

Desenvolvimento de Proposta de Arranjo Físico no Contexto da Produção Enxuta

Bruno Vinicius Thiem Packer (UDESC) bruno_packer@hotmail.com
Delcio Pereira (UDESC) delcio.pereira@udesc.br
Alexandre Borges Fagundes (UDESC) alexandre.fagundes@udesc.br
Fernanda Hãnsch Beuren (UDESC) fernanda.beuren@udesc.br
Débora Barni de Campos (UDESC) debora.campos@udesc.br

Resumo:

Este artigo tem como objetivo demonstrar o desenvolvimento de uma proposta de arranjo físico voltada para o setor moveleiro dentro do contexto da produção enxuta. A proposta elaborada resultou no novo arranjo físico da planta industrial estudada, consistindo na resposta configurada para o atendimento da necessidade de mudança detectada. O referencial teórico que norteou este estudo apoiou-se nos conceitos de Produção Enxuta, ao tratar das formas de combater os desperdícios e nos conceitos de Arranjo Físico ao abordar os modelos de organização de máquinas existentes.

Palavras chave: Arranjo Físico, Produção Enxuta, Indústria Moveleira.

Proposal Development of Layout in the Context of Lean Production

Abstract

This article aims to demonstrate the development of a proposal for layout focused on the furniture industry within the context of lean production. The elaborate proposal resulted in the new physical arrangement of the studied industrial plant, consisting of response configured to meet of the necessity of change detected. The theoretical framework that guided this study relied on the concepts of lean production, when dealing with ways to combat waste and the concepts of layout to approach the existing machine models of organization.

Key-words: Layout, Lean Production, Furniture Industry

1. Introdução

O termo *layout* tem alcançado evidência no contexto industrial ao longo das últimas décadas, devido à importância e aos ganhos relacionados a um projeto de arranjo físico eficiente. Por estar relacionado com a maneira de administrar a produção industrial, tem grande aderência com o modelo de gestão da Toyota, conhecido como Produção Enxuta (SILVA, 2009).

Esta abordagem produtiva, associada aos crescentes avanços tecnológicos no âmbito da automação e controle industrial, trazem para dentro do segmento moveleiro oportunidades de gerar significativos ganhos de produtividade. Dessa forma, propiciam a implementação de soluções voltadas à prontidão para flutuações de mercado, incluindo mudanças de projeto e variedade na demanda; que desafiam recorrentemente as gerências industriais, na busca de mecanismos para a redução de seus impactos.

Neste sentido, o presente estudo procurou explorar prerrogativas a serem consideradas na proposição de projetos de arranjos físicos, respeitando os aspectos culturais de uma empresa que adota como prática os valores da produção enxuta.

Tanto a abordagem de arranjo físico, quanto os estudos com ênfase na produção enxuta são construtos consagrados no âmbito industrial, uma vez que podem ser aplicados em diversos segmentos, respeitando suas particularidades (HINE; TAYLOR, 2000). Apesar desta indicação, o tema ainda permite novas contribuições, principalmente se considerados setores tradicionais como o moveleiro, e sua articulação em organizações instaladas em países em desenvolvimento como o Brasil.

Assim, o presente artigo visa o desenvolvimento de uma proposta de arranjo físico, baseado no Sistema Toyota de Produção, destinado ao beneficiamento de móveis, utilizando conceitos de modelagem existentes dentro da cadeia produtiva. A pesquisa de procedência, conduzida na forma de estudo de caso, teve como base uma fabricante do Polo Moveleiro do Alto Vale do Rio Negro (SC), um dos mais importantes do país.

2. Referencial Teórico

2.1 Sistema Toyota de Produção

O termo produção enxuta, também conhecida como Sistema Toyota de Produção, ou ainda, *lean manufacturing*, surgiu no Japão, logo após a segunda guerra mundial, na fábrica de automóveis da Toyota. Naquela época as indústrias japonesas sofriam com a pouca produtividade e com a falta de recursos, fatores opostos ao que vinha sendo empregado no ocidente com o sistema de produção em massa.

Como caracterizam Womack, Jones e Roos (1992), a Toyota era a maior produtora de carros no Japão ao final da segunda guerra mundial. Mas, em comparação as empresas automobilísticas ocidentais adaptadas ao fordismo, seus resultados eram desastrosos. Em 1945, com o fim da Segunda Guerra Mundial, a Toyota voltava suas atenções para a produção de automóveis, a fim de se tornar competitiva para às empresas norte americanas. Toyoda Kiichiro, presidente da empresa na época decretou que seria necessário para a indústria automotiva japonesa, alcançar os americanos em três anos, caso não conseguissem alcançar este objetivo não sobreviveriam.

Segundo Ohno (1988), a tarefa seria difícil, pois teriam que encontrar uma maneira de aumentar em oito ou nove vezes a produtividade japonesa. Se eram necessárias dez pessoas para produzir um carro, agora cada uma teria que ser capaz de produzir um exemplar. Corrêa e Corrêa (2008) citam também, que os japoneses não conseguiam acreditar que um trabalhador americano era capaz de render o mesmo que dez trabalhadores japoneses. A partir desse pensamento, concluíram que algo estava sendo feito errado, ou seja, estavam desperdiçando alguma coisa. Nesse cenário de pós-guerra, onde os recursos eram escassos, se tornava inadmissível falar em desperdício. O conceito de produção enxuta estava criado, os japoneses teriam que focar na eliminação dos desperdícios.

2.2 Desperdícios para a Produção Enxuta

Na visão de Shingo (1996), os desperdícios da produção industrial podem ser classificados em sete categorias: superprodução, espera, transporte excessivo, processo inadequado, estoque, movimentação desnecessária e produtos defeituosos.

A primeira categoria, com ênfase nos desperdícios por superprodução, pode ser dividida de duas maneiras: quantitativa, produzir mais produto do que o necessário e; antecipada, como o próprio nome já diz, produzir antes que seja necessário. O desperdício de superprodução quantitativa provoca um aumento no processo de trabalho, aumentando a movimentação de

peças, maior necessidade de área de estoque, estando pautada em uma projeção de venda que pode não se tornar realidade. Ao se utilizar a superprodução quantitativa, assume-se um risco muito alto. No caso da superprodução antecipada, é inserida a variável tempo. Traz como consequência a utilização de maquinários, mão de obra e matéria prima em produtos que não são necessários para aquele instante de tempo, fatores que poderiam estar sendo empregados em itens que necessitam de maior urgência (SHINGO, 1996).

Pode-se colocar a superprodução como um desperdício difícil de ser solucionado, pois diferentemente dos outros desperdícios que dão sinais de como resolvê-los, a superprodução acaba criando várias outras formas de desperdícios, como: pagamento adiantado de materiais e de operadores, custos de energia, possíveis despesas com manutenção, perdas de propriedades físicas dos substratos de produção, além de gastos aumentarem com transporte ou estoque dependendo da situação. A superprodução é uma evidente prova que o sistema de produção empurrada ainda está na cultura da empresa, ou seja, *lead time* e estoques elevados (LIKER; MEIER, 2007).

A segunda fonte de desperdícios, por espera, pode ser representada de várias maneiras nas indústrias. A espera da matéria prima para ser processada, pratica comum para melhorar o rendimento do equipamento ou ainda por seu transporte ser em lotes. Ainda sobre matérias prima podemos colocar como tempo de espera os buffers, que são estoques intermediários de produção. Existe também a espera dos operadores, justificada por processos com tempos de trabalho diferentes, falta de suprimentos ou ainda atrasos nas etapas anteriores (LIKER; MEIER, 2007; SHINGO, 1996).

O transporte está inserido entre as atividades que, sob ótica do cliente, não agregam valor ao produto e, como tal, deve ser combatido, minimizado ou de preferência eliminado. O transporte pode estar relacionado ao fluxo de informações, a movimentação dos trabalhadores e ao caminho percorrido pelo próprio produto. A maneira como as máquinas e equipamentos estão alocados dentro da empresa reflete diretamente no grau de movimentação dos itens, sendo necessários projetos de readequação dos arranjos físicos com o intuito de diminuir essas distancias. Quando exagerado, esse transporte pode causar danos no *lead time*, gerando desperdícios (CORRÊA; CORRÊA, 2008).

O processamento inadequado é o desperdício referente a atividades desnecessárias ou inúteis para gerar os itens, através da utilização de ferramentas ou métodos inadequados. Pode diminuir os índices de produção, e a geração de peças defeituosas. Para Hines e Taylor (2000), esse desperdício também ocorre quando são utilizadas capacidades complexas para realização de tarefas simples, esse tipo de postura diminui a flexibilidade da empresa e muitas vezes pode ter como consequência a superprodução, encorajada pela dificuldade da troca de ferramenta em máquinas complexas.

Bastante utilizado nas indústrias, a estocagem de itens traz a falsa vantagem de facilitar a correção dos métodos e tempos em processos produtivos complexos, sendo considerado muitas vezes como um viés legítimável na gestão de produção. No entanto, acaba ocultando a existência de outros desperdícios, e sua eliminação se dá através do combate das causas geradoras, práticas semelhantes às utilizadas no combate ao demais tipos de desperdício. No caso específico de layout, quando a distância em que os equipamentos estão instalados é muito grande, existe a propensão de se utilizar *buffers*, pois se torna improdutivo realizar esse transporte de forma unitária (MENEGON; NAZARENO; RENTES, 2003).

O desperdício de movimentação desnecessária está relacionado com a inadequação dos postos de trabalho, resultante de um estudo de métodos e tempo ineficiente. Esta desorganização diz respeito aos aspectos ergonômicos, uma vez que estas estações estejam bem projetadas, a perspectiva é uma economia de movimentos, resultando no aumento da produtividade e redução

dos tempos do processo. Segundo Silveira e Salustiano (2012), para se combater esse tipo de desperdício é necessário racionalizar o trabalho, buscando aperfeiçoar a relação do esforço com o tempo, encontrando a melhor forma de se realizar os movimentos no menor período possível. Corrêa e Corrêa (2008) chamam a atenção para a necessidade de redução de custos de movimentação através da aplicação de tecnologias simples. Contudo caso sejam escolhidos investimentos altos em automação, os movimentos devem ser aprimorados antes, no intuito de evitar ônus desnecessário com processos automatizados.

Por fim, cabe citar os produtos defeituosos como fonte de desperdícios. Este tipo de perda tem relação com a qualidade do produto acabado, e está analogamente ligado com todas as outras formas de desperdícios. Ao se produzir um produto defeituoso, deve-se ponderar que sobre este item foram investidos recursos como matéria prima, mão de obra, tempo de equipamento, ferramentas, estoque e transporte. Assim, mesmo nos casos em que é possível reaproveitar o produto defeituoso, haverá mais desperdícios com o retrabalho, impactando nos custos finais de produção. Em situações nas quais os produtos são irreversíveis o prejuízo é ainda maior. Ao fim do processo de produção, quando o controle de qualidade reprova os produtos defeituosos, torna-se nítida uma série de atividades ineficientes como: fabricação, instalação, projeto, interpretação do projeto, comunicação, competências e materiais.

2.3 Arranjos Físicos

O surgimento dos estudos de arranjos físicos possui seu advento nos primórdios da indústria. Com o crescimento dos mercados consumidores nos diferentes setores, incrementou-se também os mecanismos para a melhoria dos índices de produtividade e, concomitantemente, os estudos sobre arranjos físicos. Nesta direção, envolve a análise da organização de processos, incluindo máquinas, equipamentos, ferramentas e pessoas de forma a atender três aspectos cruciais: flexibilidade, ambiente e colaboração. Na perspectiva de flexibilidade, visa alta capacidade de adaptação as mudanças referentes de projeto, processo e produção. Sob a ótica de ambiente, busca contemplar inovação e melhoria para a melhoria do trabalho das pessoas. Por fim, enquanto colaboração, prospecta a sinergia entre ambiente, trabalho e diferentes tipos de pessoas (PRICE, 1997).

Os arranjos físicos podem ser classificados de acordo como priorizam aspectos configurativos e estabelecem agrupamentos funcionais e operacionais, de forma a traduzir especificidades técnicas de determinado setor produtivo (SILVA, 2009).

A primeira forma de arranjo físico observada a nível industrial foi a funcional, conhecida também sob a denominação de arranjo por processo. Nesta forma de aplicação, as máquinas e equipamentos são agrupados de acordo com a função que exercem, fazendo com que os produtos e componentes sejam movimentados dentro da fábrica para serem beneficiados. O uso deste tipo de arranjo é indicado quando a flexibilidade de produção é alta e os fluxos de produtos são muitos variados (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Outra expressão de arranjo físico é da representação em linha, conhecido também como arranjo por produto. Neste caso, as estações de trabalho estão dispostas de acordo com a lógica de operações requeridas pelo produto em processamento (BLACK, 1998).

Os arranjos físicos de posição fixa podem ser considerados como pertencentes a uma categoria particular a ser estudada. Diferentemente dos outros arranjos, aonde o produto vai até a estação de trabalho, no arranjo posicional os papéis se invertem e as estações de trabalho se movimentam até o produto. Normalmente este tipo de aplicação está associada a produtos de grande porte ou produto que ficarão fixos no local de construção, por exemplo: pontes, edifícios, navios, aviões, entre outros (SILVA, 2009).

Os arranjos físicos da forma celular compreendem a organização de recursos que busca estabelecer relações entre os componentes tanto em forma, processo ou ambos. Al-Mubarak,

Khumawala e Canel (2003) define células de manufatura como construtos voltados à organização física do chão-de-fábrica, visando eficiência e flexibilidade.

É pertinente também citar os arranjos em módulo, que consiste num grupo de máquinas que têm a mesma função ou características, posicionadas de acordo com um fluxo lógico (SILVA; RENTES, 2012). Irani e Huang (1998) chamam a atenção que arranjo físico modular não pressupõe necessariamente a indexação de várias máquinas; podendo representar um centro de usinagem, ou seja, uma única máquina capaz de realizar diversas operações na peça. Uma família de peças pode ser processada com o mínimo de movimentação devido ao alto grau de automação.

Por fim, ressalta-se a categoria de arranjo físico em linha ramificada, adequado para famílias de peças que em algum momento compartilham das mesmas operações. Conforme o andamento ao longo da produção as componentes podem tomar caminhos diferentes devidos às operações necessárias, podendo mais tarde voltar a dividir o mesmo fluxo de produção (SILVA; RENTES, 2012).

Cada tipo de arranjo tem suas particularidades que confrontam com os ideais de produção enxuta. Silva (2009) define que a otimização de seus atributos depende da análise do nível de qualidade, estoques, fluxo contínuo, gestão visual, flexibilidade, mão-de-obra multifuncional, complexidade de programação e movimentação que experimentam. A partir destes aspectos, é possível estabelecer o melhor direcionamento e opção, visando desempenho superior das operações.

3. Metodologia

Considerando o objetivo do trabalho desenvolvido, optou-se pela adoção de estratégia qualitativa de pesquisa, na forma de estudo de caso; visto que os esforços apontaram para um contexto particular, a partir de uma situação problema que necessita de uma solução específica (YIN, 2001). Ao indicar sua abordagem qualitativa, ressalta-se que o estudo parte da premissa básica de interpretação dos acontecimentos e pertinente significado (GIL, 2002).

Schramm (1971) define que os trabalhos que envolvem estudo de caso buscam expor as decisões a serem tomadas a fim de explicar os motivos por que foram feitas, apresentar as mudanças e os resultados esperados ou atingidos. Ou seja, o estudo de caso é uma forma de explorar um conhecimento empírico através de uma sequência de procedimentos estabelecidos. Considerada a demarcação em epígrafe, a pesquisa também pode ser categorizada como aplicada, relevando-se a geração de conhecimento a partir de problemas específicos, com dependência à realidade e interesses das partes envolvidas (SILVA; MENEZES, 2001).

4. Estudo de Caso

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa do ramo moveleiro. Dentre os diversos setores da empresa, foi escolhido o setor denominado Preparação, que responde pela formação dos painéis de madeira que mais tarde serão usados para a fabricação de móveis.

A Preparação é a etapa do processo que recebe a madeira seca e serrada para fazer classificação e eliminação das imperfeições presentes, selecionando assim madeira de qualidade. Com a eliminação das imperfeições esse material de boa qualidade é selecionado e unido novamente para dar continuidade no processo de produção.

O projeto do arranjo físico, com ênfase à produção enxuta, foi constituído de cinco etapas, que serão detalhadas nos tópicos subsequentes do artigo:

- a) Fase de Preparação: é nesta etapa que é justificada a necessidade de se replanejar o arranjo físico ou de se projetar um novo;
- b) Fase de Pré-projeto: consiste na fase de maturação do problema, busca melhorar o entendimento dos envolvidos, analisando o arranjo físico atual e levantamento dos conceitos envolvidos;

- c) Fase de Projeto: é a fase responsável pela elaboração de uma ou mais alternativas de arranjo físico;
- d) Fase de Validação: etapa na qual é escolhida a alternativa mais pertinente;
- e) Fase de Implementação: é o processo de implementação e acompanhamento pós-mudança.

4.1 Fase de Preparação

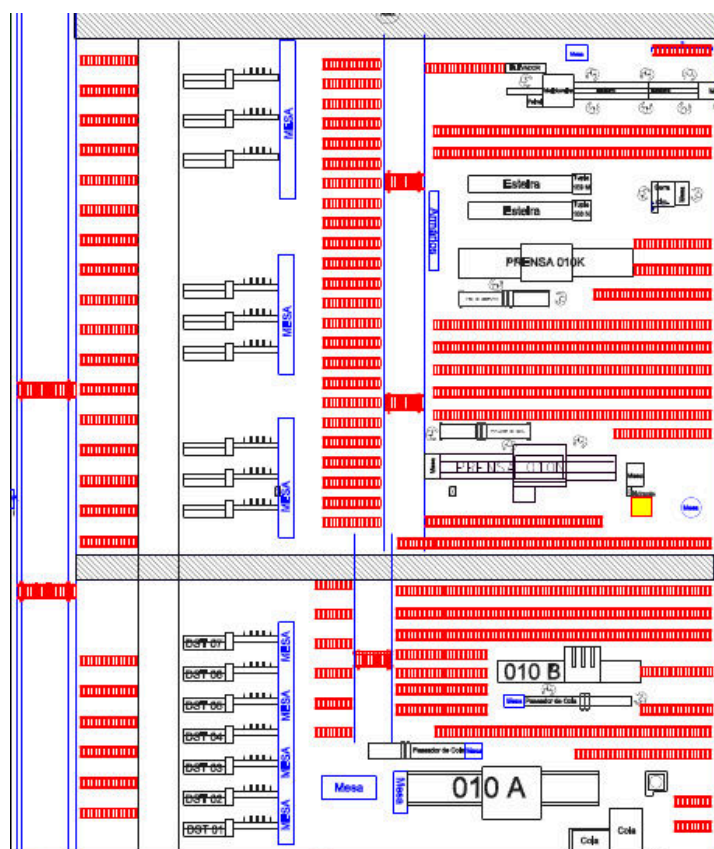
A necessidade de mudança se fez presente a partir da aquisição de novos equipamentos de desbaste da madeira, que tem por objetivo incorporar novas tecnologias e aumentar a produtividade. De maneira geral, o setor estudado tem máquinas de duas funções que merecem significativa relevância para seu melhor entendimento: equipamentos para eliminação das imperfeições e conjuntos voltados para a junção de substrato de boa qualidade.

O primeiro grupo é representado principalmente pelas destopadeiras, que são máquinas desenvolvidas especialmente para destopos de madeira em geral, utilizada nas mais diversas aplicações de beneficiamento de madeira. Seu funcionamento é caracterizado pela operação da uma serra circular de corte transversal, movida perpendicularmente a peça. Seu grau de automação é baixo, existindo mecanismos que auxiliam na padronização e precisão de medidas, porém seu funcionamento adequado está associado ao rendimento do trabalho humano.

O segundo grupo de equipamentos, que forma os painéis feitos de madeira selecionada e de qualidade, focaliza as Prensas de Alta Frequência com principal recurso.

4.2 Fase de Pré-Projeto

Na etapa de pré-projeto buscou-se o melhor entendimento do arranjo físico atual, assim como dos fatores empíricos presentes na organização e no setor estudado. Foi levantado um memorial descritivo do cenário atual junto dos envolvidos com a mudança.



Fonte: autoria própria

Figura 1 – Desenho do Cenário Atual

Analisando o desenho de arranjo físico, apresentado na Figura 1, é notória a divisão do setor estudado em dois subsetores. Esta divisão ocorre devido às funções das máquinas do setor que são duas. Facilitando assim a visualização de um arranjo físico do tipo: Funcional.

Além do memorial descritivo, na fase de pré-projeto foi buscado informações a respeito dos equipamentos que viriam a ser instalados. Trata-se de uma linha automatizada contendo duas máquinas otimizadoras de corte, uma estação de alimentação, um *scanner*, diversas esteiras transportadoras e um sistema de classificação das peças por medida composto por oito estações ao final da linha.

Assim como as máquinas destopadeiras, as otimizadoras são desenvolvidas para realizar destopos em madeira. Seu princípio de funcionamento é basicamente o mesmo, ou seja, serra circular de corte transversal movida perpendicularmente em relação à peça. A grande diferença entre destopadeiras e otimizadoras está no grau de automação de cada uma, enquanto nas destopadeiras o operador é o responsável por “autorizar” a máquina a realizar o desbaste, nas otimizadoras este processo é todo automatizado devido ao seu funcionamento estar em sinergia com esteiras transportadoras e *scanners* que fazem a leitura das imperfeições das peças. Assim as otimizadoras oferecem maior velocidade e produtividade, uma vez que reduzem a ação física dos operadores. Além destas vantagens, as otimizadoras garantem maior precisão nas medidas e diminuem os riscos inerentes a acidentes de trabalho.

4.3 Fase de Projeto

Para se tornar possível a elaboração de propostas de um novo arranjo físico, foi necessário realizar um questionário com os envolvidos na mudança para reforçar os aspectos importantes relevantes ao projeto. Partindo dos pontos levantados pela equipe, buscou-se atender da melhor maneira possível a fim de garantir o melhor resultado para o todo.

Foi realizada uma avaliação de oito critérios de análise em três níveis: baixo, moderado e alto. As respostas obtidas nestes critérios, tabuladas no Quadro 1, auxiliam no processo de decisão sobre o tipo de arranjo físico a ser adotado pelo setor.

Critério de Análise	Baixo	Moderado	Alto
Fluxo contínuo		x	
Estoques			x
Gestão Visual	x		
Qualidade			x
Flexibilidade de variedade e volume		x	
Mão-de-obra multifuncional	x		
Complexidade de programação			x
Movimentação	x		

Fonte: Dados da Pesquisa de Campo (2014)

Quadro 1 – Questionário sobre Aspectos Relevantes na Industrialização

Confrontando as alternativas assinaladas com o Quadro 2, conforme aspectos emanados por Silva (2009), apontam que o arranjo físico funcional contempla quatro das oito características desejadas pelos gestores da organização.

Crítérios de Análise								
Modelo de Arranjo Físico	Fluxo Contínuo	Estoques	Gestão Visual	Qualidade	Flexibilidade	Mão-de-obra Multifuncional	Complexidade de Programação	Movimentação
Funcional	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Alto
Produto	Alto	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Posicional	Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo
Celular	Alto	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
Modular	Médio	Médio	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Médio

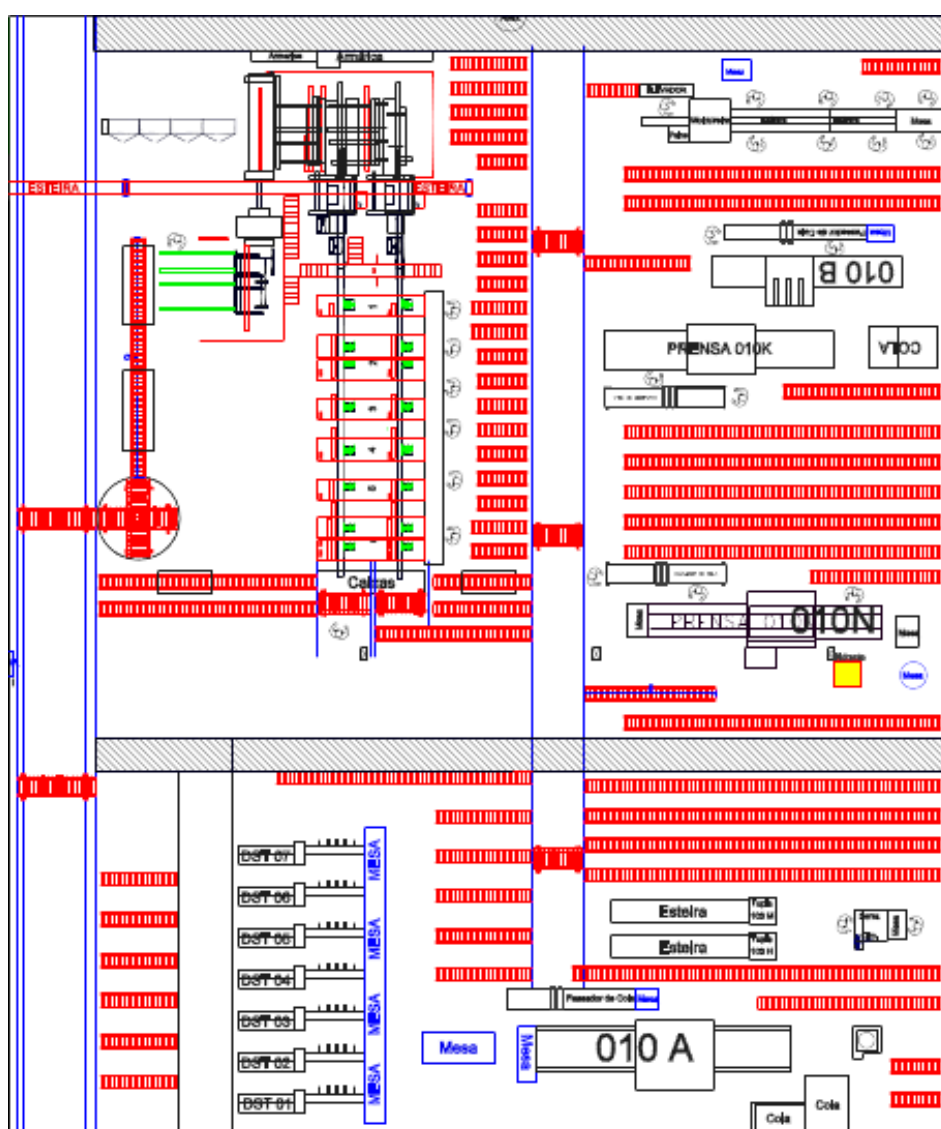
Fonte: Adaptado de Silva (2009).

Quadro 2 – Crítérios de Análise de Arranjo Físico *versus* Produção Enxuta

Cabe relevar que a convergência para o projeto de arranjo físico funcional, apesar de consolidar o maior número de aspectos de interesse entre as categorias elencadas, encontra discrepâncias em quatro dimensões da escala semântica de Silva (2009). Neste sentido, a principal preocupação recaiu sobre o construto qualidade. Sob esta diretriz, ponderou-se que a mudança no arranjo físico não irá piorar este aspecto, pelo contrário, a automação apropriada pelo novo equipamento aderente à linha de produção, garantirá uma melhoria neste quesito. Assim, ratificou-se a adesão ao desenvolvimento de um novo arranjo físico sob a prerrogativa funcional.

4.4 Fase de Validação

O processo de validação da proposta escolhida foi acompanhado de diversas reuniões entre os setores envolvidos, a fim de garantir que todos os aspectos de interesse da organização fossem contemplados.



Fonte: autoria própria

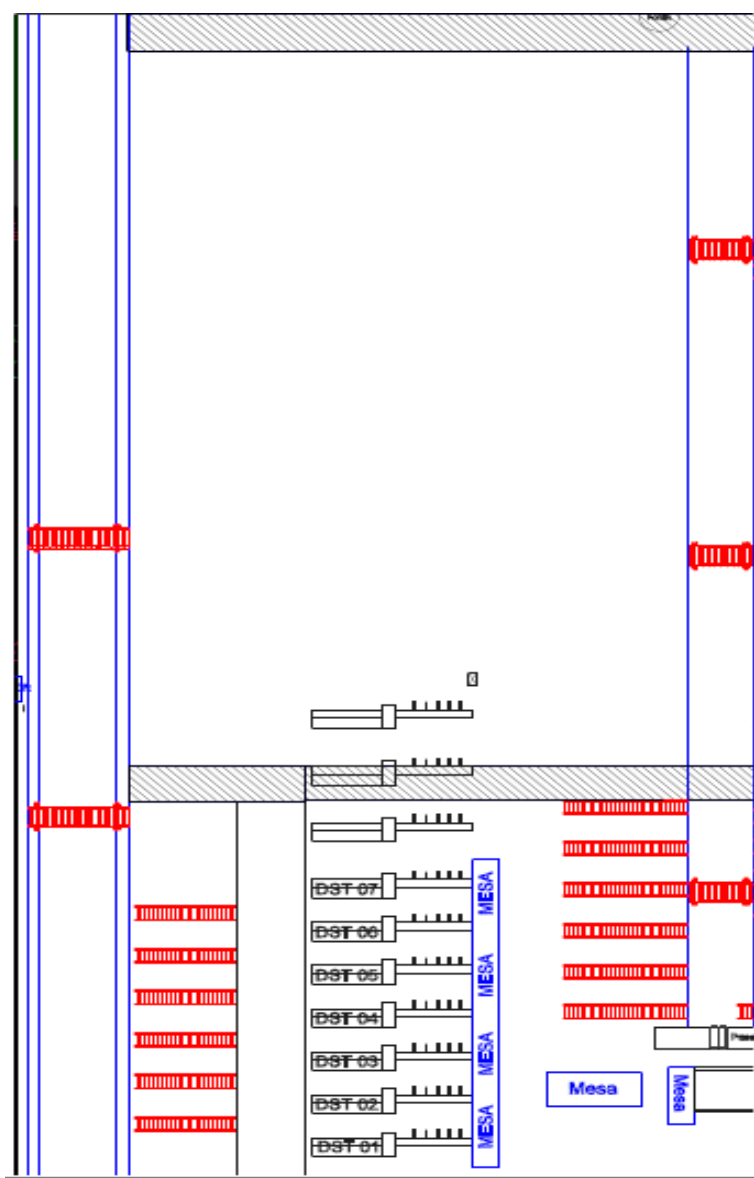
Figura 2 – Desenho da Proposta Validada para Implementação

No novo arranjo, ilustrado na Figura 2, os dois subsetores são ainda mais visíveis que na configuração preliminar. Com a nova máquina (Otimizadora) incorporada ao processo, nove

máquinas antigas (Destopadeiras) foram desativadas no setor, além de outras três unidades que estavam alocadas em outro espaço físico na unidade fabril. Algumas prensas e máquinas presentes no segundo subsetor foram realocadas para melhorar o fluxo de produtos. Outro aspecto que sofreu alteração foi o corredor de trilho transversal que transporta os produtos de um subsetor ao outro, que foi unificado garantindo maior flexibilidade.

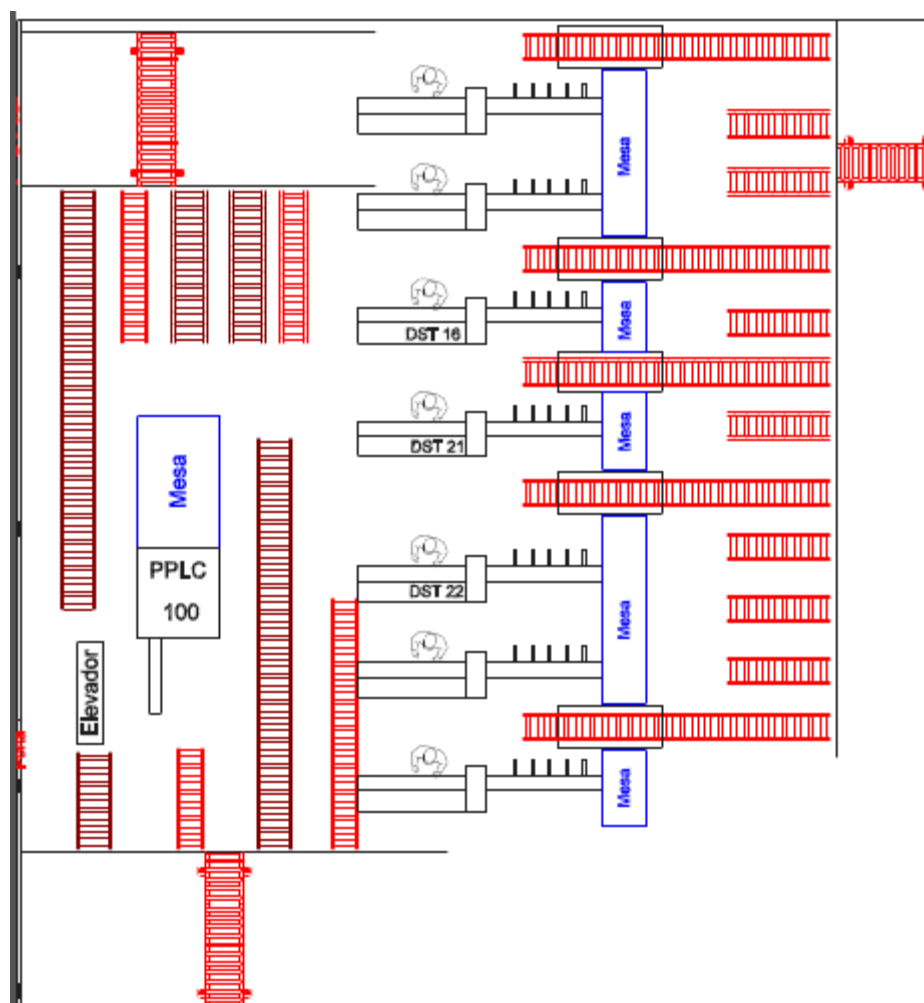
4.5 Fase de Implementação

Para que a mudança pudesse ser viabilizada foi necessária à elaboração de um processo de transição do arranjo físico antigo para o novo. Nesta ação buscaram-se dois objetivos: liberar a área para montagem da nova máquina e diminuir os efeitos na produtividade até a nova máquina estar liberada para pleno funcionamento. A primeira ação tomada foi alocar as prensas de acordo com o novo posicionamento, para então pensar nos objetivos do período de transição. Com o segundo subsetor pronto, as nove destopadeiras que ocupavam a área de instalação da nova máquina foram retiradas, sendo que sete foram realocadas, permanecendo em funcionamento, conforme pode ser conferido nas Figuras 3 e 4.



Fonte: autoria própria

Figura 3 – Processo de Transição (Liberação de Área para nova Máquina)



Fonte: autoria própria

Figura 4 – Processo de Transição (Realocação das Destopadeiras)

5. Considerações Finais

O objetivo geral de desenvolver uma proposta de arranjo físico fabril, no contexto da produção enxuta, aplicável ao segmento moveleiro, foi alcançado por meio da elaboração de um novo projeto de implementação, validado e executado no setor da empresa estudada.

Ao utilizar a estratégia de pesquisa qualitativa, na forma de estudo de caso, o presente trabalho propiciou maior integração com as particularidades da organização, de forma a contemplar os requisitos pautados como prioridades pelos gestores industriais consultados. Cada etapa da proposta de arranjo físico foi projetada e amplamente estudada junto dos colaboradores designados pela empresa, no intuito de obter maior eficácia em sua aplicação prática.

O desenvolvimento do memorial descritivo auxiliou na familiarização com o problema de estudo e contribuiu para a caracterização da situação preliminar. Também foi necessária a triagem dos aspectos de maior relevância na articulação de um novo arranjo físico, para a disposição da modelagem com melhor aderência aos aspectos mais valorizados pela organização. Assim a avaliação confluiu para a adoção de um arranjo físico funcional.

A maneira simplificada e dividida cronologicamente de projetar o arranjo físico proposta por Silva (2009) facilita o envolvimento dos colaboradores com o projeto. Aliando este dispositivo à adequada apropriação do referencial teórico e da metodologia adotada, garantiram a

confeção da proposta de arranjo físico que reflete as prerrogativas estabelecidas ao longo do trabalho.

Partindo dos resultados alcançados, as sugestões para trabalhos vindouros apontam para três segmentos de ordem técnica: expansão do projeto de arranjo físico para toda a cadeia produtiva da empresa estudada; realização do mapa de fluxo de valor, abordando estratégias quantitativas na elaboração da proposta para a mesma case; e a aplicação do modelo de projeto em outros segmentos industriais.

Os contextos expressos em epígrafe, representam tanto oportunidade de progressão técnica, quanto oportunidade de consolidação de contribuições teóricas à área de Engenharia de Produção.

Referências

- AL-MUBARAK, W., KHUMAWALA, B.M., CANEL, C. *Focused cellular manufacturing: na alternative to cellular manufacturing*. International Journal of Operations & Production Management, 2003.
- BLACK, J. T. *O Projeto da Fábrica com Futuro*. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- CORRÊA, C. A.; CORRÊA, H. L. *Administração de Produção e Operações*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- CORRÊA, C. A.; CORRÊA, H. L. *Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços – Uma Abordagem Estratégica*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- GIL, A.C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HINES, P.; TAYLOR, D. *Going Lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000.
- IRANI, S. A.; HUANG, H. *Layout modules: a novel extension of hybrid cellular layouts*. In: ASME International Mechanical Engineering Congress, Anaheim (CA), November 15-20, p.1-7, 1998.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. *O Modelo Toyota. Manual de Aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F. *Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta*. In: ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PRICE, S.M. *Facilities Planning: a Perspective for the Information Age*. Industrial Engineering, v. 29, n. 8, pp 24-27, 1997.
- SCHRAMM, W. *Notes on case studies of instructional mediaprojects*. Working paper, the Academy for Educational Development: Washington, 1971.
- SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SILVA, A. L. *Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedades de peças, orientado para a Produção Enxuta*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção): Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SILVA, A. L.; RENTES, A. F. *Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta*. Gestão & Produção (Online): vol. 19, n.3, pp 531-541, 2012
- SILVEIRA, L.B.R.; SALUSTIANO, E. O. *A importância da ergonomia nos estudos de tempos e movimentos*. P&D em Engenharia de Produção, v. 10, n. 1, p. 71-80, 2012.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A Máquina Que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.