



**A FLEXIBILIDADE NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DE
FÁBRICAS INTELIGENTES**

**FLEXIBILITY IN THE CONTEXT OF INTELLIGENT PLANTS'
DEVELOPMENT**

Fernando Augusto Pereira

Doutorando em Engenharia de Produção
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
PPGEP Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
R. João Pio Duarte Silva, 682 A4 304. Córrego Grande. Florianópolis/SC, CEP: 88037-000
Fone: (48) 3239-2127 E-mail: fep@certi.org.br

Ana Julia Dal Forno

Doutoranda em Engenharia de Produção
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
PPGEP Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
R. João Pio Duarte Silva, 682 A4 304. Córrego Grande. Florianópolis/SC, CEP: 88037-000
Fone: (48) 3721-7101 / 9617-7290
E-mail: anajudalforno@hotmail.com; anajulia@deps.ufsc.br

Dalvio Ferrari Tubino

Doutor em Engenharia de Produção
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
PPGEP Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
Campus Universitário, Caixa Postal 476. Trindade. Florianópolis/SC, CEP: 88040-970
Fone: (48) 3721-7052 / 3721-7055
E-mail: tubino@deps.ufsc.br



RESUMO

A globalização e a concorrência entre as empresas estão causando revoluções no desenvolvimento de produtos, reduzindo cada vez mais o seu ciclo de vida. As organizações estão optando por plataformas de produtos mundiais, com estratégias globais. Além da visão mais ampla sobre estratégias corporativas, os mercados mais dinâmicos e a forte concorrência estão impactando nos planejamentos de demanda de médio e curto prazo das empresas. Todas estas características originam turbulências nas organizações, mas também podem trazer oportunidades. Para as empresas introduzirem estas melhorias, é preciso inovar, mudando a forma como planejam e operam suas fábricas. Uma das formas para viabilizar isso é fazendo uso da flexibilidade na manufatura. Neste artigo serão abordados aspectos de flexibilidade, no contexto de faixa, resposta e dimensão, e como as empresas podem aplicar esse benefício para planejar melhor suas fábricas, seus processos produtivos e eliminar desperdícios.

Palavras-chave: Flexibilidade, Sistema Toyota de Produção, *Lean Manufacturing*, Fábricas Inteligentes, Eliminação de desperdícios.

ABSTRACT

Globalization and competition among companies bring changes in the product development, reducing increasingly its life's cycle. Corporations are opting to world-wide products platforms, with global strategies. Besides the wider vision about corporative strategies, dynamic markets and strong competition are impacting in the medium and short term companies' demands. All these characteristics create turbulences in the organizations, but they can also convey opportunities. In order to take strategic advantage in this process, companies ought to innovate, changing the manner of planning and operating its plants. One possibility to achieve these goals is using flexibility in the manufacture. In this paper, flexibility aspects will be addressed in context of band, reply and dimension, and, how companies can apply this benefit to get better design in their plants and manufacture process, and eliminate waste.

Key-words: Flexibility, Toyota Production System, Lean Manufacturing, Intelligent Plants, Wastes' elimination.



1. A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DA FLEXIBILIDADE NO CONTEXTO DA MANUFATURA

Desde muito tempo são estudadas técnicas e maneiras para tornar a manufatura mais competitiva. Foi na oportunidade de fazer produtos padronizados que o homem descobriu a vantagem de produzir bens em série, com procedimentos e atividades padronizadas.

No fim do século XIX, foi iniciada uma revolução na área da eficiência industrial, mudando de forma significativa a maneira com que os operários realizavam suas atividades. Frederick Winslow Taylor realizou inovações no processo produtivo que impactou na produtividade das empresas e Frank Bunker Gilbreth e Lillian Moller Gilbreth, realizaram estudos pioneiros de tempos e movimentos no processo. O casal Gilbreth buscou compreender os hábitos de trabalho de empregados de indústrias e encontrar meios de aumentar a produtividade (RIOUX, 1975; IANNONE, 1992).

No início do século XX, o mundo passou a montar produtos em linha, conceito desenvolvido por Henry Ford. Pela primeira vez os produtos foram montados em série, transportados por uma esteira, onde cada operário fazia uma etapa do processo. Este modelo foi assimilado pela indústria e teve seu conceito replicado na manufatura de outros tipos de produto. O ápice ocorreu durante a segunda guerra mundial e a revolução capitalista, decaindo no início da década de 70.

A terceira evolução dos sistemas produtivos, conhecida como Toyotismo, parte para conceitos contrários aos sistemas de gestão desenvolvidos anteriormente, que procuravam reduzir os custos unitários dos produtos através da produção em larga escala e especialização do trabalho.

Em contrapartida, o Sistema Toyota de Produção visa a produção em lotes unitários e a multifuncionalidade no chão de fábrica, conquistada especialmente pelo exercício bem resolvido da flexibilidade e a eliminação de desperdícios. Desenvolvido nas fábricas da Toyota, no Japão por Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, a filosofia enxuta vem crescendo e invadindo as empresas no ocidente. Atualmente, é grande a busca do domínio dos conceitos de Manufatura Enxuta pelas empresas ocidentais, tendo em vista as necessidades de se tornarem mais competitivas.



A Figura 1 compara a evolução das empresas fabricantes de veículos japonesas (Nissan, Toyota e Honda) com as americanas (GM, Ford e Chrysler). Conforme a projeção de Hymans (2006), no ano de 2007 foi previsto que as empresas japonesas ultrapassariam as americanas referente à representatividade no mercado. Assim, em 1986 as automobilísticas dos Estados Unidos dominavam 72,4% das vendas, mas em 2011 esse valor diminuiria para 45,2%. Destacando a evolução do *Lean Manufacturing*, em 1997, a Toyota estava em 9º lugar na classificação das empresas com maior valor de mercado, avaliada em 12 bilhões de dólares (GAITHER E FRAZIER, 2002). Entretanto, conforme a Revista Exame (2007), a Toyota ultrapassou a General Motors, que há 73 anos ocupava o posto. Passo após passo, a empresa japonesa conseguiu se reinventar nas últimas décadas. Com praticamente o mesmo número de funcionários da GM, a Toyota ganha mais dinheiro e tem um valor de mercado muito superior. Suas ações valiam em março de 2007 o equivalente a 219 bilhões de dólares, cifra 12 vezes superior à da montadora americana.

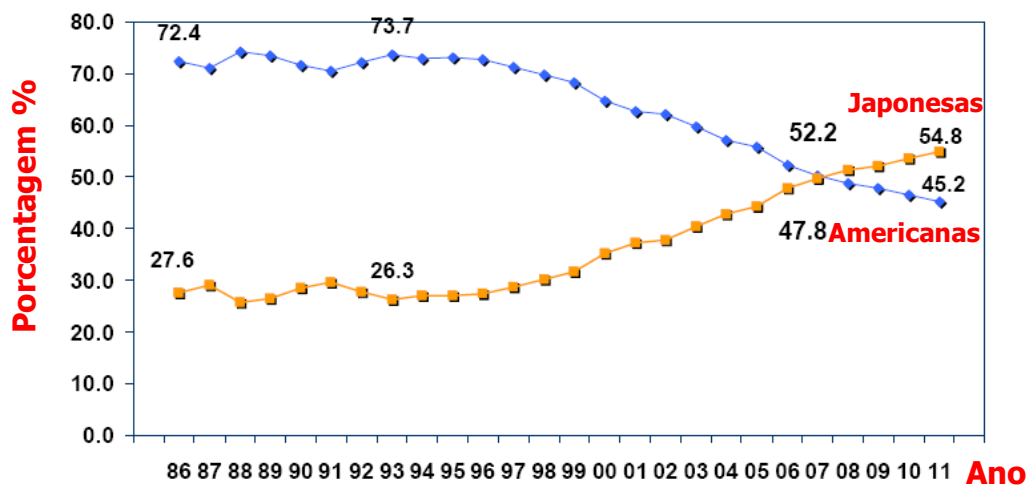


Figura 1: Representatividade de empresas japonesas e americanas no mercado mundial de automóveis.

Fonte: Hymans, 2006.



Esse domínio do mercado americano por empresas japonesas, deve-se a estratégias de flexibilidade e à eliminação de desperdícios no chão de fábrica, bem como à estruturação de estratégias inteligentes para composição das suas cadeias de fornecimento.

A prova de que a Manufatura Enxuta não é apenas mais uma moda, mas uma filosofia que proporciona aumento de competitividade, é a expansão da indústria japonesa nos EUA por conta da sua maior capacidade de aproveitamento de recursos e das dimensões da sua flexibilidade, tendo como principal benefício o aumento da lucratividade. A Figura 2 demonstra o impacto da utilização dos conceitos de Manufatura Enxuta nas empresas japonesas que operam nos EUA, comparando seus resultados financeiros com empresas norte americanas.

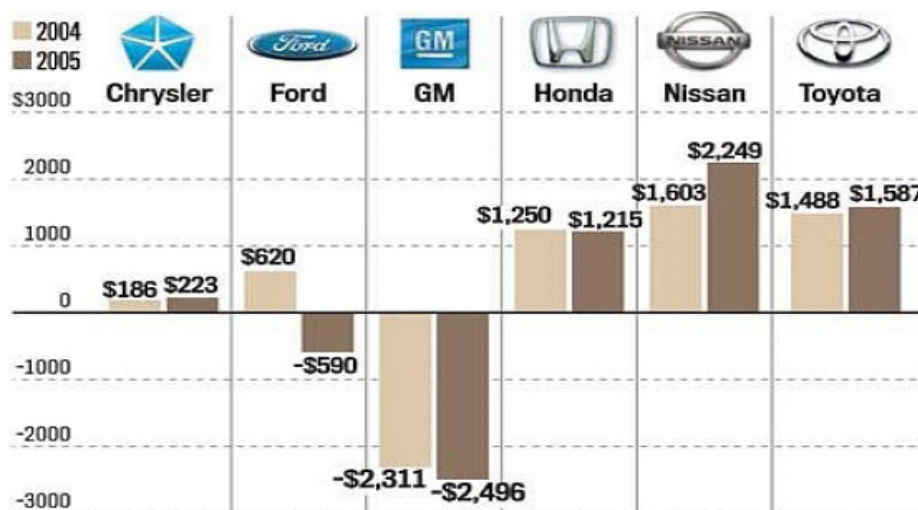


Figura 2: Comparação do lucro das empresas no mercado americano antes da declaração do imposto de renda.

Fonte: Harbour Consulting, 2007.

O conceito de “Customização em Massa” criado por Davis (1989) está relacionado à flexibilidade, pois seu objetivo é atender à demanda por produtos e serviços individualizados. Assim, é preciso ser cada vez mais flexível visto que o cliente poderá determinar várias características do produto que está adquirindo, que depois será manufaturado exatamente conforme foi definido.



A evolução dos Sistemas Produtivos ocorrida nas últimas décadas tem algo em comum – a flexibilidade. Através da flexibilidade que processos, peças, produtos e manufatura podem funcionar de acordo com as necessidades do momento. Para o Sistema Toyota de Produção, flexibilidade é de extrema importância, porque permite que os recursos sejam racionalizados e melhor utilizados, tendo como consequência a eliminação de desperdícios. Para a Customização em Massa, a flexibilidade é importante porque permite que o cliente possa “inventar” e definir características diferenciadas para o produto da forma que lhe convém, exigindo dos processos de manufatura maiores desempenhos.

2. O CONCEITO DE FLEXIBILIDADE NA PRÁTICA E O SEU USO NAS EMPRESAS DE MANUFATURA

Hoje em dia o ciclo de vida dos produtos está cada vez menor. Produtos são desenvolvidos e lançados continuamente, em um ciclo cada vez mais curto. Como exemplo, uma empresa do segmento de higiene e limpeza lança em torno de 20 produtos por ano, com tendência crescente ano a ano (BOMBRIL, 2007). Na linha de eletroportáteis (cafeteiras, espremedores de frutas, liquidificadores), uma empresa que está no mercado há mais de 70 anos, lançou, em 2003, dois novos produtos dos 20 que possui em seu portfólio. Os principais motivos que estimulam o lançamento de novos produtos são a concorrência e a redução de ciclo de vida dos produtos (MARTINS, 2007). Essa característica exige uma diferenciação na maneira com que os produtos são manufaturados, exigindo um desempenho melhor do processo produtivo e o planejamento de como será o descarte desde o momento do projeto do produto. Até bem pouco tempo atrás, os produtos entravam na linha de produção e permaneciam durante dias, semanas e até meses sendo produzidos, sem haver qualquer troca de modelo. Hoje em dia não é mais assim. O mercado e as novas estratégias de vendas e de fornecimento exigem lotes menores, com baixos estoques, fazendo com que a manufatura tenha que realizar *setups* constantes, tanto de máquina como de matéria-prima.

Estas características, isoladamente, justificam o investimento das empresas em flexibilidade? A resposta é não. A primeira questão é entender a necessidade de investimentos em flexibilidade. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), a flexibilidade serve “para lidar com



situações não-planejadas ou de baixa capacidade de previsibilidade”. Isso quer dizer que o conceito de flexibilidade só faz sentido quando:

- Existem ocasiões onde a confiabilidade das informações é pobre ou não existe;
- Onde existe desconhecimento em relação ao futuro;
- Onde a variedade de produtos é fator-chave nos negócios da empresa.

A flexibilidade pode ser reconhecida como “um amortecedor contra turbulências internas e externas, de curto, médio e longo prazo” (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002).

Para Tubino (2000), os principais critérios de desempenho nos quais a produção deve agir são locados em quatro grupos – custo, qualidade, desempenho de entregas e flexibilidade. Esse último é definido como a capacidade de reagir de forma rápida a eventos repentinos e inesperados. Dessa forma, com os modernos conceitos de produtividade associados à Manufatura Enxuta, é possível incrementar um critério sem deteriorar outros, como, por exemplo, aumentar a qualidade e flexibilidade sem perder custos. Ainda, a flexibilidade é considerada ganhadora de pedido nas empresas, um diferencial que agrega valor ao cliente.

O conceito de flexibilidade serve para lidar com três aspectos: Produtos, Falhas Internas/Externas e com o Planejamento de Demandas, conforme detalha Slack, Chambers e Johnston (2002).

A flexibilidade aplicada/relacionada a produtos, serve principalmente para:

- Lidar eficazmente com largas faixas de peças, componentes ou produtos;
- Adaptar produtos a requisitos específicos dos consumidores;
- Para que futuras gerações de produtos possam ser manufaturadas na mesma infra-estrutura fabril.

A flexibilidade aplicada a Falhas Internas/Externas, serve principalmente para:

- Lidar com quebras de equipamento;
- Lidar com falhas de fornecedores.

A flexibilidade aplicada ao Planejamento de demandas, serve principalmente para:



- Proporcionar ajustes de capacidades de curto prazo;
- Priorizar pedidos importantes ao longo da fábrica;
- Ajustar níveis de saída para estar apto à receber pedidos de entrada.

Muitas empresas, sem reconhecer onde exatamente precisam ser flexíveis, fazem altos investimentos em máquinas e plantas industriais. Antes dos investimentos, torna-se necessário identificar onde a empresa precisa ser flexível e desdobrar essa flexibilidade para a especificação, a operação das máquinas e a maneira com que os processos são concebidos e gerenciados. Só assim pode-se projetar uma Fábrica Inteligente.

3. A VISÃO DA FLEXIBILIDADE NA PRODUÇÃO E OS SEUS BENEFÍCIOS

Os investimentos em flexibilidade realizados para minimizar a falta de domínio dos processos ou absorver processos com baixa previsibilidade é um desperdício. Aumento da capacidade de flexibilidade para amortecer processos e previsões mal feitas gera custo. Assim como os estoques existem para atender uma demanda acima do previsto ou para atender demanda em caso de falhas internas/externas, a flexibilidade pode ser entendida como um certo “estoque” de recursos.

Para que se possa dimensionar adequadamente o quanto a produção precisa de flexibilidade, é necessário entender onde existe necessidade e como estas necessidades podem ser atendidas. Partindo do conceito de que “A flexibilidade contribui para utilizar melhor a tecnologia de processos, a mão-de-obra e os recursos materiais” (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002), quando estes recursos não são bem utilizados, obtêm-se perdas e um conseqüente aumento de custos.

Resumidamente, Davis, Aquilano e Chase (2001) caracterizam as três dimensões da flexibilidade, ou seja, como medir quão prontamente o processo de transformação da empresa pode se ajustar para atender às demandas sempre variáveis dos clientes. O primeiro tipo de flexibilidade indica com que velocidade um processo pode ser convertido da produção de um produto ou uma família de produtos para outro produto diferenciado. Muitas fábricas automotivas americanas, por exemplo, ainda precisam parar por várias semanas anualmente para modificar



seu processo e habilitá-lo para a produção do novo modelo, indicando um alto grau de inflexibilidade nessa área. Um segundo indicador associado à flexibilidade do processo é a sua capacidade de reagir a modificações no volume de produção. O volume de saída da linha de produção é fixo e, conseqüentemente, as empresas com este tipo de processo devem recorrer a outros meios para realizar o balanceamento entre a capacidade e a demanda. Por exemplo, empresas financeiras e automobilísticas oferecem descontos e financiamentos a baixo custo para encorajar os clientes a comprarem durante períodos de baixa demanda, devido, em parte, a sua incapacidade de ajustar seu volume de produção sem parar a fábrica totalmente. A terceira dimensão da flexibilidade está associada à habilidade do processo de produzir mais de um produto simultaneamente. Assim, quanto mais produtos o processo pode fabricar em um determinado tempo, mais flexível será o processo.

3.1. A flexibilidade na visão da Dimensão

A necessidade de flexibilidade em um Sistema Produtivo pode ser mensurada. Existem dois aspectos que determinam o tamanho da flexibilidade: Dimensão e Tipo.

Em termos de Dimensão, a flexibilidade pode ser caracterizada pela *Flexibilidade de Faixa* e pela *Flexibilidade de Resposta*. Em linhas gerais, a Flexibilidade de Faixa é o *quanto* uma operação pode ser mudada e a Flexibilidade de Resposta é em *quanto tempo* que uma operação pode ser mudada. Portanto, um processo pode ter flexibilidade de Faixa, mas se não tiver flexibilidade de resposta ele não atenderá às necessidades do Sistema Produtivo, e deixa de ser flexível. Por outro lado, se uma operação possui flexibilidade de Resposta boa, mas não tem flexibilidade bastante de Faixa, pode ser que também não seja flexível o suficiente (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002)

Portanto, a empresa que não tem clareza das Dimensões e Tipos de flexibilidade que necessita, tem perdas significativas de tempo e de lucro.

3.2. A flexibilidade sob a ótica do Tipo

Existem alguns tipos de flexibilidade em um Sistema de Manufatura: Flexibilidade de Produto, de Mix de Produto, de Volume e de Entrega.



- A Flexibilidade de Produto trata da habilidade da empresa em introduzir e produzir novos produtos ou modificar produtos existentes;
- A Flexibilidade de Mix de Produtos trata da habilidade da empresa em mudar a variedade dos produtos que estão sendo feitos pela operação dentro de um dado período de tempo;
- A Flexibilidade de Volume aborda a habilidade de mudar a quantidade de bens produzidos no final de um sistema de produção para atender um novo planejamento e;
- A Flexibilidade de Entrega caracteriza-se pela habilidade de mudar as datas de entrega planejadas ou assumidas.

A Figura 3 resume os tipos de flexibilidade em relação à sua dimensão:

		DIMENSÕES DA FLEXIBILIDADE	
		FAIXA	RESPOSTA
TIPOS DE FLEXIBILIDADE	PRODUTO	A faixa de produtos que a empresa tem a capacidade de projetar, comprar e produzir	O tempo necessário para desenvolver ou modificar o produto e o processo até que o ponto em que a produção regular possa começar
	MIX DE PRODUTO	A faixa de produtos que a empresa pode produzir em um dado período de tempo	O tempo necessário para ajustar o mix de produto que está sendo manufaturado
	VOLUME	A quantidade absoluta de produtos que a empresa pode atingir para dado mix de produtos	O tempo que leva para mudar a quantidade de saída de produto acabado
	ENTREGA	Quanto as datas de entrega podem ser trazidas para a frente	O tempo que leva para reorganizar o sistema de manufatura de modo a replanejar para novas datas de entrega

Figura 3 – Análise dos tipos de flexibilidades existentes em relação a Faixa e Resposta.

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2002).

Em um Sistema de Manufatura típico, estes são os tipos primários de flexibilidade. Cada um deles possui uma dimensão (Faixa e Resposta). Conhecendo-se as dimensões e os tipos de flexibilidade, pode-se determinar onde faz sentido desenvolver flexibilidade para uma Fábrica Inteligente, orientando especificações de equipamentos, processos de informação, processos de gestão no chão de fábrica, políticas de vendas e de compra de componentes.



4. A APLICAÇÃO DA FLEXIBILIDADE NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO DE FÁBRICAS INTELIGENTES

Como se pode perceber, não basta apenas ter um sistema produtivo flexível. É preciso ser flexível onde há agregação de valor para os negócios da empresa. Neste caso, é importante ter definido alguns aspectos, como:

- Quais tipos de produtos a empresa vai fabricar/montar (portfólio);
- Qual a demanda destes produtos no mercado;
- Quais as chances de ampliação do portfólio de produtos da empresa ou uma possível ampliação/redução do escopo de produtos;
- A empresa deverá praticar uma produção puxada, empurrada ou será um misto entre as duas;
- Que tipo de *Lead Time* a empresa deverá praticar com o mercado;
- Como funcionará a cadeia de suprimentos da empresa e como os fornecedores deverão se relacionar com a empresa;
- Quais são os requisitos do sistema de garantia da qualidade da empresa;
- Quais as incertezas de curto, médio e longo prazo que deverão permear a vida da empresa.

A partir deste conjunto de itens, será possível priorizar o desenvolvimento de tipos de flexibilidade importantes na manufatura e quais dimensões ela deve ter. Passada esta etapa, é importante montar um plano para determinar onde a empresa precisa desenvolver/implementar flexibilidade.

5. TENDÊNCIAS PARA FÁBRICAS FLEXÍVEIS

Tem sido busca constante das empresas a expansão da sua lucratividade e o fortalecimento da sua marca no mercado. Grandes esforços estão sendo feitos nesse sentido, buscando aumentar a capacidade de inovação e a eliminação de desperdícios. Acreditava-se que a *Tecnologia da Informação* iria resolver os grandes desafios da indústria, onde o computador viria a ser o principal recurso, que tornaria as empresas mais competitivas. Hoje se percebe que a



Tecnologia da Informação não é mais um fim nela mesma, mas um meio para se conseguir produzir de forma mais adequada, com menos custos.

A fábrica do futuro, pelas tendências correntes dos Sistemas de Manufatura estudados, será uma fábrica que deverá operar de forma mais simples possível, que entenda as suas necessidades de flexibilidade, que seja baseada em alto investimento no domínio dos processos, focando o ser humano como elemento-chave, com visão extensiva na melhoria contínua e na *gestão cooperativa integrada*, exercida pelas empresas e a sua cadeia de fornecimentos, fortemente apoiada por sistemas de TI que possam auxiliar e prover meios para que haja sinergia entre processos, pessoas, produtos, fornecedores e clientes.

REFERÊNCIAS

BOMBRIL – Produtos de Higiene e Limpeza. Site empresarial, disponível em www.bombril.com.br; acessado em 22/02/2007.

DAVIS, Mark M; AQUILANO, Nicholas J. e CHASE, Richard B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Trad. Eduardo D'Agord Schaan et al. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DAVIS, S. M. “ From future perfect: Mass Customizing. **Planning Review**, v. 17, p. 16-21, 1989.

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

HARBOUR CONSULTING. Disponível em www.harbourinc.com, acessado em 21 fevereiro de 2007.

HYMANS, Saul H (org). IN: **54 th Annual Economic Outlook Conference**. Michigan, Estados Unidos, 16 de novembro de 2006.

IANNONE, Roberto Antonio. **A Revolução Industrial**. São Paulo: Editora Moderna, 1992.



MARTINS, Marco Aurélio Veiga. **Gestão do Design: a Indústria Brasileira de Eletrodomésticos Linha Branca**. Disponível em <http://webmail.faac.unesp.br/~paula/Paula/eletro.pdf> ; acessado em 21/02/2007.

REVISTA EXAME. **Por dentro da maior montadora do mundo**. São Paulo: Abril, 9 maio 2007.

RIOUX, Jean Pierre. **Revolução Industrial: (1780-1880)**. São Paulo: Ed. Thompson Learning, 1975.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. Trad. Maria Côrrea de Oliveira e Fábio Alher. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

Artigo recebido em 18/05/2006 e aceito para publicação em 02/02/2008