

ELIVANDER DE NADAI (Pitágoras) elivanderdenadai@gmail.com

LEANDRO DE SOUZA OLIVEIRA (Pitágoras) leandroso@bertolini.com.br

MARCOS ANTÔNIO DE CARVALHO (Faacz) marcos_antonio.ca@hotmail.com

MAX FILIPE SILVA GONÇALVES (FCSES) mgoncalves@catolica-es.edu.br

MILENA CARLESSO LOUREIRO (Faacz) milenacarlesso@hotmail.com

1. Introdução

Considerando que a administração está integrada com os setores de qualidade, suprimentos dentre outros, isto faz com que a integração entre eles seja estudada cada vez mais (KHAN & DARRAB, 2010; KONECNY & THUN, 2011).

Os gestores de linhas de produção buscam continuamente metodologias para aumentar a produtividade de seu processo. Um fator crítico para linhas de produção flexíveis é o alto tempo gasto em setup, acarretando em baixa produtividade devido ao equipamento parado e desperdícios oriundos de máquinas ociosas. No entanto, surge o questionamento: qual a influência do setup em uma linha de produção de uma metalmecânica? Sendo assim, o objetivo do estudo é validar o método, comprovando que este pode ser eficiente também em uma manufatura deste tipo de produto. Também será comparada a eficiência do processo antes e depois da implementação das atividades para confirmar sua influência na produtividade da linha de produção e os custos serão comparados. Percebe-se uma evolução neste setor da indústria que torna-se cada vez mais importante para as plantas industriais e, a produtividade torna-se um tema mais atrativo para pesquisa (MACKELPRANG & NAIR 2010; MELO et al, 2013).

A TRF – Troca Rápida de Ferramentas implica positivamente na redução dos tempos de atravessamento (*lead times*), que pode ser entendido como o intervalo transcorrido entre a aceitação e a entrega do pedido em termos mais gerais ou como sendo o intervalo compreendido entre o início efetivo da fabricação e o seu término em termos mais restritos, o que possibilita uma maior flexibilidade no processo produtivo, fazendo com que a empresa tenha uma resposta rápida as mudanças do mercado, tendo como objetivo a redução e simplificação de setup, através da diminuição ou eliminação das perdas ligadas à operação de setup. Na prática a TRF se desdobra em duas partes:(i) estratégias para implantação da TRF; (ii) técnicas para a aplicação da TRF. (SHINGO, 2000).

Para alcançar a melhoria continua as empresas devem eliminar perdas nos seus processo produtivos, afim de eliminar tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto. Dentre estas perdas o SETUP é uma operação que não agrega valor ao produto, cabendo aos profissionais

capacitados desenvolver e implantar da melhor maneira possível o sistema TRF. Uma situação similar em que havia necessidade de minimizar o tempo de setup, Gonçalves e Souza (2013) aplicaram a mesma metodologia em uma fábrica de torres de linha de transmissão e obtiveram resultados significantes. Portanto, esta pesquisa seguirá os mesmos passos citados por Shingo (2000).

O estudo proporcionará um significativo entendimento acerca do tema, além de intensificar o crescimento profissional que poderá ser utilizado para identificar oportunidades de melhorias na empresa.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu no Japão, na fábrica de automóveis da Toyota Motor Company, logo após a Segunda Guerra Mundial, e foi desenvolvido pelo executivo da Toyota Motor Company, o engenheiro Taiichi Ohno.

O STP tem sido mais recentemente, referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. A produção “enxuta” é um termo cunhado no final dos anos 80 para definir sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança.

De acordo com Caryl (2005), o STP tinha como finalidade aumentar a eficiência da produção através da eliminação contínua de desperdícios e tem como pilares necessários para sustentação do sistema a Just in time que entende-se como o material necessário, disponível na hora e no local exato de utilização, e automação é automação com toque humano.

2.2 SISTEMADE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

O sistema troca rápida de ferramentas (TRF), teve início na década de 50 através da série de experiências desenvolvidas por Shigeo Shingo por meio de estudos de casos de melhorias de eficiência na planta Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima (SHINGO, 2000).

A tabela a seguir, orienta de forma sistemática os estágios e técnicas desenvolvidas por Shingo, que auxilia na implantação do sistema de troca rápida de ferramenta.

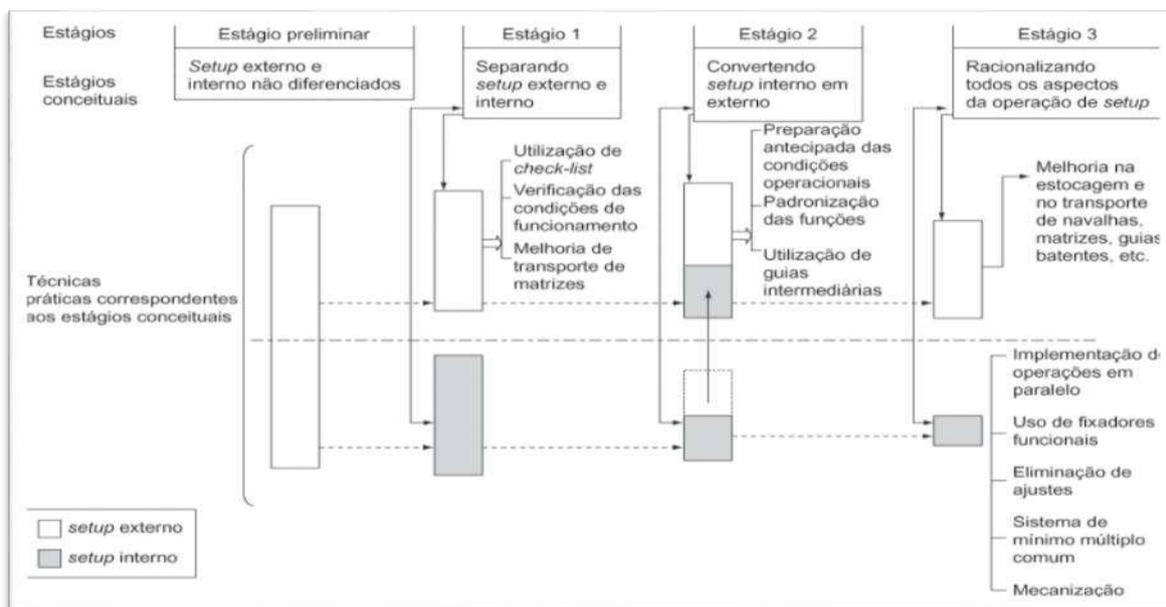


Figura 1 – Estágios e técnicas para a implantação do TRF. Fonte: Shingo (2000)

A TRF proposta por Mondem (1983) é definida em quatro estratégias e seis técnicas de implantação. O conteúdo das estratégias segue o mesmo enfoque de Shingo (2000). Seus pontos principais são a distinção das ações de preparação interna para externa, o processo de ajuste na troca de ferramentas e abolir o processo de troca de ferramentas.

Para Black (1998), a TRF é um método científico baseado na análise de tempos e movimentos relativos às operações de setup. A adoção da TRF não requer, obrigatoriamente, grandes investimentos em equipamentos sofisticados. A estratégia de implantação da TRF proposta por Black (1998) é dividida em sete passos básicos, contrapondo-se aos quatro estágios em Shingo (2000). Os seguintes aspectos podem ser destacados:

- a) O primeiro passo na sistemática de Black (1998) é determinar o método existente, utilizando-se a análise das operações, com o estudo dos tempos e movimentos relativos à operação de setup. O objetivo desta ação é eliminar os movimentos desnecessários e ordenar os movimentos necessários;
- b) Os passos 2, 3 e 4 (respectivamente, separar os elementos internos dos externos, converter setup interno em externo e reduzir ou eliminar os elementos internos) em Black (1998) são essencialmente os estágios 2 e 3 em Shingo (2000).

3. Setup

Segundo Shingo (2000), o setup foi desenvolvido no Japão no início da década de 1950. A primeira pessoa a usar o termo setup como uma ferramenta para a redução do tempo da troca de ferramentas foi o japonês Shigeo Shingo, formado em Engenharia de Produção. Durante

uma consultoria à unidade da Mazda em Hiroshima (Japão) observou que o tempo perdido para busca de ferramentas de apoio e adaptações desnecessárias era muito elevado.

A redução do tempo de setup vai ao encontro do que há de mais moderno com relação às tecnologias de produção, tendo como objetivo minimizar o tempo ocioso e os desperdícios, a fim de elevar a produtividade para reduzir os custos de uma determinada operação (SHINGO, 2000).

Segundo Fontana et al., (2013), de uma forma geral podemos dizer que o setup é um tempo considerado improdutivo da máquina, porém necessário para que se possam produzir diferentes tipos de produtos, ou seja, é o tempo decorrido da troca de processo da produção da última peça boa de um lote até a produção da primeira peça boa do outro lote.

4. Metodologia

4.1 Tipo de Pesquisa

O método de trabalho seguido nessa atividade teve dois estágios. No primeiro estágio foi realizada uma pesquisa bibliográfica do assunto troca rápida de ferramentas (TRF) e de alguns conceitos relacionados ao processo de manufatura e sua relação com a TRF.

O segundo estágio abordou a aplicação da ferramenta TRF proposto em um estudo de caso em uma indústria metalmeccânica, nesse estágio utilizou-se uma pesquisa de natureza quantitativa.

4.2 Materiais e Métodos

Com base em dados fornecidos pelo departamento de Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) relativos ao processo fabril de corte longitudinal de tiras de aço carbono, sendo este processo vital para o bom desempenho das demais etapas do processo produtivo de fabricação de tubo de aço com costura.

Nesta fase do trabalho refere-se a levantamento de dados de parada de máquina coletado pelo setor de PPCP com o objetivo de identificar os motivos das paradas de máquina mais frequentes, tornando o equipamento um gargalo no processo produtivo. Para isto foram adotadas as seguintes etapas:

Tabela 1 – Etapas do levantamento de dados de parada de máquina coletado pelo setor de PPCP

Etapas	Descrição
1. Levantamento de dados	Levantamento dos dados de parada da máquina dos últimos 12 meses de produção do equipamento.
2. Tabulação dos dados	Dados de parada de máquina do período em estudo foram

	exportados para planilha em Excel;
3. Análise dos dados	Os dados foram dispostos em gráficos para facilitar a análise;
4. Construção do problema	Após análise dos indicadores de desempenho, foi possível identificar que o percentual de horas parada dos equipamentos era muito grande, comprometendo o desempenho de todo o processo produtivo.
5. Levantamento dos dados do mesmo processo na Empresa B	Tabulação e análise dos dados de parada de máquina dos últimos 12 meses de produção do equipamento, dispondo em tabelas e gráficos
6. Construção da hipótese	Utilizando-se dos dados analisados, chegou-se à conclusão que o gargalo estava localizado na linha de corte longitudinal (LCL) – Slitter

Fonte: PPCP da Empresa pesquisada

4.3 Caracterização da Empresa Pesquisada

O projeto de pesquisa desenvolvido na unidade industrial de uma grande empresa metalmeccânica com sede em Linhares - ES, esta unidade possui aproximadamente 190 funcionários com uma capacidade produtiva de 09 mil toneladas de produtos derivados de aço por ano.

A empresa possui duas modernas fábricas localizadas no Espírito Santo, nos municípios de Linhares e da Serra. Utiliza tecnologia de alta precisão na fabricação de produtos derivado de aço, com matéria-prima certificada vinda das principais siderúrgicas brasileiras.

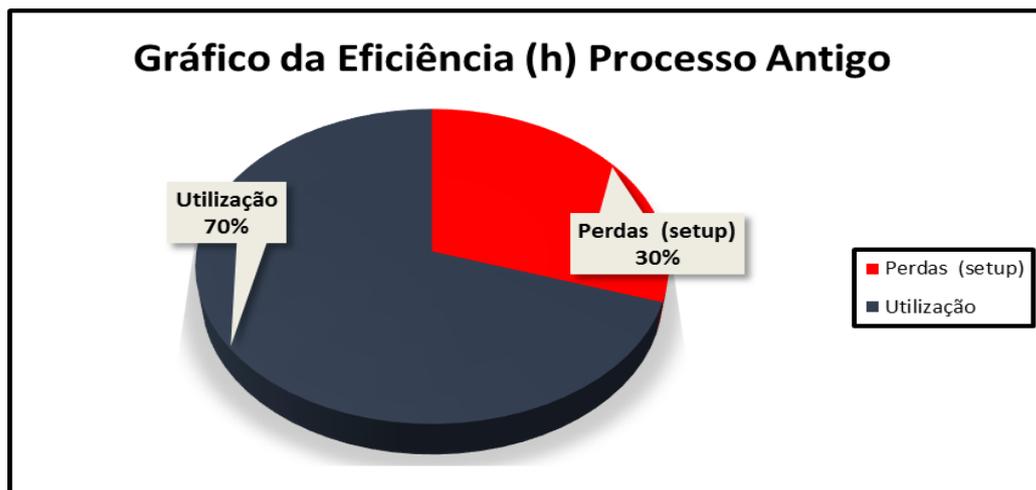
A empresa investe constantemente na aquisição de equipamentos, em novas tecnologias de produção e na capacitação, segurança do trabalho e na saúde de seus colaboradores.

5. Resultados e Discussão

Realizamos o acompanhamento do processo de produção no equipamento de corte longitudinal de tiras de aço (LCL) – Slitter, na empresa pesquisada.

De acordo com os dados coletados no setor de PPCP da empresa, verificamos que o equipamento apresentava um elevado índice de setup demonstrado na figura 2 a seguir, ocasionando uma perda de capacidade de produção do equipamento, sendo assim tornando um gargalo no processo de produção da empresa.

Figura 2 - Demonstrativo de perda com o setup



Fonte: PPCP da empresa pesquisada (2014)

A partir destas informações coletadas e observações feitas verificamos a possibilidade de aplicação do método de troca rápida de ferramenta (TRF) neste equipamento.

O trabalho iniciou com uma reunião com o operador e os auxiliares de operação do equipamento que seria implementado o estudo da TRF, na qual foram apresentados a metodologia e o trabalho a ser executado. Após esse breve treinamento e sensibilização da equipe, as atividades realizadas no setup foram filmadas pelos pesquisadores do trabalho.

Após a filmagem foi realizada uma reunião com a equipe de implantação junto com o operador e os auxiliares de operação do equipamento, nessa reunião foi mostrado à filmagem do setup da operação e feito um checklist de todas as atividades, listando e mensurando quanto ao tempo de duração individual, manuseio, o responsável pela execução da atividade e observações. Segue resumo dos dados do checklist conforme a tabela:

Tabela 2 – Resumo da Ficha (checklist) de operação de setup do processo filmado

RESUMO PRIMEIRA FILMAGEM DO SETUP				
	Operador/Aux. 4	Auxiliar 1	Auxiliar 2 e 3	Máquina Parada
Tempo parado	1:08:28	0:32:57	1:03:48	1:08:28
Tempo operando	0:09:56	0:24:12	0:00:00	

Fonte: Empresa pesquisada (2014)

Ao analisar a filmagem e listar o checklist da operação de setup junto com o operador e os auxiliares envolvidos, constatou-se que as etapas do processo de setup do equipamento estavam enxutas, os processos bem ajustados, todo material utilizado para o processo estavam bem próximos ao equipamento, evitando o deslocamento da equipe e perda de tempo, sendo assim identificamos que seria necessário criar meios de fazer parte da etapa da troca com a máquina ainda em funcionamento parando apenas para trocar o conjunto de facas.

Em busca da solução que reduziria o setup e ao mesmo tempo aumentaria a produtividade do equipamento, começamos a estudar as automações e inovações que o mercado oferecia como solução para este tipo de equipamento ou similares.

Após pesquisar o mercado, chegamos a uma solução oferecida por uma empresa brasileira que seria capaz de possibilitar fazer grande parte da atividade de setup enquanto o equipamento estava em funcionamento, o que podemos denominar como setup externo.

Na figura 3 abaixo temos a ilustração do equipamento denominado sistema de troca rápida para tesouras rotativas, este equipamento permite que o operador possa deixar até três planos de corte prontos, para fazer a troca do conjunto de facas no momento exato em que o corte da bobina é finalizado. Possibilitará realizar a troca externa das ferramentas reduzindo drasticamente o tempo de setup, e tornando o processo altamente flexível.



Figura 3 - Cabeçote de troca rápida para tesouras rotativas. Fonte: Empresa pesquisada (2014).

Através de pesquisa junto aos fornecedores, conseguimos visitar uma outra indústria da região que possui este cabeçote de troca rápida de ferramenta para agilizar o setup, e acompanhamos o processo de setup deste equipamento, sendo então filmado este processo e posteriormente analisado em um checklist. Segue o checklist resumido conforme a tabela:

Tabela 3 – Resumo da Ficha (checklist) de operação de setup do processo filmado

RESUMO SEGUNDA FILMAGEM DO SETUP			
	Operador	Auxiliar 1 e 2	Máquina Parada
Tempo parado	00:06:45	00:06:23	00:06:45
Tempo operando	00:38:42	00:11:09	

Fonte: Empresa pesquisada (2014)

Foi observado que o tempo de setup foi relativamente o mesmo em relação à primeira filmagem, porém o processo que causava maior impacto foi realizado com a máquina em funcionamento, sendo assim o comparativo do processo de setup da filmagem 2 com o dispositivo de troca rápida para tesouras rotativas obteve uma grande redução na parada do equipamento.

Comparando a primeira operação de setup filmada e a segunda operação de setup filmada com a do cabeçote de troca rápida para tesouras rotativas, obteve-se um ganho significativo, reduzindo em mais de uma hora (01:01:43) o tempo de parada do equipamento.

Para uma melhor visualização do ganho real, a tabela 4 demonstra um comparativo utilizando o cabeçote de troca rápida para tesouras rotativas da empresa B com a empresa A que não possui este dispositivo, do qual podemos identificar uma redução no percentual do setup em cima da capacidade projetada do equipamento, e o aumento em relação à quantidade de toneladas produzidas.

Tabela 4 - Comparativo do setup em relação à capacidade

SETUP	MÉDIA/MÊS (H)	CAP. PROJETADA (h)	(%) SOBRE A CAP. PROJETADA	PRODUÇÃO EM TONELADAS
SETUP Empresa A	108,84	361,20	30,13%	2.160,87
SETUP Empresa B	18,60	361,20	5,15%	5.219,21

Fonte: PPCP das duas empresas pesquisadas

A utilização do dispositivo proporcionará ainda uma redução de funcionários para trabalharem no equipamento, reduzindo em 02 funcionários para operar o equipamento, demonstrado na tabela 5.

Tabela 5 - Comparativo redução de mão de obra (MOD)

FUNCIONÁRIOS NO EQUIPAMENTO DA EMPRESA A	5
CUSTO MOD / MÊS	R\$ 9.739,90
FUNCIONÁRIOS NO EQUIPAMENTO DA EMPRESA B (COM A UTILIZAÇÃO DA TRF)	3
CUSTO MOD / MÊS	R\$ 6.196,29
REDUÇÃO / MÊS	R\$ 3.543,61

Fonte: PPCP das duas empresas pesquisadas

Utilizamos para ilustrar o comparativo do investimento, uma análise do lucro líquido da empresa com a utilização em seu processo do dispositivo de troca rápida de ferramenta, sendo que ocorrerá um aumento significativo em seu lucro líquido em virtude do aumento da capacidade de produção do equipamento que hoje é o gargalo do seu processo produtivo, demonstrado na tabela 6.

Tabela 6 - Demonstrativo lucro líquido

LUCRO LIQUIDO ANUAL UTILIZANDO O EQUIPAMENTO SEM O DISPOSITIVO DE TRF	R\$ 5.082.377,61
LUCRO LIQUIDO ANUAL UTILIZANDO O EQUIPAMENTO COM O DISPOSITIVO DE TRF	R\$ 12.275.572,12
DIFERENÇA	R\$ 7.193.194,51

Fonte: PPCP das duas empresas pesquisadas

Considerando apenas a capacidade projetada o equipamento se pagaria em 03 (três meses), segundo o cálculo do Payback, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7 - Demonstrativo retorno do investimento – em cima da capacidade

LUCRO LÍQUIDO ANUAL – COM O DISPOSITIVO TRF	R\$ 12.275.572,12
CUSTO AQUISIÇÃO DO DISPOSITIVO TRF	R\$ 1.827.529,55
PAYBACK (MESES)	3,049

Fonte: PPCP das duas empresas pesquisadas

Porém levando em consideração a projeção de vendas fornecida pela PPCP da empresa que pretende um crescimento contínuo de 30% nos próximos três anos, nesta condição o retorno do investimento passa a ser de 14 meses, conforme na tabela 8.

Tabela 8 - Demonstrativo retorno do investimento – projeção de vendas

LUCRO LÍQUIDO ANUAL - COM O DISPOSITIVO TRF	R\$ 1.524.713,28
CUSTO AQUISIÇÃO DO DISPOSITIVO TRF	R\$ 1.827.529,55
PAYBACK (MESES)	14,383

Fonte: PPCP das duas empresas pesquisadas

O investimento além de imprescindível para as aspirações de crescimento da empresa é uma solução viável e econômica, pois o investimento em uma nova linha de corte implicaria em um investimento superior a R\$ 12.000.000,00 (Doze milhões de reais) e um ano de espera para construção, entrega e instalação do novo equipamento.

6. Considerações Finais

Ser competitivo para se manter no mercado deixou de ser a missão das empresas, hoje elas precisam ir muito além, pois o objetivo passa a ser a referência ou liderança no mercado de atuação. No intuito de contribuir com este processo estudou-se o gargalo do processo produtivo de uma fábrica de tubos de aço para apresentar alternativas de melhorias, após identificar que o limitador do volume produzido estava no processo inicial daquele fluxo produtivo, equipamento denominado linha de corte longitudinal de tiras de aço (LCL) - Slitter.

Com a implantação plena de uma sistemática TRF é possível identificar que haverá uma redução significativa nos tempos de setup e conseqüentemente elevando o tempo disponível para produção gerando um melhor aproveitamento da capacidade produtiva.

Com o resultado apresentado chega-se à conclusão que a TRF também proporciona a redução de custos dentro do processo produtivo, proporcionando flexibilidade à empresa, podendo atender melhor e de forma mais rápida os seus clientes e com isso se diferenciando no mercado. Contudo sugere-se para uma nova pesquisa, o prosseguimento do estudo no âmbito da flexibilidade, para identificar qual o impacto que o tempo e recorrência de *setup* têm diante da capacidade de ser flexível neste tipo de manufatura. No entanto, é possível afirmar que a utilização desta ferramenta no processo estudado é totalmente viável.

Referências

- BLACK, J. T. O projeto da fábrica com futuro. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- CARYL, C.; TAKAYAMA, H.; SPARKS, J. Toyota Triumphs, Newsweek International, AtlanticEdition, 2005.
- FONTANA, B. R. B.; BATTI, C. F. B.; FACHINI, E. A.;FORCELLINI, F.A; KAMINISHI, F.A. Redução do tempo setup de máquinas em linha com fluxo em lote utilizando os conceitos de SMED através de método Gemba Kaizen em uma indústria de embalagens plásticas. Ponta Grossa - PR: III Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2013.
- GONÇALVES, M. F. S., SOUZA, J. B. Aplicação da TRF - Utilizando a ferramenta SMED, para aumentar a produtividade em uma linha de produção de torres para linhas de transmissão de energia elétrica. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Salvador-BA. 2013.
- KHAN, M. R. R. DARRAB, I. A. Development of analytical relation between maintenance, quality and productivity. Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 16 No. 4, p. 341-353. 2010
- KONECNY, Philipp A. THUN, Jorn-Henrik. Do it separately or simultaneously – An emprirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance. Int. J.Production Economics v. 133. P. 496–507. 2011.

MACKELPRANG, A. W. NAIR, A. Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. *Journal of Operations Management* v. 28 p. 283-302. 2010.

MELO, C. O. CRUZES, D. S. KON, F. CONRADI, R. Interpretative case studies on agile team productivity and management. *Information and Software Technology* v. 55 p. 412–427 .2013).

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JHONSTON, R. *Administração da Produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SHINGO, S. *O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHINGO, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: uma revolução dos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

MONDEM, Y. *O sistema Toyota de produção*. São Paulo: IMAM, 1983.