

# **TORNANDO O LAYOUT ENXUTO COM BASE NO CONCEITO DE MINI-FÁBRICAS NUM AMBIENTE DE MULTI- PRODUTOS: UM ESTUDO DE CASO**

**Alessandro Lucas da Silva**

Mestrando em Engenharia de Produção - EESC – USP  
Av. Trabalhador São Carlense, 400 – São Carlos-SP  
alessandrols@yahoo.co.uk

**Antonio Freitas Rentes**

Prof. Associado – EESC – USP  
Av. Trabalhador São Carlense, 400 – São Carlos-SP  
rentes@sc.usp.br

*Abstract: Layout reorganization is a classic manufacturing problem. Several methods have been developed in this area aiming to minimize the amount of waste the transport of parts and tools represents in a production process. Good layout will also help a company to improve its business performance by allowing the “single piece flow” or, at least, to considerably reduce its transfer lot size. The aim of this paper is to show an application of the concept of production mini-plant layout in a shop-floor environment of high-variety product and high-volume production of a Brazilian company, formerly organized in a functional layout. It will be presented the method utilized in this application as well as its major results.*

**Keywords: Lean Production, Layout , Mini-fábricas**

## **1. Introdução**

As empresas estão vivendo um período de profundas transformações em seus ambientes econômicos e tecnológicos. Em termos econômicos, estão inseridas em um processo de globalização e unificação de mercados. Neste contexto, de concorrência acirrada e batalha por preços competitivos, as organizações convivem com a demanda por produtos e serviços com cada vez maior valores percebidos pelos clientes, tanto quanto ao atendimento de suas necessidades como em termos de qualidade total assegurada. Todos esses fatores levaram as empresas a um ambiente onde a mudança é permanente, exigindo flexibilidade e adaptação às exigências de mercado.

Para se adaptarem a esse ambiente competitivo, as empresas de manufatura, seguindo os passos da indústria automobilística, estão cada vez mais utilizando os conceitos e técnicas de Produção Enxuta (*Lean Production*). Suas metas passaram a ser produzirem em resposta a demandas específicas, somente quando necessário, controlando a qualidade do produto e do prazo de entrega, e ao mínimo custo.

Neste cenário de acirrada competição, o arranjo físico surge como importante fator que pode tornar-se na diferença entre um processo produtivo enxuto ou não. Deve-se entender por processo enxuto um processo onde, os desperdícios tão comuns nos departamentos de manufatura, são eliminados através do uso das ferramentas de Lean Production. Segundo Canen & Williamson (1996) um bom layout irá ajudar as organizações a melhorar sua performance de negócio.

O principal motivo para o planejamento do layout do setor produtivo é o interesse em se reduzir os custos de movimentação e facilitar o gerenciamento do processo. Para isso busca-se minimizar o tamanho do fluxo de material. Fluxo é definido como “O movimento progressivo de um produto através dos recursos de produção desde o recebimento de materiais até a expedição do produto acabado, sem paradas devido à quebra de máquinas ou outros atrasos da produção” (Suzaki, K., 1987) e (Tompkins, 1996). Com base neste conceito de fluxo e na afirmação de Sims (1990) "a melhor movimentação de material é não movimentar", um layout precisa ter as seguintes características:

- O fluxo entre consecutivos pares de operações precisa ter uma distância pequena;
- O fluxo precisa ser unidirecional com um mínimo de retorno ou cruzamento de dois fluxos em uma mesma máquina;
- O fluxo dentro dos setores produtivos precisa ter um perfil não muito complicado.

Além dos custos de movimentação podem-se identificar outros custos que estão relacionados com o layout do setor produtivo e que impactam no produto final, como: custos de armazenagem, custos de Work in process (WIP), custos com mão-de-obra desnecessária devido à existência de muitas atividades que não agregam valor, entre outros.

Neste contexto, o conceito de mini-fábricas de produção, uma das ferramentas da Produção Enxuta, minimiza os custos nos setores de produção através da reestruturação do layout dos setores produtivos. Esta ferramenta é adequada para ambientes de multi-produtos onde a aplicação do conceito de células de produção torna-se inviável. Shingo (1996) reconhece 4 fatores responsáveis por gerarem lucro nas atividades de produção:

1. Custos mais baixos de matéria-prima;
2. Custos mais baixos de mão-de-obra;
3. Custos indiretos mais baixos;
4. Maior taxa de giro de capital, ou seja, aumentar os lucros via redução de estoques.

Ainda segundo Shingo (1996) a eliminação de estoques pode reduzir os custos de mão de obra em aproximadamente 40%.

A criação de mini-fábricas no ambiente de manufatura reduz os desperdícios de movimentação. Como consequência tem-se um impacto direto nos estoques proporcionando à organização uma maior taxa de giro de capital, além de outras vantagens.

## **2. Produção Enxuta e Reorganização do layout: Células ou Mini-Fábricas de Produção**

### **2.1 Produção Enxuta**

A Produção Enxuta tem como objetivo eliminar os desperdícios dentro da organização. Para isso ela lança mão de um conjunto de ferramentas que visam identificar

e eliminar estes desperdícios. Esta filosofia deriva do JIT com a diferença que esta introduz novas ferramentas como o CONWIP e o Heijunka Box, as quais trabalham integradas ao elenco tradicional de ferramentas do JIT.

O termo Produção Enxuta foi criado no início da década de 90 para nomear o “*Thinking Process*” de Taichi Ohno e o conjunto de métodos que descrevem o sistema de produção da Toyota Motor Company. Este termo foi popularizado no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (Womack, Jones, & Roos, 1990), o qual ilustra claramente a significativa diferença de performance obtida pela implantação dos conceitos de Produção Enxuta na indústria automobilística japonesa, em comparação com a indústria ocidental.

A Produção Enxuta reúne uma série de princípios para eliminar desperdícios durante a produção dos produtos buscando atingir, ou até superar, as expectativas dos clientes (MacDonald, Van Aken & Rentes, 2000). Suas técnicas procuram minimizar as perdas dentro da empresa, gerando produtos a um menor custo e possibilitando à organização produzir a um preço menor e sem perda da qualidade.

Os cinco princípios da Produção Enxuta são Hines & Taylor (2000):

1. Especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Ao contrário do que tradicionalmente se faz, não se deve avaliar sob a óptica da empresa ou de seus departamentos.
2. Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.
3. Promover ações a fim de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.
4. Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.
5. Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios.

Womack & Jones (1996) ressaltam que sete tipos de desperdícios foram identificados por Shigeo Shingo para o sistema Toyota de Produção:

1. Superprodução
2. Transporte excessivo
3. Processos inadequados
4. Esperas
5. Inventário desnecessário
6. Movimentação desnecessária
7. Produtos defeituosos

## **2.2 Layout Celular ou de Mini-fábricas**

Inúmeros trabalhos são encontrados na literatura relacionados com métodos de arranjo físico do setor de manufatura. Por exemplo, a reorganização do layout tem sido estudada por pesquisadores como Jajodia et al. (1992) e Heragu (1992). Métodos visuais e computacionais tem sido desenvolvidos com o intuito de solucionar este problema de arranjo ou rearranjo físico.

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 tem como princípio a utilização de um ou dois operários. No ambiente de mini-fábricas mais de dois operários podem ser utilizados na produção.

Quando num ambiente com um número muito grande e variado de peças a aplicação dos conceitos de células de produção tornam-se praticamente inviáveis. 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 2 mostra um exemplo de mini-fábrica e layout celular.

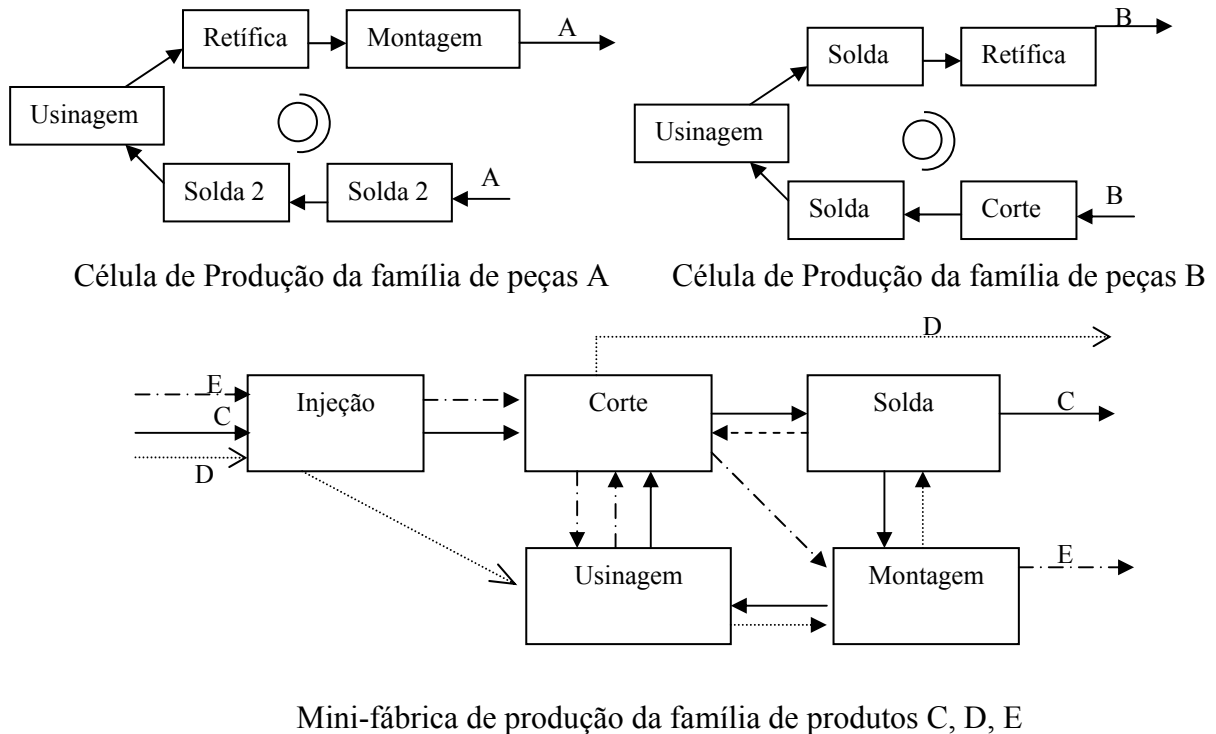


Figura 2 Exemplo de célula e mini-fábricas de produção

O conceito de mini-fábrica foi aplicado em uma empresa brasileira de médio porte no Brasil, e o resultado e o método utilizado são apresentados a seguir.

### 3. Aplicação do conceito de mini-fábricas em uma empresa brasileira de médio porte

A empresa onde foram aplicados os conceitos de mini-fábricas está inserida no mercado de componentes e equipamentos para o controle de energia elétrica em baixa tensão. O número de peças no setor de manufatura está em torno de 900 tipos de peças diferentes. Como fator de medida foi utilizado a distância total percorrida pelo material, pelos operários e pelo ferramental. A unidade de medida utilizada foi km/mês. A seguir será descrito os passos seguidos nesse trabalho de rearranjo físico.

#### 3.1 Introdução dos conceitos de Lean Production

A primeira atividade do projeto foi introduzir os conceitos de Produção Enxuta para todas as pessoas que estariam diretamente envolvidas no projeto.

#### 3.2 Priorização dos desperdícios

Após a realização da primeira atividade a próxima tarefa foi identificar as fontes de desperdício no setor de estamparia. A finalidade dessa atividade era identificar e priorizar os problemas que seriam abordados durante todo o projeto. Com isso pode-se constatar que

o setor de estamparia concentrava problemas em relação, principalmente, ao transporte e processamento.

### 3.3 Levantamentos dimensionais e definição dos grupos de peças

Nesta etapa do trabalho foi realizado um levantamento dimensional do setor de estamparia. Paralelamente a esta atividade foi levantado também quais eram os grupos de peças que compunham toda a produção desse setor.

Nesse ponto deve-se ressaltar que devido ao grande e diferente número de peças produzidas, em torno de 900, tornou-se inviável a formação de células funcionais. Para contornar este problema utilizou-se o conceito de mini-fábricas.

Quanto aos grupos, foram definidos 5 grupos. Estes grupos foram definidos e classificados peça a peça. A figura 3 mostra um exemplo dos componentes de um grupo de peças.



Figura 3 Foto das peças que compõem um dos grupos identificados no estudo.

### 3.4 Definição da quantidade movimentada por grupo de peças

Com os dados dimensionais de máquinas e espaço físico do setor de estamparia em mãos, foi gerado um mapa do estado atual. Com isso pode-se obter uma visão geral do atual estado de disposição das máquinas e dos estoques no setor. O layout inicial da estamparia está mostrado na figura 4.

Para avaliação desse layout inicial e posterior comparação com as futuras alternativas de layout foi criado um critério de análise. Este critério leva em consideração a quantidade de peças movimentadas para cada grupo. O objetivo foi identificar a quantidade de vezes que era feita movimentação e com isso poder-se mensurar a distância total percorrida pelas peças. Esta quantidade movimentada foi definida para três situações:

1. Volume produzido / lote de fabricação: esta definição foi utilizada quando o lote de fabricação era grande.

2. Número de ordens de fabricação: era utilizado quando não havia lotes de fabricação, a movimentação foi calculada com base no número de Of.

3. Volume produzido / tamanho da caçamba: utilizado quando o lote de fabricação era pequeno.

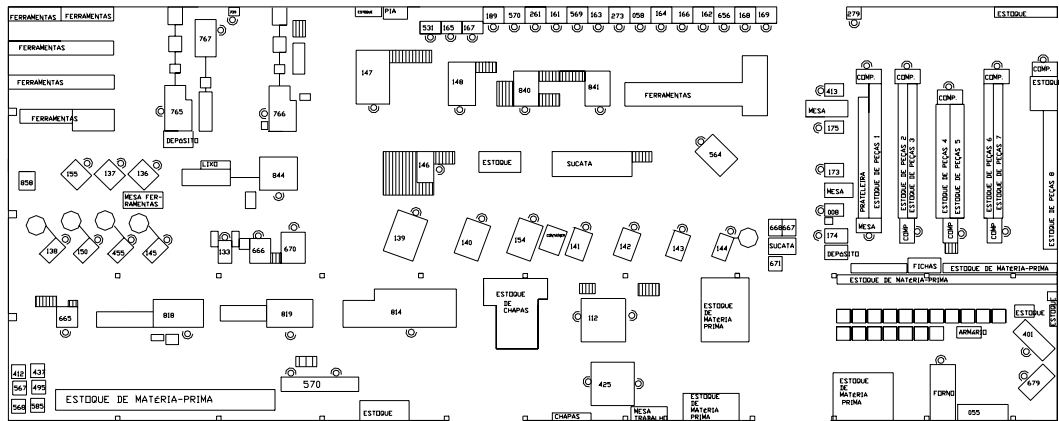


Figura 4 Layout inicial do setor de estamparia

### 3.5 Fluxos no layout atual e calculo das movimentações no layout inicial

Com o layout inicial do setor de estamparia foram esboçados neste o fluxo de cada grupo de peça. Através desse esboço pode-se calcular a movimentação para cada grupo. O cálculo da movimentação foi feita com base na seguinte equação:

$$\text{Distância percorrida pela peça} \times \text{quantidade de vezes movimentada no mês}$$

### 3.6 Determinação das alternativas de layout

Com todas essas informações em mãos iniciou-se o processo de confecção de alternativas de layout. Foram geradas quatro propostas sendo a proposta escolhida mostrada na figura 5.

### 3.7 Identificação dos fluxos nas alternativas e cálculo das movimentações

Para cada alternativa gerada foram traçados os fluxos de materiais de cada grupo. E de maneira análoga à atividade 3.5 foram calculados a movimentação total de cada grupo em cada alternativa. A distância percorrida em cada alternativa gerada bem como a distância percorrida no layout inicial é apresentado na tabela 1 abaixo:

		Atual	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Grupo 1	Materiais	292	111	111	111	111
	Ferramentas	39	14	14	14	14
	Pessoas	554	211	211	211	211
Grupo 2	Materiais	77	39	37	50	48
	Ferramentas	16	2	6	2	6
	Pessoas	146	75	70	94	92
Grupo 3	Materiais	113	64	68	66	79
	Ferramentas	17	3	8	4	8
	Pessoas	215	122	129	126	151
Grupo 4	Materiais	41	46	37	51	41
	Ferramentas	46	13	9	11	9
	Pessoas	79	87	71	96	78
Grupo 5	Materiais	36	25	28	34	28
	Ferramentas	94	28	32	35	32
	Pessoas	68	48	53	65	53
Total		1833 Km	889 Km	883 Km	970 Km	961 Km
	Km/ mês	262	127	126	139	137

Tabela 1 Movimentação de cada grupo de peças no layout atual e em cada proposta

### 3.8 Comparação entre as alternativas

Com todos os dados em mão iniciou-se a tarefa de comparação de cada alternativa. Foi feita uma análise tanto quantitativa como qualitativa para cada proposta de layout gerada.

### 3.9 Escolha da alternativa

Com as análises realizadas foi escolhida uma proposta de layout. Esta proposta pode ser visualizada na figura 5 abaixo.

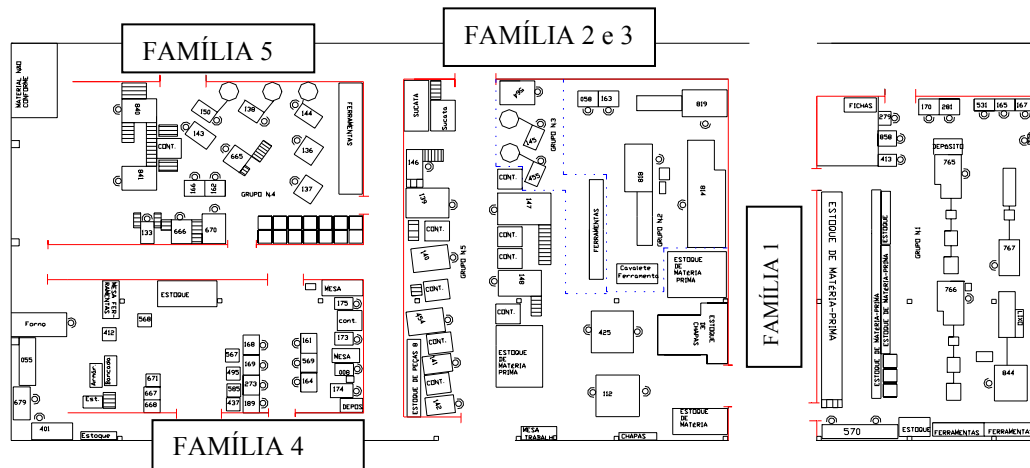


Figura 5 novo layout com mini-fábricas de produção

## 4. Considerações Finais

As vantagens conseguidas com esse novo layout, em comparação com o arranjo físico inicial, são apresentadas abaixo.

1. Definição de corredores
2. Menor movimentação de material
3. Facilidade para movimentação de empilhadeiras e carrinhos
4. Melhor controle de horas (por grupo)
5. Melhor controle de produção (por grupo)
6. Melhor fluxo de produção
7. Facilidade para identificar “gargalos” nos fluxos e mão-de-obra
8. Facilidade de alocação de custos por grupo
9. Melhor gerenciamento de gastos por grupo, incluindo: material de apoio, ferramental e mão de obra
10. Proximidade do ferramental (ganhos na preparação)
11. Maior possibilidade de implantação de manutenção preventiva
12. Maior capacidade de coordenar e gerenciar a produção (identificação de ocupação de máquinas)
13. Melhorias no projeto de ferramental, identificando as máquinas
14. Maior segurança para os operários
15. Melhor aproveitamento da mão-de-obra (movimentação)

## 5. Conclusão

Muitas pesquisas têm sido realizadas em torno do rearranjo físico dos setores de manufatura. O conceito de mini-fábricas tem auxiliado na solução do problema de ambientes com uma quantidade muito grande e diversificada de produtos. A melhoria do layout, através dessa ferramenta da Produção Enxuta, tem auxiliado na eliminação dos desperdícios dentro da organização.

É notória a busca das organizações por vantagens competitivas. A utilização das ferramentas da Produção Enxuta, como O CONWIP, O Value Stream Mapping, Mini-Fábricas de Produção, e outras têm auxiliado as empresas a alcançarem essa vantagem. Segundo Feld (2001) existem 5 elementos chaves em uma manufatura enxuta: Fluxo na manufatura; Organização; Controle do Processo; Métricas e Logística. O conceito de mini-fábricas visa minimizar o fluxo dentro da manufatura impactando assim os custos de produção. Com isso, a organização ganha em produtividade e competitividade.

## 6. Bibliografia

- SIMS, R.JR., (1990) "*MH problems are business problems*", Industrial Engineering.
- SHINGO, S., (1996), "*Sistemas de Produção comestoque zero*", Productivity Press, Inc.
- WOMACK, JONES, & ROOS, (1990). "*The Machine that Changed the World*"
- MACDONALD,T; VAN AKEN,E.; RENTES, AF, (2000), "*Utilization of simulation model to support value stream analysis and definition of future state scenarios in a high-technology motion control plant*". Research Paper. Department of Industrial & Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University & São Carlos Engineering School, University of São Paulo
- PETER HINES & DAVID TAYLOR., (2000) "*Going lean*". Lean Enterprise Centre
- WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. (1996). "*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*". Simon & Schuster, New York.
- JAJODIA, S., MINIS, I., HARHALAKIS,G. & PROTH,J.M.,(1992), "*CLASS: computerized layout solutions using simulated annealing*", International Journal of Production research, Vol.30 No.1
- HERAGU, S.S., (1992) "*Recent models and techniques for solving the layout problems*", European Journal of Operational Research, Vol.57, pp.136-44
- WILLIAM M.FELD (2001). "*Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*". APICS.
- TOMPKINS, J.A, WHITE, J.A, BOZER, Y.A, FRAZELLE, E.H, TANCHOCO, J.M.A & TREVINO, J. (1996). "*Facilities Planning*", Copyright
- SUZAKI, K.(1987), "*The new manufacturing challenge: Techniques for continuous improvement*", New York, NY: The Free Press.
- TOMPKINS, J.A., WHITE, J.A., BOZER, Y.A., TANCHOCO, J.M.A. & TREVINO, J.(1996), "*Facilities planning*", New York, NY: John Wiley.
- FELD, W.M., (2001) "*Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*", APICS.