

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

Arturo Vaine, arturovaine@alunos.utfpr.edu.br¹

Paulo Antonio Reaes, reaes@utfpr.edu.br¹

João Carlos Espindola Ferreira, j.c.ferreira@ufsc.br²

Murilo Souza, murilosouza@alunos.utfpr.edu.br¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Avenida Sete de Setembro, 3165, Bairro Rebouças - Curitiba, Brasil, 80230-901

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, GRIMA/GRUCON, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil, 88040-900

Resumo: As 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 focado em eliminação de desperdício, baseados nos princípios do Sistema Toyota de produção, que apontam as atividades que não agregam eficiência e valor ao processo produtivo. Neste sentido, a redução dos tempos de *setup* pode gerar ganhos significativos de produtividade e flexibilidade. Este trabalho emprega e avalia a ferramenta Publish or Perish e a Bússola da Inovação, na identificação de tendências e impactos de inovações e excelência na redução de *setup* aplicadas na indústria. Ao final, verificou-se que metade dos dez trabalhos mais citados apresentaram estudos de caso com determinados ganhos de tempo produtivo. Por outro lado, o trabalho, identificou a necessidade de atividades prévias à aplicação de técnica de redução de preparação, tais como a introdução de melhorias na capacidade de processo.

Palavras-chave: redução de tempo de *setup*, mineração tecnológica, SMED, Single Minute Exchange of Die, quick changeover

1. INTRODUÇÃO

Kiichiro Toyoda, fortemente influenciado por seu contato com a indústria da Ford, em visita aos Estados Unidos, 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.

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. 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.

Segundo Kannenberg (1994), o tempo de preparação em um processo industrial, ou de *setup*, 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. Longos tempos de *setup* e grandes lotes estão geralmente 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 (JIT – *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 SMED, abreviação de *Single Minute Exchange of Dies*, que se trata de um método de redução de tempo de *setup* inicialmente associado à troca de matrizes de estamparia. 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. As técnicas de melhoria, baseadas em produção enxuta, aplicadas na Toyota foram todas desenvolvidas internamente, com exceção da TRF, metodologia para redução de tempo de *setup* de máquinas, elaborado em colaboração com o consultor Shigeo Shingo (WOMACK e JONES, 1998 apud SUGAI et al, 2007).

Publicações recentes a respeito de técnicas de redução de tempo de *setup* (Figura 1) 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 pudesse conter um levantamento de trabalhos realizados com técnicas SMED, não havia 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.

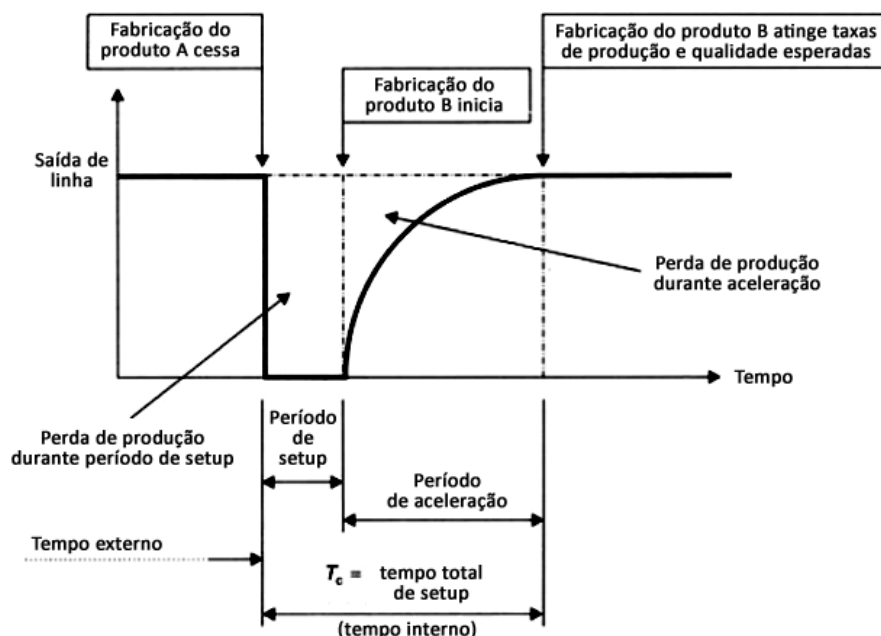


Figura 1 – Produção característica durante período de setup. Adaptado de: McIntosh et al, 2001.

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.

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 e relações de entidades.

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 avanço 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 para uma possível exploração.

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, podem-se relacionar até certo ponto estes conceitos de produção de conhecimento com a Mineração Tecnológica. Contudo, a mineração 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.

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 com conteúdos revisados), 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.

A mineração, como já exposto, é uma prática 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. Após levantamento dos autores mais populares e relevantes para este trabalho, foram analisadas ferramentas utilizadas atualmente para mineração tecnológica. (1) 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, e entre seus recursos há a geração de arquivos de dados que podem ser carregados em qualquer programa que utilize dados tabelados. (2) 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. (3) CopalRed realiza uma separação preliminar da informação e então automaticamente executa 3 tipos de análises: i) análise estrutural: evidencia a estrutura do campo científico de interesse, no formato de rede, define os autores e suas relações; ii) análise estratégica: posiciona cada autor dentro da rede, define a intensidade de seus relacionamentos externos (centralidade) e a sua coesão interna (densidade); iii) análise dinâmica: diferentemente de outras ferramentas, ele analisa as transformações das traduções dos autores ao longo do tempo. (4) INSPIRE é um software de visualização de informação de dados. Ele permite rápida hierarquização e identificação de uma série de documentos com base no relacionamento em qualquer coleção pertencente a um dos grupos do INSPIRE. (5) Leydesdorff é um software que trata do mapeamento de periódicos. (6) 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. (7) Publish or Perish foi desenvolvido a fim de encorajar pesquisadores a apresentar estudos de caso com melhor impacto. Recomenda-se a seguinte utilização do software 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. (8) 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. (9) 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. (10) 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. (11) VisPipeline-Graph 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. (12) VOSviewer 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. METODOLOGIA

2.1. Índices de publicações

Publish or Perish foi escolhido como ferramenta principal de análise de publicações, por isso é abordado aqui com mais profundidade. Além de tratar de diversos metadados (como número de artigos, número de citações, entre outros) este programa computa alguns parâmetros para as análises comparativas.

O índice “h” (Figura 2) de Hirsch, proposto por J.E. Hirsch (2005), 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, se o número de citações do artigo for maior ou igual a este número. Índice “g” de Egghe – proposto por Egghe (2006), visa aperfeiçoar o índice h dando melhor ponderação a artigos com maior número de citações; índice “e” de Zhang – 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 – 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 média 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, parâmetro divide o índice h padrão pelo número 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.

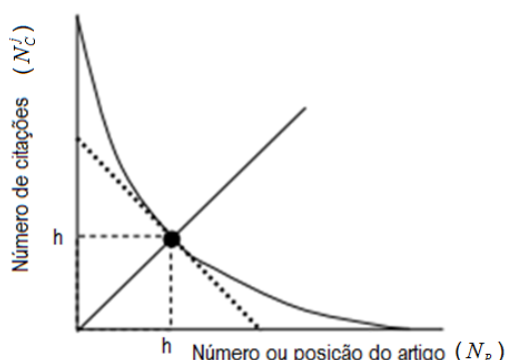


Figura 2 - Definição do índice “h”. Adaptado de: Hirsch, 2005.

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. Utilizou-se a base de publicações Google Scholar 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).

2.2. Observatórios da Indústria – Bússola da Inovação

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. Entre uma série de documentos disponibilizados ao público em geral acerca da situação industrial paranaense, observou-se que somente o relatório do projeto Bússola da Inovação apresentou os dados mais próximos do escopo deste trabalho.

Bússola da Inovação é um dos projetos dos Observatórios que busca a cada ano auxiliar as indústrias do Paraná a crescer e a melhorar. 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. 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.

Os setores que tiveram maior representação na pesquisa também foram aqueles que proporcionalmente têm maior quantidade de indústrias no estado do Paraná. 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, 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. Além disto, 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. 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.

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. Não há maior detalhamento registrado quanto ao tipo de melhoria praticada nas empresas. No entanto, entre as atividades de inovação declaradas, 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*.

De uma maneira 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.

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.

3. RESULTADOS

Pesquisas preliminares por publicações sobre “manufatura enxuta” (*lean manufacturing*) apresentaram interessante evolução em quantidade de trabalhos disponíveis, 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). 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.

Os dez artigos mais citados foram classificados e analisados. Notou-se que 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 assumiu que, ao longo de três 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 trabalhou com uma série de indústrias e teve como principais resultados: metodologia geral de troca rápida de ferramentas dividida em três 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.

McIntosh et al (2001) foi o artigo encontrado 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 relativos à falta de abrangência teórica sobre períodos de aceleração e desaceleração, que 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. 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*, os autores analisaram 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.

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 duas semanas, e *setup* de seis 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 consequente 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.

Um trabalho de grande importância crítica foi o artigo de McIntosh et al (1996), em que foram aprofundadas as considerações da metodologia SMED sobre processo específicos de estamparia, 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 estamparia. 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. A etapa de produção estudada foi àquela envolvida pela máquina de rápida de compressão de tabletes. 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.

A fim de se verificar os resultados dos trabalhos analisados, focou-se sobre os benefícios, proporcionados pelas melhorias de processo, propostos por Satolo e Calarge (2008): (1) rápida resposta às variações de mercado, maior flexibilidade operacional; (2) possibilidade de produção em pequenos lotes; (3) redução dos custos; (4) diminuição do *lead time*; (5) aumento de produtividade; (6) redução de níveis de estoque; (7) eliminação de gargalos; (8) melhoria de qualidade; (9) redução de tempo de espera de produtos para processamento; (10) possibilidade de aumento do *mix* de fabricação; (11) redução de esforços do operador; (12) redução dos defeitos retrabalhos provenientes de preparação mal feita; (13) aumento da taxa de giro de estoque; (14) mudança na cultura organizacional; (15) melhor utilização de área fabril; (16) redução de lotes em processo.

Para a apresentação de quais benefícios tiveram maior presença nas publicações mais citadas, utilizou-se ferramenta semelhante ao “*heat map*”, Tabela 1, em que se contabilizou a frequência de determinados benefícios e foi realizado o “cruzamento” com os artigos mais citados, mas sem quantificação de “potencial de melhorias”. 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 1. Cruzamento de publicações e benefícios do método SMED.

Posição	Citações	Autor	Benefícios																Freq.
			1	2	4	3	9	5	8	10	6	11	14	15	16	7	12	13	
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 %	

4. CONCLUSÕES

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 considerando a quantidade de outras inúmeras ferramentas e técnicas, como: VSM, 5S, Kanban, Kaizen, mudanças de layout, Manutenção de Produção Total, entre outros.

4.1. Relevância de Resultados

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 disso, os outros índices (h, g, etc.) 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.

Embora pouco tenha sido aproveitado das métricas de índices de impacto, devido à aleatoriedade de correlações entre índices fornecidos pela ferramenta *PoP*, notou-se dos resultados de revisão bibliográfica: que cerca de metade dos dez primeiros trabalhos 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.

4.2. Validação de Resultados via trabalhos de levantamentos paralelos

Não houve pesquisa de levantamento de inovações diretamente em indústrias, via questionário e entrevistas. Como compensação foi realizada consulta a relatórios elaborados pelos Observatórios da Indústria no Paraná (FIEP) para 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.

4.3. 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.

4.4. 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.

5. REFERÊNCIAS

- 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.
- 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/Tabela_AreasConhecimento_042009.pdf. Acesso em: 10/05/2016.
- 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. Produtos de Metal. 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.
- 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).
- HIRSCH, J.E. An index to quantify an individual's scientific research output. *arXiv:physics/0508025 v5* 29 Sep 2006. 2005.
- 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.
- MARCH, J.G. Exploration and Exploitation in Organizational Learning. *Organization Science*,Vol. 2, No. 1, 71–81. 1991.
- 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.
- McINTOSH, R.I.; CULLEY, S.J.; MILEHAM, A.R.; OWEN, G. W. 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.
- 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).
- 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).
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala. Editora Bookman. Porto Alegre, 2006.
- 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.
- 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.
- 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.
- SCHREIBER, M. To share the fame in a fair way, hm modifies h for multi-authored manuscripts. *New Journal of Physics*, Vol 10. 2008.
- 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.
- 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.
- 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.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

STUDY OF TRENDS AND IMPACT OF INNOVATIONS IN SETUP TIME REDUCTION TECHNIQUES VIA APPLICATION OF TECHNOLOGICAL MINING

Arturo Vaine, arturovaine@alunos.utfpr.edu.br¹

Paulo Antonio Reaes, reaes@utfpr.edu.br¹

João Carlos Espindola Ferreira, j.c.ferreira@ufsc.br²

Murilo Souza, murilosouza@alunos.utfpr.edu.br¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Avenida Sete de Setembro, 3165, Bairro Rebouças - Curitiba, Brasil, 80230-901

²Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, GRIMA/GRUCON, Caixa Postal 476, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC, Brasil, 88040-900

Abstract: *Innovations in industrial domains, as well as productivity improvements, are key strategic points for the development of a competitive industry. In this context, the application of innovations to increase production can mean one of the interesting practices focused on elimination of waste, based on the principles of the Toyota Production System, that point out the activities that do not add efficiency and value to the production process. In this sense, the reduction of setup times can generate significant gains in productivity and flexibility. This work uses and evaluates the Publish or Perish tool and the Innovation Compass to identify trends and impacts of innovations and excellence in the reduction of setup applied in industry. In the end, it was verified that half of the most cited papers presented case studies with certain production time gains. On the other hand, this work identified the need for activities prior to the application of a setup time reduction technique, such as the introduction of improvements in process capability.*

Keywords: *Setup Minimization, Technological Mining, Single Minute Exchange of Dies (SMED), Quick Changeover.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.