

Proposta de modelo de tomada de decisão para aplicação da metodologia SMED

Murilo Del Nero Bacci (UNICAMP) mdnbacci@uol.com.br

Miguel Sugai (UNICAMP) sugai@fem.unicamp.br

Olívio Novaski (UNICAMP) novaski@fem.unicamp.br

Resumo

A metodologia SMED (Single Minute Exchange of Dies) é o principal e mais difundido conjunto de técnicas que objetivam reduzir o setup de equipamentos, minimizando desperdícios no chão-de-fábrica. Através da redução dos tempos de setup, é possível diminuir sensivelmente o nível de estoque e atender, com os mesmos equipamentos e linha de produção, um composto variado (mix) de pedidos, o que torna sua implantação uma estratégia fundamental para qualquer organização. Este artigo tem por objetivo estudar os diferentes condicionantes para o uso das técnicas do SMED, visando a proposição de um modelo de tomada de decisão para sua implantação. Dentre os condicionantes estudados, destacam-se os modelos de retorno de investimento (ROI) e OEE (Overall Equipment Effectiveness), considerados, atualmente, peças-chave para decisões estratégicas e financeiras nas companhias. Conclusões e sugestões são dadas após a análise do modelo de tomada de decisão proposto.

Palavras-chave: setup; redução de setup; modelo de decisão.

1. Introdução

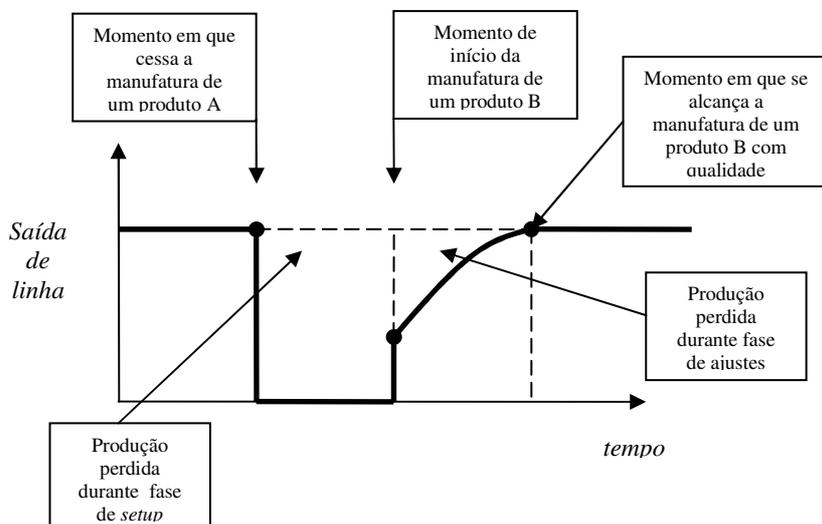
O Sistema Toyota de Produção (STP), criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na década de 1950, foi popularizado no Ocidente por Womack et al.(1992) com o nome Manufatura Enxuta. Com o STP busca-se, principalmente, a eliminação de desperdícios e, para tal, foram criadas técnicas como a produção em pequenos lotes, troca rápida de ferramentas (obtida através da redução de tempos de *setup*), redução de estoques, alto foco em qualidade, entre outros.

Um elemento comum aos sistemas de produção, e um dos pilares da Manufatura Enxuta, é o princípio da “produção puxada” (*just-in-time*). Para alcançar este princípio, Godinho Filho & Fernandes (2004) aponta duas técnicas principais: *kanban* e redução de tempos de *setup*. Diversos trabalhos práticos já foram realizados sobre o sistema *kanban* e a sua relação com a produção puxada (Tardin, 2001 e Favaro, 2003). Deste modo, a proposição de um modelo de tomada de decisão para a aplicação da metodologia SMED, visando a redução de tempos de *setup*, é fundamental para a evolução das estratégias das operações industriais.

O objetivo deste artigo é, além de apresentar a importância da redução de tempos de *setup*, através do uso direto das técnicas propostas pelo SMED, desenvolver um modelo de tomada de decisão para a aplicação desta metodologia. Inicialmente, iremos conceituar redução de *setup* através de definições básicas, para então estudar os fatores condicionantes para a utilização do SMED. Posteriormente, serão apresentadas as relações encontradas entre estes condicionantes, visando a elaboração e a proposição do modelo de tomada de decisão.

1.1 Conceitos e elementos básicos da redução de *setup*

O tempo de *setup* (ou TRF) é definido como o tempo decorrido entre a saída, da máquina, do último produto A até a saída do primeiro produto B com qualidade.



Fonte: Culley et al (2001).

Figura 1 – Tempo de *setup*

O tempo total de *setup*, sem ter passado ainda por procedimentos de melhorias, engloba atividades como troca de ferramentas da máquina ou de equipamentos, transporte de ferramentas, produção de algumas peças de novo lote, inspeção dessas peças e ajustes da máquina, tantas vezes necessários até que se consiga produzir peças de qualidade aceitável. Conforme o tipo de máquina ou da operação de *setup* que se deseja fazer, este tempo pode ser de horas e com conseqüências desagradáveis para a empresa: geração de estoque, interrupção na programação de produção, geração de ociosidade, aumento de custo de produção e, principalmente, dificuldades no atendimento ao cliente.

A adoção de um programa de TRF, como o SMED, pode reduzir muito o tempo de preparação, o que possibilita a produção econômica em pequenos lotes (Shingo, 2000). Outros benefícios decorrentes da redução dos tempos de *setup* no sistema produtivo são apresentados a seguir:

Redução de estoques: pode-se afirmar que a redução de estoques é o maior entre os benefícios esperados quando se trata de aplicar o SMED. Há um ganho real com a diminuição dos custos de manutenção de estoques, que será analisado mais adiante neste artigo.

Menores Lotes de Produção: A redução dos tempos de *setup* possibilita a produção econômica em pequenos lotes. Com a utilização do SMED, as empresas passam a ter maior capacidade de atender as variabilidades da demanda com a mesma estrutura produtiva.

Redução do lead-time: O *lead-time* é fator diferencial no custeio de um processo de manufatura. Sua redução resulta em menores custos de operação e agrega benefícios ao consumidor. A habilidade de fornecer produtos rapidamente depende da flexibilidade e da rapidez do sistema produtivo. Quando há uma atividade de preparação morosa que paralisa a operação, prejudica-se não apenas o fluxo interno, mas também a competitividade da cadeia produtiva.

Maior flexibilidade da produção / agilidade na entrega: O SMED possibilita uma maior flexibilidade de produção o que, por sua vez, proporciona flexibilidade do composto (mix),

capacidade de fornecer ampla variedade ou composto de produtos e serviços, utilizando o mesmo equipamento ou linha de produção.

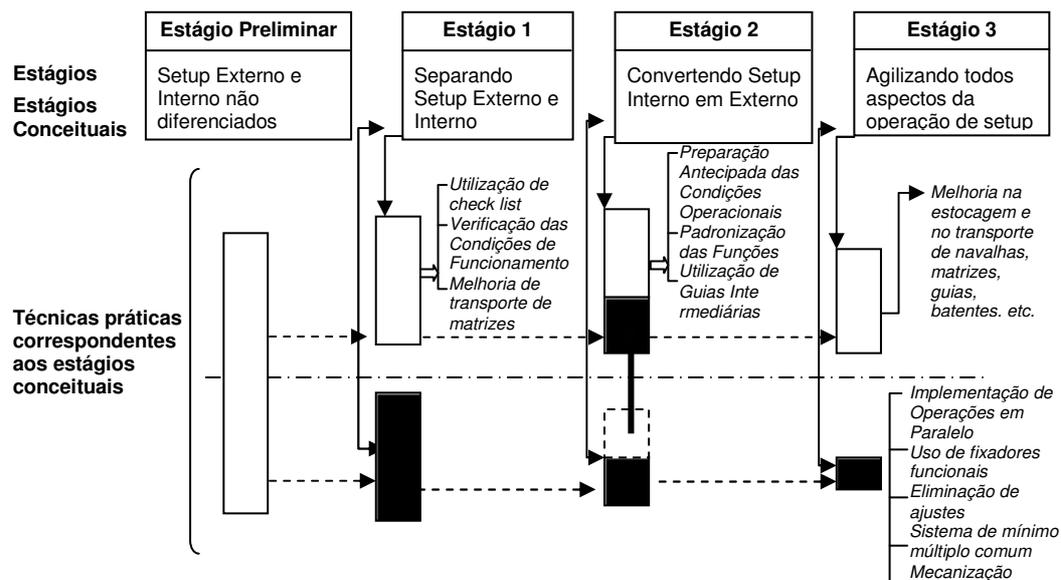
Menor esforço do operador: Atividades de preparação de máquinas, diferentemente de um posto de trabalho planejado, não são estruturadas e raras vezes são objetos de estudos ergonômicos. O operador, nestes casos, é submetido a esforços em condições precárias e sem ergonomia. Na medida em que o trabalho de preparação for objeto de planejamento de métodos, pode-se alcançar melhorias substanciais em ergonomia.

Maior qualidade: O tempo total de *setup* engloba a produção de itens sem qualidade relacionados ao ajuste da máquina até que se consiga produzir um item conforme especificações programadas e desejadas. A utilização do SMED auxilia no trabalho de organização do trabalho e racionalização do método de trabalho. Com isso, pode-se padronizar, dentro do possível, atividades de preparação fazendo uso de instrumentos adequados para ajustes e regulagem de instrumentos e ferramentas. A minimização de erros devido ao ajuste reduz significativamente os defeitos e retrabalhos provenientes da preparação malfeita e torna menores os desvios-padrões das trocas efetuadas.

Logística: Os benefícios promovidos pelo SMED são fundamentais para a melhoria de desempenho na gestão da cadeia de suprimentos. Conforme Pires (2004), nos últimos anos, os mercados industriais estão cada vez mais sensíveis ao tempo. Compradores procuram adquirir de fornecedores que ofereçam melhores prazos e que atendam a seus requisitos no tocante ao desempenho de entrega. As melhorias com diminuição de lead-time e agilidade de entrega advindas de um programa de TRF beneficiam toda a cadeia logística.

2. Proposta metodológica de redução de *setup* - A filosofia de Shingo: SMED

Shingo (1996) afirma que o método *just in time*, que está na essência do Sistema Toyota de Produção, não teria sido desenvolvido, se o sistema de troca rápida de ferramentas (TRF) não existisse. Para ele, o *setup* pelo método de TRF abrange primeiramente um âmbito estratégico e, posteriormente, entram em cena o desenvolvimento e a aplicação dos conceitos, com o intuito de implantar a ferramenta e suas técnicas de apoio. Resumidamente, as etapas do método SMED podem ser conferidas na figura 2:



Fonte: Shingo (1996).

Figura 2 – Metodologia SMED

A metodologia proposta por Shingo – SMED – se baseia em, assumindo de início que as atividades de *setup* interno (máquina parada) e externo (máquina em operação) não estão separadas, primeiramente, analisa-se a operação atual de *setup*, com a participação dos operadores e técnicos envolvidos. Com isto, objetiva-se separar claramente todas as atividades dentro da classificação descrita. Feita esta análise, a próxima etapa é a conversão de elementos previamente considerados parte do *setup* interno em *setup* externo, seguida da eliminação do maior número possível de ajustes. Para finalizar, cada operação elementar interna e externa é incansavelmente melhorada pois, uma vez dominado o método, deve-se aprimorar a técnica de implantação.

A adoção das seguintes melhorias também se mostra extremamente eficiente na realização da redução de *setup* através da TRF: utilização de gabaritos intermediários e dispositivos funcionais de fixação, trabalho em operações paralelas (ganho de agilidade com o trabalho simultâneo), padronização de funções, eliminação de ajustes (dispensando a experiência do operador que executa os trabalhos) e a mecanização/motorização das atividades (Shingo, 1996).

Ao atingir tais objetivos, consegue-se minimizar o estoque e flexibilizar a produção a ponto de permitir ajustes de acordo com alterações de demanda, fazendo com que seja possível a produção em pequenos lotes.

3. Condicionantes do SMED

Analisando o estágio atual de progresso da economia global, conclui-se ser de suma importância dominar os aspectos estratégicos inerentes às tomadas de decisão nas organizações, pois, o sucesso destas depende do conhecimento dos fatores condicionantes que influenciam suas metas e objetivos traçados. Deste modo, para a aplicação efetiva e eficaz da metodologia SMED, há a necessidade, primeiramente, de estudar os seus condicionantes, visto que estes fatores influenciam diretamente as decisões de investimento na indústria.

Dentre os condicionantes que serão analisados, destacam-se a demanda e a capacidade. Num primeiro momento, tais “dados” podem parecer não ter relação alguma entre si; no entanto, conforme será mostrado adiante, a demanda tem o poder de limitar a capacidade da fábrica, sendo um indicador fundamental para a análise da necessidade de investimentos. É possível também fazer uma tomada de decisão com base no OEE de cada operação ou equipamento, visto que este índice é um operador capaz de analisar a eficiência em que as instalações estão sendo utilizadas. Na área financeira, um indicador importante a considerar é o ROI, visto que ele tem o poder de mensurar a influência que uma decisão de investimento terá sobre o ativo total da organização em análise.

Adiante serão comentados conceitos fundamentais de cada condicionante que será utilizado para a proposição do modelo de decisão para a aplicação da metodologia SMED. A interação entre cada um deles será examinada na seção 4.

3.1 Demanda

A demanda é senão um dos mais preciosos fatores condicionantes a ser analisados para a elaboração de qualquer modelo de decisão. Dado o estado atual de progresso da economia global, as companhias que vendem seus produtos e serviços enfrentam decisões e desafios adicionais, muitas vezes sendo obrigadas a adaptar suas próprias culturas, visões e valores às culturas locais e aos sistemas econômico-legais dos mais diferentes países. Deste modo, o conhecimento da demanda é de extrema importância para se traçar um planejamento estratégico correto das organizações (Kotler, 2004), visando uma correta inserção nos mercados em que atuam.

Nesta situação, encaixa-se perfeitamente a orientação de marketing, que é uma filosofia empresarial cujas premissas centrais cristalizaram-se em meados da década de 50 (McKitterick, 1957). Este tipo de orientação é baseado em quatro pilares centrais: mercado-alvo, necessidades dos clientes, marketing integrado e lucratividade. Em suma, esta visão indica que, para uma organização obter sucesso no seguimento em que está inserida, deverá adotar uma perspectiva de fora para dentro; começando com um mercado bem definido, deve focalizar seus esforços nas necessidades dos clientes, coordenando as atividades que os afetarão e produzindo lucros para a empresa, ao mesmo tempo, satisfazendo seus clientes.

Segundo Kotler (2004), a demanda é o principal determinante do volume de produção e este tem um impacto significativo no projeto das operações. Por conseguinte, para que a capacidade fabril instalada de uma fábrica seja adequada aos estados atuais de demanda de seus produtos ou serviços, a determinação destes estados é fundamental para a orientação da produção. Kotler (2004), classifica os estados de demanda em:

- a) Demanda negativa: um mercado encontra-se em estado de demanda negativa quando uma parcela significativa dele não gosta do produto e até mesmo o evita.
- b) Demanda latente: muitos consumidores podem compartilhar uma forte necessidade que nenhum produto disponível no mercado é capaz de satisfazer.
- c) Demanda em declínio: toda organização se depara, mais cedo ou mais tarde, com queda na demanda por um ou mais de seus produtos.
- d) Demanda irregular: variações sazonais, diárias ou até mesmo horárias, o que causa problemas de ócio e sobrecarga.
- e) Demanda excessiva: nível de demanda maior que pode ou deseja suportar.

Outro fator chave para o sucesso na administração dos recursos de qualquer empresa, é o conhecimento e domínio dos métodos de previsão da demanda. Os modelos de decisão são amplamente usados na tomada de decisões gerenciais e, de fato, a maior parte das decisões exige algum tipo de previsão, apesar de o desempenho deste tipo de modelo, baseado apenas em previsões, em geral, não ser especialmente impressionante (Slack, 1998). Hogarth & Makridakis (1981), em uma revisão completa da literatura de finanças e gestão aplicadas, mostram que não é bom o desempenho obtido por previsões, tanto usando julgamentos subjetivos como sofisticados métodos matemáticos. Entretanto, sugerem que determinadas técnicas de previsão têm o melhor desempenho sob certas circunstâncias:

- a) para a previsão de curto prazo, pode-se fazer previsões acuradas utilizando modelos mecânicos relativamente simples, como os usados nas previsões de séries temporais (a análise dos acontecimentos passados prediz os estados futuros);
- b) os métodos de previsão de longo prazo, embora difíceis de julgar devido ao lapso de tempo decorrido entre a previsão e o evento, parecem ser mais adequados para uma abordagem causal objetiva. Em um estudo comparativo de métodos de previsão de mercado de longo prazo, Armstrong e Grohman (1972) concluem que os métodos econométricos oferecem previsões de longo prazo mais acuradas do que opiniões de especialistas ou análises de séries temporais e que a superioridade de métodos causais objetivos melhora à medida que o horizonte de tempo aumenta.

3.2 Capacidade e Teoria das Restrições (TOC)

De acordo com Van Goubergen (2000), comumente, para atender rapidamente às mudanças de tendências do mercado, as empresas costumam fazer o óbvio: aumentar o maquinário disponível e/ou criar turnos extras de produção. Contudo, tais soluções são, na maioria dos casos, inaptas e financeiramente inviáveis. Uma melhor saída seria examinar primeiramente os processos, a fim de observar onde a capacidade total das máquinas está sendo aproveitada.

Neste caso, o OEE pode ser um bom indicador de eficiência da máquina ou da operação (vide seção 3.2.1).

Outro recurso útil para a mensuração da capacidade de um sistema é a utilização da TOC, pois ela é capaz de identificar rapidamente se a capacidade real em uso é adequada à demanda de um certo produto ou serviço. Segundo Franco (1998), os conceitos da TOC giram em torno das restrições de um sistema. Na realidade, qualquer sistema possui poucas restrições, conforme é provado em Goldratt & Fox (1984) e, ao mesmo tempo, qualquer sistema real possui pelo menos uma restrição.

A TOC pressupõe que toda organização possui restrições que a impedem de alcançar sua meta, isto é, sua melhor performance. Com isso, a identificação das restrições de cada sistema e sua exploração devem ser metas para qualquer organização pois, desta forma, objetiva-se otimizar o desempenho do sistema.

Quando uma restrição se torna um recurso gargalo, ou seja, quando a capacidade da restrição é menor que a demanda, sua identificação fica mais fácil. Para os gargalos, muitas vezes é nítida a formação de excesso de inventário, além de uma dificuldade de cumprir as tarefas necessárias. Deste modo, as máquinas-gargalo da produção se tornam a prioridade para a redução nos tempos de *setup*, já que são as principais limitantes de qualquer linha de produção.

É também válido conceituar aqui o termo recurso de capacidade restritiva (CCR). O CCR é um recurso que, se não for propriamente programado e administrado, inibe o fluxo de produtos de alcançar o fluxo desejado. Um gargalo pode ser um CCR, contudo, um sistema pode não possuir gargalos reais, devido a sua baixa demanda. Para esses casos, o CCR será o recurso de menor capacidade, o qual limita o fluxo do sistema. Um CCR não é o único tipo de restrição que prejudica a performance de um sistema: restrições de mercado podem inibir a utilização de toda a capacidade disponível; podemos citar as restrições de materiais podem impedir a utilização de um recurso; restrições logísticas podem ocasionar em aumento dos tempos de processo; restrições gerenciais, formada pelas estratégias e políticas das empresas, podem inibir a performance do sistema; dentre outras.

3.2.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Com a redução de *setup* obtém-se ganhos relacionados com o crescimento da capacidade operativa (Harmon & Peterson, 1991). Aumenta-se, assim, a produtividade das máquinas ou da linha de produção, realizando um pequeno investimento operacional. Na determinação da eficiência de um equipamento qualquer, é preciso adotar alguma taxa de referência padrão para sabermos em que condições ele está operando. Suas condições de operação não são simplesmente baseadas em sua taxa temporal de operação (ou taxa de disponibilidade), mas sim são funções de outras variáveis senão apenas os tempos disponíveis para produção e os tempos de parada (*setup*, manutenção, troca de turnos, etc).

O comportamento geral de uma simples máquina, ou mesmo de uma planta inteira, será sempre função da dependência cumulativa dos 3 fatores (Nakajima, 1988) utilizados no cálculo do fator OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). O OEE, deste modo, é expresso por:

$$OEE = \text{taxa de disponibilidade} \times \text{velocidade da produção} \times \text{taxa de produtos de qualidade} \quad (1)$$

Por conseguinte, por descrever o comportamento de um sistema, o OEE pode ser utilizado como um índice para predizer em que nível de operação a planta se encontra, o que pode ser útil para equilibrar capacidade e demanda.

3.3 ROI

O ROI, que é muitas vezes chamado de retorno sobre o ativo total da empresa, determina a eficiência global da administração quanto à obtenção de lucros com seus ativos disponíveis. Quanto maior o ROI, melhor. A fórmula (2) é a mais conhecida:

$$ROI = \frac{\text{lucro líquido após imposto}}{\text{ativos totais}} \quad (2)$$

O ROI é um índice de lucratividade alcançada com os ativos da empresa. Observando a fórmula do ROI, a redução de *setup* possibilita o seu crescimento por diminuir o denominador e aumentar o seu numerador:

- com programas de redução de *setup*, como o SMED, a diminuição de estoques conduz a uma diminuição dos ativos totais. Vale lembrar que o estoque não é custo no sentido estrito da palavra, mas um ativo circulante;
- a economia com redução de estoques se dá de forma perceptível nos custos financeiros de manutenção de estoques (Johnson & Kaplan, 1993). Com esta economia, o lucro líquido será maior, o que fará o ROI crescer.

Claunch (1996) desenvolve sua própria metodologia de cálculo de retorno de investimentos específico para redução de *setup*. De uma forma simplificada, apresentamos a fórmula principal (3):

$$ROI (\text{setup}) = \frac{C + M}{\text{Investimento}} \quad (3)$$

sendo, *C* a economia alcançada com redução do custo de manutenção de estoques promovidos pela diminuição de tempo de *setup*; *M*, os ganhos conquistados com as melhorias em produtividade conseguidas com a redução de *setup*; por fim, *Investimento* é o valor total aplicado para a realização do programa de TRF (no caso, a metodologia SMED). Estes indicadores se desdobram em suas respectivas planilhas, que são apresentadas resumidamente a seguir:

Os itens que constam da planilha de cálculo dos custos de manutenção de estoques (financeiros e operacionais) são:

- a) custo do local de armazenamento: taxas, seguro, depreciação, manutenção do local, etc;
- b) custo de equipamentos de manuseio: depreciação, combustível, seguros e taxas de equipamentos, etc;
- c) custo de risco de estoque: seguro, obsolescência, deterioração física, perdas, etc;
- d) custo de serviço de estoque: taxas, mão de obra, encargos sociais, etc;
- e) custo de capital: custo de oportunidade do investimento em inventário.

O custo de manutenção de estoques (*Cme*) será a somatória destes itens acima. Este valor será multiplicado por outros valores conforme equação (4):

$$C = Cme \times \text{estoque atual} \times (\%) \text{ estoque reduzido} \quad (4)$$

sendo o estoque reduzido uma estimativa prevista com o programa de TRF. O resultado deste cálculo oferece o valor de economia anual com redução do custo de manutenção de estoques promovido pelo TRF.

Para calcular o fator *M* da equação (3), deve-se fazer uma estimativa de ganho de produtividade com o tempo disponível da máquina onde foi aplicado a TRF.

$$M = t \times n \times p \times b \quad (5)$$

sendo que t é o tempo de redução conseguido com o TRF; n , o número de *setup* feitos em um ano; p , o número previsto de anos em que o TRF será utilizado e, por fim, b é o ganho alcançado com a utilização da máquina conforme unidade de tempo utilizada na equação.

Os itens que incidem no valor de *Investimento* no desenvolvimento de um programa de TRF são:

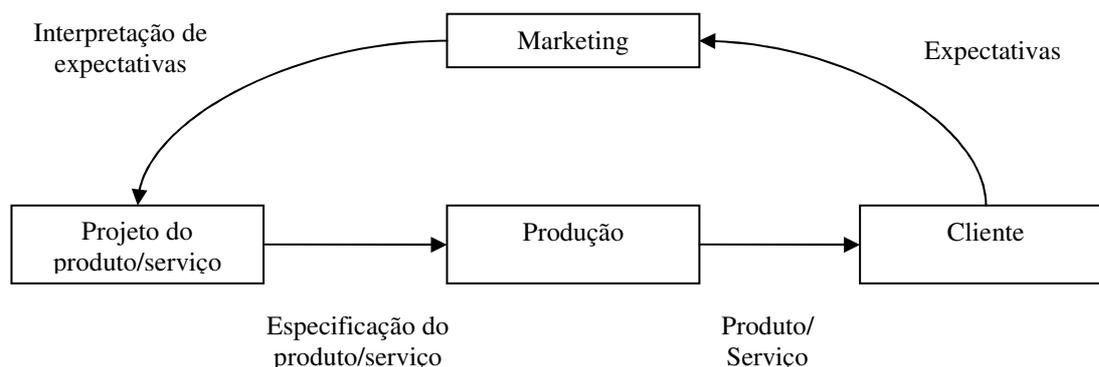
- Custos fixos: treinamento de funcionários, software, consultoria, etc;
- Custos variáveis: gastos com reuniões e encontros semanais.

O valor de *Investimento* será a soma deste dois custos.

Com isto, consegue-se realizar o cálculo do ROI conforme metodologia de Claunch. Pode-se perceber que o autor procurou englobar todos os itens envolvidos em TRF, em especial os custos de manutenção de estoques e os investimentos realizados para aplicar um programa de TRF. As planilhas buscam muitos dados de custos, chegando a ser bastante detalhista. Muitos dados de entrada de cálculo das planilhas são provenientes de estimativas da produção, o que pode tirar a credibilidade do modelo. Todavia, o modelo de Claunch aborda todos os aspectos necessários para se fazer uma análise de custo e de retorno de investimentos em TRF.

4. Modelo de tomada de decisão em setup

O objetivo de projetar produtos e serviços é satisfazer os consumidores atendendo a suas necessidades e expectativas atuais ou futuras. Isto, por sua vez, melhora a competitividade da organização. Pode-se observar, portanto, que o projeto de produto e serviço tem seu início com o consumidor e nele termina. Primeiro, a tarefa de marketing é reunir informações dos clientes (como também de não-clientes) para compreender e identificar suas necessidades e expectativas e também para procurar possíveis oportunidades de mercado. Seguindo isto, a tarefa de projetistas de produtos e serviços é analisar essas necessidades e expectativas, como interpretadas por marketing, e criar uma especificação para o produto ou serviço. Esta é uma tarefa complexa que envolve a combinação de aspectos muito diferentes dos objetivos de uma empresa. A especificação é então usada como a entrada para a operação, que produz e fornece o produto ou serviço a seus clientes (vide figura 3):



Fonte: Slack (1998).

Figura 3 – O ciclo de realimentação cliente-marketing-produto

De acordo com o proposto acima e conforme especificado em toda a seção 3, para atender e satisfazer seus clientes e potenciais clientes, a orientação da produção de qualquer empresa primeiramente necessita de informações a respeito do mercado consumidor (estado de demanda dos produtos, ciclo de vida, nível de aceitação no seguimento, etc.) para compará-las com a sua capacidade produtiva. Considerando a demanda como o principal fator de *input*

para as tomadas de decisão de produção, confrontamos seu estado com a informação da capacidade de um processo ou planta. Partindo deste princípio e analisando os demais fatores condicionantes estudados, foi desenvolvido o modelo de tomada de decisão para a implantação da metodologia SMED (figura 4). Adiante, será feita uma breve explanação do modelo criado.

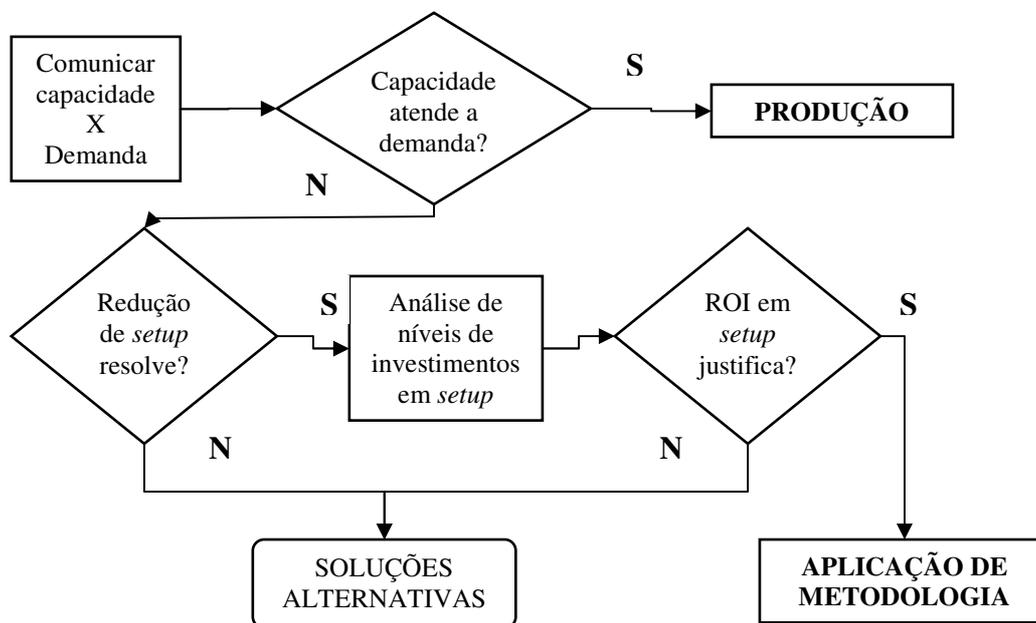


Figura 4 – Modelo de tomada de decisão para aplicação do SMED

Para a análise do modelo, consideremos uma linha de produção de um produto ou serviço hipotéticos. Caso a capacidade informada seja superior à demanda prevista do produto, não surge a necessidade de aplicar a metodologia SMED para redução dos tempos de *setup*, exceto se a meta da organização for otimizar os tempos de produção (o que pode ser obtido através do SMED), e a produção ocorre em seu ritmo pré-planejado. Caso contrário, cria-se a exigência de balancear a capacidade com a demanda, principalmente em casos onde esta demanda é latente. Segundo Slack (1998), para a boa administração de seus recursos, a empresa deve escolher uma posição entre as estratégias extremas de trabalho (cada uma com suas vantagens e desvantagens):

- a) capacidade antecipada à demanda; ou,
- b) capacidade acompanha a demanda,

Para a capacidade antecipada à demanda, embora sempre haja capacidade suficiente para atender a demanda (o que maximiza a receita), a principal desvantagem é a relativamente baixa utilização das fábricas, o que gera altos custos de manutenção, que certamente terão de ser repassados aos produtos. No caso de acompanhamento da demanda, ainda que problemas de sobre-capacidade sejam minimizados se as previsões de mercado forem otimistas, como a capacidade é insuficiente para atender totalmente a demanda, há redução das receitas e perda de clientes.

Ainda, existe uma terceira possibilidade estratégica de conciliação entre capacidade e demanda que vale ser citada, o chamado “ajuste com estoques”. Para esta situação, embora a utilização da capacidade seja alta, reduzindo os custos de produção e satisfazendo toda a demanda, corre-se o risco de deterioração e obsolescência dos produtos. Além disso, há a possibilidade de os custos dos estoques em termos de necessidades de capital de giro poderem

ser altos, o que seria excessivamente prejudicial para a empresa em momentos em que se precisa de fundos para investimento em capital.

Neste cenário diverso, torna-se importante a análise de redução de tempos de *setup*. Caso a aplicação da metodologia SMED obtenha como resultado a adequação da capacidade à demanda, o próximo passo é a análise de seu retorno financeiro, visto que, a meta de qualquer organização é o lucro. Deste modo, fazendo-se uma breve análise financeiro-histórica sobre os investimentos em *setup* da empresa em questão, deve-se analisar diretamente o ROI, pois, como indicado na seção 3.3, ele é um indicador fiel para a viabilidade do investimento. Feita a análise financeira, caso o investimento se justifique, a metodologia SMED deverá ser implantada diretamente, conforme descrito na seção 2.

Em contraposição, e se a aplicação de um método para redução de tempos de *setup* não for a solução mais adequada ao problema? E se o investimento em capital não se justificar? Muito embora a maioria dos livros de estratégia e planejamento da produção não tratem do assunto investimentos em *setup*, necessitamos propor soluções alternativas para o contexto. A curto prazo, as saídas mais simples seriam a terceirização de serviços, a realização de mais turnos (o mesmo que contar com uma capacidade extra sem o investimento em máquinas e equipamentos), além de planejar horas extras de trabalho aos funcionários. Neste ponto, faz-se a ressalva: todas estas soluções são, em sua maioria, também inaptas do ponto de vista financeiro.

Por fim, a boa aplicação e eficiência do modelo de decisão proposto demanda a obtenção de dados confiáveis. Visto que o modelo é baseado em comparação de valores de entrada (*inputs*), quanto mais próximos do real, mais certas serão nossas respostas, ou seja, as decisões tomadas (*outputs*). Deve-se também desenvolver ferramentas para a correta interpretação das informações obtidas, sendo peças-chave para o sucesso de qualquer decisão.

5. Conclusões e sugestões

Neste artigo, foi apresentada a importância da redução de tempos de *setup*, através do uso direto das técnicas propostas pelo SMED. Estudando a relação básica entre capacidade e demanda para a orientação da produção, além de indicadores fundamentais para a tomada de decisão nas organizações, como o OEE e o ROI, desenvolveu-se um modelo de tomada de decisão (vide figura 4) para a aplicação da metodologia SMED, ferramenta fundamental para a evolução das estratégias das operações industriais.

Conclui-se também que para a aplicação do modelo proposto, há a necessidade de obtenção de dados confiáveis e, por isso, deve-se aprimorar e dominar as técnicas de captação de informações, bem como desenvolver ferramentas de análise eficientes, capazes de transformar a informação obtida em um *output* mais próximo possível do real. Ainda, para a eficácia do modelo de decisão proposto, um fator a ser incluído são os riscos inerentes a qualquer decisão que, portanto, deverão ser considerados em trabalhos posteriores.

O presente artigo se enquadra dentro dos trabalhos realizados atualmente pelo Núcleo de Manufatura e Qualidade da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, sendo que a elaboração do modelo de tomada de decisão proposto é parte de um projeto de iniciação científica desenvolvido por um dos autores.

6. Bibliografia

- ARMSTRONG, J.S., GROHMAN, M.C. *A comparative study of methods for long-range market forecasting. Management Science*, v.19, n° 2, p.211-221.
- CLAUNCH, Jerry, *Set-up Time Reduction*, Richard D. Irwin, 1996.

- FAVARO, Cleber. *Integração da Cadeia de Suprimentos Interna e Externa através do Kanban*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 115 p. Dissertação (Mestrado).
- FRANCO, Gustavo N. *A teoria das restrições integrada a simulação em computador para a análise de viabilidade de mudanças em sistemas produtivos*, Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1998, 160pp. Dissertação (Mestrado).
- GODINHO FILHO & FERNANDES, 2004, Manufatura Enxuta: Uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalho Apontando Perspectivas de Pesquisas Futuras, *Gestão & Produção*, v.11, n.1, p1-19, jan.-abr, 2004.
- GOLDRATT, E.M., FOX, R.E. *The Goal*. North River Press Inc., 1984.
- HARMON, R. L.; PETERSON, L.D. *Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- HOGARTH, R. M., MAKRIDAKIS, S. *Forecasting and planning: an evaluation*. *Management Science*, v.27, p.115-138, 1981.
- JOHNSON, H. Thomas, KAPLAN, Robert. *Contabilidade Gerencial: a restauração da relevância da contabilidade nas empresas* - Rio de Janeiro: Campus, 1993.
- KOTLER, P. *Administração de marketing: a edição do novo milênio*, São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. *International Journal of Production Research*, v.38, n.11, p. 2377-2395, 2000.
- McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R. *Improving Changeover Performance*, 2001.
- McKITTERICK, J.B. *What is the marketing management concept?*, Chicago, American Marketing Association, 1957.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM – Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.
- PIRES, Sílvio R. I., *Gestão da cadeia de suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – Supply Chain Management*, São Paulo: Atlas, 2004.
- SHINGO, S. *Sistema de troca rápida de ferramentas*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SHINGO, S. *Sistemas de produção com estoque zero: o Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, N. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1998.
- TARDIN, G.G., *O Kanban e o Nivelamento da Produção*, Tese de Mestrado, FEM/Unicamp, Campinas, Brasil. 2001.
- VAN GOUBERGEN, D. *Set-up reduction as an organization-wide problem*. Cleveland: 'Solutions 2000' conference, 2000.
- WOMACK, J. P.; ROOS, D.; JONES, D. *A Máquina que Mudou o Mundo*. 4 e. Rio de Janeiro: Campus, 1992.