

# **A UTILIZAÇÃO DO CONCEITO DE ABASTECIMENTO CONTÍNUO DE PEÇAS PARA UM LAYOUT POSICIONAL DE MONTAGEM: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

**Antonio Freitas Rentes** [rentes@sc.usp.br](mailto:rentes@sc.usp.br)

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos - SP

**Alessandro Lucas da Silva** [als@sc.usp.br](mailto:als@sc.usp.br)

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos - SP

**Ricardo Renovato Nazareno** [naza@sc.usp.br](mailto:naza@sc.usp.br)

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos - SP

**Victor Cássio Soares** [victor@jumil.com.br](mailto:victor@jumil.com.br)

JUMIL

Rua Ana Luíza, 568 - CEP: 14.300-000 - Batatais - São Paulo - BRASIL

**Wagner Antonelli** [wagner@jumil.com.br](mailto:wagner@jumil.com.br)

JUMIL

Rua Ana Luíza, 568 - CEP: 14.300-000 - Batatais - São Paulo - BRASIL

**Resumo:** *O aumento da flexibilidade e produtividade no chão-de-fábrica passa pela melhoria do layout do sistema produtivo. É muito comum ainda nas empresas brasileiras, de pequeno e médio porte, a utilização de layouts funcionais. A utilização deste tipo de organização do ambiente produtivo tem ido na contramão do aumento da produtividade, da qualidade do produto, da flexibilidade de produção, da redução de estoques, entre outros.*

*Neste contexto, o objetivo deste trabalho é mostrar a utilização do conceito de abastecimento contínuo para reduzir a movimentação de peças e produtos no chão-de-fábrica, em um layout posicional implantado em uma fábrica de máquinas agrícolas. Este trabalho resultou em uma redução de 84% no nível de movimentação dos operadores de montagem. Os demais resultados obtidos, bem como os conceitos aplicados na reorganização do layout e a utilização de abastecedores da linha de produção, serão descritos neste artigo.*

**Palavras-chave:** *produção enxuta, layout, movimentação de peças*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a era Ford até os dias atuais muitas mudanças têm ocorrido no chão-de-fábrica das empresas. Alto volume de estoques, fluxos de peças mal projetados, baixa qualidade, atrasos na produção, entre outros são fatores não mais tolerados pelos sistemas de produção enxutos. Segundo Tompkins *et al* (1996), mudanças significativas estão acontecendo no projeto de sistemas de manufatura, motivadas pelas seguintes tendências:

- Aumento do número e variedade de produtos, resultando numa queda de quantidade (tamanho do lote) conforme a diversidade aumenta;
- Custo dos materiais, incluindo movimentação de materiais e energia, parte principal do custo total dos produtos;
- Necessidade de reduzir o tempo de projeto e fabricação do produto devido às mudanças constantes no mercado; um produto pode tornar-se obsoleto mesmo antes de ser produzido;
- Aumento de solicitações para menores tolerâncias (mais exatidão e precisão produzindo melhor qualidade).

Flexibilidade, qualidade, custos, entre outros, tornaram-se fatores decisivos na sobrevivência e sucesso das organizações empresariais. Segundo Tompkins *et al* (1996) as novas tendências do mercado requerem os seguintes tipos de respostas, pelas empresas, em termos de sistemas de manufatura:

- O sistema deve ser capaz de produzir produtos com qualidade superior, com custo (unitário) reduzido e, entrega no prazo em resposta às demandas dos clientes;
- O sistema deve ser projetado para ser flexível e compreensível (mais simples e mais focado), e também mais confiável;
- Melhorias contínuas de produtos significam reestruturação e melhorias contínuas nos sistemas de manufatura.

O arranjo físico do setor produtivo é um fator de vital importância no sucesso das empresas em conseguir suprir as necessidades e novas tendências do mercado. Um projeto adequado do layout implicará numa redução de movimentação tanto de operadores como de peças e produtos. Segundo Canen e Williamon (1998), os recursos de produção são de vital importância para a organização porque, usualmente, eles representam o maior e mais caro patrimônio da organização. O principal motivo para o planejamento do layout do setor produtivo é o interesse em se reduzir os custos de movimentação. Na visão de Canen e Williamon (1998 apud Sims, 1990) "*a melhor movimentação de material é não movimentar*".

Segundo Moreira (2001) entre alguns dos motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico destacam-se:

- Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações. Uma mudança adequada no arranjo físico pode muitas vezes aumentar a produção que se processa dentro da instalação, usando os mesmos recursos que antes, exatamente pela racionalização no fluxo de pessoas e/ou materiais.
- Mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias nas instalações, entre outros fatores;

Existem alguns tipos básicos de arranjo físico dos equipamentos de produção no chão de fábrica. Cada um desses será discutido a seguir.

## 1.2 Layout por Processo ou Funcional

Segundo Martins e Laugeni (1998) nesse tipo de arranjo físico todos os processos e equipamentos do mesmo tipo são posicionados numa mesma área e também operações e montagens semelhantes são agrupadas num mesmo local. O material se desloca buscando os diferentes processos.

Segundo Moreira (2001) como características desse sistema destacam-se:

- a) A adaptação à produção de uma linha variada de produtos ou à prestação de diversos serviços;
- b) Cada produto passa pelos centros de trabalho necessários, formando uma rede de fluxos. No caso de atividades de serviços a movimentação é a do próprio cliente, como a que ocorre com os pacientes em um hospital ou clínica;
- c) As taxas de produção são relativamente baixas, se comparadas àquelas obtidas com o arranjo físico por produto. Desta forma, existe entre os dois tipos de arranjo uma troca entre flexibilidade e volume de produção;
- d) Os equipamentos são principalmente do tipo "propósito geral", ou seja, comercialmente disponíveis sem necessidade de projeto específico. Esses equipamentos são mais flexíveis, que aqueles projetados para arranjo físico por produto;
- e) Em relação ao arranjo físico por produto, os custos fixos são relativamente menores, mas os custos unitários de matéria-prima e mão-de-obra são relativamente maiores.

O arranjo físico por processo proporciona ao sistema uma flexibilidade para adaptar-se a variados produtos. Além disso, esse tipo de organização do setor produtivo requer máquinas de custos menores do que num arranjo físico por produto. Finalmente, as faltas durante a produção não são tão graves para o sistema pois as operações gozam de uma certa independência.

Quanto às desvantagens Moreira (2001) destaca:

- a) Os estoques de materiais em processo tendem a ser elevados e bloquear a eficiência do sistema;
- b) A programação e controle da produção tornam-se complexas ao ter que trabalhar com variados produtos e suas exigências operacionais particulares;
- c) O manuseio de materiais tende a ser ineficiente;
- d) A contrapartida da flexibilidade é a obtenção de volumes relativamente modestos de produção, a custos unitários maiores que no caso do arranjo físico por produto.

## 2.2 Layout em Linha

Segundo Martins e Laugeni (1998) no layout em linha as máquinas são colocadas de acordo com a seqüência de operações e são executadas de acordo com a seqüência estabelecida sem caminhos alternativos. O material percorre um caminho previamente determinado dentro do processo.

As vantagens e desvantagens desse arranjo físico estão relacionadas na figura 01 (Tompkins et al, 1996):

Vantagens	Limitações
Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado	Parada de máquinas resulta numa interrupção da linha
Pouco trabalho em processo e redução do inventário em processo	Mudanças no design do produto torna o layout obsoleto
O tempo total de produção por unidade é baixo	Estações de trabalho mais lentas que limitam o trabalho da linha de produção
A movimentação de material é reduzida	Necessidade de uma supervisão geral
Não exige muita habilidade dos trabalhadores	Resulta geralmente em altos investimentos em equipamentos
Resulta num controle simples da produção	Equipamentos para fins específicos precisam ser utilizados

figura 01 Vantagens e limitações do layout em linha (TOMPKINS et. al., 1996)

### 1.3 Arranjo Físico Posicional

Segundo Slack et al (1999) o arranjo físico posicional é de certa forma uma contradição em termos, já que os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, mas o contrário. Em vez de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se de e para a cena do processamento na medida do necessário.

Este tipo de layout é utilizado, por exemplo, quando os recursos a serem transformados são muito grandes e de difícil locomoção. A indústria naval utiliza este tipo de arranjo físico. Este tipo de layout também é utilizado na construção civil, pois os recursos transformados normalmente são produzidos para permanecerem em um único local indefinidamente, exemplo, prédios, pontes, barragens, etc.

A marca principal desse tipo de arranjo é a baixa produtividade, além do que um produto raramente é rigorosamente igual a outro

### 1.4 Layout Celular e Mini-fábricas de Produção

Arruda (1994 apud Greene e Sadowski, 1984) define manufatura celular como "divisão física de uma ampla manufatura convencional, dentro de uma produção celular". Eles ainda acrescentam que "cada célula é projetada para produzir eficientemente tipos comuns, ou forma de peças que tenham máquinas, processos e fixações similares".

Células ou mini-fábricas de produção é o rearranjo do layout do setor de manufatura em ilhas de produção. Para cada um desses dois tipos de organização física do setor produtivo é designado um conjunto de produtos que sofrem operações específicas. A diferença consiste no fato de que a quantidade de produtos alocados para as mini-fábricas de produção é bem maior do que no layout celular. Além disso, as células de produção têm como princípio à utilização de um ou dois operários. No ambiente de mini-fábricas mais de dois operários podem ser utilizados na produção.

Segundo Barbosa (1999) entre algumas das vantagens do arranjo celular, as quais podemos também correlacionar com as mini-fábricas de produção, encontram-se:

- A facilidade para o retrabalho, quando eventualmente forem encontrados itens defeituosos no final na linha;

- b. A ausência de corredores, implicando na eliminação de veículos e pessoas que não estão sendo aproveitadas nas atividades produtivas.
- c. A facilidade de movimentação de materiais e ferramental, que está ligada ao "encurtamento" da distância entre os equipamentos e postos de trabalho.

Barbosa (1999) afirma que as células de manufatura, em comparação aos layouts tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra direta. Também trazem como benefício a diminuição entre 70 e 90% dos equipamentos de movimentação e manuseio dos materiais, a redução de 95% dos estoques em processo e a diminuição de 50% na área de fabricação.

Quando num ambiente com um número muito grande e variado de peças a formação de células de produção torna-se muito difícil. As células de produção são indicadas para ambientes *flow shop*, ou seja, ambientes com um fluxo de peças bem definido. Outro fator que inviabiliza a utilização dos conceitos de célula de produção num ambiente *job shop* (grande variedade de peças) é a necessidade de duplicação de máquinas. Muitas vezes essa necessidade de duplicação de máquinas pode representar custos muito elevados para a organização. Quando trabalhamos com o conceito de mini-fábricas de produção, problemas como duplicação de máquinas são minimizados porque não existe uma dedicação tão exclusiva para uma linha de produtos como no ambiente celular. A figura 01 mostra um exemplo de mini-fábricas de produção.

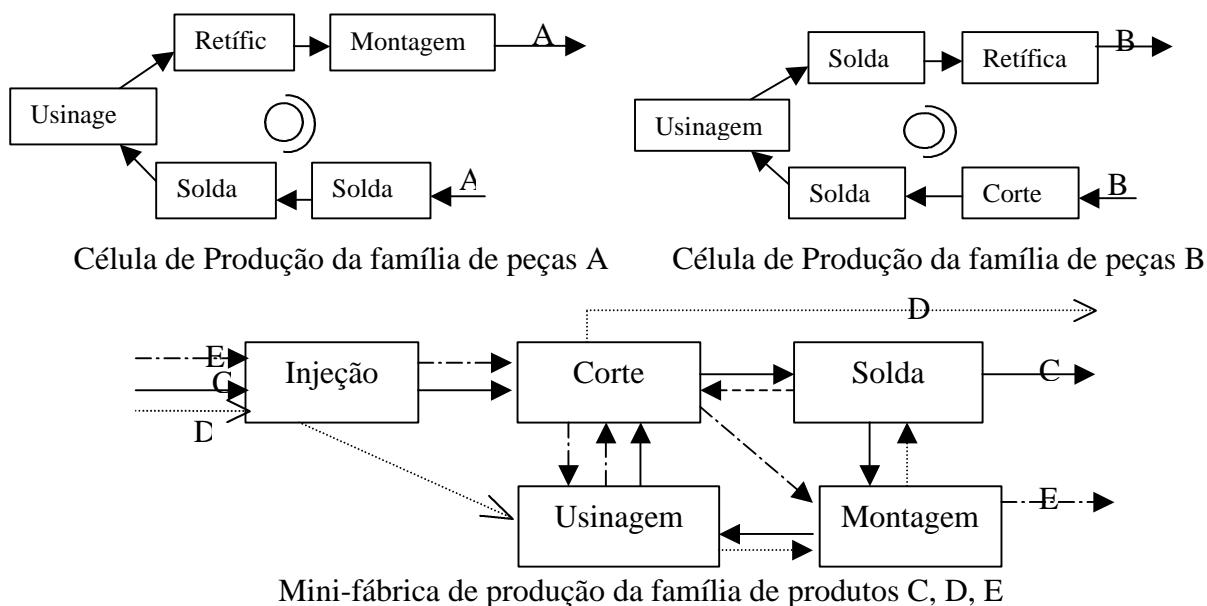


Figura 01 Exemplo de célula e mini-fábricas de produção (SILVA e RENTES, 2002)

Segundo Standard e Davis (1999) algumas recomendações importantes sobre as células de produção e que também podem ser consideradas para as mini-fábricas de produção são:

- Superprodução não é permitida;
- Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto;
- Trabalhadores se movimentam entre as estações de trabalho;
- Usar sistemas de fixar e prender ao invés de sistemas de ajustamento;
- Fazer trabalho manual em paralelo com o trabalho das máquinas;
- Nunca passar um defeito.

## 1.5 Layout Posicional com Abastecimento Contínuo

Nesta forma de disposição dos equipamentos e supermercados dentro do chão-de-fábrica o produto final a ser montado fica parado e os recursos se deslocam até esse. A diferença entre o layout posicional e o layout posicional com abastecimento contínuo é a inserção de um abastecedor com a função de prover peças para os montadores da linha de montagem.

Esse tipo de layout foi utilizado no caso prático apresentado mais adiante devido à dificuldade em se movimentar as máquinas produzidas na empresa. Além disso, a formação de células de produção tornava-se inviável devido à necessidade de duplicação dos pontos de estoques. Por ser apenas um setor de montagem, foi projetado um layout posicional onde um abastecedor supria a linha de montagem com as peças necessárias e se encarregava de programar as máquinas que entravam na produção. Os detalhes sobre este layout são apresentados a seguir.

## 2. ESTUDO DE CASO

O trabalho de projeto e implementação de um sistema contínuo de abastecimento foi realizado numa empresa de grande porte localizada no interior do Estado de São Paulo. Esta empresa tem como foco de atuação a produção de máquinas agrícolas de plantio. O projeto foi desenvolvido no setor de montagem visando minimizar a movimentação de peças e operários com objetivo de impactar no número de máquinas fabricadas diariamente.

As etapas e análises realizadas são mostradas a seguir.

### 2.1 Etapa 1: Levantamento da Situação Atual

Num primeiro momento foi feito um layout inicial do setor de montagem. O objetivo foi visualizar o posicionamento dos estoques de peças e da linha de montagem. O setor de montagem tem uma área de 30 x 100 m, sendo que a linha de montagem tem uma dimensão de 10 x 50 m. A figura 02 abaixo mostra o layout inicial do setor de montagem da empresa.

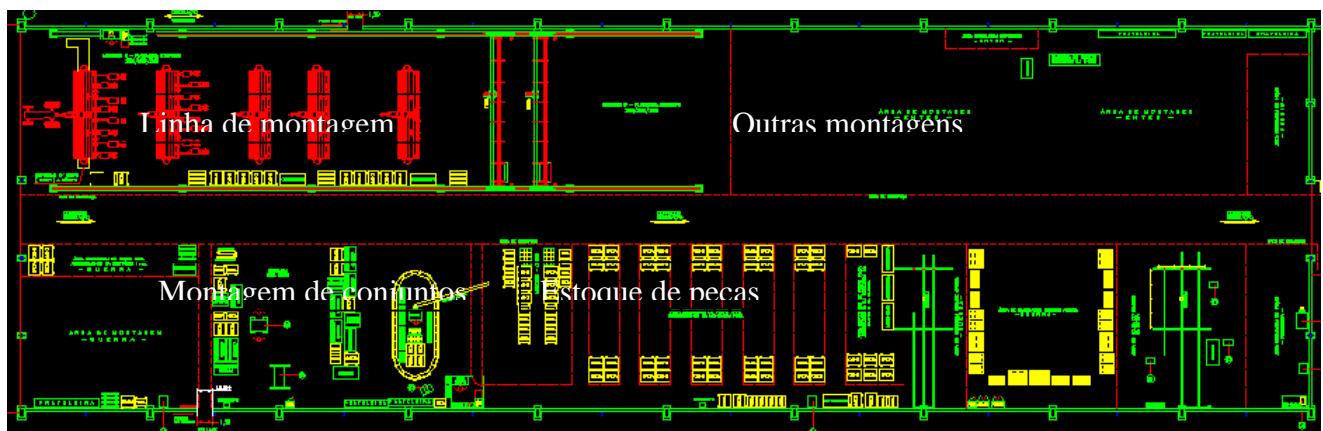


figura 02 Layout inicial do setor de montagem

### 2.2 Etapa 2: Análise da Situação Atual

A análise do layout inicial mostra que existe uma grande distância entre a linha de montagem e os estoques de peças. Entre os problemas detectados na configuração desse layout, destaca-se:

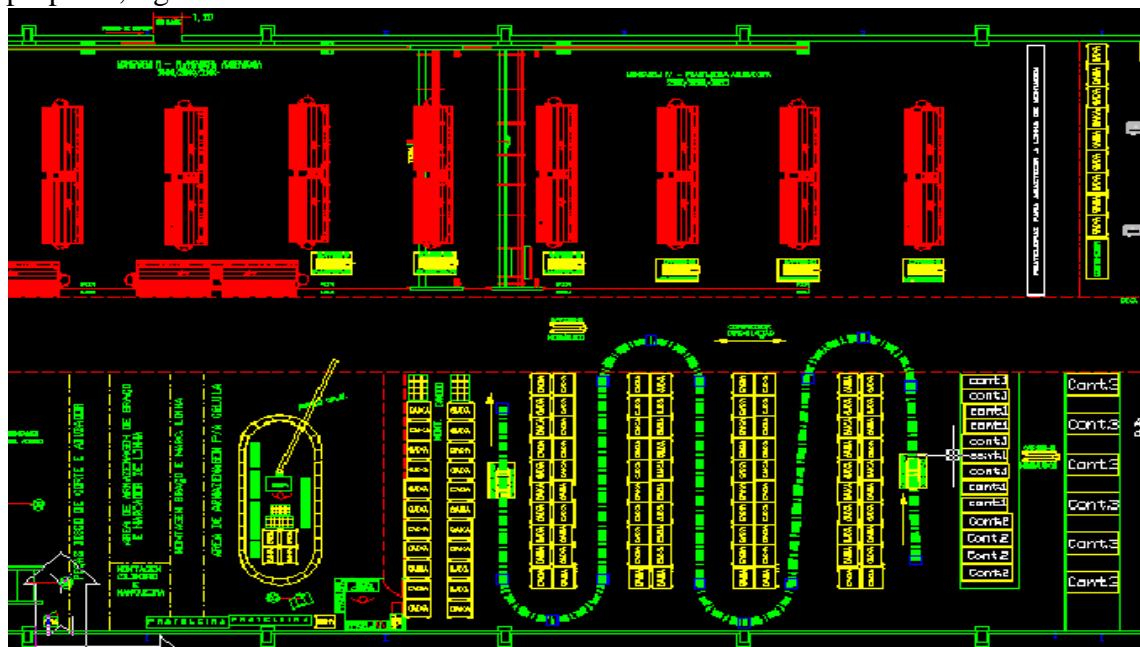
A análise da movimentação mostrou que eram necessárias 82 movimentações dos operadores para trazer as peças até a linha de montagem. Isso se devia ao fato de cada operador se dirigir aos pontos de estoques para retirar as peças que necessitavam para montagem das máquinas.

- Parada no processo de montagem das máquinas, pois o operador tinha de se deslocar aos pontos de estoques para pegar as peças que iria utilizar na linha de montagem;
  - Os estoques ficavam dispostos de forma irregular pelo chão-de-fábrica. Não havia nenhum posicionamento fixo para cada tipo de peça. Existia um gasto de tempo excessivo, pois o operador tinha de encontrar as peças que necessitava;
  - Como as peças eram dispostas de forma irregular, e não em uma posição fixa, os operadores acabavam consumindo de dois contêineres ao mesmo tempo. Isso afetava o sistema kanban, causando problemas de falta de peças;

Uma análise da distância percorrida para montagem de uma máquina mostrou que era necessária uma movimentação de 2400m para que uma máquina ficasse pronta.

### 2.3 Etapa 3: Proposição da Situação Futura

Com base nos problemas detectados e nas restrições de espaço, posicionamento da linha de produção e necessidade de pontes rolantes e talhas, o seguinte layout foi proposto, figura 03.



*figura 03 layout proposto*

Nesse novo layout não apenas a posição dos estoques foi alterada, mas um novo plano de montagem e movimentação de peças foi projetado. Entre as características desse novo layout, podemos destacar:

- As peças ficaram dispostas com posicionamento fixo. Foi feito um mapa com posicionamento e localização fixa de todas as peças necessárias na montagem das máquinas;
- Foram formadas equipes de montagem. Cada equipe era composta por 3 montadores, sendo que para as máquinas mais complexas as equipes tinham 4 operadores;
- Foi inserido um operador com função apenas de movimentação das peças. Esse operador (denominado de “abastecedor” ou “aprovisionador”) tem como função a coleta de peças nos pontos de estoques e posicionamento dessas junto das máquinas;
- Foram criados kits de montagem. Esses kits correspondem ao conjunto de peças necessárias na montagem dos diferentes tipos de máquinas;
- Foram feitos carrinhos para que o abastecedor pudesse carregar os kits de abastecimento para as máquinas, a figura 03a mostra esses carrinhos.
- O operador passou a ter uma lista com as peças necessárias na montagem de cada máquina e com a localização de cada peça no supermercado;
- Foi inserido um quadro de nivelamento da produção (heijunka box). Com isso a montagem de máquinas passou não mais a ser feita de modo aleatório durante o dia, mas de acordo com uma sequência pré-estabelecida de produção. Como função do abastecedor, este também ficou responsável pelo preenchimento do quadro de nivelamento da produção. O percurso feito pelo abastecedor, bem como suas funções são apresentadas na figura 03b;
- Outra função do abastecedor foi a anotação dos problemas que causavam paradas na linha de montagem. Essas informações foram úteis no processo de melhoria do sistema de abastecimento e montagem das máquinas;
- Cabe ao abastecedor também a função de verificar quais chassis de máquinas estão pintados e prontos para entrar na linha de montagem. O quadro de programação será preenchido de acordo com os chassis disponíveis para a montagem;



figura 03a carrinho para kits

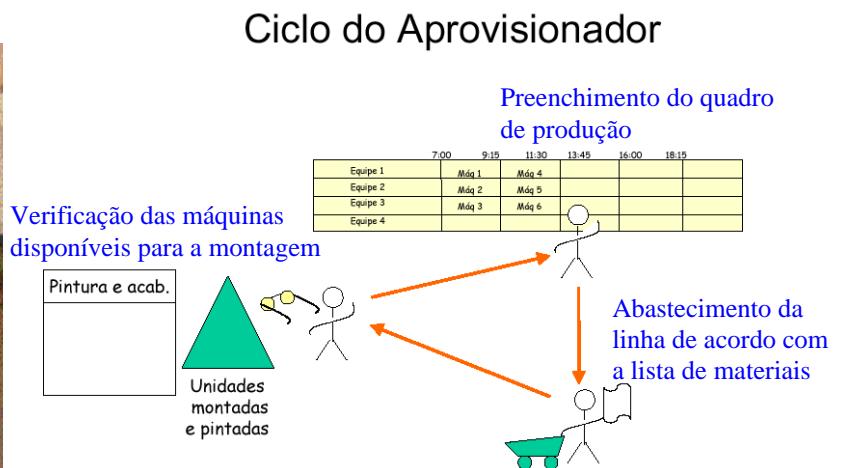


figura 03b Funções do Aprovisionador

Um mapa do fluxo de valor com os *kaizens* de melhoria propostos para o setor de montagem é apresentado na figura 04 a seguir.

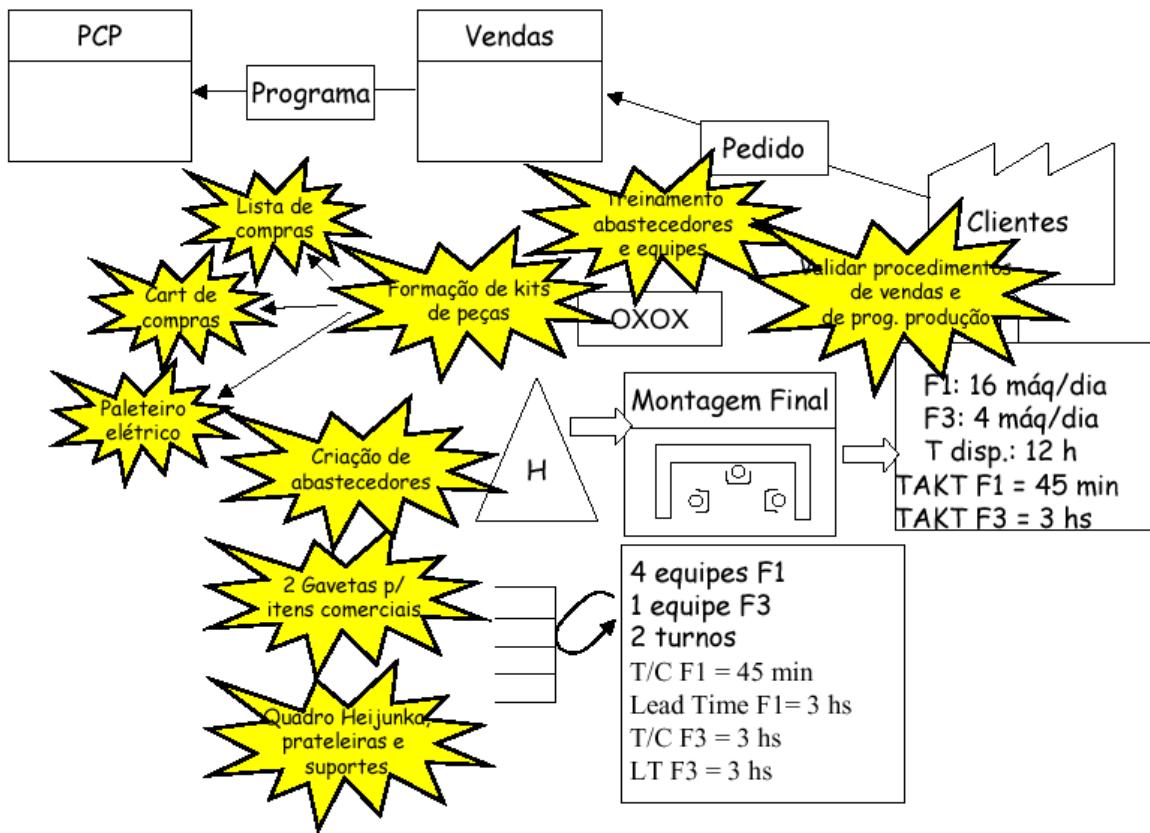


figura 04 mapa do fluxo de valor da situação futura

### 3. RESULTADOS ALCANÇADOS

Entre os resultados alcançados com a mudança no layout e as melhorias inseridas no sistema de abastecimento, podemos destacar:

- Redução do número de movimentações dos operadores de 82 vezes para 4 movimentações do abastecedor;
- Eliminação do tempo perdido dos montadores em buscar peças. Os montadores passaram a gastar 100% do tempo de trabalho apenas no processo de montagem;
- Redução da distância percorrida pelos montadores para montagem de uma máquina. Com a formação dos kits e posicionamento dos supermercados o abastecedor passou a necessitar se locomover apenas 390 metros;
- O abastecedor foi treinado para consumir as peças de um contêiner e só depois começar a consumir peças do outro contêiner. Com isso, um dos fatores que causavam o problema de falta de peças na linha de montagem, o consumo desordenado de peças dos contêineres, foi eliminado;
- O quadro de programação permitiu uma visualização fácil das máquinas que estavam sendo produzidas. Qualquer atraso na produção passou a ser facilmente visualizado;
- Não foi necessário o aumento no quadro do número de funcionários. Devido ao tempo perdido anteriormente com a movimentação dos próprios montadores na busca de peças, foi necessário apenas deslocar um dos montadores para realizar a função de abastecedor;

- Foram montadas um número superior de máquinas em relação ao ano de 2002 com um quadro de funcionários igual ao ano de 2002;
- O tempo de montagem de máquinas, com a formação de equipes e com o processo de abastecimento contínuo, foi reduzido, pois o operador passou a realizar apenas a função de montagem;

## 4. CONCLUSÃO

O layout industrial tem impacto em diversos setores da empresa, atingindo desde os estoques até os índices de produtividade. Projetar o layout de forma a eliminar desperdícios, como de movimentação, é fundamental no processo de melhoria constante que muitas empresas estão se envolvendo.

Há algumas décadas atrás, muitos desperdícios eram tolerados no chão-de-fábrica. No auge da produção em massa, o principal índice de desempenho que era levado em consideração era a redução dos custos através do aumento da produção. Não se analisava custo de estoques, esperas e em específico movimentação. Com as mudanças introduzidas pela Toyota, a redução dos desperdícios no chão-de-fábrica tornou-se fator vital na sobrevivência de muitas empresas. Impelidas pela competição global e pelas novas formas de produção estas vem buscando melhorar continuamente seus processos produtivos. E a melhoria do layout é um fator importante nesta jornada de melhoria, em busca da produção ideal, sem desperdícios.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Arruda, P. E. S. (1994), "Levantamento do estágio atual de implantação de Tecnologia de grupo e Células de Manufatura no estado de São Paulo", Dissertação de Mestrado, São Carlos
- Barbosa, F. A. (1999), "*Um estudo da Implantação da Filosofia Just In Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRPII*", Dissertação de Mestrado, São Carlos.
- Canen, A. G. e Williamson G. H. (1998), "*Facility layout overview: towards competitive advantage*", Facilities Volume 16 Number 7/8, pp.198-203.
- Greene, T. J. e Sadowski, R. P. (1984), "*A Review of cellular Manufacturing Assumptions, Advantages, and designn Techniques*", Journal of Operations Management, Vol. 4, pg. 85-97.
- Moreira, D. A. (2001), "*Administração da Produção e Operações*", Thomson Learning, pag.254-273.
- Silva, A. L. e Rentes, A. F. (2002), "*Tornado o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas de produção: um estudo de caso*", ENEGEP 2002.
- Sims, R.JR. (1990), "*MH problems are business problems*", Industrial Engineering, May.
- Slack,N; Chambers, S; Harland, C; Harrison, A.; Johnston, R. (1999), "*Administração da Produção*", Ed. Atlas S.A.
- Standard C.; Davis, D. (1999), "*Running Today's Factory*", Hanser Gardner Publication, Copyright.
- Tompkins, J.A, White, J.A, Bozer, Y.A, Frazelle, E.H, Tanchoco, J.M.A e Trevino, J. (1996). "*Facilities Planning*". Jonhn Wiley e Sons, Inc. Copyright.