

## **As Similaridades e Divergências entre os Modelos *Lean Manufacturing* e MRP: Uma Revisão da Literatura**

Marciano Felipe Sehn (Universidade Federal do Paraná) [marciano.sehn@gmail.com](mailto:marciano.sehn@gmail.com)  
Marcelo Gechele Cleto (Universidade Federal do Paraná) [mgcleto@ufpr.br](mailto:mgcleto@ufpr.br)

### **Resumo:**

Os sistemas de produção em constante evolução sob diversas abordagens, que, cada uma ao seu tempo, representou avanços significativos na melhor utilização dos recursos nelas empregados. Dois modelos decorrentes dessas transformações são bastante significantes atualmente, o MRP e o *Lean Manufacturing*. Esses sistemas adotam posturas bastante divergentes ao mesmo tempo que podem ser estabelecidas algumas relações entre eles. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é o de inferir sobre as possibilidades de integração entre as práticas de *Lean Manufacturing* e MRP a partir do levantamento das similaridades e as divergências nas principais diretrizes de gestão desses sistemas. Para a realização dessa pesquisa foi empregada a revisão bibliográfica, levantando as semelhanças e os aspectos opostos entre as duas abordagens, visando com isso, identificar possibilidades de interação entre elas.

**Palavras Chave:** Sistemas de Produção, *Lean Manufacturing*, MRP.

## **The similarities and differences between Lean Manufacturing and MRP Models: A Literature Review**

### **Abstract**

Production systems evolving in different approaches, each in his time, represented significant advances in better use of resources employed in them. Two models arising from these changes are quite significant actually, MRP and Lean Manufacturing. These systems have adopted widely divergent postures while some relationships can be established between them. Thus, the aim of this work is to infer about the possibilities of integration between the practices of Lean Manufacturing and MRP based on a survey of the similarities and differences in the main guidelines for managing these systems. To carry out this research we used the literature review, raising the similarities and opposite aspects between the two approaches, aiming thereby identify opportunities for interaction between them.

**Key-words:** Production System, Lean Manufacturing, MRP.

### **1. Introdução**

Os sistemas de produção tem se desenvolvido e aperfeiçoado ao longo da história, estando estes presentes desde os primórdios da civilização humana. No entanto, os sistemas formalizados como os conhecemos, decorrem, em grande parte, dos princípios da divisão do trabalho, preconizados por Adam Smith em 1776 na obra “A Riqueza das Nações”, no qual,

essa divisão seria a causa da maior parte do aprimoramento das forças produtivas, habilidades, destreza e bom senso sob como o trabalho deve ser executado.

A noção decorrente do conceito de divisão do trabalho possibilitou que os sistemas produtivos evoluíssem de uma maneira muito mais rápida ao longo dos últimos dois séculos, o que se refletiu em uma sucessão de modelos que, cada um ao seu tempo, representou o auge na otimização dos recursos cada vez mais escassos. De acordo com Heidrich (2005), as organizações buscam a cada dia a maior eficácia e eficiência em seus processos, visando com isso alcançar maior agilidade e tornar-se mais dinâmicas e reduzindo desperdícios com estoques e tempos.

Dentre esses modelos, dois deles permanecem fortemente presentes no modelo de produção atual e suas abordagens estão substancialmente relacionadas à redução de estoques e tempos: o *Lean Manufacturing* e o MRP. Embora seus fundamentos tenham surgido praticamente no mesmo período, suas abordagens são significativamente divergentes, e nem sempre são compreendidas em relação a suas semelhanças e divergências.

Para isso, este trabalho tem o objetivo de inferir sobre as possibilidades de integração entre as práticas de *Lean Manufacturing* e MRP a partir do levantamento das similaridades e as divergências nas principais diretrizes de gestão desses sistemas.

A metodologia empregada neste artigo é a revisão bibliográfica, pela qual buscou-se encontrar na literatura vigente as principais características presentes na produção enxuta (*Lean Manufacturing*) e o modelo de produção baseado nos princípios do MRP (MRP, MRPII e ERP). A partir desse mapeamento, instigar as possibilidades de integração entre os dois modelos em relação às principais categorias de empresas.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1 Sistemas de produção

Filho e Fernandes (2006) descrevem os Sistemas de Planejamento e Controle da Produção (SPCP) como sistemas provedores de informações necessárias para comportar o gerenciamento do fluxo de materiais, mão de obra e equipamentos, coordenação de atividades internas e dos fornecedores e distribuidores e a interface com os clientes no que se refere às necessidades operacionais. Segundo Stoop e Wiers (1996), a programação da produção é uma parte do planejamento de fundamental importância para o desempenho das organizações, e a exigência maior do mercado por qualidade nos produtos, flexibilidade e tempo de fluxo exige a exploração mais aprofundada da programação, em situações de demanda mais complexas.

O princípio da divisão do trabalho preconizado por Smith (1976) passou a ser incorporado pela maioria dos sistemas produtivos, e permitiu a eles alcançar níveis de produção cada vez mais elevados. A indústria automotiva teve uma parcela significativa nessas transformações na configuração das indústrias, principalmente após o sucesso alcançado por Henry Ford que incorporou a intercambialidade de peças ao modelo de produção em massa, e alcançou níveis produtivos até então nunca vistos (WOMARK, JONES e ROOS, 1992).

A produção artesanal, a qual a maioria das indústrias automotivas seguiam antes da Primeira Guerra Mundial, tinha como características principais: a) a qualificação do trabalho e a progressão do trabalhador a medida que adquiria mais conhecimentos; b) a descentralização da produção que era espalhada em pequenas oficinas; c) utilização de máquinas capazes de realizar um grande número de operações diferentes; e, d) o baixo volume de produção. Em contraposição a esse modelo de produção, o sistema de produção em massa, tinha como características principais: a) cada trabalhador encarregado de apenas uma tarefa; b) a forte verticalização da organização; c) o projeto de ferramentas mais precisas que realizavam apenas uma tarefa de cada vez; e, d) a baixa variedade de produtos (WOMARK, JONES e

ROOS, 1992).

De acordo com Laurindo e Mesquita (2000), se classificados com base no fluxo de produção, os sistemas de produção dividem-se em três classes:

- Produção em massa, cuja linha de produção é dedicada à produção em larga escala de um mesmo produto, fluxo de materiais são bastante previsíveis e o ritmo é definido pela velocidade da linha de produção.
- Produção intermitente, onde o volume de produção não comporta nem a linha de produção em massa, e tão pouco, a produção unitária. A produção é realizada em lotes de diferentes produtos na qual os recursos são compartilhados, e nessa classe de produção, as ordens de produção é que especificam as quantidades e os roteiros de trabalho assim como os materiais. Dada à alternância no fluxo de produção, surge a necessidade de controle do sequenciamento dos recursos utilizados.
- Produção unitária. A gerência da produção assemelha-se à gerência de projetos e o processo de produtivo é direcionado a produção de um único ou poucos produtos simultaneamente, no qual as atividades e o fluxo de produção são bastante variáveis ao longo do tempo.

Em relação à classificação dos sistemas produtivos em relação à estratégia de produção, Amaro, Hendry e Kingsman (1999) citam os principais esquemas de classificação atuais para as estratégias das empresas como: *Design-to-Order*, *Engineer-to-order*, *Make-to-Order*, *Assemble-to-Order*, e *Make-to-Stok*. Baseados em seu levantamento bibliográfico, observam que a maior parte da literatura até então existente sobre gestão de operações, trata das empresas cuja produção segue a estratégia de produção para estoque (*make to stok*), ficando negligenciadas as necessidades do setor de produção sob encomenda (*make to order*).

Por uma questão de delimitação desse trabalho, optou-se por abordar principalmente as classes de empresas cuja estratégia esta voltada à produção sob encomenda. De acordo com a classificação inicial apresentada por Amaro, Hendry e Kingsman (1999), essa classificação aborda três tipos de estratégias:

- *Assemble-to-order* (ATO) ou montagem sob encomenda. Produtos acabados fornecidos aos clientes, embora atendam a algum grau de personalização, são produzidos com base em componentes comuns e padronizados, para isso, é necessário o planejamento dos produtos a serem comprados ou fabricados internamente e há a existência de um estoque prévio de componentes.
- *Make-to-order* (MTO) ou produção sob encomenda. Nessa estratégia de produção, a maioria dos componentes e atividades necessárias a produção dos bens são projetados após o pedido do cliente, isso faz com que essa estratégia forneça um nível de personalização maior que o ATO.
- *Engineer-to-order* (ETO) ou desenvolvimento sob encomenda. Na qual, os produtos são projetados para atender a requisitos específicos do cliente, configurando em um projeto de engenharia único com alto nível de customização.

## 2.2 O Sistema Toyota de Produção e *Lean manufacturing*

O *Lean Manufacturing*, ou também conhecido como produção enxuta, é o sistema decorrente das praticas adotadas na produção da Toyota, que iniciou suas atividades na fabricação de veículos motorizados no ano de 1937. Após anos de produção em pequena escala, a Toyota teve de se adaptar a situação interna do seu país que não comportava o modelo de produção

em massa, amplamente disseminado no período pós-guerra, e assim, teriam de buscar um novo enfoque (WOMARK, JONES e ROOS, 1992). Entre as particularidades apontadas pelos autores sobre a produção enxuta estão:

- A Toyota não poderia comportar uma grande quantidade de linhas de produção de prensas, sendo assim, foi necessário o aperfeiçoamento da técnica de troca rápida que diminuiu o custo de peça prensada na produção de pequenos lotes, mas para isso, a Toyota precisaria uma equipe altamente motivada e qualificada;
- Após mudanças sociais ocorridas no Japão em 1946 levaram a companhia a fornecer garantias de emprego vitalício e salários gradualmente crescentes aos seus funcionários. Para isso, a companhia deveria obter o máximo de seus recursos humanos durante sua vida laboral;
- Em contraposição a filosofia de “tocar pra frente” da produção em massa, as ações da Toyota foram voltadas a formação de agrupamentos de trabalhadores em equipes supervisionados por um líder. Assim, cada tarefa (limpeza, reparos, controle de qualidade) era atribuída à equipe, que tinha o poder de parar a linha de produção em caso do surgimento de um problema que não pudesse ser imediatamente solucionado, e com isso, essas ações se refletiram na quase inexistência de aeras de reparos nas fábricas;
- Buscando evitar a verticalização, a Toyota trabalhou com sua rede de fornecedores na ordenação de um fluxo de peças do sistema de suprimentos (*Just in time*) JIT, conhecido nesse sistema como *Kanban*, resultando na produção de cada peça para suprir a necessidade da etapa seguinte;
- Num enfoque oposto ao observado na produção em massa, o desenvolvimento de produtos e engenharia na produção enxuta englobava toda perícia necessária na engenharia de produto, industrial e de processos;
- Em resposta a demanda cíclica dos seus consumidores, a Toyota buscou garantir a superior confiabilidade aliada ao projeto de veículos duas vezes mais rápido que os concorrentes na produção em massa;
- Estabelecimento de uma relação de longo prazo com os consumidores, tratados como o primeiro passo do sistema *kanban* de produção puxada.

Liker (2005) observa que a arma secreta da Toyota não seria apenas as ferramentas que ela utiliza na produção enxuta, mas também a profunda filosofia empresarial baseada na compreensão e motivação das pessoas. Segundo o autor, a maioria das tentativas de implantação do modelo Toyota atinge apenas superficialmente as empresas, isso porque a maioria delas concentra-se demais em ferramentas como 5S e JIT sem aprender o conceito enxuto. O qual envolve uma sistemática de pensamento focada em fazer o produto fluir por processos contínuos de agregação de valor, em um sistema puxado partindo da demanda do cliente e uma cultura onde todos lutam pelo alcance da melhoria. Sendo que a única coisa que pode agregar valor em qualquer tipo de processo, “é a transformação, física ou de informações, do produto, serviço ou atividade em algo que o cliente desejar”.

Liker (2005) destaca o enfoque nas ferramentas do STP, não são a chave do sucesso deste sistema, mas sim o permanente investimento em seus recursos humanos e em uma cultura de melhoria continua. A Toyota se destaca enquanto organização que tem evoluído aprendendo ao longo dos anos enquanto, a maioria das empresas ficam apenas focadas em um nível de processo.

Bowen e Spear (1999) em estudo sobre o sistema Toyota, chegam a conclusão que a força do

sistema está baseada no método científico para a realização de qualquer mudança, e ainda, que tal método não foi imposto, e sim, teria emergido naturalmente com o funcionamento da empresa sendo considerado o DNA do Sistema Toyota de Produção. São regras que compõem o método científico:

- Regra n. 1 (Como as pessoas trabalham). Todos devem trabalhar com base nas especificações minuciosas que envolvem cada trabalho. Essas especificações envolvem conteúdo, sequência, tempo e resultado.
- Regra n. 2 (Como as pessoas se conectam). Todas as conexões entre as pessoas deve ser direta e padronizada, não devendo existir um caminho alternativo entre uma solicitação e sua resposta.
- Regra n. 3 (Como é construída a linha de produção). Todas as rotas de produtos devem seguir um caminho simples e especificado.
- Regra n. 4 (Como melhorar). A Toyota ensina implicitamente como melhorar, sendo que essas melhorias devem ser feitas em conformidade com o método científico no nível hierárquico mais baixo e sob orientação de um líder treinado.

O ideal da adoção do método científico por todos os níveis da empresa garantem que ao implementar uma mudança nos processos as pessoas tenham definido as expectativas a serem testadas e com isso uma visão compartilhada do sistema de produção ideal. Como impacto organizacional das regras, Bowen e Spear (1999) entendem que o modelo da Toyota com sua organização modularmente alinhada, permitem as pessoas implementar mudanças sem comprometer as demais partes da empresa. Fatores que tornam essa empresa única mesmo entre outras empresas enxutas.

A questão principal no STP, segundo Liker (2005), é reduzir as atividades identificadas como as que não agregam valor. Em relação às perdas, o autor cita sete grandes tipos de perdas da Toyota, como sendo:

- a) Superprodução. As perdas são decorrentes da produção de itens aos quais não há demanda;
- b) Espera. Quando os funcionários ficam ociosos entre os processos de trabalho;
- c) Transporte ou movimentação desnecessário;
- d) Superprodução ou processamento incorreto. Envolve o processamento indevido ou em qualidade inferior ou superior a exigida pelo cliente;
- e) Excesso de estoque. Tanto os estoques elevados de matéria prima, de produtos em processo e produtos acabados, são responsáveis por ocultar os problemas;
- f) Movimentos desnecessários. Movimentos inúteis que não agregam valor ao produto final.
- g) Defeitos, produção de peças defeituosas ou correção.
- h) Desperdício da criatividade dos funcionários. Representa as perdas decorrentes do não envolvimento dos funcionários nos processos de melhoria.

Traçando um paralelo sobre os conceitos do pensamento enxuto ao longo das diferentes abordagens nas últimas décadas, Hines, Holweg e Rich (2004), observam que o surgimento do *Lean Production* enquanto abordagem centrada no projeto de operações focava na eliminação de resíduos e do excesso de fluxos de produtos, representando um modelo alternativo à produção em massa. Até a década de 1990, os conceitos de produção enxuta baseavam-se quase que fundamentalmente na indústria automotiva e na limitada resposta a



variabilidade da demanda. Sendo nessa fase, seu enfoque totalmente voltado à utilização de ferramentas e a negligência dos aspectos humanos. A partir de 1990, a produção enxuta começou a focar-se gradualmente a toda a empresa, como resposta ao foco na qualidade presente na literatura do início da década. Do foco no custo e entrega nos anos 1990 para o valor para o cliente a partir dos anos 2000.

Entre as lacunas destacadas por Hines, Holweg e Rich (2004) em relação ao pensamento *lean*, os seguintes itens são destacados:

- Falta de contingência. A inexistência de uma natureza do contingente requerido para a aplicação do *Lean* em uma empresa. Como o foco principal da abordagem está na indústria automotiva, muitos aspectos ficam restritos a esse tipo de indústria;
- Aspectos humanos. A crítica principal envolve a pressão da alta exploração do trabalhador no chão de fábrica em contraponto a visão de autores que defendem que o *Lean* deve ser considerado mais do que as ferramentas e técnicas rígidas, envolvendo a motivação, capacitação e respeito pelas pessoas.
- Falta de perspectiva no âmbito estratégico. Os principais trabalhos gerados focam-se em questões mais ligadas ao chão de fábrica, não tendo sido disseminada ainda uma literatura que envolva uma abordagem mais estratégica do pensamento enxuto.
- Lidar com a variabilidade. Principal crítica envolve o fato de os pioneiros terem encontrado uma situação econômica estável com demanda relativamente estável, as ferramentas de puxar são bastante adequadas. No entanto numa situação de variabilidade de demanda esse modelo não se configura como o mais adequado.

Hines, Holweg e Rich (2004) concluem que o *Lean* envolve os níveis estratégico e operacional. Sendo a abordagem de foco no cliente um aspecto estratégico, e a utilização das ferramentas um aspecto do nível operacional. A distinção entre esses dois níveis na abordagem enxuta é fundamental para a sua compreensão. Ainda em suas críticas, os pesquisadores não tem observado, o processo de evolução ao que o *lean* tem passado, do aspecto puramente operacional e foco nas ferramentas para uma abordagem mais estratégica com foco no cliente final.

Uma alternativa a algumas dessas críticas, da produção enxuta não atender a empresas com maior nível de variabilidade da cadeia de suprimentos surge do trabalho de Doolen e Hacker (2005). Os autores realizam uma vasta revisão da literatura que trata da produção enxuta para realizar a análise do nível de implementação das práticas enxutas, aplicando esse instrumento de pesquisa a empresas enxutas em um ramo que representa características específicas como: grande variabilidade de produção, alta tecnologia em materiais, desenvolvimento rápido de novos produtos e produtos ciclos de vida menores (o contraponto as características básicas da indústria automotiva onde o *Lean production* se originou).

Pela revisão bibliográfica Doolen e Hacker (2005) concluem que não há evidências de que os fatores: mudança nas condições econômicas, variabilidade de demanda, baixos volumes de produção e maior mix de produtos, sejam limitadores da aplicabilidade das práticas enxutas em contradição as críticas colocadas por Hines, Holweg e Rich (2004).

Doolen e Hacker (2005) identificaram seis áreas de impacto para a adoção de práticas enxutas, sendo elas: fabricação de equipamentos e processos, gestão de chão de fábrica, desenvolvimento de novos produtos, gestão de fornecedores, relações com clientes e gerenciamento da força de trabalho.

### 2.3 Os sistemas MRP, MRP II e ERP

Segundo Laurindo e Mesquita (2000), o MRP (*Materials Requirements Planning*) surgiu como uma forma mais racional de controle dos materiais utilizados na produção, que até então, esse controle era feito quase que exclusivamente baseado em métodos estatísticos. O MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) enquanto evolução do MRP, ganhou maior abrangência, permitindo incluir no planejamento recursos necessários a produção além de apenas os materiais. Para Filho e Fernandes (2006), o MRP II é uma evolução do MRP que envolve além das questões desenvolvidas no MRP, as decisões de capacidade.

Com o MRP o produto era explodido em uma lista de materiais necessários que juntados ao final geram o produto. Devido a grande quantidade de materiais conforme se trabalhava com produtos mais complexos, as atividades de programação se tornavam mais complexas. Com o surgimento e adoção dos microcomputadores por administradores e engenheiros de produção nos Estados Unidos, essa atividade começou a ser facilitada com os programas processadores da lista de materiais (LAURINDO e MESQUITA, 2000).

De acordo com Filho e Fernandes (2006), os maiores benefícios do MRP são a diminuição de custos de estoques e *lead time* e aumento do nível de serviço. Enquanto que das questões negligenciadas pelas organizações, três delas são: a) a parametrização do sistema MRP; b) a capacidade infinita do sistema MRP; e c) a instabilidade.

Segundo Laurindo e Mesquita (2000), nos anos 1970 o modelo MRP era composto de três elementos básicos ao gerenciamento:

- Programa mestre de produção - MPS (*Master Production Scheduling*), que se resume na definição da quantidade de cada produto final a ser produzido em cada período no horizonte de tempo planejado.
- Lista de materiais (*Bill of Materials*), que explode os produtos em uma lista de componentes ou de materiais necessários a cada produto.
- Quantidades em estoque. Com a programação da produção e a lista de materiais, esse passo consiste em realizar o cálculo da quantidade de materiais e instantes que estes devem estar disponíveis para a produção de cada item da produção.

Entre os benefícios esperados com a lógica MRP apontados por Heidrich (2005), estão: a) preços mais competitivos; b) estoques mais baixos; c) respostas mais rápidas às demandas do mercado; d) maior flexibilidade; e) redução dos custos de *set-up*; e, f) redução de tempos ociosos.

A partir da década de 1990, surge o *Enterprise Resources Planning* – ERP, que segundo Laurindo e Mesquita (2000), essa nova geração de sistemas expande sua abrangência além da produção, envolvendo todas as demais áreas da organização, como Contábil, Financeira, Comercial, de Recursos Humanos, Engenharia, Gerenciamento de Projetos. Segundo os autores, esse sistema integrado, permite que as decisões sejam tomadas com base em informações de toda a empresa, que seja feita uma padronização das informações de todos os departamentos e tenha um controle dos processos de toda a organização, principalmente quando se trata de unidades geográficas diferentes.

O MRP segundo Heidrich (2005) é um sistema de informações computadorizado desenvolvido para ajudar as empresas na tarefa de administrar seus estoques baseando a programação de reposição na demanda dependente da empresa. Sendo assim, o objetivo do MRP é determinar: a) o que encomendar; b) quanto encomendar; c) quando encomendar; e d) para quando agendar a encomenda.

Filho e Fernandes (2006) apresentam como método para conseguir a melhoria no desempenho do sistema MRP, uma correta parametrização do sistema aliada a uma abordagem voltada ao atendimento dos problemas relacionados à capacidade infinita de curto prazo que originam a instabilidade do sistema.

Filho e Fernandes (2006) parte do pressuposto que a melhoria na parametrização do sistema e a utilização de uma lógica de planejamento da produção integrado para sanar os problemas de capacidade levam a uma decorrente redução da instabilidade do sistema. Sendo que a estabilidade possibilita a redução de estoques, aumento de porcentagem de entregas pontuais e redução de custos além do aumento do grau de confiança no sistema. Os passos descritos pelo autor para alcançar essa estabilidade do sistema consistem em:

- a) Período de congelamento do plano mestre de produção (MPS);
- b) Diminuição da frequência de replanejamento do MPS, pois a maior frequência leva a um aumento no custo total e a instabilidade no sistema;
- c) Definição do horizonte de planejamento do MPS. Horizonte maior representa diminuição dos custos e aumento dos níveis de serviços, no entanto geram instabilidade;
- d) Erros de previsão geram aumento da instabilidade;
- e) Estoque de segurança, enquanto aumentam o custo, fazem frente à instabilidade do sistema;
- f) Regras de tamanhos de lote que visa contribuir para redução da instabilidade;
- g) Leadtimes devem ser incluídos e estar coerentes com a realidade;
- h) Sistemas de controle de estoques, por meio da utilização de um sistema de revisão periódica para controlar os itens de menor ou maior valor cujos *lead times* de entrega são maiores, ou a demanda é baixa e de difícil previsão.

Esses resultados levam os autores Filho e Fernandes (2006) a concluir que as diretrizes propostas no seu artigo permitem alcançar a estabilidade do sistema MRP desde que conte também com características dos produtos e dos processos de fabricação e compras da empresa.

Segundo Laurinto e Mesquita (2000), os ERP's evoluem cada vez mais para sistemas integrados de gestão empresarial focados na tecnologia da informação, e distanciando-se do conceito inicial proposto pelo MRP que eram solidamente focados na eficiência dos processos de manufatura.

### **3 Sistemas de produção Lean x MRP**

Embora as abordagens sejam divergentes na maioria dos aspectos, elas possuem objetivos semelhantes, já que enquanto o MRP procura atender a demanda projetada para o consumidor com a produção de peças apenas no momento e nas quantidades necessárias para atender a essa demanda, a produção enxuta objetiva criar uma rede de suprimentos interligada desde o fornecedor de matéria prima até o consumidor (início do processo puxado).

Um fator principal apontado por Slack, Chambers e Johnston (2009) na diferenciação entre sistemas puxados e os baseados em MRP, é que o primeiro se mostra mais eficiente nas atividades de controle, no entanto é fraco em planejamento, enquanto que o MRP mostra-se mais eficiente nas fases de planejamento e mais fraco nas fases de controle.

No entanto as diferenças entre essas duas abordagens, coloca de um lado os princípios de MRP, no qual o plano mestre de produção desenvolvido com base nas demandas projetadas é que move as atividades, no qual o ambiente é projetado sob uma previsão de lead time fixo,



calculado por computador, que permite saber quantas peças serão necessárias e o momento em que estas devem estar disponíveis a montagem do produto final.

Por outro lado, a produção enxuta, baseada na programação puxada do cliente até os fornecedores de matérias primas utiliza-se de sistemas de controle simples, como *kanbans* para a criação de um fluxo *Just in time*, no qual a demanda é passível de ser atendida desde que o tempo de atravessamento foi menor que o lead time da demanda. Como conceito reativo, esse sistema funciona de maneira mais eficiente em ambientes de demanda sincronizada e previsível.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), o MRP lida melhor com a complexidade, mensurando por números de componentes processados, e pode lidar melhor com exigências de componentes mais detalhados, até mesmo de produtos fabricados em pequenos lotes e eventuais. Enquanto a programação puxada, é menos eficiente ao responder instantaneamente a mudanças de demanda, principalmente quando há um aumento no número de demanda e da variabilidade de produtos, e sendo assim, responde melhor quando a produção é baseada em produtos com menor nível de complexidade de componentes e maior número de peças comuns.

As principais características presentes nas duas abordagens podem ser analisadas resumidamente na Figura 1.

Figura 1: Comparativo entre *Lean Manufacturing* e MRP.

PARÂMETRO	LEAN PRODUCTION	MRP
Elemento chave	<i>Just in Time</i> e JIDOKA (autonomia)	Plano mestre de produção e lista de materiais
Fluxo de produção	Sistema puxado	Geralmente um sistema empurrado
Controle	Baseado no controle visual por meio da utilização de cartões <i>kanban</i> e quadros luminosos	Baseado nas ordens de produção originadas no programa mestre de produção
Planejamento	Planejamento e controle são ações descentralizadas, na qual as decisões táticas não se baseiam em um sistema computadorizado de processamento de informação.	Requer uma organização complexa e centralizada de suporte aos sistemas de hardware e software
Programação da produção	Baseada em taxas de produção que são calculadas em termos da quantidade de itens por unidade de tempo	É dependente da acurácia dos dados originados nas listas de materiais e registros de estoques.
<i>Lead times</i>	Permite a flexibilidade dos <i>lead times</i> com vistas a sua redução	Em virtude da dificuldade de trabalhar com <i>lead times</i> variáveis, os sistemas MRP assumem um ambiente de produção e <i>lead times</i> fixos
Postos de trabalho	Organização em células de trabalho supervisionadas por um líder de dentro do grupo	Níveis hierárquicos bem definidos na estrutura organizacional

#### 4 Possibilidades de Integração entre *Lean* x MRP

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), pode-se usar a programação puxada para itens de alto volume de produção e para os itens com produção repetitiva. Já o MRP poderia ser utilizado nos casos de itens eventuais nos quais devem ser emitidas ordens de trabalho contendo as etapas que devem ser executadas em cada estágio, assim, os materiais são empurrados ao longo da produção.

Seguindo a classificação adotada por Amaro, Hendry e Kingsman (1999) para a estratégia de produção das empresas de produção sob encomenda (MTO), tem-se as seguintes possibilidades de integração entre as abordagens *Lean* e MRP:

##### *Assemble-to-Order*

Nessa etapa envolve a produção enxuta se aplica na produção de pequenos lotes de peças padronizadas, ambiente em que a produção enxuta se mostra mais eficiente. A produção no modelo ATO, as ordens de produção são baseadas na encomenda do cliente, ou seja, a produção é puxada seguindo o modelo JIT a partir da demanda do cliente. A abordagem MRP possui um potencial significativo de integração com o *Lean Manufacturing* nessa estratégia, possibilitando resultados mais satisfatórios em relação ao planejamento de compra e da produção dos itens que são produzidos internamente, pois o MRP lida melhor com situações onde envolvem planejamento.

##### *Make-to-Order*

A produção puxada é presente com maior ênfase nessa estratégia de produção, onde os pedidos são iniciados pelo cliente e muitas vezes os pedidos de materiais também só são pedidos após a efetuação do pedido pelo cliente. As possibilidades de interação do MRP nessa etapa é menor nesse processo, embora ainda possa ser utilizado, pois esse tipo de produção já conta com um nível maior de personalização que a produção ATO, e o maior nível de personalização diminui a eficiência do sistema *lean*.

##### *Engineer-to-order*

Esse modelo de produção requer em maior grau a utilização dos princípios de planejamento MRP, pois as especificidades do projeto requerem ações mais voltadas ao planejamento das necessidades de materiais, ficando ao sistema puxado, o potencial de organização e controle da produção por meio de sistemas puxados e *kanbans*, visando orientar o fluxo de materiais na linha de produção.

Com base nos conceitos inicialmente apresentados, observa-se a maior eficiência do MRP na fase de planejamento e controle global, por sua vez, pode ser empregado no planejamento dos itens a serem comprados visando garantir os estoques mínimos utilizados pelo sistema puxado, que seria responsável pelo controle interno da organização.

A integração entre o MRP e o sistema de Produção *Lean* também pode ocorrer com a adoção do Plano Mestre de Produção do MRP, o qual é eficiente para gerar demanda futura prevista para as necessidades dos fornecedores, enquanto que os sistemas de controle da produção puxada como *Kanban*, serviriam para facilitar o fluxo de materiais em tempo real no ambiente da produção de forma a atender ao ritmo de produção da programação de montagem final da linha.

#### 5 Conclusão

De início, os fundamentos da produção enxuta (produção puxada) são bastante divergentes dos que envolvem os conceitos de MRP (produção empurrada), no entanto, ao analisar mais a

fundo as possibilidades de interação entre essas duas abordagens, observa-se, que elas possuem um forte potencial se utilizadas de maneira combinada, à medida que as deficiências de uma abordagem são complementadas pela outra.

Dessa forma, analisando sob o aspecto das possibilidades de integração entre as práticas de *Lean Manufacturing* e MRP, conclui-se que elas podem ser combinadas para que se alcance um ambiente ótimo entre planejamento e controle da produção.

O levantamento das similaridades e as divergências nas principais diretrizes de gestão desses sistemas são importantes para identificar quando se devem utilizar os fundamentos da produção enxuta, MRP ou a combinação deles, pois é a análise desses aspectos aliados a complexidade do produto ou processo que ditam a melhor possibilidade de interação.

Devido à ainda insipiente quantidade de trabalhos correlatos envolvendo essas duas abordagens e suas interações, observa-se um potencial alvo para pesquisas futuras, principalmente por tratar de temas que estão massivamente presentes no ambiente produtivo e que são ainda muito pesquisados individualmente ou de maneira combinada com outras abordagens.

### Referências

**AMARO, G.; HENDRY, L.; KINGSMAN, B.** *Competitive advantage, customisation and a new taxonomy for non make-to-stock companies.* International Journal of Operations & Production Management, MCB University, v. 19 n. 4, pp. 349-371, 1999.

**BOWEN, H. K.; SPEAR, S.** *Decoding the DNA of the Toyota Production System.* Harvard Business Review. Pag.1-16, set./out., 1999.

**DOOLEN, T.L.; HACKER, M.E.** *A review of lean assessment in organizations: An exploratory study of lean practices by electronics manufacturers.* Article Journal of Manufacturing Systems, Vol. 24, Issue 1, p 55-67, 2005.

**FILHO, M.G.; FERNANDES, F.C.F.** *Redução da instabilidade e melhoria de desempenho do sistema MRP.* Produção, v. 16, n. 1, p. 064-079, Jan./Abr. 2006.

**HEIDRICH, P.H.L.** *Contribuição do MRP na Gestão Estratégica da Manufatura.* II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT. p. 969-977, 2005.

**HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N.** *Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking.* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24, Iss: 10, p. 994 – 1011, 2004.

**LAURINDO, F.J.B.; MESQUITA, M.A.** *Material Requirements Planning: 25 Anos de História – Uma Revisão do Passado e Prospecção do Futuro.* Gestão & Produção. v. 7, n.3, p.320-337, dez. 2000.

**LIKER, J. K.** *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.* Trad.: Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.** *Administração da Produção.* 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**SMITH, A.** *A Riqueza das Nações.* Traduzido de An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Edited by Edwin Cannan. Chicago: The University of Chicago Press, 1976. (N. do E.).

**STOOP, P.P.M.; WIERS, V.C.S.** *The complexity of scheduling in practice.* International Journal of Operations & Production Management, MCB University, v. 16, n. 10, pp. 37-53, 1996.

**WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D.** *A Máquina que Mudou o Mundo.* Rio de Janeiro: Campus, 1992.