

Aplicação do JIT/MRP e célula de montagem flexível em empresa de autopeças para aumento da produtividade

RESUMO

A indústria de manufatura devido a exigências do mercado tem sentido a necessidade de aumentar a sua competitividade, melhorando o seu desempenho, neste sentido, a programação, o controle da produção e o projeto de células de produção e de montagem ganharam destaque nos últimos anos. A programação e controle da produção por se tratarem de meios para atingir os objetivos de prazo e quantidade requeridos pelos clientes e o projeto das células de produção e de montagem para atingir a produtividade, flexibilidade e a redução de perdas para se atender esta demanda. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia que cobre desde o recebimento dos dados de demanda do cliente até a entrega do produto na expedição através de uma programação e controle de produção que concilia MRP com JIT (combinados de forma que o primeiro seja usado de forma global e que o segundo seja usado para controle interno no chão de fábrica), em conjunto com uma célula flexível de montagem. A empresa estudada de médio porte fica sediada na cidade de São Paulo e dedica-se a manufatura de autopeças, tendo implantado o sistema de produção enxuta. Os resultados apresentados mostram significativos ganhos de produtividade mostrada através de gráficos de: diminuição dos tempos de fabricação (lead time), dos estoques em processo, de peças acabadas, e de transporte.

Palavras Chave: MRP, *Just-in-time*, Célula de Montagem.

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente pressão por competitividade e ao grande sucesso da Toyota através do seu famoso Sistema Toyota de Produção (STP), a Logística e o Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) assumiram um papel importante na Estratégia de Manufatura. Atender as demandas dos clientes com o tratamento *Just-in-time* (JIT) passou a ser um fator de peso devido aos pilares Qualidade-Quantidade-Custo-Prazo. Há muito se conhece que a vantagem competitiva da Toyota é a Excelência da Manufatura. Em paralelo, principalmente no ocidente, se desenvolveram os Sistemas de Administração da Produção (SAP) com base na tecnologia da informática. No início nasceu o *Material Required Planning* (MRP I) com os cálculos das necessidades de materiais foi um grande avanço, pois devido à complexidade e quantidade cada vez maiores dos materiais envolvidos na fabricação e montagem de vários tipos de produtos, as empresas necessitaram de programas que as ajudassem a processar as informações de uma forma mais segura e rápida. Mais tarde surgiu o *Manufacturing Resources Planning* (MRP II) que além dos cálculos das necessidades de materiais, também calcula os recursos necessários para a fabricação e/ou montagem do produto final. Por fim surgiu o *Enterprise Resources Planning* (ERP) que gerencia todas as operações da Empresa.

Atualmente é prática de algumas empresas a conciliação entre os sistemas eletrônicos de administração de produção (SAP) para se gerenciar o macro e práticas do JIT (um dos pilares do Sistema de Produção Enxuta), controles visuais e o kanban para se gerenciar o chão de fábrica. Essa união traz várias vantagens como, por exemplo, poder planejar a capacidade interna e de fornecedores antecipadamente através do SAP e controlar o dia-dia do chão de fábrica com o JIT.

2. PLANEJAMENTO E CONTROLE

Segundo SLACK, CHAMBERS, HARDLAND, HARRISON e JOHNSTON (2002), o Planejamento e Controle são atividades que conciliam fornecimento e demanda, gerenciando a operação produtiva para satisfazer as demandas dos clientes. Estas atividades proporcionam aos sistemas, procedimentos e decisões que conciliam estas duas entidades. Conectam recursos capazes de fornecer bens e serviços para a demanda que foi projetada para ser satisfeita. Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis:

- Na quantidade adequada;
- No momento adequado e
- No nível de qualidade adequado.

Todas as situações de planejamento e de controle acontecem sob limitações de recursos tais como:

- Limitações de custo;
- Limitações de capacidade;
- Limitações de tempo;
- Limitações de qualidade.

As incertezas, tanto de fornecimento como de demanda, afetarão a complexidade das tarefas de planejamento e controle. A demanda pode ser tratada tanto como dependente quanto como independente. A demanda independente é menos previsível porque depende das casualidades do mercado.

3. MRP

O MRP I é um sistema informatizado que permite que as empresas calculem quanto de material de determinado tipo são necessários e em que momento (SLACK, CHAMBERS, HARDLAND, HARRISON e JOHNSTON, 2002).

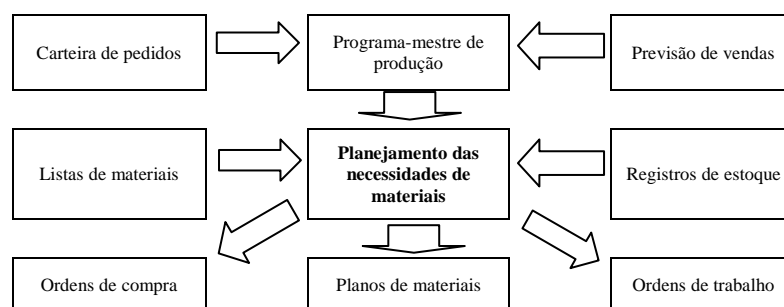


Figura 1: Desenho esquemático do planejamento de necessidades de materiais (MRP I). Fonte: SLACK, CHAMBERS, HARDLAND, HARRISON e JOHNSTON (2002).

De acordo com a Figura 1, explicam SLACK, CHAMBERS, HARDLAND, HARRISON e JOHNSTON (2002), começando na parte superior, as primeiras entradas para o planejamento das necessidades de materiais são os pedidos de clientes e a previsão de demanda. A primeira se refere a pedidos firmes programados para algum momento no futuro, enquanto a segunda consiste em estimativas realísticas da quantidade e momento de pedidos futuros. O Programa Mestre de Produção (*MPS – Master Production Schedule*) é a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa, constituindo-se na principal entrada para o planejamento das necessidades de materiais. O MPS contém uma declaração da quantidade e momento em que os produtos finais devem ser produzidos; esse programa

direciona toda a operação em termos do que é montado, manufaturado e comprado. É à base do planejamento de utilização de mão-de-obra e equipamentos e determina o provisionamento de materiais e capital. Uma lista de materiais mostra quais e quantos itens são necessários para fabricar ou montar os produtos. O MRP I reconhece que alguns dos itens necessários podem já estar em estoque. É então necessário verificar quanto estoque há desses itens, para que se possa calcular a necessidade “líquida” – quantidade extra necessária para, juntamente com o estoque, atender a demanda. O MRP I gera, então, as ordens de trabalho para itens fabricados internamente e ordens de compra para itens fornecidos por terceiros. Finalmente, o MRP I dispara a fabricação do produto final, sempre levando em consideração o prazo estipulado pelo cliente, sendo então necessário fornecer os *leads-time* internos de fabricação e montagem e de entrega de componentes comprados.

De acordo com MARTINS e LAUGENI (2001), com o desenvolvimento da capacidade de processamento dos computadores, aliado ao advento dos *personal computer* (PC's), cada vez mais acessíveis, expandiu-se o conceito do MRP I até então utilizado. Assim, além dos materiais que já eram tratados, passou-se a considerar também outros insumos, como mão-de-obra, equipamentos, espaços disponíveis para estocagem, instalações, etc. Os programas com tais capacidades de processamento passaram a ser denominados de *Manufacturing Resources Planning*, que pode ser traduzido por planejamento das necessidades de manufatura e convencionou-se chamar de MRP II. Hoje em dia é cada vez maior o número de autores que chamam o MRP II de ERP, ou seja, planejamento dos recursos da empresa.

4. JUST IN TIME E KANBAN

JIT significa produzir o produto na quantidade e no momento necessários. A relação entre clientes e fornecedores internos e externos é alterada, pois o fornecedor deverá prover seu cliente de produtos somente na quantidade e no momento que esses forem utilizados pelo processo do cliente, o que implica entregas freqüentes em quantidades pequenas, para que não haja a formação de estoques de matéria-prima e de produtos em processo.

A propagação dessa atitude por toda empresa trás como resultado uma significativa redução de custo. MONDEN (1984) afirma: "Se o JIT é realizado em toda empresa, inventários desnecessários na fábrica são completamente eliminados, tornando almoxarifados e depósitos desnecessários. O custo de manter estoque é reduzido e a rotatividade do capital de giro aumentada".

Segundo MARTINS e LAUGENI (2001), o JIT usa o Sistema Kanban para retirar as peças em processamento de uma estação de trabalho e puxá-las para a próxima estação do processo produtivo. As partes fabricadas ou processadas são mantidas em contêineres e somente alguns desses são fornecidos à estação subsequente. Quando todos os contêineres estão cheios a máquina pára de produzir, até que retorne outro contêiner vazio, que funciona como uma “ordem de produção”. Assim, estoques de produto em processo são limitados aos disponíveis nos contêineres e só são fornecidos quando necessário. O programa de montagem final puxa as partes dos postos anteriores e estes, por sua vez, também puxam as partes de seus postos anteriores e assim sucessivamente até chegar aos fornecedores externos.

5. PRODUÇÃO SINCRONIZADA

GOLDRATT e FOX (1989) explicam que a produção sincronizada é qualquer maneira sistemática que tenta movimentar o material rápida e uniformemente através dos vários recursos da fábrica, de acordo com a demanda do mercado. Os japoneses usaram o exemplo do sistema de um rio para caracterizar o fluxo uniforme que eles estão tentando seguir. O

material deve fluir como riachos até regatos e regatos até rios e assim por diante, sem represas nem rompimentos que interrompam o fluxo.

Segundo SHINGO (1996) a implementação de um fluxo contínuo de produção necessita de um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação e montagem. O balanceamento das operações no modo tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada trabalhador, de forma a fazer com que os trabalhadores recebam cargas de trabalho semelhantes.

6. PROJETO DA CÉLULA DE MONTAGEM

ROTHER e HARRIS (2002, apud CALADO, 2006) definem célula como sendo um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo. O *layout* físico celular em formato de “U” é conhecido e aplicável em indústrias e escritórios de serviços, mas existem vários *layouts* celulares para se produzir pequenos lotes com processo seqüencial e fluxo contínuo sem interrupções.

Para BLACK (1998), a célula ideal faz peças, uma de cada vez, em um projeto flexível. A capacidade da célula (o tempo de ciclo) pode ser rapidamente alterada, para responder a mudanças de demanda do cliente. Famílias de peças com projetos similares, aparelhos flexíveis para suporte de peças, e mudanças de ferramenta permitem rápida troca de um componente para outro. A qualidade é controlada dentro da célula, e o equipamento sofre manutenção freqüente pelos trabalhadores. Os caminhos que os materiais tomam dentro da fábrica são definidos pelos elos de controle, de maneira que a função de controle da produção é integrada. Usar sistemas de manufatura celular, interligados a um sistema de controle de produção de puxar tem provado ser a maneira de alcançar os objetivos de atender com rapidez e flexibilidade as variações de demanda do cliente.

7. METODOLOGIA

A metodologia utilizada está mostrada através do fluxograma da Figura 2 que mostra o estado anterior e o atual relativo ao manuseio dos dados de demanda e programação. Na Tabela 1 são mostrados o estado anterior e o estado após as melhorias do controle de chão de fábrica e da célula de montagem manual.

7.1. PREVISÃO DE DEMANDA

A Empresa utiliza um sistema interligado on-line na qual as montadoras (clientes) enviam seus pedidos de produtos com as respectivas quantidades e prazos de entrega a uma caixa postal na Embratel.

A cada quinze minutos o sistema acessa a caixa postal e faz a captura dos programas de entrega enviados pelas montadoras.

O sistema faz a confirmação do programa, gerando, então, um Programa Líquido.

O Programa Líquido é confrontado com o sistema de controle de notas fiscais emitidas dos produtos já enviados aos clientes, gerando então o Programa Residual Líquido.

Do Programa Residual Líquido é gerado o resumo mensal chamado PIC (Plano Industrial e Comercial) – Consolidação da previsão de vendas resumida e detalhada.

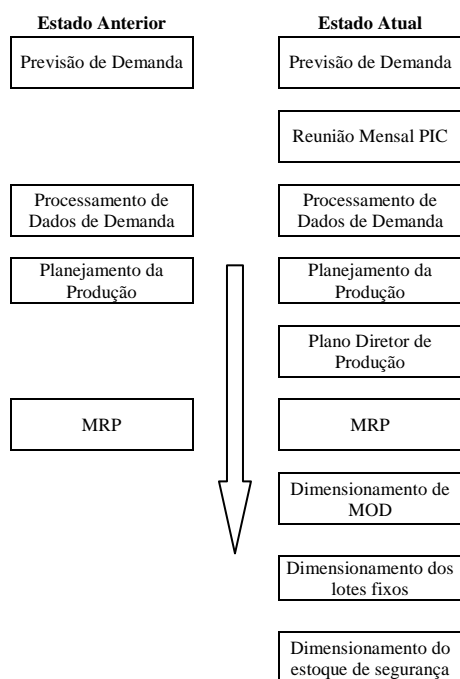


Tabela 1: Características da célula de montagem manual

	Anterior	Atual
Programação	Ordem de Produção	Kanban
Formato	Linha	"U"
Qtde de operadores	Fixo	Variável
Capacidade de produção	Fixo	Variável
Capacitação dos operadores	Especializado	Polivalente
Abastecimento de materiais	Realizado pelo operador, a pé	Realizado pelo abastecedor com o pequeno trem
Tempo entre postos de trabalho	Desequilibrado	Equilibrado
Pecas entre postos	Várias	Uma
Local de componentes na célula	Em cima da bancada, no chão, má ergonomia	No abastecedor frontal, ótima ergonomia

Figura 2: Fluxo da programação da produção

7.2. REUNIÃO MENSAL PIC

Basicamente, a reunião mensal PIC se resume nos seguintes tópicos:

- Apresentação das expectativas de vendas para o próximo mês, baseados em dados das montadoras e do mercado de reposição.
- Definição das carteiras a serem atendidas (Objetivo de atendimento: 100%)
- Análise prévia da capacidade
- Discussão dos itens em atraso
- Fechamento dos volumes globais a serem atendidos

7.3. PROCESSAMENTO DOS DADOS DE DEMANDA

Existe uma rotina de exportação dos dados do sistema interligado para o sistema MRP que administra todas as operações da Empresa.

Então, o arquivo do Programa Residual Líquido é transferido para um diretório aonde o sistema MRP vem capturar as informações.



Figura 3: Desenho esquemático de captura de informações de demanda do MRP.

O sistema MRP então “roda” o MPS Bruto, onde o mesmo faz uma customização dos dados através da distribuição linear dos números.

7.4. MÉTODOS DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

De posse do MPS Bruto, o analista de programação de logística faz uma adequação ao chão de fábrica, levando em consideração capacidade da célula, número de mão-de-obra direta (MOD), rejeição, paradas, etc., gerando então o MPS Adequado.

O MPS Adequado é então “rodado” pelo sistema MRP, gerando:

- Ordens de Produção
- O Programa Diretor de Produção (PDP), cálculo do MOD.
- MRP

7.5. PDP

O PDP permite a formalização de um acordo entre o Departamento de Logística e as Unidades Autônomas de Produção (UAP) quanto aos objetivos de produção por referência de produto em médio prazo (cinco semanas), tendo por base um pedido comercial a cumprir e recursos a desenvolver.

O PDP é gerado por célula de manufatura onde são definidas as referências (produtos) a serem produzidos e as respectivas quantidades em um horizonte de cinco semanas, sendo:

- A 1ª semana detalhada por dia
- Da 2ª a 5ª semana: volume global da semana por referência

Toda 2ª feira o PDP é afixado no quadro de gestão-a-vista da célula de manufatura para o controle das referências a produzir.

7.6. MRP

Com a “rodada” do MRP são geradas as necessidades de materiais.

Para os materiais comprados são gerados os planos de entregas e ordens de compras por fornecedor. Nos planos de entrega são informadas as referências a serem entregues, quantidade, data de entrega.

Para os componentes consumidos diariamente, mantém-se um estoque de um dia e meio de produção do produto final (depende do componente). Para os componentes de produto de encomenda, o estoque também é sobre encomenda, ou seja, não se mantém estoque.

Para os materiais de fabricação interna, uma cópia das ordens de fabricação e dos PDP's são enviados ao programador da fábrica, que com o auxílio do kanban de componentes, tem a responsabilidade de prover de componentes as células de manufatura.

7.7. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DE MOD:

Takt-time: É o tempo necessário para se gerar um produto de acordo com a necessidade do cliente. Ou seja, é a razão entre o período de tempo pela quantidade de peças a serem produzidas. Por exemplo: se em um turno de 8 horas o cliente necessita de 1000 peças o takt-time será $28.800 \text{ seg.} / 1000 \text{ peças} = 28,8 \text{ seg.} / \text{peça}$.

Produtividade: É a medida em peças-hora-homem, ou seja, é a quantidade de peças que um operador é capaz de fazer em uma hora se estivesse sozinho na célula de manufatura.

A Empresa prega o trabalho nas células de manufatura com várias formações de operadores (quantidades de operadores trabalhando na célula) para atender diversos *takt-time*, porém, sem perda de produtividade.

Para cada família de produtos é definida uma planilha de equilibragem dos postos (Tabela 2), que determina as operações e os respectivos tempos de fabricação de um operador até o número máximo de operadores na célula (geralmente seis).

Tabela 2: Planilha de equilibragem dos postos de trabalho.

Oper.	Descrição Breve da Micro-operação	TEMPO	Quantidade de Operadores na Célula			
			1	2	3	4
1	Posicionar componente A no dispositivo	9,20	211,40	119,46	65,26	51,06
2	Montar 3 buchas e acionar bimanual	21,80				
3	Montar 1 componente B + mola de fixação	8,40				
4	Fixar parafusos	7,38				
5	Montar componente C	4,28				
6	Montar componente D	7,76				
7	Montar componente E	6,44				
8	Unir componente A no componente F	15,50		91,94	72,44	68,40
9	Montar componente G no componente H	38,70				
10	Montar componente H no componente F	8,89				
11	Posicionar sub-conjunto no berço e acionar bimanual	9,35				
12	Posicionar componente I no componente F	17,10				
13	Montar um componente J no sub-conjunto	9,62				
14	Aplicar cola no sub-conjunto	23,54		73,70	44,96	
15	Colar etiqueta de identificação e vedar componente K	7,78				
16	Conectar chicote nos componentes D, D e E	5,15				
17	Efetuar testes	10,51				
TAKT-TIME DA CÉLULA (seg.)			211,4	119,5	73,7	68,4
PRODUÇÃO HORÁRIA (peças/h)			17,0	30,1	48,8	52,6
PRODUTIVIDADE (peças/hora/homem)			17,0	15,1	16,3	13,2

Então para cada *takt-time* definido no PDP, há uma formação de quantidade de operadores para atender este *takt-time*.

7.8. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DOS LOTES FIXOS DE FABRICAÇÃO DAS REFERENCIAS PRODUZIDAS INTERNAMENTE

Deve-se definir o tamanho do lote fixo de produção para todas as referências produzidas na célula utilizando-se como elemento de cálculo:

$$\text{Tamanho do lote fixo} = \text{dez vezes o tempo de setup}$$

Por exemplo: tempo de setup de 20 minutos => lote fixo de produção = 200 minutos, referente a 400 peças por hora = 6,7 peças por minuto x 200 minutos => tamanho do lote fixo = 1334 peças, definindo, então o tamanho do lote fixo de produção da referência.

Para definir quantos lotes fixos são necessários, divide-se o consumo diário da referência pelo lote fixo definido. Por exemplo: consumo diário = 2600 peças / 1334 (lote fixo) = 1,95 lotes = 2 lotes fixos de 1334 peças.

O lote fixo de produção dos produtos produzidos internamente será ajustado para ser sempre múltiplo da embalagem definida para a referência que será múltipla da embalagem da produção acabada.

Deve-se definir e desenvolver as embalagens para todos os produtos utilizados na célula de montagem (produzidos internamente ou comprado de fornecedores), objetivando o provisionamento frontal dos postos de trabalho com alimentação direta do almoxarifado central para a célula de fabricação, sem estoque intermediário.

7.9. MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO DO ESTOQUE MÍNIMO DE SEGURANÇA DAS REFERÊNCIAS PRODUZIDAS INTERNAMENTE

É de responsabilidade da Logística definir as quantidades niveladas a serem produzidas diariamente, isto é, todos os dias deve-se produzir as principais referências (~

80%) em quantidades fixas durante todos os dias trabalhados do mês.

Deve-se definir o estoque mínimo de segurança utilizando como elemento de cálculo a relação descrita abaixo:

1. Quantidade diária nivelada da referência
2. Tempo de *setup*
3. Lead-time de fabricação do produto, tempo necessário para a obtenção da primeira peça boa (tempo de percurso do início da primeira operação até o fim da última operação).
4. Tempo de enchimento do container (embalagem) do produto
5. Histórico de tempo médio utilizado para conserto de molde (frequência de quebra)
6. Histórico de tempo médio utilizado para conserto de máquina (frequência de panes)
7. Cadência horária de consumo da referência x cadência horária de produção da referência
8. Fila de espera do produto para entrar novamente em produção (quando em uma mesma máquina se produz várias referências)

7.10. MÉTODOS DE CONTROLE NO CHÃO DE FÁBRICA

Descrição dos elementos necessários:

7.10.1 SEQÜENCIADOR DA CÉLULA

Para cada célula existe um seqüenciador (Figura 4) que define qual será a seqüência de montagem dos produtos (referências) na célula, ou seja, é um elemento físico onde se colocam os cartões que representam a demanda do cliente.

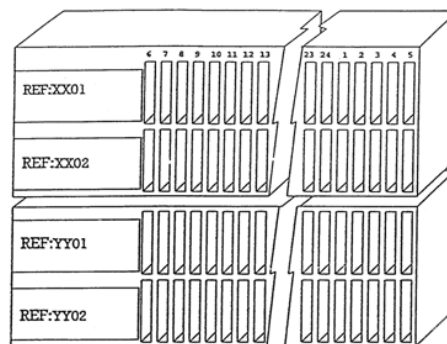


Figura 4: Seqüenciador da célula

7.10.2. CARTÃO KANBAN LOTE FIXO – LOGÍSTICA

Cada um dos cartões que determinam as quantidades a produzir e a retirar.

7.10.3. CAIXA DE FORMAÇÃO DE LOTE

Elemento físico (Figura 5) com uma matriz de porta-cartões com tantas colunas quanto forem as referências produzidas na célula e um número de linhas igual ao número de cartões que constituem o lote de fabricação menos uma. Nestes se colocarão os cartões kanban lote fixo – Fabricação e deverá estar situado ao lado do estoque pé-de-linha.

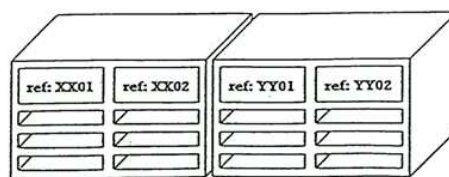


Figura 5: Caixa de formação de lote

7.10.4. FILA DE ESPERA

Elemento físico (Figura 6) onde se pode empilhar as ordens de fabricação (lotes) assegurando-se o FIFO.

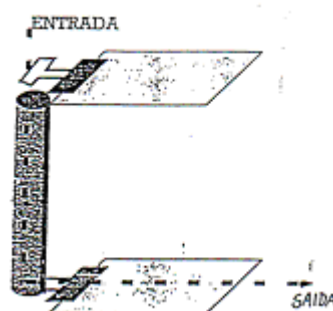


Figura 6: Fila de espera

7.10.5. ESTOQUE PÉ-DE-LINHA

Estoque físico situado ao lado do módulo de produção para sincronizar a retirada, com a fabricação de lotes. Sua dimensão será proporcional ao lote de fabricação mais as incidências da linha.

7.11. FUNCIONAMENTO

Todo início de semana, a Logística fixa no quadro de gestão à vista da célula de manufatura o PDP semanal, que possui as informações das referências e quantidades a serem produzidas em cada dia da semana.

O programador de Logística então, com a base de dados do PDP e sobre os horários programados de embarque pela expedição dos produtos acabados para o cliente define a seqüência de montagem hora por hora, colocando os **cartões *kanban* lote fixo – Logística** no seqüenciador diariamente.

O programador de Logística organiza os **cartões *kanban* lote fixo – Fabricação** e os coloca na Fila de Espera da célula de montagem de acordo com o seqüenciador.

Tem-se início da montagem do produto de acordo com o primeiro lote da fila de espera.

Conforme cada container de produto acabado é preenchido, o operador do último posto coloca um cartão *kanban* de fabricação no container, assim até acabar com os cartões do lote. Os containers de produto acabado ficam no estoque pé de linha.

Quando o último cartão do lote é despachado, é acionado o lote seguinte da fila de espera, iniciando-se então o *setup* da linha para se produzir a nova referência.

O operador da expedição se dirigirá, no horário determinado pelo seqüenciador da célula, ao estoque pé de linha para a retirada do produto final.

Ao se retirar a quantidade da referência estipulado pelo seqüenciador, o operador da expedição retira os cartões *kanban* fabricação dos containeres e os coloca na caixa de formação de lote, assim como, retira do seqüenciador o cartão *kanban* logística.

O lote de produto final é enviado à expedição.

Se não houver lugar na caixa de formação de lote para se colocar os cartões *kanban* fabricação, será criado um lote de fabricação com estes cartões e deve-se colocar este lote na fila de espera da célula.

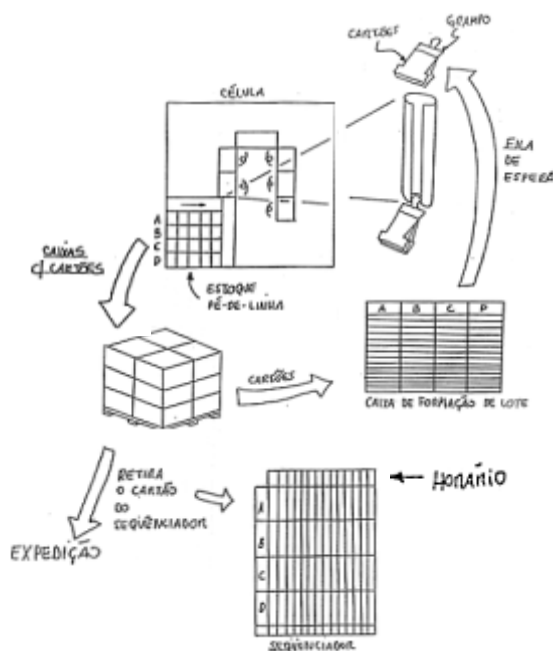


Figura 7: Esquema de funcionamento da programação da célula

7.12. PROJETO DA CÉLULA DE MONTAGEM

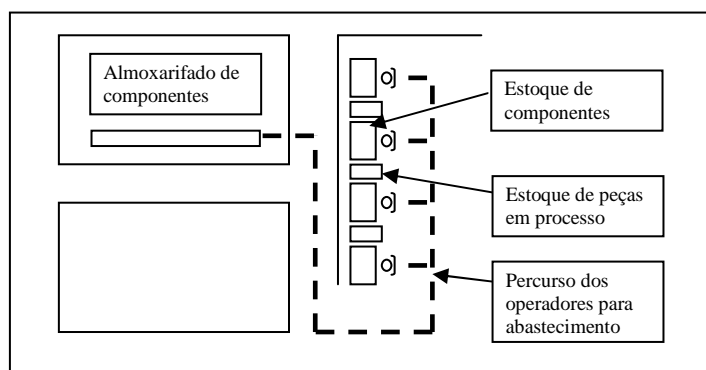


Figura 8: Desenho esquemático da disposição da linha de montagem antes da melhoria

De acordo com a Figura 8, pode-se observar a antiga disposição da linha de montagem, onde os operadores se deslocavam para obter no almoxarifado os componentes para realizar a montagem do produto final, ocasionando perdas de produtividade, acúmulo de peças entre os postos e eventual perda de qualidade devido à quebra da seqüência de montagem. Também esta disposição não é flexível, pois devido a distancia entre os postos de trabalho, há perda de produtividade para diversas formações do número de operadores.

Foi realizada uma mudança no layout da linha de montagem para formar uma célula em formato de "U" (Figura 9) utilizando-se as seguintes premissas:

- Largura do “U” de 1,20m;
- Distância entre os postos minimizados de tal forma que um operador possa trabalhar ao menos em dois postos contínuos sem perda de produtividade;
- Possibilidade de trabalhar com vários *takt-time* e n^o operadores (vide Figura 5)
- Operador não sai do posto de trabalho
- Tempos entre postos equilibrados
- Uma peça entre postos de trabalho
- Não há trânsito de pessoas dentro da célula para abastecimento de material
- Abastecimento realizado pelo pessoal da logística (almoxarifado)
- Caixas de componentes situados na frente do operador
- Caixas de componentes padronizados, retornáveis e manuseáveis pela força de um operador.

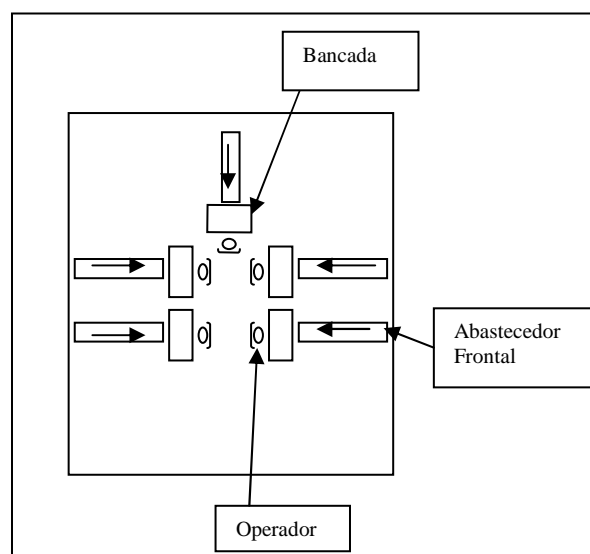


Figura 9: Desenho esquemático da célula de montagem depois da melhoria

7.12.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DAS CÉLULAS

O operador não deve se deslocar, muito menos deixar o seu posto de trabalho para alcançar os componentes para a montagem, ou para retirar os containers vazios do seu posto de trabalho.

Então, foi desenvolvido o chamado provisionador frontal da célula (vide Figura 10), que nada mais é do que um suporte com dois níveis, onde no nível inferior é feito o carregamento pelo almoxarifado com containers cheios de componentes pelo lado de fora e do lado de dentro o operador recebe as peças. No nível superior pelo lado de dentro, o operador coloca os containers vazios que irão sair pelo lado de fora sendo retirados pelo almoxarife.

Também foi implantado o pequeno trem (vide Figura 11) que faz o carregamento no almoxarifado e depois vai até as células de manufatura abastecê-las e retirar os containers vazios. O trem tem o seu percurso pré-definido (vide Figura 12).

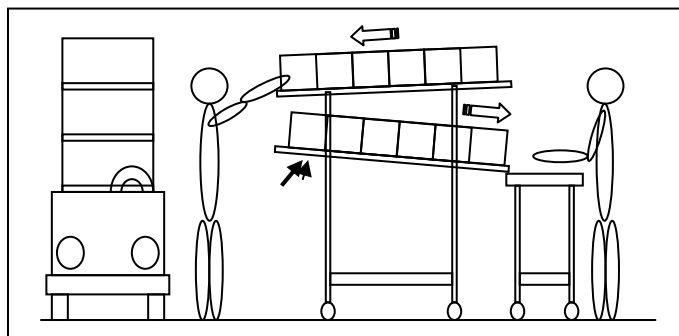


Figura 10: Desenho esquemático do aprovisionador frontal

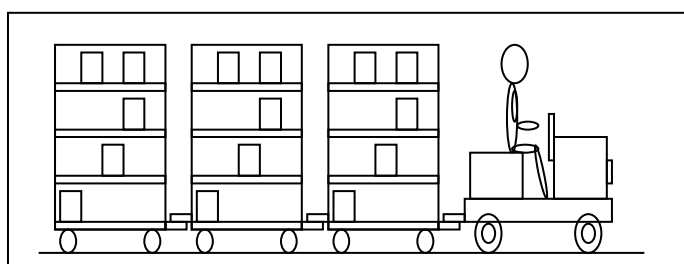


Figura 11: Desenho esquemático do pequeno trem

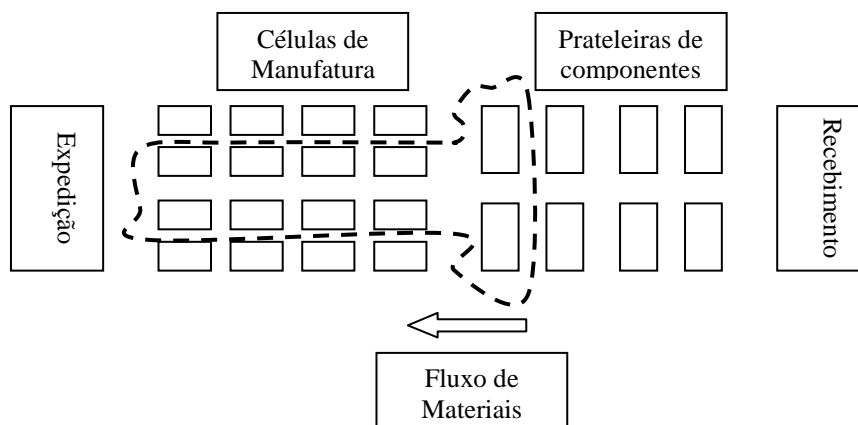


Figura 12: Desenho esquemático do percurso do pequeno trem

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Deste trabalho foram obtidos os seguintes resultados de melhoria:

8.1. AUMENTO DE PRODUTIVIDADE NA CÉLULA

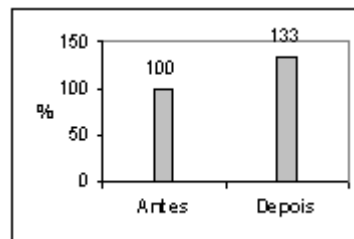


Figura 13 – Produtividade na célula de montagem

Esse resultado foi conseguido devido à aplicação da célula em formato de “U” onde os postos de trabalho ficaram mais próximos, a aplicação do equilíbrio dos tempos das operações e pelo fato que os operadores não precisarem mais sair da célula e parar a operação para ir buscar mais componentes no almoxarifado.

8.2. DIMINUIÇÃO DO *LEAD-TIME* DE FABRICAÇÃO DO PRODUTO

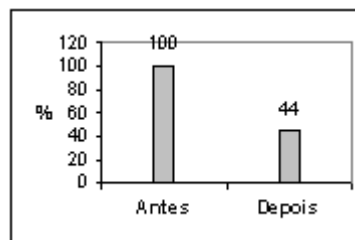


Figura 14 – *Lead-time* de fabricação do produto

O *lead-time* de fabricação do produto foi reduzido devido o tempo de fabricação reduzido conforme explicado no item 8.2. e também devido a não existir excesso de peças entre os postos de trabalho.

8.3. DIMINUIÇÃO DOS ESTOQUES EM PROCESSO

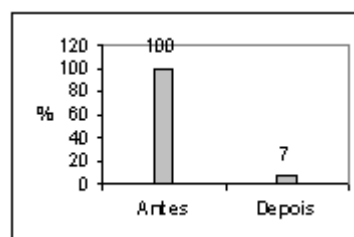


Figura 15 – Estoques em processo

Os estoques em processo (peças dentro da célula de montagem) foram reduzidos ao mínimo devido ao equilíbrio entre os postos de trabalho que evitou o acúmulo de peças entre eles. A regra é ficar apenas uma peça entre postos.

8.4. DIMINUIÇÃO DO ESTOQUE DE PRODUTO ACABADO

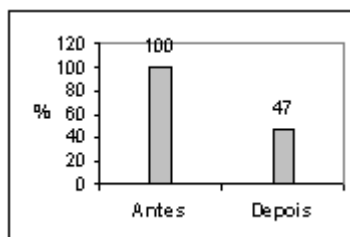


Figura 16 – Estoque de produto acabado

O inventário de produto acabado na expedição foi reduzido devido à conciliação entre a demanda e a produção através da programação MRP e do controle JIT no chão de fábrica. A flexibilidade da célula de montagem em realizar o *setup* de referência (produto a fabricar) de forma ágil e também em poder trabalhar com vários *takt-time* em função da variação da quantidade de operadores para se adequar a demanda foram também fatores importantes.

8.5. DIMINUIÇÃO DO PERCURSO PARA ABASTECIMENTO DE MATERIAIS NA CÉLULA

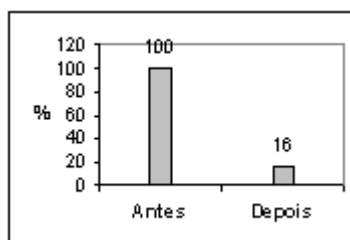


Figura 17 – Percurso para abastecimento de materiais

8.6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A introdução do abastecimento de componentes ser realizada pelo pequeno trem dirigido por um funcionário da Logística e a regra de que o operador não pode sair de dentro da célula para buscar materiais fez com que o percurso para abastecimento fosse reduzido.

A programação MRP voltada para o JIT traz a possibilidade de se trabalhar linearmente durante os dias do mês, ou seja, com um *takt-time* constante, fazendo com que o estoque de produtos acabados fique enxuto.

A variação de *takt-time* da célula de acordo com a demanda do cliente com perda reduzida de produtividade somente é possível com uma célula flexível, de forma que os postos de trabalhos fiquem próximos um do outro, em formato de “U” e com operadores polivalentes que possam trabalhar em qualquer um dos postos da célula. Isso também somente é possível através da divisão da operação como um todo em micro-operações e depois a junção destas em sub-operações de acordo com a quantidade de operadores (ver Tabela 2). O resultado é a redução de estoques em processo e de produto acabado e a diminuição do *lead-time* de fabricação.

Se o operador pára a operação para ir buscar componentes para a sua montagem, a produtividade é prejudicada, além de poder causar problemas de qualidade devido à interrupção da atenção durante a montagem das peças. Este problema foi sanado com o abastecimento que é feito por operadores logísticos com o suporte de artifícios como o aprovisionador frontal (Figura 10) e do pequeno trem (Figura 11) que otimizam o transporte dos componentes para o ponto de uso, diminuindo assim o percurso despedido para esta

tarefa.

Embora o MRP e o JIT tenham características bem diferentes nos conceitos de planejamento e controle, pode-se afirmar que existe uma forma de conciliar estas ferramentas que em conjunto com um projeto de manufatura flexível resulta em alcançar ganhos bastante significativos em termos de redução de estoques, diminuição do *lead-time* de fabricação e aumento de produtividade.

9. CONCLUSÕES

A metodologia apresentada mostrou ser de extrema utilidade na obtenção do objetivo pretendido, trazendo os seguintes ganhos:

- a) – aumento de produtividade da ordem de 33%
- b) – diminuição do tempo de fabricação do produto (*lead time*) da ordem de 56%
- c) – diminuição do estoque em processo da ordem de 93%
- d) – diminuição do estoque de produto acabado da ordem de 53%
- e) – diminuição do percurso para abastecimento de materiais da ordem de 84 %

10. REFERÊNCIAS

BLACK, J. T. O Projeto da Fábrica com Futuro. Editora. Bookman, Porto alegre, 1998.

CALADO, R. D. Aplicação de Conceitos da Manufatura Enxuta no Processo de Injeção e Tampografia de Peças Plásticas. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

GOLDRATT, E. M; FOX, R. E. A Corrida pela Vantagem Competitiva. Editora IMAM, São Paulo, 1989.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da Produção. Editora Saraiva, São Paulo, 2001. MONDEN, Y. Produção sem Estoques. Editora IMAM, São Paulo, 1984.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção – Do ponto de vista da engenharia de produção. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARDLAND, C.; HARRISON, A. e JOHNSTON, R. Administração da Produção. Ed. Atlas: São Paulo, 2002.