

Um modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop* com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta

A layout design model for job shop environments with high variety of parts based on lean production concepts



Alessandro Lucas da Silva¹
Antonio Freitas Rentes²

Resumo: Segundo Canem e Williamson (1998), o planejamento do *layout* é importante, pois normalmente representa os maiores e mais caros recursos da organização. Além disso, a localização e disposição física dos equipamentos no chão de fábrica têm impacto em diversos fatores como nível de estoque em processo, tamanho dos lotes de transferência, dificuldade no gerenciamento das atividades, movimentação de pessoas e produtos, entre outros. Portanto, o estudo de conceitos de arranjo físico e o desenvolvimento de modelos de projeto do *layout*, que visem a otimização dos recursos de produção, são de vital importância na busca pela melhoria dos sistemas produtivos. Neste contexto, este artigo apresenta um novo modelo de projeto de *layout*, para ambientes *job shop* com ampla variedade de peças. O modelo foi desenvolvido durante uma pesquisa de doutorado e foi aplicado em algumas empresas do setor metal mecânico. Os resultados obtidos comprovaram a eficiência do modelo projetado. O objetivo do modelo consiste em conduzir a equipe de projeto de *layout* a desenvolver alternativas de arranjo físico que estejam em consonância com conceitos e princípios da filosofia de produção enxuta. Vale ressaltar novamente que o modelo foi desenvolvido para ambientes com alta variedade de peças, ambientes esses em que, devido à dificuldade em se projetar o arranjo físico, as empresas terminam por adotar o *layout* funcional, conceito esse de arranjo físico que apresenta sérios problemas como excesso de transporte, altos níveis de estoques em processo, etc.

Palavras-chave: *Layout*. Produção enxuta. *Job shop*.

Abstract: According to Canem and Williamson (1998), layout planning is important because it usually represents the largest and most expensive resources for an organization. Moreover, the equipment location on the factory floor has an impact on several factors such as level of in-process inventory, transfer batch sizes, difficulty in managing activities, and moving people and products, among others. Therefore, the study of layout concepts and the development of a layout design that aims at optimizing production are of crucial importance for production system improvement. Thus, this study presents a new layout design model of job shop environments with a high variety of parts. The model was developed as part of a PhD research project and was applied in some companies in the metal-mechanic sector. The results obtained showed the efficiency of the model developed. The purpose of the model is to lead the project team to develop layout alternatives that are consistent with the principles and concepts of lean production. It is worth mentioning again that the model was developed for environments with high variety of parts, and due to the difficulty in designing the layout in these environments, companies end up adopting the functional layout, a concept that presents serious problems such as excessive transport, high levels of in-process inventories, etc.

Keywords: *Layout*. Lean production. *Job shop*.

1 Introdução

O *layout* ou arranjo físico do setor de produção de uma organização pode ser definido como a localização e a distribuição espacial dos recursos produtivos, como máquinas, equipamentos, pessoas, instalações, no chão de fábrica. Esta distribuição

impacta diretamente o desempenho da unidade. Segundo Gonçalves Filho (2005), um sistema de manufatura eficiente pode ser obtido combinando-se quatro variáveis: tecnologia de fabricação atualizada; um *layout* otimizado; uma mão de obra treinada e

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Rua Pedro Zaccaria, 1300, CEP 13484-350, Limeira, SP, Brasil, e-mail: alessandro.silva@fca.unicamp.br

² Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, Av. Trabalhador São Carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: rentes@hominiss.com.br

motivada; e um gerenciamento adequado. Essas quatro variáveis não são independentes umas das outras. Por exemplo, é mais fácil alcançar integração entre equipes quando se opta por um *layout* celular do que quando se adota um *layout* funcional.

As decisões de arranjo físico são muito importantes, pois podem refletir diretamente no desempenho da empresa e na satisfação do cliente. Slack et al. (2009) destacam algumas das razões práticas que tornam as decisões sobre *layouts* importantes:

- Organizar o arranjo físico é frequentemente uma atividade difícil e de longa duração devido às dimensões físicas de recursos de transformação movidos;
- O rearranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou perdas na produção; e
- Se o arranjo físico (examinado a *posteriori*) está errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

Segundo Corrêa e Corrêa (2004, p. 235), “[...] um bom projeto de arranjo físico pode visar tanto eliminar atividades que não agregam valor como enfatizar atividades que agregam, como.”

- Minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais;
- Utilizar o espaço físico disponível de forma eficiente;
- Apoiar o uso eficiente da mão de obra, evitando que esta se movimente desnecessariamente;
- Facilitar a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação, quando adequado;
- Reduzir tempos de ciclo dentro da operação, garantindo fluxos mais linearizados, sempre que possível e coerente com a estratégia;
- Facilitar a entrada, saída e movimentação dos fluxos de pessoas e de materiais;
- Incorporar medidas de qualidade (por exemplo, respeitando distâncias entre setores que produzam produtos que possam ser contaminados uns pelos outros) e atender a exigências legais de segurança no trabalho (por exemplo, mantendo isolados setores que possam necessitar de proteção especial do trabalhador);
- Facilitar manutenção dos recursos, garantindo fácil acesso; e
- Facilitar acesso visual às operações, quando adequado.

O projeto do *layout* é uma importante etapa do planejamento do sistema produtivo. Segundo Muther (1976), o tempo despendido no planejamento do arranjo físico antes de sua implantação evita que as perdas assumam grandes proporções e possibilita que todas as modificações se integrem segundo um programa global e coerente, que permite o estabelecimento de uma seqüência lógica para as mudanças, além de facilitá-las.

Rawabdeh e Tahboub (2005) destacam que a eficiência do arranjo físico é um dos mais importantes aspectos dos sistemas de manufatura contemporâneos. Isto pode ser justificado porque o planejamento do *layout* é um processo crítico de longo prazo e requer um alto investimento de capital. Além disso, qualquer alteração no *layout* existente representa gastos elevados, desde que os equipamentos não sejam flexíveis e adaptados para a mudança. Consequentemente, o arranjo físico torna-se um importante aspecto industrial, afetando direta ou indiretamente o custo do produto. Os autores também afirmam que o *layout* afeta a produtividade e o desempenho da fábrica, a utilização eficiente da mão de obra, o espaço utilizado e mesmo a motivação dos operadores.

Neste cenário, nota-se a importância de se projetar de forma adequada um arranjo físico. Projetos inadequados impactarão diretamente os índices de desempenho da organização. A seguir, será apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo e o modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop*.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento do modelo de projeto de *layout*, foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento na literatura sobre os conceitos de arranjo físico;
- Levantamento na literatura sobre os modelos de projeto de arranjo físico;
- Desenvolvimento de um modelo inicial de projeto de arranjo físico com base nas informações levantadas na literatura e com base na experiência dos pesquisadores;
- Aplicação do modelo desenvolvido em uma empresa;
- Análise e correção do modelo com base na aplicação realizada;
- Aplicação do modelo corrigido em mais duas empresas; e
- Análise e finalização do modelo com base nas aplicações realizadas.

A seguir será apresentado o modelo desenvolvido.

3 O modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop*

A Figura 1 apresenta o modelo de projeto de *layout* definido. Como se pode observar, o modelo está dividido em três macroetapas: Levantamento da situação atual; Projeto da situação futura (*Novo layout*); Implantação e acompanhamento.

A seguir, são detalhadas cada uma das atividades que compõem o modelo de projeto de *layout* desenvolvido.

3.1 Primeira etapa: levantamento da situação atual

As atividades dessa etapa de levantamento e análise compreendem:

- **Levantar os produtos fabricados na empresa:** essa atividade envolve o levantamento de todos os produtos que a empresa fabrica;
- **Definir os produtos *Best Sellers*:** são classificados como produtos *Best Sellers* aqueles com maior representatividade financeira ou mesmo de volume de produção na empresa. Uma forma de identificar esses produtos é utilizar a curva de Pareto;
- **Identificar as semelhanças entre os produtos:** essa atividade envolve a definição de alguns critérios de semelhança a serem adotados. Esses critérios servirão como base para definição das famílias de produtos e, posteriormente, de componentes. Nazareno, Silva e Rentes (2003) propõem três critérios de semelhanças que podem ser utilizados: e
- **Semelhanças de processos:** trata-se do principal critério, e se aplica a produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção. Pode-se utilizar a matriz produto \times processo, ou produto \times máquina, como ferramenta para identificar as semelhanças de processos entre

os produtos. O Quadro 1 apresenta um exemplo de matriz peça-máquina.

Como se pode observar, os produtos A e B podem ser alocados em uma mesma família por possuírem processos semelhantes. Da mesma forma, os produtos C e D e E e F podem ser alocados em duas famílias.

- **Frequência e volume da demanda:** importante para a definição da política de atendimento da demanda (ATO - *Assembly-to-order*, MTS - *Make-to-stock*, MTO - *Make-to-order*, etc.), esse critério pode ser decisivo para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família;
- **Tempo de ciclo do produto:** é aconselhável que produtos que compartilhem uma mesma linha, mas que possuem tempos de ciclo muito diferentes, sejam incluídos em famílias diferentes. Isto porque políticas para definição e dimensionamento de supermercados (peças e matéria-prima) e escolha dos sistemas de controle (*kanban*, duas gavetas, etc.) mais apropriados geralmente tendem a variar em função desse critério;
- **Formar famílias de produtos com base nos princípios de semelhanças adotados:** com base nos critérios de semelhanças previamente definidos devem ser estabelecidas as famílias de produtos dos itens *Best Sellers*;
- **Identificar produtos não *Best Sellers* que podem se encaixar nas famílias de *Best Sellers*:** em alguns casos produtos não *Best Sellers* podem ter, por exemplo, processos muito semelhantes de produção aos dos produtos *Best Sellers*. Portanto, estes produtos podem ser alocados nas famílias de produtos *Best Sellers*, desde que não ocorra nenhuma interferência significativa no fluxo de produção dos itens *Best Sellers*;
- **Verificar se é necessário descer ao nível de componentes:** dependendo da complexidade

Quadro 1. Matriz produto \times processos.

Produtos	Processos					
	Cortar	Soldar	Rebarbar	Pintar	Montar I	Montar II
A	x		x	x	x	x
B	x		x	x	x	x
C		x	x			x
D		x	x			x
E	x	x			x	
F	x	x			x	

Fonte: quadro do autor.

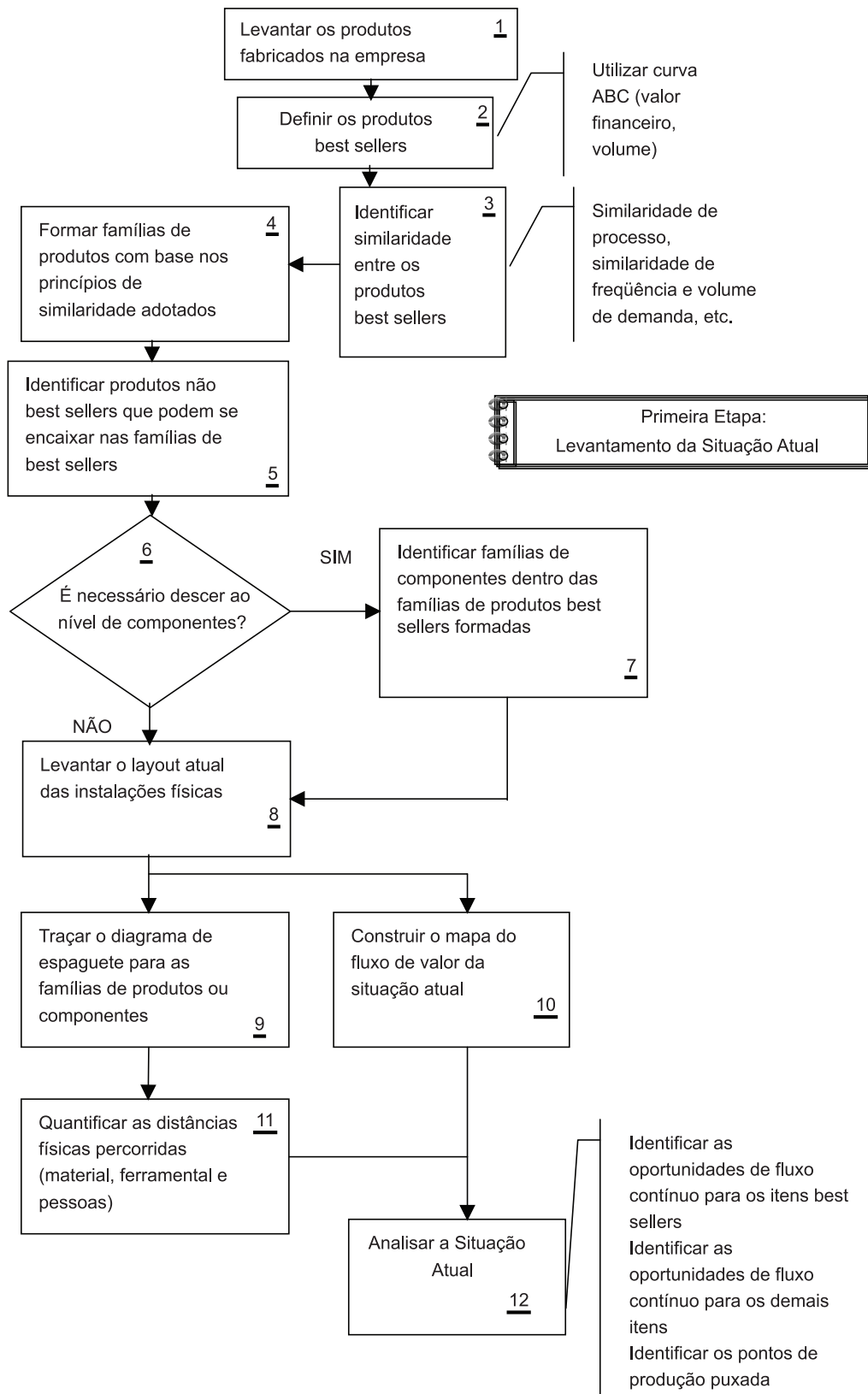


Figura 1. O modelo de projeto de layout. Fonte: Figura do autor.

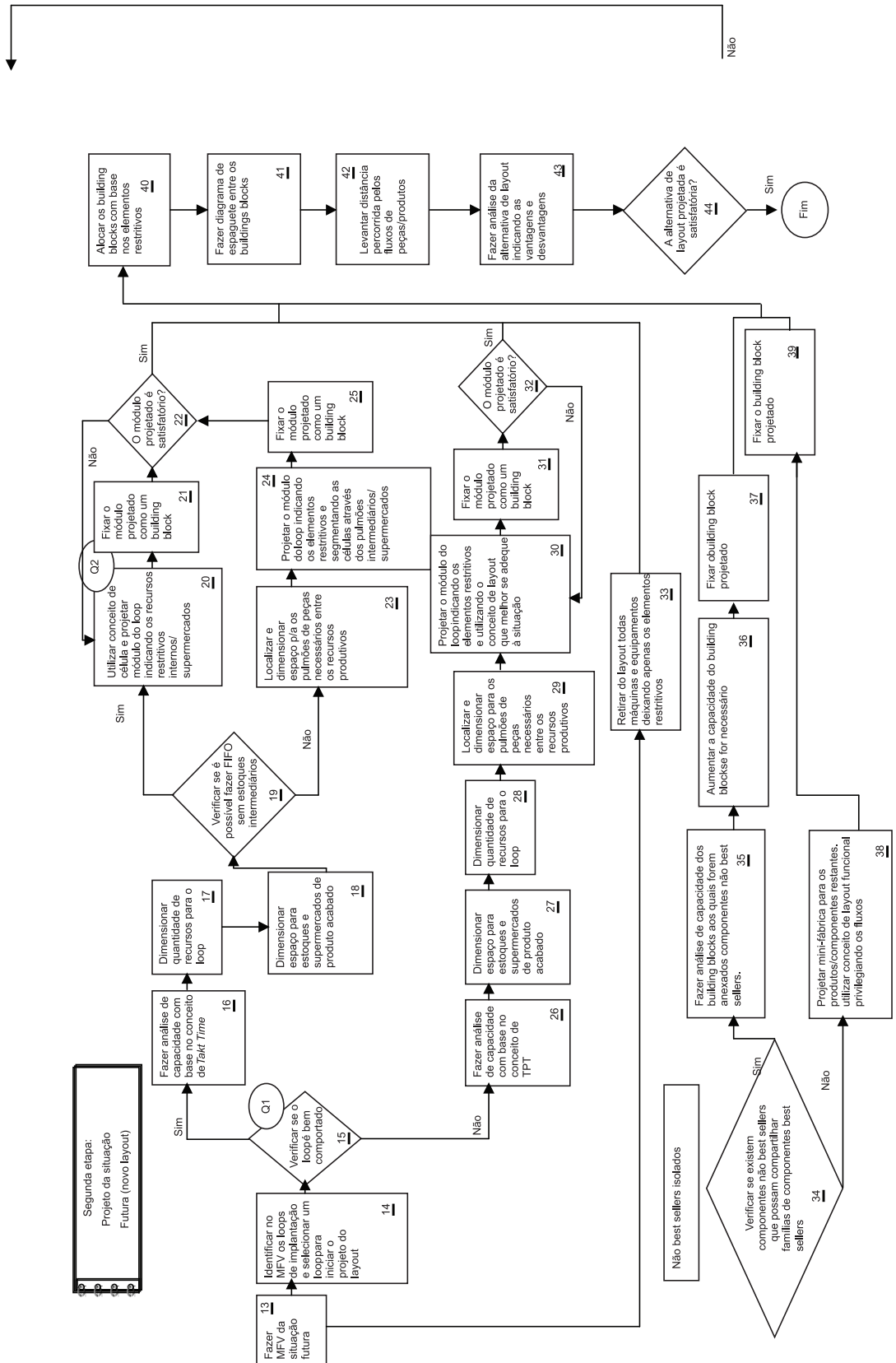


Figura 1. Continuação...

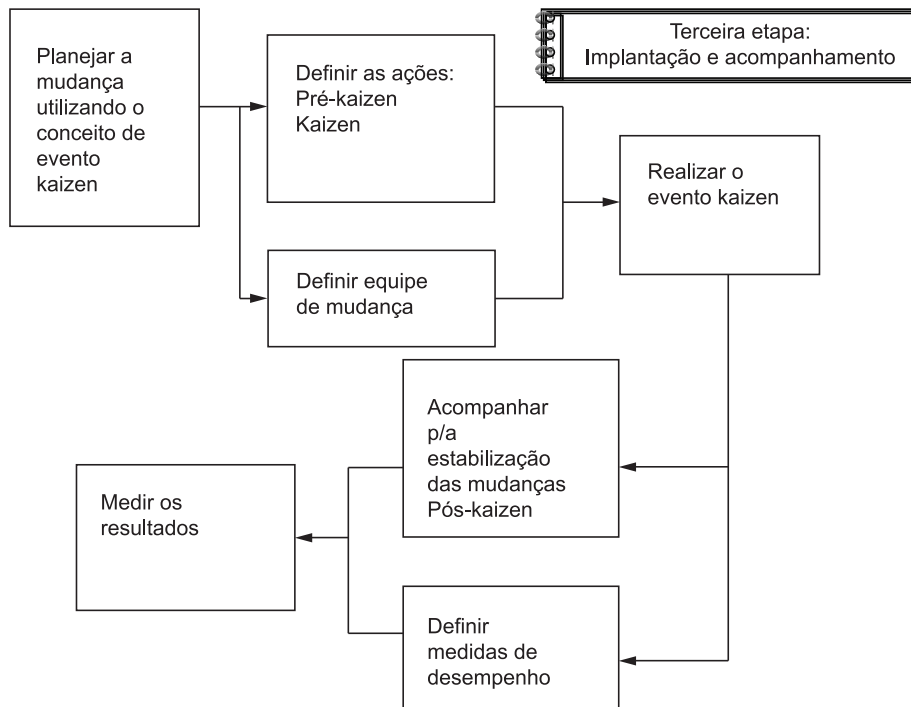


Figura 1. Continuação...

dos produtos fabricados, pode ser necessário descer ao nível de componentes para se definir as famílias. Normalmente, isto ocorre quando os produtos são compostos por um número muito grande de peças com processos de fabricação muito distintos entre si;

- **Identificar as famílias de componentes:** Caso exista a necessidade de formar famílias de componentes pode-se utilizar os mesmos conceitos anteriores de formação de famílias de produtos;
- **Levantar o layout atual das instalações:** o levantamento do *layout* atual consiste no esboço da planta da empresa identificando os recursos de produção, corredores, pilares, etc;
- **Traçar o diagrama de espaguete:** utilizando a planta baixa da empresa com o posicionamento das máquinas e equipamentos, deve-se traçar o caminho percorrido pelos materiais, pessoas e ferramental;
- **Construir o mapa da situação atual:** Rother e Shook (1998) apresentam uma ferramenta para compreensão e análise da situação atual da empresa, o Mapa do Fluxo de Valor (MFV). Essa ferramenta auxilia na visualização dos problemas atuais da empresa e na construção de um cenário futuro ideal. Esse mapa pode

ser construído paralelamente à atividade de esboço dos fluxos de produtos e materiais no *layout* da empresa;

- **Quantificar as distâncias físicas percorridas:** traçado o caminho percorrido pelos materiais, ferramentais e pessoas, deve-se mensurar essas distâncias. As distâncias levantadas servirão como um dos principais parâmetros de análise das futuras propostas de *layout*; e
- **Realizar análise crítica da situação atual:** a análise da situação atual consiste no levantamento, por meio do mapa do fluxo de valor e dos diagramas de espaguete, dos desperdícios existentes. O resultado dessa atividade deve ser:
 - Identificação de oportunidades de fluxo contínuo para os itens *Best Sellers*;
 - Identificação dos potenciais pontos de produção puxada; e
 - Identificação dos potenciais sistemas de controle, etc.

3.2 Segunda etapa: projeto da situação futura (projeto do novo *layout*)

A segunda etapa consiste na construção de um cenário ideal de produção. As atividades a serem realizadas nessa segunda fase do projeto são:

- **Fazer o mapa do fluxo de valor da situação futura:** O mapa da situação futura consiste de uma representação do modelo ideal de produção para a empresa em análise. O mapa deve contemplar as oportunidades de fluxo contínuo, produção puxada, modelos de gestão visual, etc. Rother e Shook (1998) apresentam os passos a serem seguidos na construção do mapa futuro;
- **Identificar no MFV os *loops* de implantação e selecionar um *loop* para iniciar o projeto do *layout*:** devido à complexidade em se analisar e alterar de forma simultânea todo um sistema de produção, pode-se particionar o MFV em *loops*. Dessa forma, cada *loop* pode ser analisado e implantado individualmente. A definição de quais etapas de um processo o *loop* irá conter dependerá da equipe de projeto. Recomenda-se que o *loop* não contenha uma gama muito grande de processos para tornar mais simples e rápida a implantação do *loop*. Recomenda-se também iniciar a implantação pelos *loops* do final do fluxo de valor;
- **Verificar se o *loop* é bem comportado:** para que um *loop* possa ser definido como bem comportado este deve atender a cinco requisitos, ver Quadro 2 abaixo;

Neste ponto existem dois caminhos a serem percorridos: Projeto do *layout* para *loops* bem comportados e projeto do *layout* para *loops* não comportados. Inicialmente, serão descritas as atividades para projeto dos *loops* bem comportados. Posteriormente, as atividades para projeto do *loop* não comportado;

- **Fazer análise de capacidade com base no conceito de *takt time*:** para situações em que o *loop* é bem comportado deve-se realizar uma análise de capacidade produtiva levando em consideração o conceito de *takt time*;
- **Dimensionar quantidade de recursos para o *loop*:** com base na análise de capacidade realizada deve-se dimensionar a quantidade de

recursos de produção necessários para atender à demanda de produtos fabricados naquele *loop*;

- **Dimensionar espaço para estoques e supermercados de produto acabado:** com base na demanda dos produtos, deve-se dimensionar o espaço físico necessário para os estoques e supermercados de produtos acabados; e
- **Verificar se é possível fazer FIFO sem estoques intermediários:** neste ponto do projeto deve-se verificar a possibilidade de fazer um fluxo contínuo sem estoques intermediários, ou seja, um modelo ideal de produção. Neste caso é possível fazer o fluxo em célula de manufatura.

Novamente, o modelo neste momento se divide em dois caminhos. Portanto, a seguir será descrito o ramo do modelo, considerando que seja possível fazer FIFO sem estoques intermediários.

- **Utilizar conceito de célula e projetar módulo do *loop* indicando os recursos restritivos internos/supermercados:** após as análises realizadas, deve-se projetar o módulo do *loop* utilizando o conceito de células de produção. Como apresentado anteriormente, este é o modelo de *layout* que melhor se enquadra na Filosofia de Produção Enxuta. No projeto das células, devem ser levados em consideração os elementos restritivos. Esses elementos são apresentados no Quadro 3. Quanto aos supermercados, neste caso, deve-se dimensionar espaço para os supermercados de matéria-prima antes da célula e de produto acabado depois da célula. Caso a célula seja o último processo de fabricação do produto, o supermercado de produto acabado terá sido projetado na etapa 18.
- **Fixar o módulo projetado como um *building block*:** *building block* refere-se ao *layout* do *loop* em análise. Depois de projetar o *layout*, deve-se mantê-lo como um bloco. O Building Block vai ser tratado na elaboração do *layout* como uma única macro máquina. Posteriormente, o projeto do *layout* macro, ou seja, de todo o fluxo produtivo, será realizado com base na

Quadro 2. Condições para o *loop* ser bem comportado.

Condições para o <i>loop</i> ser bem comportado (Q1)
1. Os tempos de ciclo de um mesmo item devem ser semelhantes
2. Não deve existir refluxo (<i>flow shop</i> unidirecional)
3. Deve existir uma alta confiabilidade de processo
4. Os equipamentos compartilhados com outras famílias devem ser passíveis de duplicação
5. A demanda deve ser alta

Fonte: quadro do autor.

movimentação das peças/produtos entre os *building blocks*; e

- **Verificar se o módulo projetado é satisfatório:** antes de se prosseguir na etapa de projeto do *layout* dos demais *loops*, deve-se verificar se o *layout* projetado atende às necessidades do fluxo ou não. Alguns critérios podem ser levados em consideração como movimentação, flexibilidade, custo de implantação, entre outros. Caso o *layout* atenda, deve-se partir para o projeto do *layout* de outro *loop*, caso não, deve-se voltar à etapa 20 de projeto do módulo do *loop* e fazer uma nova alternativa de *layout*.

Até o momento foi analisada a situação de *loop* bem comportado, com possibilidade de fazer FIFO sem estoques intermediários. Para um *loop* bem comportado, com possibilidade de fazer FIFO, mas com estoques intermediários, deve-se proceder da seguinte forma:

- **Localizar e dimensionar espaço para pulmões de peças necessários entre os recursos produtivos:** dependendo das características do processo ou produto, não é possível estabelecer um sistema FIFO para todos os produtos da família do *loop* em análise. Para alguns produtos, pode ser necessário alguns pontos de pulmão de peças. Portanto, nesta etapa, deve-se dimensionar o espaço requerido por esses pulmões internos ao processo.

Projetar o módulo do *loop* indicando os elementos restritivos e segmentando as células por meio dos pulmões/supermercados: deve-se buscar utilizar o conceito de células e localizar espaço para os pulmões/supermercados necessários dentro do *loop*.

Quadro 3. Exemplos de elementos restritivos

Recursos Restritivos (Q2)	
Foco	Restrição
Edifício	Colunas e paredes
Sistema de movimentação e transporte	Pontes rolantes
Máquinas e equipamentos	Monumentos

- **Fixar o layout projetado como um *building block*:** atividade descrita anteriormente.

Por último, deve-se verificar se o módulo projetado é satisfatório. Atividade esta também já descrita anteriormente.

Essas foram as etapas para projeto do *layout* de um *loop* bem comportado. Para o caso de um *loop* não comportado, tem-se as seguintes atividades de projeto do *layout*:

- **Fazer análise de capacidade com base no conceito de TPT:** TPT refere-se ao tempo necessário para se produzir todos os tipos de peças de um determinado fluxo de valor, ver Rother e Shook (1998). A impossibilidade de se fazer um fluxo contínuo e unitário leva à necessidade do uso do conceito de TPT. Para o cálculo do TPT pode-se utilizar a Tabela 1.

Na Tabela 1, o tempo total do processo do lote é a somatória do tempo de processo de todos os lotes. O mesmo se aplica ao tempo de *setup*, ou seja, é a somatória dos tempos de *setup* de todas as peças.

- **Dimensionar espaço para estoques e supermercados de produtos acabados:** com base no TPT definido deve-se dimensionar o espaço necessário para os supermercados de Produtos Acabados;
- **Dimensionar quantidade de recursos para o *loop*:** essa atividade deve ser realizada utilizando agora o tempo necessário para produzir as peças dentro do TPT projetado;
- **Localizar e dimensionar espaço para os pulmões de peças necessários entre os recursos produtivos:** devido à impossibilidade de se estabelecer um fluxo contínuo e unitário de peças será necessário dimensionar espaços para o posicionamento dos estoques entre os processos de produção;
- **Projetar o módulo do *loop* indicando os elementos restritivos e utilizando o conceito de *layout* que melhor se adequa à situação em análise:** devido à diversidade de fatores, não há a possibilidade de se afirmar qual tipo de *layout* deve-se utilizar. Com base na experiência do

Tabela 1. Cálculo do TPT.

Dimensionamento do TPT										
Cód. da peça	Demanda média semanal	Tempo processo da peça	Tempo processo do lote	Tempo setup	Tempo total disponível da semana	Tempo total do processo lote semanal	Tempo setup total	Tempo disponível para setup	Quantidade de ciclos por semana	TPT
XYZ	A1	B1	$A1 \times B1$	C1	D	$A1 \times B1 + A2 \times B2$	$C1 + C2$	$D - (A1 \times B1 + A2 \times B2) = E$	$E / (C1 + C2) = F$	5/F
WST	A2	B2	$A2 \times B2$	C2	D					

Fonte: tabela do autor.

autor, recomenda-se que sejam utilizados os conceitos de *layout* na seguinte ordem:

- Primeiro: *layout* celular / *layout* reconfigurável;
 - Segundo: *layout* por produto;
 - Terceiro: *layout* modular/minifábrica;
 - Quarto: *Layout* posicional;
 - Sexto: *layout* fractal;
 - Oitavo: *layout* distribuído; e
 - Sétimo: *layout* funcional.
- **Fixar o módulo projetado como um *building block*:** atividade já descrita; e
 - **Verificar se o módulo projetado é satisfatório:** caso o *layout* do módulo seja satisfatório, deve-se selecionar outro *loop* para análise. Senão, deve-se voltar à etapa de projeto do módulo.

As atividades realizadas anteriormente devem ser repetidas até a finalização do projeto do *layout* de todos os *loops* identificados no MFV futuro.

Paralelamente às atividades descritas, algumas atividades para análise macro do *layout* devem ser realizadas. Essas atividades compreendem:

- **Retirar do *layout* todos os equipamentos e máquinas, deixando apenas os elementos restritivos:** o objetivo desta atividade é permitir a futura alocação dos *building blocks* com base nos elementos restritivos.

Finalizado o projeto do *layout* para os itens *Best Sellers*, deve-se partir para a análise do *layout* em relação aos itens não *Best Sellers*. Para os produtos não *Best Sellers*, deve-se realizar as seguintes atividades:

- **Verificar se existem componentes que possam compartilhar famílias de componentes *Best Sellers*:** essa análise pode ser realizada com base no princípio de similaridade de processos. Caso não existam componentes não *Best Sellers* que possam ser alocados a famílias de componentes *Best Sellers*, deve-se partir para a atividade 38;
- **Fazer análise de capacidade dos *building blocks* aos quais forem anexados componentes não *Best Sellers*:** identificados os itens que podem ser alocados nas famílias de *Best Sellers*, deve-se realizar uma análise de capacidade do *building block*;
- **Aumentar a capacidade do *building block* se for necessário:** caso seja necessário, deve-se inserir mais equipamentos para aumentar a capacidade do *building block*. Cabe apenas ressaltar que a inserção de componentes não *Best Sellers* não deverá alterar o *layout* do *building block* de forma a prejudicar o fluxo dos itens *Best Sellers*. Novos equipamentos devem ser

posicionados sem alterar de forma significativa o fluxo dos itens *Best Sellers*;

- **Fixar o *building block* projetado:** atividade descrita anteriormente;
- **Fixar o *building block* projetado:** atividade descrita anteriormente; e
- **Projetar minifábrica para os produtos/componentes restantes. Utilizar conceito de *layout* funcional privilegiando os fluxos:** para os itens restantes não *Best Sellers*, deve-se projetar uma minifábrica que comporte todos esses produtos. Sugere-se que o *layout* da minifábrica seja funcional e que esteja disposto de acordo com o fluxo de produção da maioria das peças ou das peças mais importantes de acordo com critérios a serem adotados.

As etapas descritas, anteriormente, correspondem ao projeto isolado dos *building blocks*. Projetados todos os *building blocks*, deve-se iniciar o projeto do *macrolayout* da empresa. As atividades dessa etapa consistem em:

- **Alocar os *building blocks* com base nos elementos restritivos:** com base nos elementos restritivos identificados anteriormente, deve-se posicionar os *building blocks* no *layout* macro. De acordo com a complexidade do *layout* podem ser utilizados *softwares* de alocação de departamentos para posicionar os *building blocks* formados, ou simplesmente o modelo de Muther;
- **Fazer diagrama de Espaguete entre os *building blocks*:** deve-se traçar o fluxo dos itens *Best Sellers* entre os *building blocks* projetados;
- **Levantar distância percorrida pelos fluxos de peças/produtos:** com base no diagrama de Espaguete, deve-se mensurar as distâncias percorridas pelos itens dentro da fábrica; e
- **Fazer análise da alternativa indicando as vantagens e desvantagens:** para a alternativa de *layout* formulada, deve-se realizar uma análise crítica indicando os prós e contras. A avaliação da alternativa deve ser realizada com base em critérios a serem adotados. A seguir, são apresentados alguns critérios de avaliação:
 - Movimentação total da alternativa;
 - Custo de implantação da alternativa;
 - Viabilidade de se implantar a alternativa;
 - Tempo necessário para implantação da alternativa;
 - Capacidade extra de produção que a alternativa reserva para crescimento de demanda;

- Espaço que a alternativa contempla para futuras ampliações;
- Flexibilidade da alternativa para absorção de novos produtos;
- Dificuldade de gerenciamento visual dos *building blocks*; e
- Existência de fluxo contínuo, etc.
- **Verificar se a alternativa de layout é satisfatória:** com base na avaliação crítica da alternativa, a equipe de projeto deve decidir se a alternativa é satisfatória ou não. Caso não seja, deve-se voltar à etapa de realocação dos *buildings blocks*. Caso seja satisfatória, deve-se passar à terceira etapa do projeto, a implantação.

3.3 Terceira etapa: implantação e acompanhamento

Essa última etapa envolve, basicamente, a definição do plano de ações e o acompanhamento e análise das mudanças efetuadas. As atividades a serem executadas nessa fase são descritas a seguir:

- **Planejamento da mudança utilizando o conceito de evento kaizen:** essa atividade envolve a definição de um plano de mudanças. Quando se trabalha em um projeto de reestruturação do *layout*, dificilmente existe a possibilidade de parar a fábrica para implantar as melhorias propostas. Portanto, um planejamento inicial macro da sequência de implantação, torna-se fundamental. E neste contexto, por ser indicado para situações *brown field* (mudanças com a fábrica em funcionamento), recomenda-se que seja utilizado o conceito de evento *kaizen*.
- **Definição das ações:** definida a utilização do conceito de evento *kaizen*, é necessário ainda estabelecer quais as ações que serão realizadas, antes e durante o evento *kaizen*, exemplo:
 - Ações pré-*kaizen*: formar pulmões para não interferir no fluxo produtivo da empresa durante a semana do *kaizen*. Adquirir matéria-prima para confecção de prateleiras, carrinhos de movimentação, etc;
 - Ações durante o evento *kaizen*: treinar membros da equipe de *kaizen*, programar as tarefas a serem realizadas durante a semana, efetuar as tarefas programadas, realizar apresentação final para direção da empresa.
- **Definição da equipe de mudança:** paralelamente à definição das ações, devem ser definidas também as pessoas que farão parte do time de

mudança (equipe *kaizen*). Sugere-se que a equipe seja composta por pessoas de diversas áreas. Essa mescla da equipe permite que os futuros eventos *kaizens* tornem-se mais fáceis de serem implantados devido ao fato de ter pessoas que já participaram de evento anteriores. Além disso, o envolvimento de pessoas de outras áreas pode trazer novos conceitos ao setor em mudança;

- **Realização do evento kaizen:** a duração de um o evento kaizen normalmente é de 5 dias. O último dia deve contemplar a finalização das atividades e a apresentação para a diretoria da empresa. Além disso, devem ser estabelecidas também as ações pós-*kaizen*, ou seja, atividades que não puderam ser realizadas durante o evento *kaizen*. É importante que as ações pós-*kaizen* tenham um cronograma pré-estabelecido de início e término das atividades;
- **Acompanhamento para estabilização das mudanças:** efetuadas as mudanças propostas, deve haver um período de acompanhamento para estabilização das melhorias realizadas. Esse acompanhamento envolve a orientação dos funcionários quanto aos novos conceitos de produção, programação da produção, etc. Neste período, deverão ser realizadas também as ações pós-*kaizen* especificadas durante o evento *kaizen*;
- **Definição das medidas de desempenho:** paralelamente ao acompanhamento das mudanças implantadas, deve-se estabelecer um conjunto de medidas de desempenho para avaliar a evolução das melhorias ao longo do tempo. Diversas medidas podem ser utilizadas, como:
 - Nível dos estoques em processo;
 - Organização e limpeza do ambiente; e
 - Produtividade do setor, etc.
- **Medição dos resultados:** utilizando as medidas de desempenho formuladas, deve-se medir ao longo do tempo os resultados alcançados.

4 Conclusão

Neste artigo foi apresentado um novo modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop* com alta variedade de peças/produtos. Este modelo, diferentemente dos modelos tradicionais de projeto de arranjo físico, incorpora ferramentas e conceitos da produção enxuta, visando projetar um *layout* que mais se adeque a essa filosofia de produção.

A aplicação do modelo em empresas do setor metal mecânico gerou ganhos como redução de

movimentação na ordem de 40 a 50% e redução da área produtiva utilizada em 40%.

Como mencionado anteriormente, a disposição dos equipamentos de produção no chão de fábrica impacta diretamente o desempenho da organização. Portanto espera-se que, com esse novo modelo de projeto de *layout*, as organizações consigam melhorar seu processo produtivo existente. Além disso, espera-se que esse modelo auxilie nas etapas de projeto de novas unidades de produção.

Referências

- CANEM, A. G.; WILLIAMSON, G. H. Facility layout overview: towards competitive advantage. **Facilities**, v. 16, n. 7-8, p. 198-203, 1998. <http://dx.doi.org/10.1108/02632779810221262>
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica. Editora Atlas, 2004.
- GONÇALVES FILHO, E. V. **Sistemas de Manufatura**: Projeto do arranjo físico. 2005. Notas de aula.
- MUTHER, R. **Planejamento do Layout**: Sistema SLP. Tradução Elizabeth de Moura Vieira; Jorge Aiub Hijjar; Miguel de Simoni. São Paulo: Edgard Blücher; 1976.
- NAZARENO, R. R.; SILVA, A.L.; RENTES, A. F. Mapeamento do fluxo de valor para produtos com ampla gama de peças. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2003.
- RAWABDEH, I.; TAHBOUB, K. A new heuristic approach for a computer-aided facility layout. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 7, p. 962-986, 2005. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380610688269>
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**. The Lean Enterprise Institute, 1998.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. Editora Atlas, 2009.