice visa fornecer uma medida de valor único para o impacto de um autor, combinando a qualidade com quantidade. O índice h é definido como o número do artigo publicado por determinado autor (N_p), se o número de citações do artigo j (N_c^j) for maior ou igual a este número, conforme a Figura 2.18.

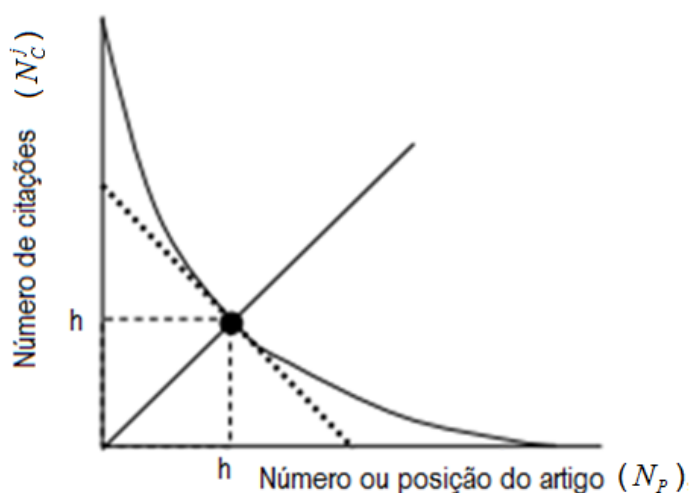


Figura 2.18 - Definição do índice “h”.

Fonte: Hirsch, 2005.

Tomou-se o pesquisador Richard McIntosh, destaque nos resultados de artigos sobre SMED, como exemplo para aplicação deste índice, Figura 2.18. Neste caso, observa-se que na região da bissetriz (citações \approx posição) h é 10 e não 11, pois na posição 11 o número de citações é 9, menor que 11, o que não entra em acordo com a condição do índice.

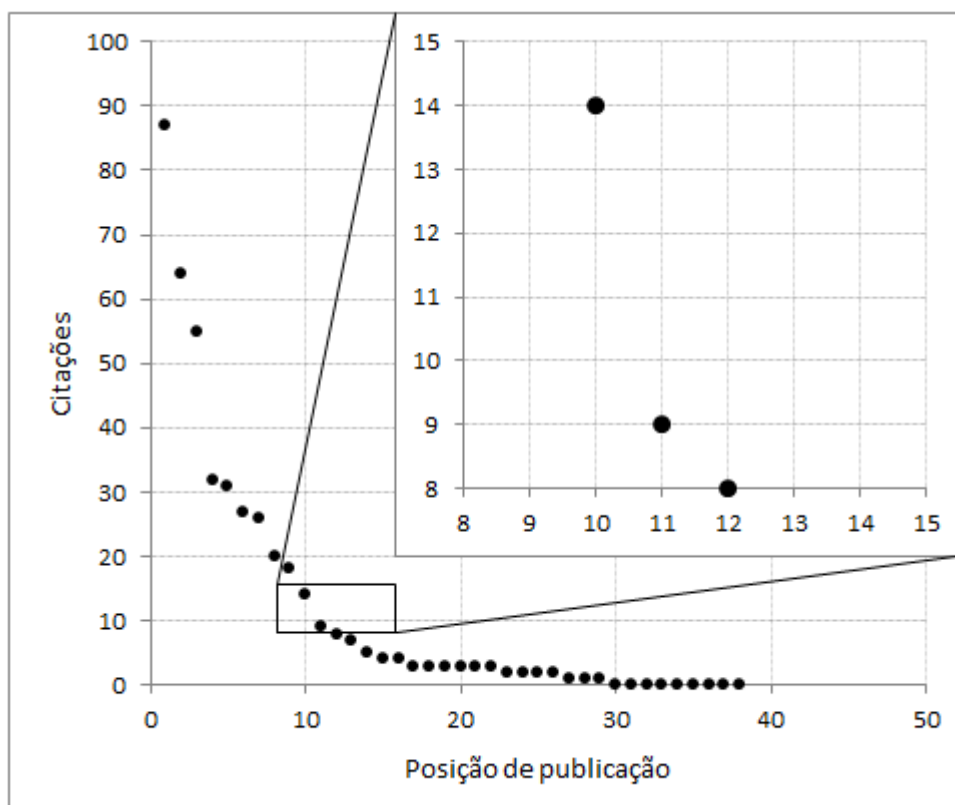


Figura 2.19 - Distribuição de publicações de Richard McIntosh ($h = 10$; 38 publicações detectadas em busca por autor “RI McIntosh”).

Fonte: autoria própria.

- Índice “g” de Egghe (g)
 - Proposto por Egghe (2006), este índice visa aperfeiçoar o índice h dando melhor ponderação a artigos com maior número de citações.
- Índice “e” de Zhang (e)
 - Proposto por Zhang (2010), o índice é a raiz quadrada do excedente de citações no conjunto abordado pelo índice h, ele visa diferenciar autores com índices h similares, mas com diferentes padrões de citação.
- Índice “h” contemporâneo (h_c)
 - Proposto por Sidiropoulos *et al* (2006), este índice visa aperfeiçoar o índice h dando maior peso aos artigos mais recentes, desta forma acaba-se por “recompensar” autores com níveis mais estáveis de atividade.

- Taxa de ponderação de idade de citações (*Age-Weighted Citation Rate – AWCR*)
 - AWCR mensura a media de citações em todo o corpo de um trabalho, ajustada à idade de cada artigo individual. Este índice foi inspirado pelo trabalho de Jin (2007). A implantação do índice no software difere da definição de Jin em que se somam todos os artigos ao invés de artigos com maiores h.
- Índice “h” individual (original)
 - Proposto por Batista *et al* (2006), este índice busca comparar pesquisadores com diferentes interesses científicos. Este parâmetro divide o índice h padrão pelo numero médio de autores nos artigos que contribuem para o índice h, a fim de reduzir efeitos de coautoria.
- Índice “hl,norm”, h individual (variação PoP)
 - Este índice denotado por hl,norm toma uma abordagem diferente: ao invés de dividir o índice h total, ele normaliza o número de citações de cada publicação dividindo o número de citações pelo número de autores em cada trabalho, e então calcula o h com a contagem de citações normalizada. Nesta outra abordagem do índice h individual, refina-se a análise por meio da contabilização do impacto por autor.
- Índice “hm”, h multi-autoral
 - Schreiber (2008) utilizou em seu método a contagem “fracionada” de publicações ao invés contagem de citações reduzida, a fim de contabilizar autoria compartilhada de artigos, e então determina o h de multi-autoria baseado no ranking efetivo resultante utilizando contagem de citações não diluída.
- Índice hl,anual, incremento médio anual do h individual
 - *Publish or Perish* também calcula este incremento, baseado no h individual. Igualmente ao hl,norm, este parâmetro remove padrões que possam distorcer o h. Além disto ele busca reduzir o efeito de extensão da carreira e fornecer uma melhor comparação entre pesquisadores juniores e seniores.

Estes índices, cada qual com as suas características, servem de referência para hierarquização de autores, e priorizar o estudo das publicações. O uso destes valores pode ser trabalhado juntamente com outros critérios.

A base de publicações Google Scholar foi utilizada para seleção e análise de estudos devido a sua maior abrangência em relação à Microsoft Academic Search, além de que a base Google representa pouca defasagem mesmo em relação à base Institute for Science Information (ISI) Web of Science (ROKACH, 2012).

2.3 Observatórios da Indústria – FIEP

Os Observatórios da Federação das Indústrias do Paraná – Sistema FIEP (SESI/SENAI/IEL) surgiram em 2004, influenciados por semelhantes iniciativas internacionais. A equipe realiza atualmente projetos de análise de transformação do futuro, pautados às seguintes áreas de interesse da indústria: educação, saúde e segurança do trabalho, responsabilidade social e ambiental, esporte, cultura, lazer, formação profissional, serviços técnicos e tecnológicos, inserção profissional, gestão e inovação, capacitação e articulação empresarial. Há uma série de documentos disponibilizados ao público em geral acerca da situação industrial paranaense, como: Propostas para Competitividade da Indústria Paranaense, Panorama Industrial 2015, Cenários da Indústria Automotiva: RMC 2020, Setores Portadores de Futuro para o Estado do Paraná, Rotas Estratégicas, Paraná em Dados – 2015. No entanto, observou-se que somente o relatório do projeto Bússola da Inovação apresentou os dados mais próximos do escopo deste trabalho.

Por meio do contato com pesquisadores dos Observatórios, obteve-se a informação de que, com o recorte dado às pesquisas realizadas, não há disponibilidade de informações mais detalhadas sobre pontos interessados a este trabalho, como a especificação das melhorias realizadas em etapas de *setup* em linhas de produção.

3 METODOLOGIA

O planejamento e gestão de atividades de Pesquisa e Desenvolvimento são geralmente tarefas desafiadoras, compostas por grandes quantidades de informação disponíveis aos pesquisadores. Um dos maiores problemas que surgem logo ao início é a necessidade de se obter razoável entendimento do estado atual de pesquisas no campo do conhecimento, de cenários futuros, e da identificação de tecnologias com potencial de crescimento e que devem ser enfatizadas (ZIEGLER et al, 2008). Informações de trabalhos passados e sobre o estado presente estão disponíveis em uma série de modalidades de fontes. A tarefa de extrair informações úteis destas fontes é conhecida como “*tech-mining*”, conceito já discutido anteriormente. Nesta seção dividiu-se em etapas o trabalho desempenhado para a pesquisa proposta, são elas:

1. Definição da base de informações:
 - a. Publicações: principalmente o Portal Google Scholar, mas também Portal de Periódicos da CAPES para avaliação comparativa;
 - b. Relatórios Técnicos Setoriais dos Observatórios da Indústria na Federação das Indústrias do Estado do Paraná – Bússola da Inovação.
2. Aplicação de ferramenta de mineração – *Publish or Perish*. Esta escolha se deu por tratar de diversos dados simples de estatística (como número de artigos, número de citações, entre outros) e, como foi verificado no capítulo anterior, dispõe de diversos parâmetros para cálculo, viabilizando análises comparativas mais customizadas. Além disso, a ferramenta possui vasta documentação, o que facilita a sua aplicação neste trabalho. Foram definidas algumas restrições estratégicas de pesquisa:
 - a. Remoção de publicações listadas:
 - em outras áreas sem relação com manufatura;
 - anteriores a 1985 (ano de primeira publicação de Shingo sobre SMED);
 - publicações próprias de Shigeo Shingo;

- com 0 citações;

3. Avaliação objetiva e subjetiva:

a. Objetiva ou quantitativamente:

- Metadados – dados básicos sobre as publicações, como por exemplo, autor, periódico, ano, citações, etc.;
- Índices de impacto – conforme já explanado na seção anterior;
- Técnicas de melhorias adotadas;
- Ganhos produtivos obtidos com melhorias.

b. Subjetiva ou qualitativamente:

- Será avaliada a comparação entre as 10 publicações melhores pontuadas, isto é, se a ferramenta realmente fornece um bom direcionamento para os trabalhos de maior impacto;

3.1 Publish or Perish

A interface do programa *PoP* é bastante simples, como pode-se ver na Figura 3.1. Nesta figura têm-se os campos de busca para a Análise de Citações em modo “Citações gerais” (*General citations*), em que há possibilidade de preenchimento dos seguintes campos de busca: autores, periódico, número de série do periódico em padrão internacional (ISSN - *International Standard Serial Number*), diversos termos (encontrados fora de ordem), qualquer um dos termos (*Any of the words*), nenhum dos termos (*None of the words*), frase completa (*The phrase*). Além disto, pode-se optar por um intervalo de ano de publicação e análise somente dos títulos dos trabalhos buscados na base de pesquisa (*Title words only*).

Como fonte de dados a ferramenta permite a busca sobre o portal *Google Scholar*, ou *Google Acadêmico* na versão em português, e no *Microsoft Academic Search*. Optou-se por utilizar o *Google Scholar*, pois estimativas recentes de pesquisadores indicam que o portal possui a cobertura sobre 160 milhões de documentos registrados em sua base, o dobro de publicações da base *Microsoft* (ORDUÑA-MALEA et al., 2014).

The screenshot shows the Harzing's Publish or Perish software interface. The main window is titled "General citation search - Perform a general citation search". The search criteria are as follows:

- Authors ("A Lastname"): (empty)
- Publication: (empty)
- Journal ISSN: (empty)
- All of the words: (empty)
- Any of the words: (empty)
- None of the words: (empty)
- The phrase: single minute exchange of die
- Year of publication between: 0 and 0 (Title words only: unchecked)
- Data source: Google Scholar

The search results are displayed in a table with the following columns: Cites, Per year, Rank, Authors, and Title. The results are sorted by Rank (ascending).

| Cites | Per year | Rank | Authors | Title |
|-------|----------|------|------------------------|--|
| 1754 | 116.93 | 109 | A Gunasekaran, C ... | Performance measures and metrics in a supply cha |
| 1591 | 132.58 | 152 | A Gunasekaran, C ... | A framework for supply chain performance measur |
| 1540 | 57.04 | 17 | S Shingo, AP Dillon | A study of the Toyota production system: From an |
| 1027 | 33.13 | 36 | AP Dillon, S Shingo | A revolution in manufacturing: the SMED system |
| 882 | 51.88 | 180 | A Allahverdi, JND G... | A review of scheduling research involving setup co |
| 429 | 15.32 | 69 | S Shingo | Non-stock production: the Shingo system of contin |
| 380 | 15.83 | 49 | DR Towill, MM Naim... | Industrial dynamics simulation models in the design |
| 368 | 23.00 | 52 | G Svensson | A conceptual framework for the analysis of vulner |
| 238 | 26.44 | 97 | BJ Hicks | Lean information management: Understanding and |
| 232 | 21.09 | 113 | TL Doolen, ME Hacker | A review of lean assessment in organizations: an e |
| 213 | 35.50 | 246 | B Clegg, MPJ Pepp... | The evolution of lean Six Sigma |
| 177 | 11.06 | 37 | S Shingo | Sistema de troca rápida de ferramenta |
| 138 | 5.11 | 57 | CR O'Neal | The buyer-seller linkage in a just-in-time environme |
| 134 | 8.38 | 29 | G Chand, B Shirvani | Implementation of TPM in cellular manufacture |
| 119 | 9.92 | 34 | MC Eti, SOT Ogaji, ... | Implementing total productive maintenance in Nige |

Summary statistics for the search results:

- Papers: 980
- Citations: 13565
- Years: 31
- Cites/year: 437.58
- Cites/paper: 13.84
- Cites/author: 7143.34
- Papers/author: 667.95
- Authors/paper: 1.91
- h-index: 43
- g-index: 112
- hI,norm: 34
- hI,annual: 1.10

The interface also includes a sidebar with navigation options like "Citation analysis", "Publish or Perish tips", and "Help resources". The status bar at the bottom shows "4.25.1.5861", "0/0/0 rpm", "0/10m", "59/h", "59/4h", "2274 total", and "Done".

Figura 3.1 - Interface de busca no programa PoP.

No processo de busca por publicações sobre redução de tempo de *setup* adotou-se o seguinte procedimento, indicado na Figura 3.2: (1) escolha de termos pertinentes ao assunto para a busca, e então filtragem de resultados segundo (2) período de interesse, (3) publicações com significativo impacto na área, (4) remoção de artigos com pouca relação ao tema, e com apenas alguma citação aos termos de busca inicial.

Os termos inseridos na busca foram “*single minute exchange of die*” e “*quick changeover*”. Esta opção foi feita porque a busca por termos em inglês possuem abrangência maior e cobrem até mesmo publicações em português que tenham resumo ou palavras-chave traduzidas. O período arbitrado para busca foi entre 1990 e 2015. Considerou-se que publicações anteriores a 1990 estariam muito defasadas à realidade industrial atual.

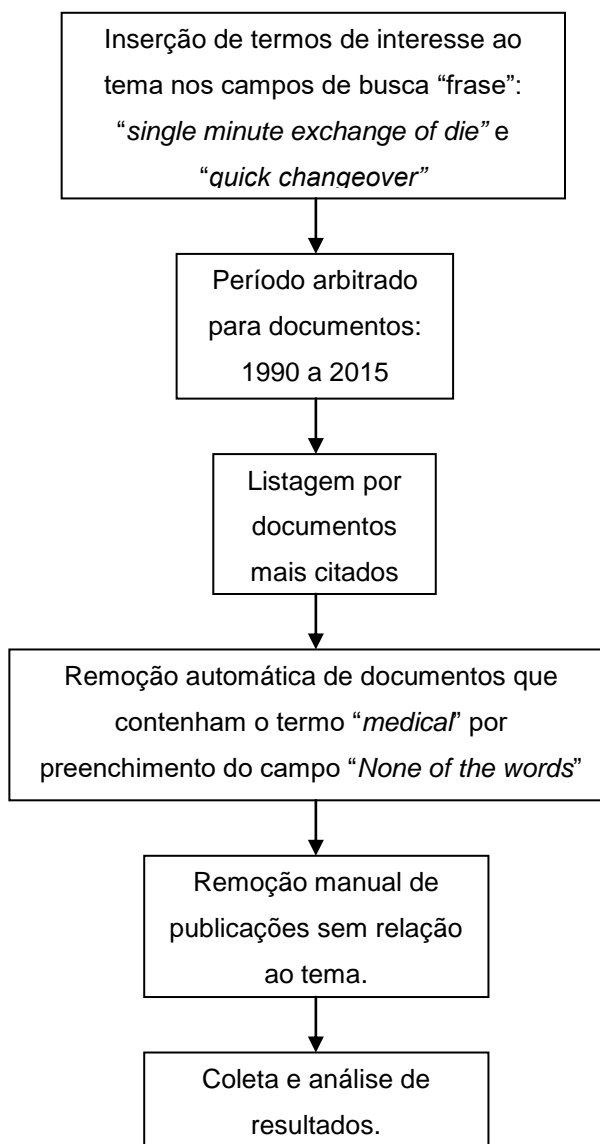


Figura 3.2 – Fluxograma de busca PoP.

Em busca inicial por “*single minute exchange of die*” obteve-se como resultado 980 artigos, no entanto pode-se observar que vários trabalhos não correspondem exatamente ao foco deste trabalho, são voltados a outras ferramentas de manufatura enxuta. Somado a isto, um ponto a se destacar como importante limitação do programa é a restrição de parada de busca em 1000 artigos, mostrado na Figura 3.3. Tomando-se como base a classificação de publicações da CAPES sabe-se que há 1375 periódicos indexados na área de Engenharias III, que engloba Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção. Desta forma pode não haver cobertura completa de documentos relacionados ao tema, se as devidas filtragens de busca não forem realizadas.

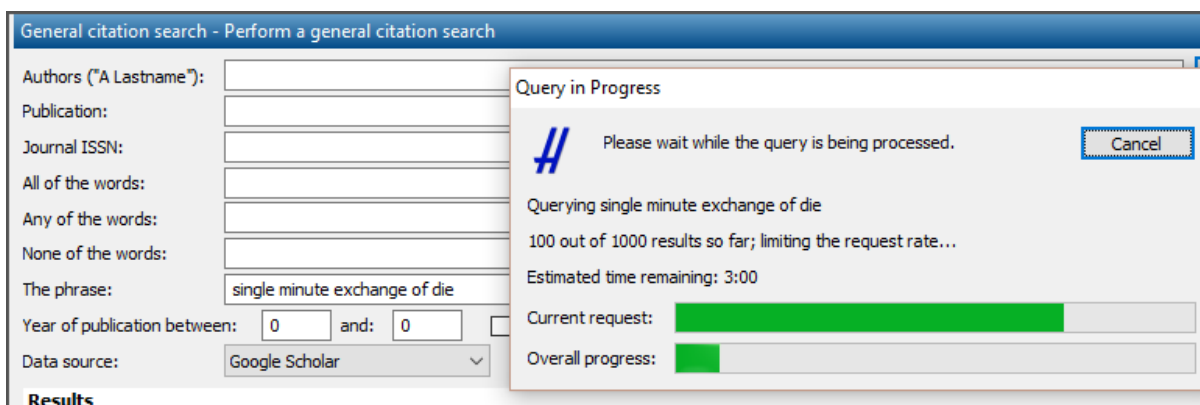


Figura 3.3 – Busca em curso, com indicação de resultados limitados a 1000 documentos.

Após a obtenção dos resultados no campo inferior da janela de busca, foi recuperada a lista de documentos encontrados na base e as estatísticas das publicações selecionadas. Há opção de se copiar tanto as referências dos documentos, quanto as estatísticas de resultados, em três formatos distintos, como exposto na Figura 3.4: texto, valores separados por vírgula (CSV – *Comma-separated values*), ou formato próprio para planilhas *Excel*. Além dos formatos pode-se optar por incluir cabeçalho nas tabelas.

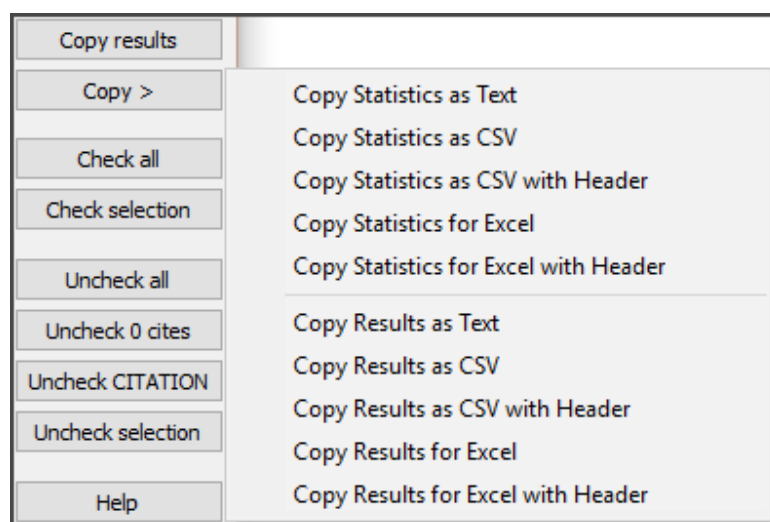


Figura 3.4 - Comando de cópia de Estatísticas e Resultados de busca.

Para melhor organização dos dados, as cópias foram realizadas para planilhas *Excel*. Como exemplo, pode-se ver a disposição de informações nos resultados de busca de autor por “RI McIntosh”, pesquisador citado área de redução de *setup*.

3.2 Observatórios da Indústria – FIEP

3.2.1 Bússola da Inovação

Bússola da Inovação é um dos projetos dos Observatórios, que busca a cada ano auxiliar as indústrias do Paraná a crescer e a melhorar as suas metodologias de trabalho. Para tanto, o projeto necessita coletar informações específicas sobre a inovação no Estado, para realizar o devido direcionamento de apoio às empresas envolvidas. Os trabalhos incluem uma pesquisa online em que é gerado diagnóstico personalizado do tema, certificado de participação no estudo, além de haver a participação em sorteio de prêmios. O formato do questionário foi elaborado com base em outras pesquisas mundiais sobre inovação, extensa revisão de literatura e entrevistas com especialista de área. Além disto, levou-se em conta o sigilo dos dados coletados conforme as exigências do Código Internacional de Ética e Pesquisa.

4 RESULTADOS

4.1 Periódicos via PoP

Pesquisas preliminares por publicações sobre “manufatura enxuta” (*lean manufacturing*) apresentaram interessante evolução em quantidade de trabalhos disponíveis, Figura 4.1, mas dentre os resultados observou-se a ausência de referência à metodologia SMED entre as palavras-chave. Em todas as etapas de pesquisa por publicações foi utilizada a plataforma Google Scholar via ferramenta *Publish or Perish (PoP)*.

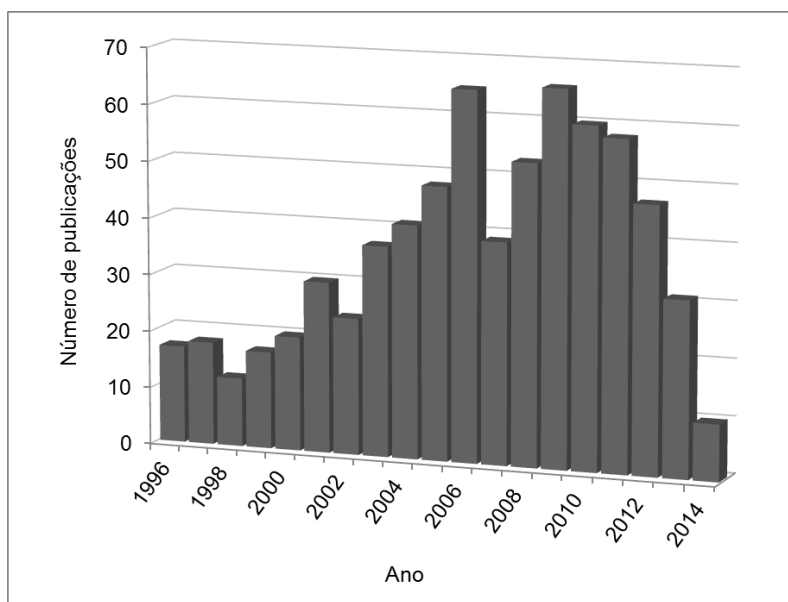


Figura 4.1 - Volume de publicações selecionadas através de acesso Google Scholar via *Publish or Perish* – busca por “lean manufacturing” (total de 718 resultados entre 1990 e 2015).

Já o volume de publicações com referência à redução de tempo de *setup*, mostrou-se comparativamente bastante reduzido. Para o mesmo período (de 1990 a 2015) foi realizada a pesquisa pelas expressões “*single minute exchange of die*” e “*quick changeover*”, termos correlatos neste tema. Ao final da aplicação da metodologia adotada obteve-se o total de 79 publicações (Apêndice A), distribuídas ao longo dos anos conforme ilustrado na Figura 4.2. Os dez artigos mais citados foram classificados, Tabela 5, e analisados. No entanto, um autor ganhou destaque em número de citações, Richard McIntosh. Em busca mais apurada pelos trabalhos do autor observou-se que o pesquisador faz parte de um grupo de pesquisa direcionado especificamente à redução de tempo de *setup*, na Universidade de Bath

na Inglaterra. Assim foram adicionadas mais algumas publicações não listadas nesta busca inicial. Este grupo assume que ao longo de 3 anos voltados à pesquisa de técnicas de redução de setup teve como objetivos principais: identificar e classificar técnicas de melhorias em tempos de setup, desenvolver uma metodologia completa de setup rápido, desenvolver ferramental adaptado, desenvolver princípios genéricos de projeto para troca rápida de ferramentas, desenvolver a compreensão completa dos benefícios da troca rápida de ferramentas.

A equipe da Universidade de Bath trabalhou com uma série de indústrias e teve como principais resultados: metodologia geral de troca rápida de ferramentas dividida em 3 estágios, catálogo de 200 ideias de melhorias de setup, procedimento de análise para justificativa financeira e outros benefícios de redução de setup, método de auditoria de maquinário e de linha de produção como um todo.

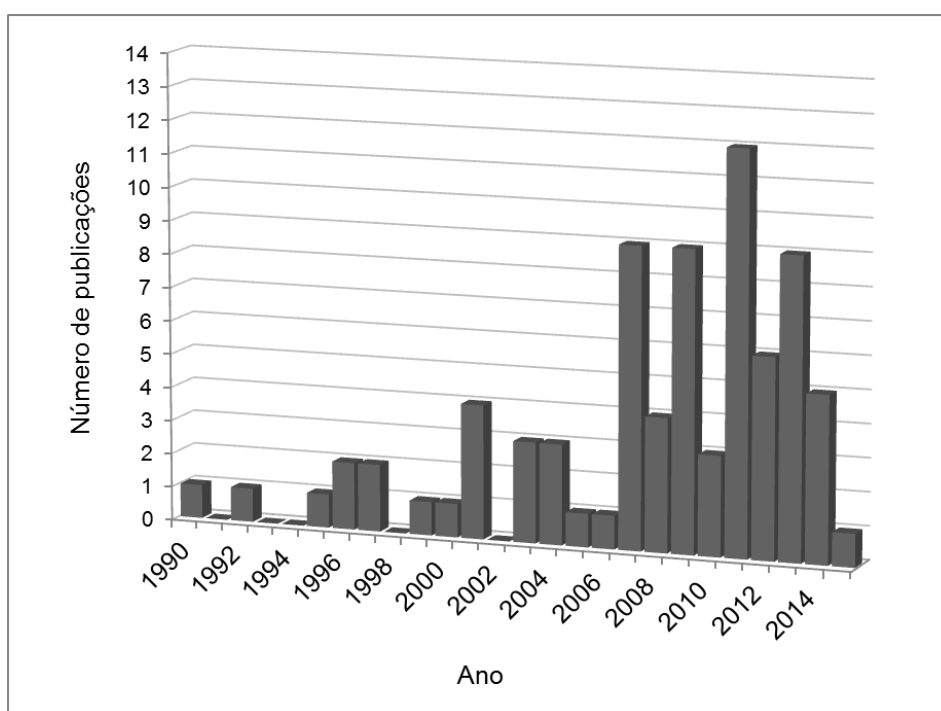


Figura 4.2 – Volume de publicações obtidas por GS via PoP – busca pelas expressões “single minute exchange of die” e “quick changeover”. Total de 78 resultados entre 1990 e 2015.

Tabela 5 – Dez primeiras publicações sobre SMED com maior número de citações.

| Autoria (ano) | Citações | Título | Periódico |
|-----------------------------------|----------|---|---|
| MCINTOSH et al (2001) | 81 | A critical evaluation of Shingo's' SMED'(Single Minute Exchange of Die) methodology | International Journal of Production Research |
| MOXHAM e GREATBANKS (2001) | 71 | Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment | International Journal of Quality & Reliability Management |
| AR Mileham, SJ Culley, GW Owen... | 64 | Rapid changeover-a pre-requisite for responsive manufacture | International Journal of Operations & Production Management |
| GILMORE e SMITH (1996) | 54 | Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study | International Journal of Operations & Production Management |
| SUGAI et al (2007) | 48 | Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso | Revista Gestão & Produção |
| FOGLIATTO e FAGUNDES (2003) | 48 | Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso | Revista Gestão & Produção |
| MCINTOSH et al (2007) | 43 | Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology | IEEE Transactions on Engineering Management |
| CAKMAKCI (2009) | 41 | Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry | The International Journal of Advanced Manufacturing Technology |
| ULUTAS (2011) | 28 | An application of SMED Methodology | International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering |
| PATEL et al (2001) | 28 | Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing | The TQM Magazine |

Fonte: autoria própria.

McIntosh et al (2001) é o artigo com maior número de citações – 81. Neste trabalho foi realizada uma análise crítica quanto à abrangência da metodologia SMED sobre processos produtivos, isto é, procurou-se destacar quais aspectos operacionais não são contemplados pelas técnicas SMED, e que estariam sujeitas a aprofundamento de estudos. Os principais pontos verificados foram:

- Talvez como ponto de maior relevância, a consideração dos períodos de aceleração e desaceleração, Figura 4.3, que fazem limite com o período de *setup*, e podem ter um desempenho inferior à meta de produção. Estes aspectos não são considerados na metodologia de Shingo (2005), e, no entanto, trata-se de um fenômeno característico de alguns tipos de linhas de produção.

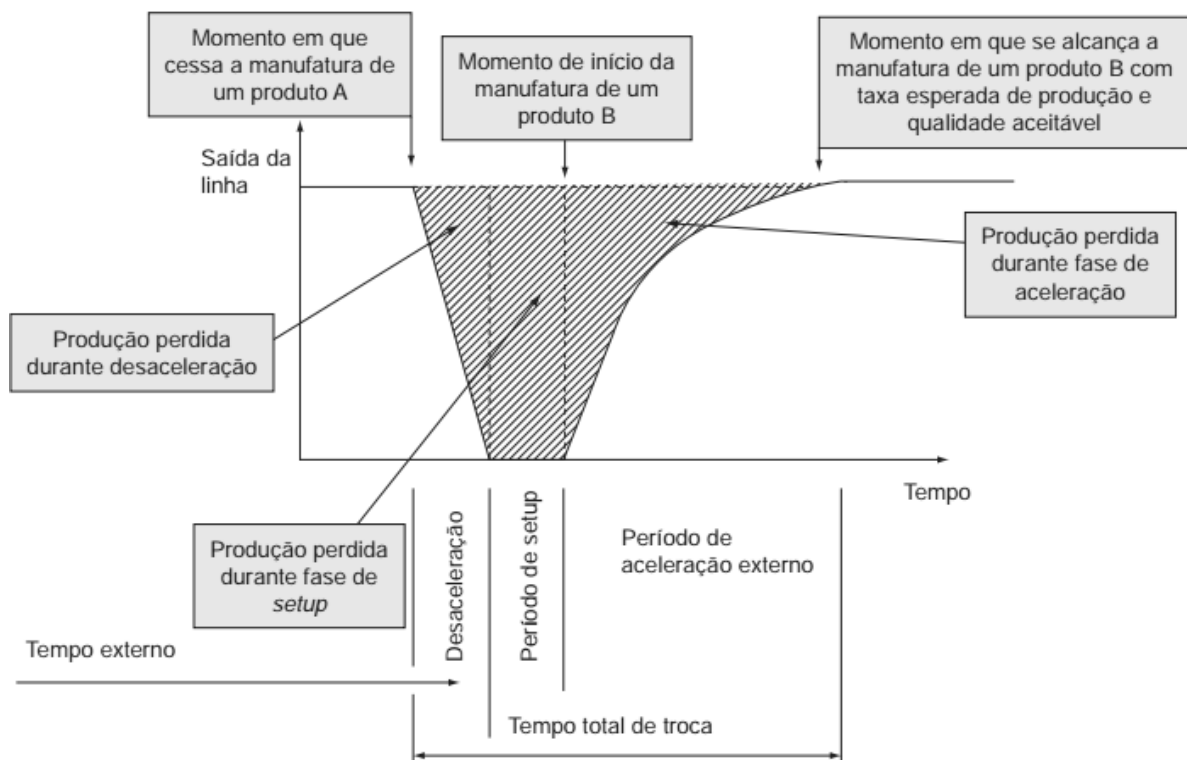


Figura 4.3 - Perdas de produção presentes em períodos de *setup*, aceleração e desaceleração.

Fonte: McIntosh et al., 2001.

- Influência do sequenciamento de lotes de peças sobre a preparação da linha, e especialmente no *setup*;

- Enfoque sobre a relevância de melhorias em projetos de máquinas (quando as melhorias organizacionais da metodologia não são mais suficientes ou possíveis), e não somente enfoque sobre conversão de SI em SE;
- Padronização de um método de rigor e controle de especialistas para a realização de auditorias para a manutenção de tempos de *setup*;

Os autores afirmaram que a metodologia de Shingo não se aprofunda muito sobre o problema real de perda de capacidade em momentos de aceleração e desaceleração de produção. Embora a metodologia do SMED afirme que basta eliminar ajustes para se alcançar grande redução de tempo, percebeu-se no caso apresentado, que apenas a aplicação do SMED não é garantia de produtividade, principalmente na perda de capacidade de produção antes e após a realização das etapas de *setup* na linha.

Mileham et al (1999) em publicação anterior discorrem sobre a importância de um rápido *setup* em um sistema de manufatura responsivo, que responda rapidamente às demandas de fabricação. Nota-se que McIntosh é co-autor neste trabalho. Este artigo discute o papel e impacto das etapas de projeto sobre a criação de rápidas e sustentáveis etapas de *setup*. Em um diagrama de limites hipotéticos de redução de *setup*, Figura 4.4, os autores analisam a proporcionalidade entre os ganhos em redução de tempo e os custos, caso seja ou não aplicada metodologia de melhoria em projeto, isto é, com modificações com maiores intervenções sobre a linha, interferindo diretamente sobre o projeto de *layout*.

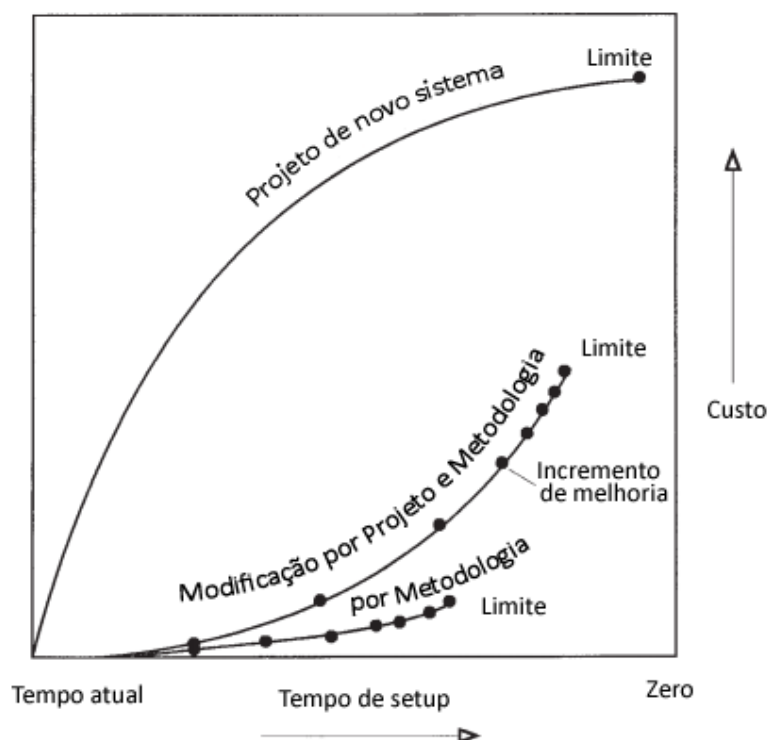


Figura 4.4 – Limites e custos hipotéticos para melhorias de setup segundo diferentes estratégias.

Fonte: Mileham et al, 1999.

Tabela 6 – Aspectos de melhorias de setup segundo Metodologia e Projeto.

| Aspecto | Somente Metodologia | Projeto e metodologia |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Tempo para alcançar melhoria | Rápido | Prolongado |
| Esforço requerido | Baixo-médio | Médio-alto |
| Custo | Baixo-médio | Médio-alto |
| Sustentabilidade | Constante atenção | Facilmente mantida |
| Potencial de redução de tempos | 40 a 70% | Até 100% |

Fonte: Mileham et al, 1999.

Moxham e Greatbanks (2001) analisaram pré-requisitos para aplicação da metodologia SMED em estudo de caso sobre uma indústria na área têxtil. A empresa em questão dividia-se em dois ramos de negócio: fios para redes de pesca, e para carpetes residenciais. Constatou-se na produção de carpetes residenciais um *lead*

time (tempo de ciclo básico de produção) de 2 semanas, e *setup* de 6 horas. Isto significou um tempo reservado à preparação de 2,4%. No entanto, com um turno estratégico de processo voltado a fios de carpetes comerciais o tempo de *setup* acabou aumentando para aproximadamente 38%. Embora a margem de lucro obtida tenha sido alta, se as etapas de *setup* não pudessem ser reduzidas a planta poderia acabar se tornando bastante improdutiva. A equipe de gerenciamento então decidiu por aplicar princípios SMED na redução destes tempos de *setup*.

As atividades iniciaram seguindo o método de Shingo, com a identificação de etapas de *setup* interno e externo, para conseqüente trabalho de conversão de interno para externo. Mas antes disso foram apontadas quatro principais áreas de pré-requisitos: (1) abordagem da equipe envolvida na melhoria para comunicação consistente das atividades, (2) controle visual da fábrica, (3) medição de desempenho, (4) melhoria contínua em vista de simplificar avaliação e medição de processos; então se discorreu sobre a importância de cada fator sobre a performance de processo. No entanto a passagem de maior importância focou-se sobre a citação das críticas McIntosh et al (1996) quanto a considerações da metodologia SMED em processos específicos de estamaria, e foi ressaltada a importância estratégica de melhoria em projeto de processo mesmo para “manufaturas contínuas”, visto que a indústria têxtil tem características bastante diferentes da “produção discreta” observada em instalações de prensas de estamaria. Discutiu-se brevemente sobre a possibilidade de parada parcial, como em um rodízio, de uma série de carretéis na etapa de enrolamento de fios crus a fim de se obter melhor produtividade ao invés de ocorrer parada total de linha. Como o artigo não focou sobre a contabilização de ganhos de tempos, não foi colocado valor algum de redução de tempos.

Gilmore e Smith (1996) analisaram a possibilidade de melhorias em uma indústria farmacêutica em situação problemática de capacidade de produção após novos contratos assumidos. O contexto de trabalho foi particularmente propício à pesquisa devido à presença de um gestor interno que estava realizando projeto de pós-graduação em assunto correlato.

O enfoque de estudo foi dado às etapas relativas a compressão de tabletes ou drágeas de medicamentos. Neste processo obteve-se a seguinte divisão de tempos: 28% de *setup*, 36,5% de operação normal, 27% de espera (por matéria-prima,

operador, ou reparo), e os 8,5% restantes destinados a reparos e outras operações. Da parcela de 27%, 15,7% dos tempos foram contabilizados para regulagem e manipulação da máquina pelo operador.

Outros trabalhos, como o de Ulutas (2011), Cakmakci (2009), Patel et al (2001) tiveram abordagem representativa sobre estudos de caso sobre diferentes ramos industriais, embora somente Ulutas tenha constatado numericamente os ganhos produtivos da metodologia aplicada.

Tabela 7 – Benefícios conferidos pela aplicação de metodologia SMED.

| | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | Rápida resposta às variações de mercado, maior flexibilidade operacional | 9 | Redução de tempo de espera de produtos para processamento |
| 2 | Possibilidade de produção em pequenos lotes | 10 | Possibilidade de aumento do <i>mix</i> de fabricação |
| 3 | Redução dos custos | 11 | Redução de esforços do operador |
| 4 | Diminuição do lead time | 12 | Redução dos defeitos retrabalhos provenientes de preparação mal feita |
| 5 | Aumento de produtividade | 13 | Aumento da taxa de giro de estoque |
| 6 | Redução de níveis de estoque | 14 | Mudança na cultura organizacional |
| 7 | Eliminação de gargalos | 15 | Melhor utilização de área fabril |
| 8 | Melhoria de qualidade | 16 | Redução de lotes em processo |

Fonte: Satolo e Calarge, 2008.

Após leitura dos dez artigos mais citados foi realizado o “cruzamento” dos trabalhos com estes 16 benefícios, e foi organizada uma matriz, na Tabela 8, com publicações que citaram maior número de benefícios e benefícios mais frequentes, mas sem quantificação de “potencial de melhorias”. Utilizou-se representação semelhante ao “*heat map*”, Figura 4.5, em que contabilizou-se a frequência de determinados benefícios, da Tabela 7. Um *heat map* é uma representação gráfica em que dados contidos em uma matriz são representados por cores. Desta forma a Tabela 8 tem natureza binária: a célula em preto na primeira linha e segunda coluna

representa que Mileham et al. (1999) citaram o benefícios “2” da metodologia SMED, indicada como a “possibilidade de produção em pequenos lotes”.

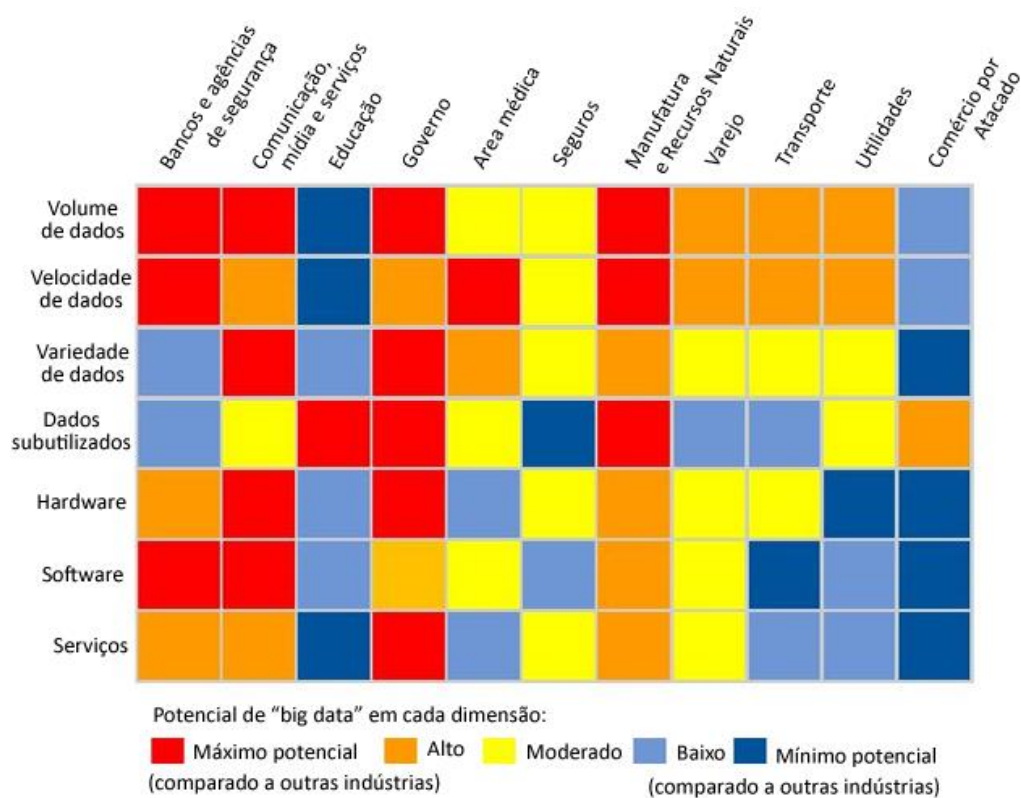


Figura 4.5 – “Heat map” de oportunidades voltadas à análise de dados, ou “Big data”.

Fonte: Gartner, 2015.

Tabela 8 - Cruzamento de publicações e benefícios do método SMED.

| Posição | Citações | Autor | Benefícios | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-----------------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | | 1 | 2 | 4 | 3 | 9 | 5 | 8 | 10 | 6 | 11 | 14 | 15 | 16 | 7 | 12 | 13 | Freq. |
| 3 | 64 | MILEHAM et al (1999) | | ■ | | | ■ | ■ | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | | | | 44% |
| 9 | 28 | ULUTAS (2011) | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | | | | 44% |
| 8 | 41 | CAKMAKCI (2009) | ■ | | | ■ | | ■ | | ■ | | | | | ■ | | | | 37% |
| 10 | 28 | PATEL et al (2001) | ■ | | ■ | | ■ | | ■ | | | | | | | ■ | ■ | | 37% |
| 6 | 48 | FOGLIATTO e FAGUNDES (2003) | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | ■ | 31% |
| 7 | 43 | MCINTOSH et al (2007) | ■ | ■ | | | ■ | | | | ■ | ■ | | | | | | | 31% |
| 2 | 71 | MOXHAM e GREATBANKS (2001) | ■ | | ■ | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | 25% |
| 4 | 54 | GILMORE e SMITH (1996) | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | | | | | | | | | 25% |
| 5 | 48 | SUGAI et al (2007) | ■ | | ■ | ■ | | ■ | | | | | | | | | | | 25% |
| 1 | 81 | MCINTOSH et al (2000) | | | | | | | | | | | | | | | | | 0% |
| Frequência | | | 70% | 50% | 50% | 40% | 40% | 40% | 30% | 30% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 10% | 10% | 10% | |

Fonte: autoria própria.

Os artigos com maior número de citações apresentaram como principais benefícios da redução de setup: a rápida resposta às variações de mercado e maior flexibilidade operacional, possibilidade de produção em pequenos lotes com baixo desperdício, e diminuição do *lead time*.

Tabela 9 – Características das publicações mais citadas sobre SMED.

| Autor | Principais técnicas ou metodologias adotadas | Redução de tempo de setup (%) | Observações |
|-----------------------------|--|-------------------------------|--|
| MILEHAM et al (1999) | Grampos funcionais, eliminação de ajustes | 43,7 | Investimento de £45mil gerou retorno de economia de £500mil anuais |
| ULUTAS (2011) | Conversão SI em SE, eliminação de ajustes | 37,4 | Estudo de caso clássico com matrizes |
| CAKMAKCI (2009) | Grampos funcionais de aperto rápido | - | Relacionou-se SMED com capacidade de processo |
| PATEL et al (2001) | Eliminação de ajustes, aplicação de <i>poka-yoke</i> | - | Estudo de caso com 4 empresas |
| FOGLIATTO e FAGUNDES (2003) | Eliminação de ajustes, conversão de SI em SE | 72 | Estudo de caso em indústria moveleira |
| MCINTOSH et al (2007) | - | - | Análise da importância de programação e alocação de tarefas |
| MOXHAM e GREATBANKS (2001) | Pré-requisitos de aplicação SMED | - | Estudo de caso em indústria têxtil |
| GILMORE e SMITH (1996) | Identificação de SI e SE | 70 | Estudo de caso em indústria farmacêutica |
| SUGAI et al (2007) | - | - | Análise crítica e estudo de caso |
| MCINTOSH et al (2000) | - | - | Análise crítica de aspectos não contemplados pela metodologia |

Fonte: autoria própria.

Tabela 10 – Publicações em ordem de maior número de citações e respectivos índices, via PoP.

| Publicação | Índices | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|
| | h | g | hc | hl | hl_n | AWCR | AW | AWCRpA | e | hm |
| MCINTOSH et al (2000) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 1,00 | 5,40 | 2,32 | 1,35 | 8,94 | 0,25 |
| MOXHAM e GREATBANKS (2001) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 5,07 | 2,25 | 2,54 | 8,37 | 0,50 |
| MILEHAM et al (1999) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 1,00 | 3,76 | 1,94 | 0,94 | 7,94 | 0,25 |
| GILMORE e SMITH (1996) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 2,84 | 1,69 | 1,42 | 7,28 | 0,50 |
| SUGAI et al (2007) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 1,00 | 6,00 | 2,45 | 2,00 | 6,86 | 0,33 |
| FOGLIATTO e FAGUNDES (2003) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 1,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 | 6,86 | 0,50 |
| MCINTOSH et al (2007) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,25 | 1,00 | 5,38 | 2,32 | 1,34 | 6,48 | 0,25 |
| CAKMAKCI (2009) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 6,83 | 2,61 | 6,83 | 6,32 | 1,00 |
| ULUTAS (2011) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 7,00 | 2,65 | 7,00 | 5,20 | 1,00 |
| PATEL et al (2001) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,33 | 1,00 | 2,00 | 1,41 | 0,67 | 5,20 | 0,33 |

Fonte: autoria própria.

Notou-se nesta análise de índices a repetição de vários com valor unitário. Neste sentido entende-se que há ainda a inabilidade do *software* em identificar uma devida pontuação da publicação segundo os índices componentes de cada um dos autores participantes. Assim pouca leitura e análise dos trabalhos podem ser priorizadas em função destes índices de impacto. Optou-se por considerar principalmente a ordem de maiores citações. No entanto, deve-se aqui recordar que os indicadores, como o que foi explanado na seção de Metodologia, são calculados a partir de uma amostra de publicações, como pode-se ver na Figura 4.6. A fim de ser realizada uma avaliação comparativa dos indicadores entre documentos, foram coletados os valores referentes aos dez trabalhos mais citados.

| Results | | | | | |
|-------------|-------|----------------|--------|------------|------|
| Papers: | 78 | Cites/paper: | 10.46 | h-index: | 14 |
| Citations: | 816 | Cites/author: | 425.59 | g-index: | 27 |
| Years: | 20 | Papers/author: | 43.52 | hI,norm: | 10 |
| Cites/year: | 40.80 | Authors/paper: | 2.33 | hI,annual: | 0.50 |

Figura 4.6 - Indicadores de amostra de resultados.
Fonte: autoria própria.

Além dos índices contabilizados pelo software, foram considerados como outra referência para a métrica de resultados a classificação Qualis da CAPES para os periódicos, de acordo com as Áreas do Conhecimento relacionadas ao tema. A classificação tem finalidade prática, pois proporciona às Instituições de ensino, pesquisa e inovação um meio rápido e funcional de sistematizar e oferecer informações referentes a projetos de pesquisa a órgãos da área de ciência e tecnologia. A organização das Áreas abrange áreas básicas (ou Áreas do Conhecimento), subdivididas em subáreas e especialidades (CAPES, 2009).

Ao todo, de 44582 periódicos de todas as Áreas do Conhecimento, 1375 (3,1%) estão indexados na área de Engenharias III, que engloba Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção, Figura 4.6.

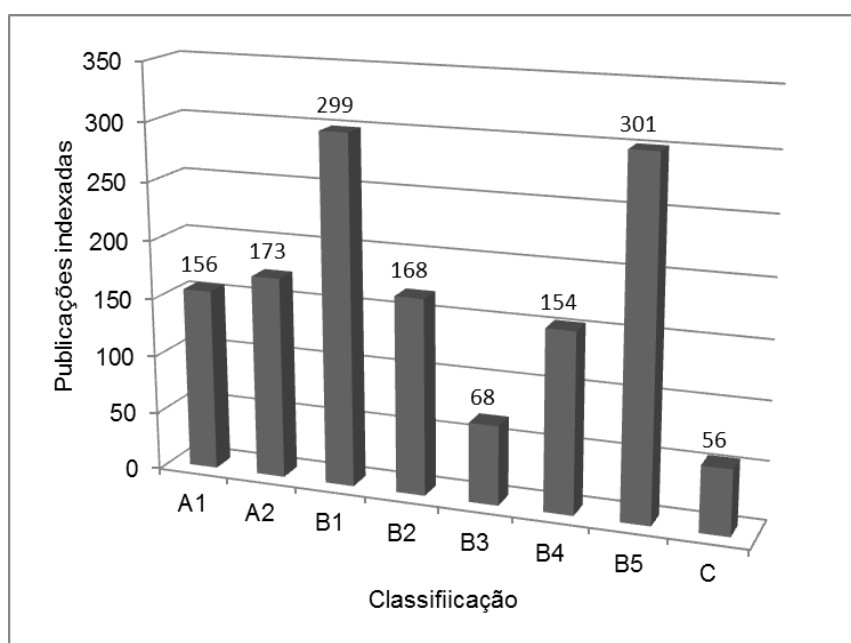


Figura 4.7 - Distribuição de 1375 publicações segundo classificação Qualis.
Fonte: autoria própria.

Nota-se razoável representatividade em quantidade de trabalhos nesta área da Engenharia, pois as publicações com classificação A1 a B2 somam aproximadamente 58% do total. No entanto, um ponto interessante de reserva à consideração desta classificação é o fato de uma mesma publicação possuir diferente avaliação para áreas distintas do conhecimento, conforme se vê o exemplo exposto na Tabela 11.

Tabela 11 – Indexação de periódico para diferentes Áreas do Conhecimento.

| ISSN | Título | Área de Avaliação | Estrato |
|-----------|--|---|---------|
| 1741-038X | Journal of Manufacturing Technology Management | ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E TURISMO | A1 |
| 1741-038X | Journal of Manufacturing Technology Management | ENGENHARIAS III | B2 |
| 1741-038X | Journal of Manufacturing Technology Management | MATEMÁTICA / PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA | B2 |

Fonte: autoria própria.

No entanto, observou-se que a distribuição da Figura 4.6 pouco tem relação com os resultados obtidos na busca do presente tema, Figura 4.7. Isto explica-se principalmente pela larga parcela de publicações em periódicos não-indexados, com Qualis não aplicável (N/A), ainda que a maioria dos artigos mais citados esteja entre classificação A2 e B3 (Tabela 12).

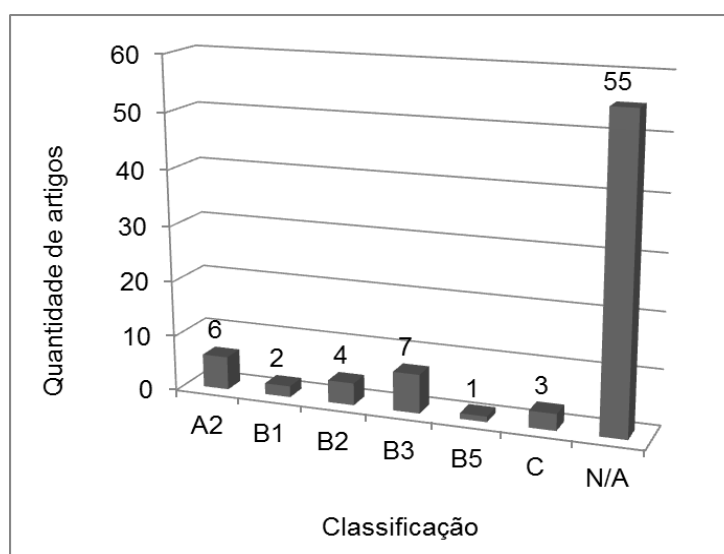


Figura 4.8 – Quantidade de artigos selecionados, por estratos Qualis.
Fonte: autoria própria.

Tabela 12 – Qualis dos artigos mais citados.

| Autor (ano) | Qualis |
|-----------------------------|--------|
| MCINTOSH et al (2000) | A2 |
| MOXHAM e GREATBANKS (2001) | B2 |
| MILEHAM et al (1999) | A2 |
| GILMORE e SMITH (1996) | A2 |
| SUGAI et al (2007) | B3 |
| FOGLIATTO e FAGUNDES (2003) | B3 |
| MCINTOSH et al (2007) | N/A |
| CAKMAKCI (2009) | B1 |
| ULUTAS (2011) | N/A |
| PATEL et al (2001) | N/A |

Fonte: autoria própria.

4.2 Observatórios da Indústria do Paraná

Resultados das respostas fornecidas foram expostos apenas de forma agregada e, portanto, nenhuma empresa, ou respondente, foi identificado na análise geral do projeto de pesquisa. Até o fechamento deste trabalho não havia sido liberado o relatório referente ao ano de 2015. Em relatório de 2013 foram analisadas empresas de 27 setores industriais paranaenses de diferentes portes, Tabela 14.

Os setores que tiveram maior representação na pesquisa Bússola da Inovação também foram aqueles que proporcionalmente têm maior quantidade de indústrias no estado. Os três primeiros, Vestuário e Acessórios, Produtos de Metal e Alimentos, estão entre os seis setores com maior número de estabelecimentos segundo critérios da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS, 2010). Notou-se grande representatividade de microempresas, Figura 4.9, que geralmente são as mais vulneráveis no parque industrial e necessitam de maior auxílio de órgãos como a FIEP, devido à experiência reduzida em otimização de processos e baixos recursos.

Na distribuição das empresas da amostra observou-se a polarização relativa de indústrias localizadas principalmente em Curitiba e Região Metropolitana, Cascavel, Londrina, Maringá e Apucarana; Figura 4.10.

Tabela 13 - Setor e porte da amostra de 1240 indústrias pesquisadas em 2012.

| Setor | Micro | Pequena | Média | Grande | Total | (%) |
|------------------------------------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|
| Vestuário e Acessórios | 78 | 34 | 12 | 1 | 125 | 10,1% |
| Produtos de Metal | 85 | 22 | 1 | 2 | 110 | 8,9% |
| Alimentos | 55 | 33 | 15 | 5 | 108 | 8,7% |
| Móveis | 49 | 25 | 15 | 5 | 94 | 7,6% |
| Maquinas e Equipamentos | 31 | 31 | 10 | 1 | 73 | 5,9% |
| Construção Civil | 23 | 22 | 18 | 8 | 71 | 5,7% |
| Madeira | 34 | 20 | 15 | 1 | 70 | 5,6% |
| Borracha e Plástico | 33 | 22 | 9 | 1 | 65 | 5,2% |
| Produtos Diversos | 48 | 5 | 6 | 2 | 61 | 4,9% |
| Edição e Impressão | 41 | 9 | 3 | 0 | 53 | 4,3% |
| Produtos Químicos | 25 | 19 | 6 | 2 | 52 | 4,2% |
| Tecnologia da Informação | 35 | 12 | 3 | 0 | 50 | 4,0% |
| Manutenção de Maq. e Equip. | 31 | 6 | 3 | 1 | 41 | 3,3% |
| Metalurgia | 16 | 15 | 51 | 5 | 41 | 3,3% |
| Produtos de Minerais Não-Metálicos | 28 | 5 | 5 | 0 | 38 | 3,1% |
| Têxteis | 18 | 6 | 6 | 3 | 33 | 2,7% |
| Veículos e Carrocerias | 15 | 6 | 5 | 5 | 31 | 2,5% |
| Celulose e Papel | 9 | 11 | 8 | 3 | 31 | 2,5% |
| Materiais Elétricos | 8 | 7 | 9 | 1 | 25 | 2,0% |
| Equipamentos de Informática | 8 | 9 | 2 | 1 | 20 | 1,6% |
| Reparação de Veículos | 10 | 5 | 2 | 1 | 18 | 1,5% |
| Bebidas | 6 | 2 | 2 | 1 | 11 | 0,9% |
| Couro e Calçados | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0,6% |
| Equipamentos de Transporte | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0,3% |
| Extração de Minerais Não-Metálicos | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0,2% |
| Farmoquímicos e Farmacêuticos | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0,2% |
| Produtos do Petróleo e Biocomb. | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0,1% |
| Total | 698 | 331 | 160 | 51 | 1240 | 100% |

Fonte: FIEP, 2013.

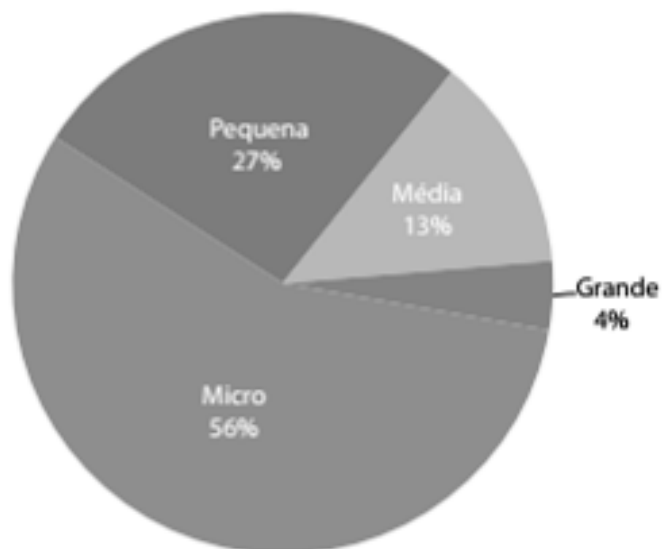


Figura 4.9 - Porte da amostra de pesquisa.
Base de 1240 empresas.

Fonte: FIEP, 2013.

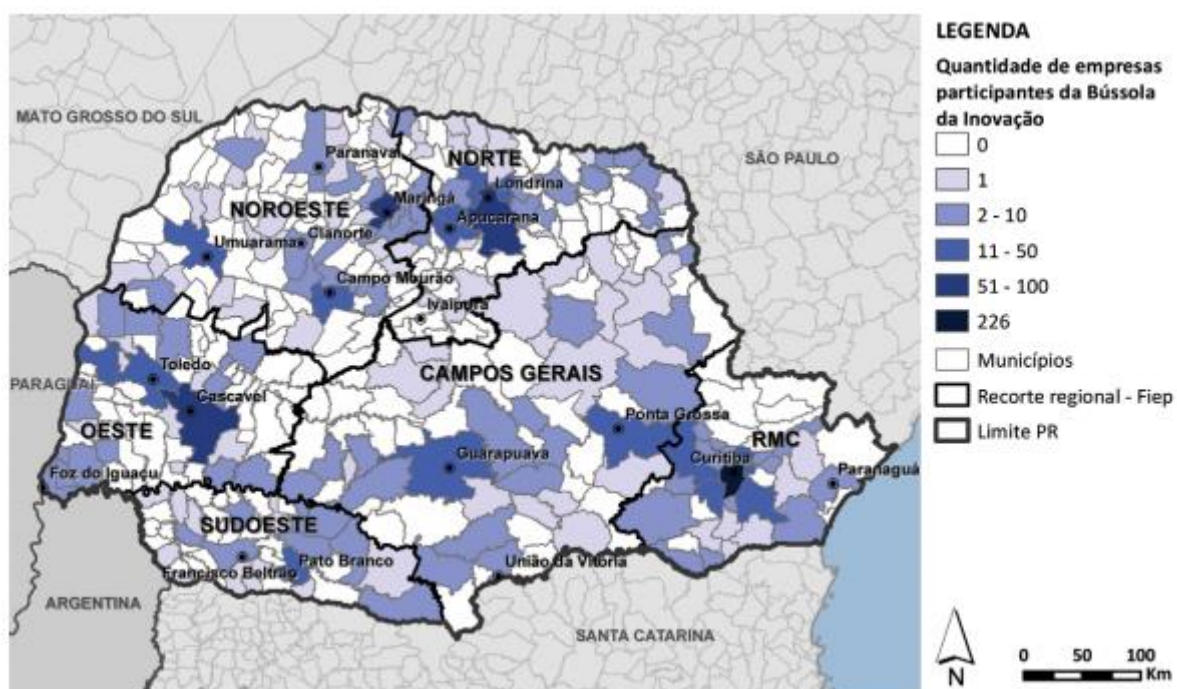


Figura 4.10 - Distribuição de empresas respondentes de acordo com os municípios do Paraná em 2012. Base de 1240 empresas paranaenses.

Fonte: FIEP, 2013.

O estudo dividiu-se em 10 dimensões avaliadas de acordo com as respostas, atribuindo valores de 0 a 4 para indicar a intensidade/valor das dimensões presentes nos processos de inovação das empresas do setor, Figura 4.11. Em níveis de valor entre 0 e 1, não há exatamente déficit do setor em relação à dimensão. Uma possibilidade é de que o setor ainda esteja iniciando o desenvolvimento desta dimensão, ou que seja de importância reduzida na atividade econômica. De forma similar um valor entre 2 e 4 não evidencia que o setor não esteja propenso a melhorar ainda mais em dado ponto. Os três primeiros setores mostraram resultados bastante semelhantes no Gráfico Radar, exceto pela dimensão de Pesquisa e Desenvolvimento, que teve menor intensidade no setor de Produtos de Metal.

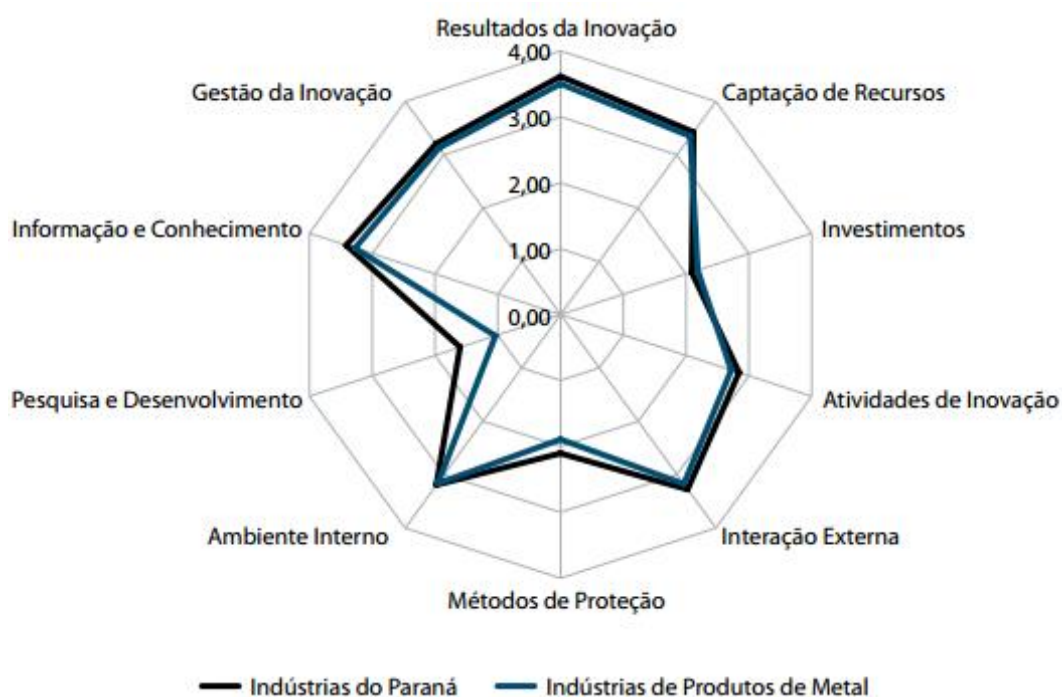


Figura 4.11 - Gráfico Radar Bússola da Inovação para as 10 dimensões compreendidas pela pesquisa – Produtos de Metal.

Fonte: FIEP, 2013.

Dentre as ações voltadas à inovação, melhorias significativas em um processo de produção foi o segundo tópico de maior pontuação, praticado por 74,5% das empresas no setor, Figura 4.12. Conforme o que já foi explanado, não há maior detalhamento registrado quanto ao tipo de melhoria praticada nas empresas. No entanto, entre as atividades de inovação declaradas, Figura 4.13, sabe-se que 56%

das empresas trabalharam sobre mudanças na preparação para produção e distribuição de produtos. Isto mostra possível foco sobre melhorias em etapas de *setup*.

Tabela 14 - Ações de Inovação entre 2010-2012 – Produtos de Metal.

| | Qtd | % |
|--|-----|--------|
| Total de Empresas | 110 | |
| Melhorias significativas nas características ou usos de seus produtos ou serviços existentes | 93 | 84,5% |
| Melhorias significativas em urn processo de produção | 82 | 74,50% |
| Introdução de urn novo produto ou serviço | 80 | 72,70% |
| Implementação de urn novo processo nas praticas de negócios da empresa e/ou na organização do seu local de trabalho e/ou ern suas relações extemas | 73 | 66,40% |
| Implementação de urn novo processo de produção | 70 | 63,60% |
| Mudanças significativas na concepção do produto e/ou na embalagem | 47 | 42,70% |
| Mudanças significativas no posicionamento da empresa ou de produto, na maneira de promoção e/ou na maneira de fixação de preços | 47 | 42,70% |
| Melhorias significativas em urn processo de entrega | 43 | 39,1% |
| Implementação de urn novo processo de entrega | 29 | 26,4% |
| Base:110 empresas do setor de Produtos de Metal; mais de urn item foi selecionado por empresa, motivo pelo qual o somatório da tabela é superior a 100%. | | |

Fonte: FIEP, 2013.

No panorama geral, da amostra analisada do setor, somente 39 empresas (35,5% do total) desenvolveram atividades de Pesquisa e Desenvolvimento no período em questão. Pode-se perceber que este valor é menor que a quantidade de empresas que aplicaram melhorias na preparação de produção, ou que realizaram treinamentos de inovação, pois estas atividades não correspondem necessariamente às que tiveram investimento em P&D.

Tabela 15 - Atividades de Inovação realizadas nos últimos três anos (2010-2012) em empresas do setor de Produtos de Metal.

| | Qtd. | % |
|--|------|-------|
| Total de Empresas | 110 | |
| Aquisição de máquinas, equipamentos e outros bens de capital | 97 | 88,2% |
| Preparações para produção e distribuição | 62 | 56,4% |
| Aquisição de conhecimentos externos | 59 | 53,6% |
| Aquisição de software | 57 | 51,8% |
| Treinamento para atividades de inovação | 44 | 40,0% |
| Design de produto | 40 | 36,4% |
| Preparações para introdução de inovações no mercado | 40 | 36,4% |
| Outras atividades de design (1) | 21 | 19,1% |
| Base: 110 empresas do setor de Produtos de Metal; mais de um item foi selecionado por empresa, motivo pelo qual o somatório da tabela é superior a 100%. | | |
| (1) Atividades mais amplas do que o design de produto, ligadas também a estratégia, ao posicionamento do produto no mercado e as demais atividades correlatas. | | |

Fonte: FIEP, 2013.

Resultados dos outros setores apresentaram concentração das indústrias nas mesmas regiões citadas anteriormente. No setor de Vestuário e Acessórios (125 respondentes) 66,4% (83) da amostra assumiu ter realizado atividades de inovação voltadas à preparação de produção e distribuição. No setor de Alimentos (com 108 respondentes) o resultado foi semelhante, com 63,9% (69).

Além destes resultados diretos com maior relação ao tema deste trabalho, pode-se ainda se destacar as atividades de inovação com importância indireta às implementações de melhorias em etapas de *setup*, como é visto no setor de Produtos de Metal: aquisição de conhecimentos externos (53,6%), aquisição de software (51,8%), treinamento para atividades de inovação (40%). Estas atividades, embora não declaradas com objetivos claros de planos de ação, são medidas evidentemente aplicáveis à preparação de produção. No entanto, neste caso são atividades significativamente menos presentes na amostra (cerca de 10% a menos) com relação às atividades de inovação voltadas à preparação de produção e distribuição.

5 CONCLUSÕES

5.1 Relevância de Resultados

Dada a cobertura feita pela pesquisa, a quantidade de publicações sobre redução de tempo de setup (78), em comparação com as relativas à Manufatura Enxuta (718) como um todo, evidenciou significativa importância dado ao tema no meio acadêmico, se é levada em conta a quantidade de outras inúmeras ferramentas e técnicas, como: VSM, 5S, Kanban, Kaizen, mudanças de layout, Manutenção de Produção Total, entre outros.

Indicadores Qualis da CAPES, tomados como referência para a busca de publicações, indicaram relativa importância, devido ao fato de ser um sistema que contempla somente periódicos, e de a revisão bibliográfica ter abrangido também publicações presentes em anais de congressos e livros de relevância ao tema. Além disto, os outros índices (h, g, entre outros) se mostraram de difícil utilização, pois em uma busca simples de trabalhos por palavras-chave houve resultado bastante distorcido, com repetição de valores unitários para vários índices.

Constatou-se que indicadores coletados dos dez documentos mais citados possuem certa “limitação de abrangência”. O programa *PoP* possui limitação de cálculos quanto ao número de resultados. Como o índices de impacto baseiam geralmente no número de citações e número de publicações, a marcação de uma única publicação implica em um “h de Hirsch” unitário, pois trata-se do número de publicações menor ou igual ao número de citações.

No entanto houve aproveitamento importante dos resultados de revisão bibliográfica: verificou-se que metade dos dez trabalhos mais citados apresentaram estudos de caso com determinados ganhos de tempo produtivo, e metade sobre trabalhos envolvidos em questões não exclusivas de validação da metodologia, mas também sobre análise crítica de abrangência do método, necessidade de atividades prévias à aplicação de técnica de redução de preparação, influência de melhorias sobre capacidade de processo, entre outros aspectos.

5.2 Validação de Resultados via trabalhos de levantamentos paralelos

Ao final foi observada a oportunidade de validação dos resultados por meio de pesquisa de levantamento de inovações diretamente em indústrias, via questionário e entrevistas. Certo direcionamento a esta abordagem foi realizado na consulta a relatórios dos Observatórios da Indústria no Paraná (FIEP). Estes documentos deram o respaldo, ainda que reduzido, de informações sobre ações atuais em indústrias. Embora não haja detalhamento nos resultados de pesquisa dos Observatórios, de quais ações são realizadas na indústria paranaense, observou-se média adesão a práticas de inovação na preparação de produção e distribuição de produtos. Resultados de ações ficaram abaixo de 65% nos três maiores setores industriais do Paraná: Produtos de Metal, Vestuário e Acessórios, e de Alimentos.

5.3 Dificuldades encontradas

As maiores dificuldades encontradas durante a pesquisa envolveram o uso de *softwares* de mineração de textos, durante a seleção da ferramenta a ser utilizada. Muitos softwares, embora de licença totalmente gratuita, possuem interface pouco intuitiva. Além disso, não há disciplinas sobre levantamento bibliométrico ou mesmo de mineração tecnológica disponíveis no curso de Engenharia Mecânica na UTFPR, o que poderia ter provido algum maior embasamento para este tipo de abordagem de pesquisa.

5.4 Recomendações para trabalhos futuros

Observou-se que existe significativa demanda de estudos nesta área de otimização operacional na preparação de linhas. No entanto este estudo não abordou uma devida validação de diversos aspectos estratégicos estudados na literatura, como: perdas em períodos de aceleração e desaceleração, impacto de alterações realizadas em projeto de linhas, entre outros.

Nos relatórios publicados pelos Observatórios da Indústria (FIEP), somados os três setores considerados, 214 indústrias responderam ter realizado atividades de inovação na preparação e distribuição de produção. Para trabalhos futuros recomenda-se a validação e detalhamento de tendências levantadas. A prospecção de boas práticas em indústrias pode ser realizada por meio de questionário aplicado

ou não *in loco*, com devida especificação de medidas aplicadas pelas empresas, e guardadas as restrições de sigilo.

Esta amostra, em um universo de mais de 1200 indústrias no Paraná, representou um número significativo para pesquisa, de forma semelhante à tratada por Toledo et al. (2008), que realizaram levantamento sobre as práticas e tendências da gestão do processo de desenvolvimento de produto em indústrias brasileiras. Como base os autores utilizaram um universo de 120 empresas, do setor de autopeças, e que realizavam atividades de desenvolvimento de produto locais. Deste total foram obtidas respostas de somente 32 empresas favoráveis à participação na pesquisa. O questionário não foi detalhado no artigo, mas destacou-se que a metodologia abrangeu: dados gerais e de caracterização da empresa, práticas da gestão de desenvolvimento de produto, indicadores de desempenho do desenvolvimento de produto, e principais problemas e tendências do desenvolvimento de produto.

REFERÊNCIAS

- ALTSHULLER, G. **And Suddenly the Inventor Appeared. TRIZ, the Theory of Inventive Problem Solving**. Worcester, MA: Technical Innovation Center. 1996
- ANDERE, G. **Implantação de Técnicas de Redução do Tempo de *Setup* e de Sustentabilidade das Melhorias Obtidas: um Caso de Aplicação**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Produção Mecânica – Universidade de São Paulo. São Carlos, SP, 2012.
- ARANHA, C.; PASSOS, E. **A Tecnologia de Mineração de Textos**. Laboratório ICA Elétrica PUC-Rio. RESI – Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, n.2. 2006.
- BANCO MUNDIAL. **Indústria, valor agregado (% do PIB)**. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicador/NV.IND.TOTL.ZS>>. Acesso em: 15/05/2016.
- BATISTA, P.D.; CAMPITELI, M.G.; KONOUCI, O.; MARTINEZ, A.S. **Is it possible to compare researchers with different scientific interests?** Scientometrics, vol. 68, no. 1, pp. 179-189. 2006.
- BOHANNON, J. **The frustrated science student behind Sci-Hub**. Science Magazine Online. Disponível em : <<http://www.sciencemag.org/news/2016/04/alexandra-elbakyan-founded-sci-hub-thwart-journal-paywalls>>. Acesso em: 22/06/2016.
- BUETTNER, T.G.V.;MORSELLI,S.E. **Estudo e Levantamento Estatístico do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), Através da Análise de seus Efeitos na Transformação de uma Manufatura Enxuta**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.
- CAKMAKCI, M. **Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. v41:168–179 (2009).
- CAPES. **Tabela de Áreas de Conhecimento/Avaliação**. Instrumentos de Apoio. Disponível em: http://www.capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/TabelaAreasConhecimento_042009.pdf. Acesso em: 10/05/2016.

CERTI. **Manufatura Avançada**. Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.certi.org.br/pt/competencias-manufatura-avancada>. Acesso em: 16/04/2016.

CNI. **Indústria brasileira: da perda de competitividade à recuperação?** Estudos econômicos. Número 1. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/publicacoes/2015/2/20,56884/nota-economica-1-industria-brasileira-perde-competitividade-ha-uma-decada.html>> . Acesso em: 10/04/2016.

EGGHE, L. **Theory and practice of the g-index**. Scientometrics, vol. 69, No 1, pp. 131-152. 2006.

FIEP. **Bússola da Inovação. Relatório Técnico Setorial. Alimentos**. Sistema FIEP. Curitiba. 2013.

_____. **Bússola da Inovação. Relatório Técnico Setorial. Produtos de Metal**. Sistema FIEP. Curitiba. 2013.

_____. **Bússola da Inovação. Relatório Técnico Setorial. Vestuário e Acessórios**. Sistema FIEP. Curitiba. 2013.

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

GARTNER. **Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor**. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>>. Acesso em: 28/02/2016.

GILMORE, M.; SMITH, D.J. **Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 Iss 3 pp. 4 – 17. (1996).

GOOGLE TRENDS. **Trends, descubra quais são as tendências do momento no Google**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/trends/?hl=pt-BR>>. Acesso em: 08/11/2015.

GRAEL, F. **Demora na aprovação de patentes é obstáculo para a inovação no Brasil**. Inovação. Revista Eletrônica de P,D&I. Unicamp. 2015. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/noticias/demora-na-aprovacao-de-patentes-e-obstaculo-para-a-inovacao-no-brasil/>>. Acesso em: 20/05/2016.

HACKLIN, F.; MARXT, C.; FAHMI, F. **An evolutionary perspective on convergence: inducing a stage model of inter-industry innovation**. International Journal of Technology Management., n.49, pp. 220–249. 2010.

HILBERT, M.; LÓPEZ, P. **The world's technological capacity to store, communicate, and compute information**. Science, February 10, 2011.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation**. Lean Enterprise Research Center. Cardiff, UK. 2000.

HIRSCH, J.E. **An index to quantify an individual's scientific research output**. arXiv:physics/0508025 v5 29 Sep 2006. 2005.

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE. **3D Printing. A patent overview**. UK Intellectual Property Office Patent Informatics Team. Reino Unido. 2013

JIN, B. **The AR-index: complementing the h-index**. ISSI Newsl., 3(1), p. 6. 2007.

KANNENBERG, G. **Proposta de Sistemática para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

KIM, N.; LEE,H.;KIM,W.;LEE,H.;SUH,J. **Dynamic patterns of industry convergence: Evidence from a large amount of unstructured data**. Research Policy Journal. Vol. 44, 9a Ed., Nov.2015, Pgs. 1734–1748. The New Data Frontier.

LIKER, J.K. **O Modelo Toyota**. Editora Artmed. Porto Alegre, 2005.

MAC, R. **Palantir Raises \$450 Million At \$20 Billion Valuation**. Forbes Tech. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/ryanmac/2015/07/23/palantir-raises-450-million-at-20-billion-valuation/>>. Acesso em: 02/11/2015.

MARCH, J.G. **Exploration and Exploitation in Organizational Learning.** Organization Science, Vol. 2, No. 1, 71–81. 1991.

MEAD, D. **The Beautiful, 60-Year Evolution of the Formula 1 Pit Stop.** Motherboard, 2014. Disponível em: <<http://motherboard.vice.com/read/the-beautiful-60-year-evolution-of-the-formula-1-pit-stop>>. Acesso em: 02/11/2015.

McINTOSH, R.I.; OWEN, G.; CULLEY, S.; MILEHAM, T. **Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology.** IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 54, No. 1, Fevereiro de 2007.

_____. **Improving Changeover Performance.** Butterworth Heinemann: Oxford, 2001.

_____. **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.

_____. **An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 16 No. 9. (1996).

MILEHAM, A.R.; CULLEY, S.J.; OWEN, G.W.; McINTOSH, R.I. **Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 Iss 8 pp. 785 – 796. (1999).

MILIONI, A. Z. **Ações de fomento à Inovação: Reflexões.** SETEC/MCTI. IX Fortec. Maio, 2015.

MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. **Prerequisites for the implementation of the SMED methodology.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 18 Iss 4 pp. 404 – 414. (2001).

NISIKAVA, S.L. **Identificação de boas práticas e dificuldades do SMED aplicado em uma indústria do ramo de cosméticos.** Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista. 2013.

OCDE. **OSLO MANUAL. The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data.** European Commission. Eurostat 2005. Disponível em <http://www.oecd.org/sti/inno/2367580.pdf>>. Acesso em: 02/11/2015.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala.** Editora Bookman. Porto Alegre, 2006.

ONU. **Goal 9: Build resilient infrastructure, promote sustainable industrialization and foster innovation.** 17 goals to transform our world. Sustainable development goals of United Nations, 2015. Disponível em: <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/infrastructure-industrialization/>>. Acesso em: 12/04/2016.

ORDUÑA-MALEA, E.; AYLLÓN, J.M.; MARTÍN-MARTÍN, A.; DELGADO LÓPEZ-CÓZAR, E. (2014). **About the size of Google Scholar: playing the numbers.** Granada: EC3 Working Papers, 18: 23 July 2014.

PATEL, S.; SHAW, P.; DALE, B.G. **Set-up time reduction and mistake proofing methods – A study of application in a small company.** Business Process Management Journal, Vol. 7 Iss 1 pp. 65 – 75. 2001.

PORTER, A., CUNNINGHAM, S. **Tech Mining. Exploiting New Technologies for Competitive Advantage.** Wiley & Sons Inc. New Jersey, EUA. 2005.

RAIS. **Relação Anual de Informações.** Ministério do Trabalho e Previdência Social. Disponível em: <<http://www.rais.gov.br>>. Acesso em: 10/04/2016.

ROKACH, L. **Publish or Perish: Towards a Ranking of Scientists using Bibliographic Data Mining.** Department of Information Systems Engineering. Ben-Gurion University of the Negev. LinkedIn Slideshare. Published on Jul 30, 2012. Disponível em: < <http://www.slideshare.net/liorrokach/publish-or-perish-towards-a-ranking-of-scientists-using-bibliographic-data-mining>>. Acesso em: 02/04/2016.

ROMERO, T. **Videogame aplicado em pesquisa.** Agência FAPESP. 2007. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/videogame_aplicado_em_pesquisa/7893/>. Acesso em: 20/04/2016.

RUSSEL, N. **Of Wikibooks and the Impossible Trinity of Information**. Slaw Canada's online legal magazine. Disponível em: <<http://www.slaw.ca/2015/11/03/of-wikibooks-and-the-impossible-trinity-of-information/>>. Acesso em: 12/04/2016.

SATOLO, E.G.; CALARGE, F.A. **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**. Exacta, vol. 6, núm. 2, julho-dezembro, 2008, pp. 283-296. Universidade Nove de Julho. São Paulo, Brasil.

SCHIERMEIER, Q. **Pirate research-paper sites play hide-and-peek with publishers**. Nature International weekly journal of science. Disponível em: <<http://www.nature.com/news/pirate-research-paper-sites-play-hide-and-peek-with-publishers-1.18876>>. Acesso em: 07/04/2016.

SCHREIBER, M. **To share the fame in a fair way, hm modifies h for multi-authored manuscripts**. New Journal of Physics, Vol 10. 2008.

SHAUGHNESSY, H. **What Makes Samsung Such An Innovative Company?** Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/haydnshaughnessy/2013/03/07/why-is-samsung-such-an-innovative-company/2/>>. Acesso em: 02/11/2015.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2ª Ed. Editora Bookman. Porto Alegre, 2005.

SIDIROPOULOS, A.; KATSAROS, C.; MANOLOPOULOS, Y. **Generalized h-index for disclosing latent facts in citation networks**, arXiv:cs.DL/0607066 v1 13 Jul 2006.

SONNAD, N. **This free online encyclopedia has achieved what Wikipedia can only dream of**. The Philosopher's Stone. Quartz. <http://qz.com/480741/this-free-online-encyclopedia-has-achieved-what-wikipedia-can-only-dream-of/>>. Acesso em: 07/04/2016.

SUGAI, M.; McINTOSH, R.I.; NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. Gestão de Produção, v.14, n.2, p.323-335, maio-ago. 2007.

TOLEDO, J.C.; DA SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; MARTINS, M.F.; FERRARI, F.M. **Práticas de gestão no desenvolvimento de produtos em empresas de autopeças**. Revista Produção, v. 18, n. 2, maio/ago. 2008, p. 405-422.

TRIETSCH, D. **Some notes on the application of Single Minute Exchange of Die (SMED)**. Naval Postgraduate School. Monterey, California. Marinha dos Estados Unidos da América. 1992. Disponível em: < <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a255893.pdf>>. Acesso em: 10/05/2016.

ULUTAS, B. **An application of SMED Methodology**. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:5, No:7, 2011.

VORNE. **SMED (Single-Minute Exchange of Dies)**. Lean production. Lean made easy by Vorne. Disponível em: <<http://www.leanproduction.com/smed.html#basics-of-smed>>. Acesso em: 10/05/2016.

WALL, M. **Big Data: Are you ready for blast-off?** Technology of Business. BBC News, 2014. Disponível em: < <http://www.bbc.com/news/business-26383058>>. Acesso em: 02/11/2015.

WIPO. **Launch of the Global Innovation Index 2015**. Disponível em: <http://www.wipo.int/econ_stat/en/economics/gii/>. Acesso em: 20/04/2016.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. Maxwell Macmillan International. Nova York, Estados Unidos. 1990.

ZHANG, C.T. **Relationship of the h-index, g-index, and e-index**. Journal of the American Society for Information Science and Technology. Volume 61, Issue 3, pages 625–628, March 2010.

ZIEGLER, B.; WOON, W.L.; MADNICK, S. **Latent Semantic Analysis Applied to Tech Mining**. Composite Information Systems Laboratory (CISL). Sloan School of Management, Room E53-320. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA 02142 Working Paper CISL# 2008-12. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.222.8123&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 02/04/2016.

APÊNDICE A

Reservou-se a esta seção a classificação dos resultados obtidos por busca de publicações relativas ao tema de redução de tempo de *setup* na base de dados Google Scholar.

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|----------------------|---|--------|------|---|
| 1 | 81 | MCINTOSH et al | A critical evaluation of Shingo's' SMED'(Single Minute Exchange of Die) methodology | A2 | 2000 | International Journal of Production Research |
| 2 | 71 | MOXHAM e GREATBANKS | Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment | B2 | 2001 | International Journal of Quality & Reliability Management |
| 3 | 64 | MILEHAM et al | Rapid changeover-a pre-requisite for responsive manufacture | A2 | 1999 | International Journal of Operations & Production Management |
| 4 | 54 | GILMORE e SMITH | Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study | A2 | 1996 | International Journal of Operations & Production Management |
| 5 | 48 | SUGAI et al | Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso | B3 | 2007 | Revista Gestão & Produção |
| 6 | 48 | FOGLIATTO e FAGUNDES | Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso | B3 | 2003 | Revista Gestão & Produção |
| 7 | 43 | MCINTOSH et al | Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology | N/A | 2007 | Engineering Management, IEEE Transactions on |
| 8 | 41 | CAKMAKCI | Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry | B1 | 2009 | The International Journal of Advanced Manufacturing Technology |
| 9 | 28 | ULUTAS | An application of SMED Methodology | N/A | 2011 | International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering |
| 10 | 28 | PATEL et al | Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing | N/A | 2001 | The TQM Magazine |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|----------------------|---|--------|------|---|
| 11 | 27 | MCINTOSH et al | Changeover improvement: A maintenance perspective | C | 2001 | International Journal of Production Economics |
| 12 | 25 | MOREIRA e PAIS | Single minute exchange of die: a case study implementation | B2 | 2011 | Journal of Technology Management & Innovation |
| 13 | 22 | NEUMANN e RIBEIRO | Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas | N/A | 2004 | Revista Produção |
| 14 | 17 | LESCHKE | The setup-reduction process: Part 1 | N/A | 1997 | Production and Inventory Management Journal |
| 15 | 17 | AGUSTIN e SANTIAGO | Single-minute exchange of die | N/A | 1996 | Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop - ASMC |
| 16 | 15 | ALMOMANI et al | A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques | B1 | 2013 | Computers & Industrial Engineering |
| 17 | 15 | CULLEY et al | Sustaining changeover improvement | N/A | 2003 | Journal of Engineering Manufacture |
| 18 | 14 | FREELAND et al | Guidelines for setup-cost reduction programs to achieve zero inventory | N/A | 1990 | Journal of Operations Management |
| 19 | 12 | FERRADAS e SALONITIS | Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells | N/A | 2013 | Procedia CIRP |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|-----------------------|--|--------|------|---|
| 20 | 12 | SATOLO e CALARGE | Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais | N/A | 2008 | Revista Exacta |
| 21 | 9 | COSTA et al | Implementação da metodologia Quick ChangeOver numa linha de montagem final de auto-rádios: para além da técnica SMED | N/A | 2011 | 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia |
| 22 | 9 | SOUSA et al | An industrial application of resource constrained scheduling for quick changeover | N/A | 2009 | 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management |
| 23 | 8 | DEROS et al | Setup time reduction in an automotive battery assembly line | N/A | 2011 | International Journal of Applied Science and Technology |
| 24 | 8 | THARISHENE | Achieving full fungibility and Quick Changeover by turning knobs in tape and Reel machine by applying SMED theory | N/A | 2008 | Electronic Manufacturing Technology Symposium (IEMT), 2008 33rd IEEE/CPMT International |
| 25 | 7 | GODINHO E UZSOY | Efeito da redução do tamanho de lote e de programas de melhoria contínua no estoque em processo (WIP) e na utilização: estudo utilizando uma abordagem (...) | N/A | 2009 | Revista Produção |
| 26 | 6 | JEBARAJ et al. | The use of SMED to eliminate small stops in a manufacturing firm | B2 | 2013 | Journal of Manufacturing Technology Management |
| 27 | 6 | GODINHO FILHO e UZSOY | The impact of simultaneous continuous improvement in setup time and repair time on manufacturing cycle times under uncertain conditions | A2 | 2013 | International Journal of Production Research |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|-----------------|---|--------|------|--|
| 28 | 6 | DAVE e SOHANI | Single Minute Exchange of Dies: Literature Review | N/A | 2012 | International Journal of Lean Thinking |
| 29 | 6 | REIS e ALVES | Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup | N/A | 2010 | Gestão & Produção [online] |
| 30 | 6 | HA | Continuous processes can be lean | N/A | 2007 | Manufacturing Engineering |
| 31 | 5 | GALRAO et al | Development of a Platform for Lean Manufacturing Simulation Games | N/A | 2013 | Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje 8(4) |
| 32 | 5 | JOSHI e NAIK | Application of SMED methodology—a case study in small scale industry | N/A | 2012 | International Journal of Scientific and Research Publications |
| 33 | 5 | DEROS et al | Cost saving in an automotive battery assembly line using setup time reduction | N/A | 2011 | Recent Researches in Multimedia Systems, Signal Processing, Robotics, Control and Manufacturing Technology |
| 34 | 5 | CONCEIÇÃO et al | Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada | B3 | 2009 | Revista Gestão & Produção |
| 35 | 5 | KAYIS e KARA | Set-up reduction in injection molding process—a case study in packaging industry | N/A | 2007 | International Conference and Exhibition on Design and Production of MACHINES and DIES/MOLDS |
| 36 | 5 | LESCHKE | The setup-reduction process: Part 2-- setting reduction priorities | N/A | 1997 | Production and Inventory Management Journal |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|------------------|--|--------|------|---|
| 37 | 4 | BÁRDY et al | Interactive Game Supporting SMED Method | B3 | 2014 | Applied Mechanics and Materials |
| 38 | 4 | COSTA et al | An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools | N/A | 2013 | 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure (IRF 2013), At Funchal, Portugal |
| 39 | 4 | SACRISTÁN | Reducción de los tiempos de cambios de utillaje en la producción | N/A | 2009 | Revista Técnica industrial |
| 40 | 4 | PEREIRA | Estudo de caso da metodologia SMED: questões operacionais para implantação em tornos CNC | N/A | 2008 | XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, RJ |
| 41 | 4 | TRIETSCH | Some notes on the application of Single Minute Exchange of Die (SMED) | N/A | 1992 | Naval Postgraduate School Monterey, California. EUA |
| 42 | 3 | MOREIRA e GARCEZ | Implementation of the single minute exchange of die (SMED) methodology in small to medium-sized enterprises: A Portuguese case study | C | 2013 | International Journal of Management |
| 43 | 3 | PELLEGRINI et al | Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen | N/A | 2012 | International Conference on Industrial Engineering and Operations Management |
| 44 | 3 | SINGH e KHANDUJA | Design for set-ups: a step towards quick changeovers in foundries | N/A | 2011 | International Journal of Sustainable Design |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|----------------|--|--------|------|--|
| 45 | 3 | GUO | Head & base production optimization: setup time reduction | N/A | 2009 | Dissertação de Mestrado em Engenharia de Manufatura: Massachusetts Institute of Technology |
| 46 | 3 | STURGES | Design of a Vernier punch and die set for single-minute bending set-ups | N/A | 1995 | Journal of Mechanical Design |
| 47 | 2 | SHINDE et al | Set-up time Reduction of a Manufacturing Line using SMED Technique | N/A | 2014 | International Journal of Advance Industrial Engineering |
| 48 | 2 | MALI e INAMDAR | Changeover time reduction using SMED technique of lean manufacturing | C | 2012 | International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) |
| 49 | 2 | ABRAHAM et al | Setup time reduction through SMED technique in a stamping production line | N/A | 2012 | SAS TECH Journal |
| 50 | 2 | FRITSCHÉ | Reducing set-up times for improved flexibility in high-mix low-volume electric drives production | N/A | 2011 | Electric Drives Production Conference (EDPC), 2011 1st International |
| 51 | 2 | RIBEIRO et al | An application of the SMED methodology in an electric power controls company | N/A | 2011 | Institutul de Cercetara-Dezvoltare Pentru Mecatronica si Tehnica Masurarii (INCDTM) |
| 52 | 2 | AGUILAR | Setup Reduction Time At a Batch Manufacturing Plant | N/A | 2011 | Monografia de Engenharia Industrial California Polytechnic State University |
| 53 | 2 | PESSAN e NERON | Setup tasks scheduling during production resettings | A2 | 2011 | International Journal of Production Research |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|----------------------|---|--------|------|---|
| 54 | 2 | RASTEIRO | Estudo sobre a aplicação da tecnologia RFID em sistemas de Kanban eletrônico | N/A | 2009 | Trabalho de Conclusão de Curso)– Escola de Engenharia de São Carlos - USP |
| 55 | 2 | PAIS | Estudo e implementação da metodologia SMED na Inplas | N/A | 2008 | Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial Universidade de Aveiro – Portugal |
| 56 | 2 | SUGAI et al | Shingo´s methodology (SMED): critical evaluation and case study | B3 | 2007 | Revista Gestão & Produção |
| 57 | 2 | FRANCISCHINI | Troca Rápida de Ferramenta SMED | N/A | 2007 | Notas de Aula: Engenharia de Produção - USP |
| 58 | 2 | CONCEIÇÃO et al | Desenvolvimento e implementação de um método de redução de tempo de preparação de máquina em ambientes de manufatura contratada | N/A | 2006 | XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção |
| 59 | 2 | REIK et al | The Development of a systematic design for changeover methodology | N/A | 2005 | ICED 05: 15th International Conference on Engineering Design: Engineering Design and the Global Economy |
| 60 | 2 | BOLSETH e ALFNES | How to Achieve Agility in Food and Drink Manufacturing | N/A | 2004 | International Conference on Competitive Manufacturing Stellenbosch, South Africa |
| 61 | 2 | FOGLIATTO e FAGUNDES | Rapid exchange of tools: method steps and case study | B3 | 2003 | Revista Gestão & Produção |
| 62 | 1 | MAURIZIO et al | A Changeover Time Reduction through an integration of lean practices: a case study from pharmaceutical sector | N/A | 2015 | Assembly Automation |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|---------------|--|--------|------|--|
| 63 | 1 | SAYEM et al | Productivity enhancement through reduction of changeover time by implementing SMED technique—in furniture industry | N/A | 2014 | International Journal of Industrial and Systems Engineering |
| 64 | 1 | ANI et al | The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement | B3 | 2014 | Applied Mechanics and Materials |
| 65 | 1 | PAWAR et al | Reduction in setup change time of a machine in a bearing manufacturing plant using SMED and ECRS | N/A | 2014 | International Journal of Engineering Research |
| 66 | 1 | COSTA et al | Benefits from a SMED application in a punching machine | N/A | 2013 | International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering |
| 67 | 1 | MOHAMAD e ITO | Development of a simulation-based SMED training system | N/A | 2012 | Conference: Proceedings of First International Symposium on Socially and Technically Symbiotic Systems |
| 68 | 1 | HUI | Application of SMED in the SMT workshop | N/A | 2011 | Science Mosaic |
| 69 | 1 | ALEXA | Determining the main steps of the SMED method's implementing in the production cycle management of the companies | N/A | 2011 | Machine Design |
| 70 | 1 | AVI JUNIOR | Troca rápida de ferramenta: redução do tempo de setup de uma linha de montagem de braço de controle | B5 | 2011 | Revista Ciências Exatas |
| 71 | 1 | CHEN e MENG | The application of setup reduction in lean production | N/A | 2010 | Asian Social Science |

| Posição | Citações | Autor | Título | Qualis | Ano | Fonte |
|---------|----------|-------------------|--|--------|------|---|
| 72 | 1 | SUGAI et al | Proposta de um modelo para classificação da fase pós setup conforme características do período de aceleração | N/A | 2010 | Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de São Carlos |
| 73 | 1 | SINGH e KHANDUJA | Synergy of Cross-functional Process Mapping and Smed for Quick Changeovers: A Case Study | N/A | 2010 | International Journal of Science Technology & Management |
| 74 | 1 | GOUBERGEN | An integrated change framework for setup reduction | N/A | 2009 | IIE Annual Conference. Proceedings |
| 75 | 1 | OWEN et al | Using differing classification methodologies to identify a full complement of potential changeover improvement opportunities | N/A | 2007 | Complex Systems Concurrent Engineering |
| 76 | 1 | MICHAEL et al | Integrating Product and Manufacturing System Design to Minimize Changeover Losses | N/A | 2007 | International Conference on Engineering Design, ICED'07 Paris |
| 77 | 1 | LOPES et al | Estudo de caso da implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma empresa calçadista | N/A | 2007 | XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção |
| 78 | 1 | NEUMANN e RIBEIRO | Supply chain development: a case study applying the single minute exchange of die technique | B2 | 2004 | Revista Produção |