

Análise crítica do arranjo físico de uma empresa do setor metalmeccânico

Fabio Silva da Silva¹

Bruno Souza²

Thais Motta³

Wagner Lourenzi Simões⁴

Resumo: O arranjo físico de uma fábrica pode ser determinante para seu sucesso e a segurança da operação, sendo esta uma importante dimensão a ser explorada pelas empresas no mercado cada vez mais competitivo que se apresenta. Neste estudo, realizou-se uma análise do arranjo físico de uma empresa fabricante de equipamentos pesados para movimentação de cargas. A empresa possui a peculiaridade de lidar com *layout* posicional, devido ao peso das peças, e por processo. Aplicou-se no estudo de caso uma análise dos níveis macro de planejamento de *layout*, considerando o grau de afinidade entre as Unidade de Planejamento de Espaço (UPE). Por meio dos diagramas de afinidade e de configuração foram feitas ponderações acerca dos tipos de arranjo utilizados, sua adequação e disposição de estoques em fábrica, bem como a forma como estes fatores afetavam o fluxo de materiais da fábrica. A análise do fluxo de materiais foi determinante para a geração de nova proposta de layout e orientação das instalações, embora a separação entre arranjo físico posicional e arranjo físico por processo tenha sido mantida. A análise se deu de forma qualitativa. Os resultados evidenciam que embora a empresa esteja sujeita às restrições da própria natureza dos seus produtos e as restrições estruturais das instalações o uso de ferramentas de análise do arranjo físico podem trazer à luz melhorias de fluxo que, além de benefícios em termos de eficiência, podem trazer ganhos em termos de segurança e ergonomia para os colaboradores.

Palavras-chave: Arranjo Físico; Upe'S; Diagrama de Afinidades.

1 INTRODUÇÃO

O bom arranjo físico é fundamental para que a empresa seja eficiente, a sua análise deve levar em conta a integração entre os setores, movimentação e fluxo lógico de operações,

1 Centro Universitário Cesuca. Graduando do curso de Engenharia de Produção. E-mail:fabio.silva@simrede.com.br.

2 Centro Universitário Cesuca. Egresso do curso de Engenharia de Produção. E-mail:brunno.ssouza@hotmail.com.

3 Centro Universitário Cesuca. Egresso do curso de Engenharia de Produção. E-mail: tahismt@gmail.com.

4 Centro Universitário Cesuca. Docente do curso de Engenharia de Produção. E-mail:wagner.lourenzi@cesuca.edu.br.

possibilitando garantindo assim a segurança dos funcionários e eficiência do processo. O estudo do arranjo físico, ou *layout*, se preocupa com a alocação física dos recursos de transformação e se justifica pelo impacto direto nos custos de uma operação produtiva. Além disso, um layout inadequado geralmente é culpado por problemas de produtividade ou redução de qualidade. (AGUIAR, PEINADO e GRAEML, 2007).

Diante da forte concorrência no setor metalomecânico e das expectativas crescentes de clientes cada vez mais exigentes, a otimização e organização na produção e nos processos, propõe um caminho obrigatório de adaptação dos sistemas produtivos às necessidades do mercado atual, altamente competitivo.

O objetivo deste trabalho é analisar o *layout* da produção e o almoxarifado de uma empresa do setor metalomecânico fabricante de equipamento pesados para movimentação de cargas, mapeando os processos e o fluxo de operações e materiais, propondo melhorias que visam o melhor aproveitamento do espaço disponível.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são apresentadas as bases teóricas que fundamentaram o estudo proposto por meio de opiniões e conceitos de autores sobre a área estudada.

2.1 ARRANJO FÍSICO

Conforme Vieira (1976), entende-se por *layout*, denominado também leiaute ou arranjo físico, como a maneira de como os homens, máquinas e equipamentos estão dispostos em uma fábrica. Para Toledo Júnior (2007), o planejamento de arranjo físico é recomendável a qualquer empresa, grande ou pequena, pois com um bom arranjo físico, obtém-se resultados surpreendentes na redução de custos de operações, no aumento da produtividade e eficiência da organização.

A determinação do arranjo físico é crucial para a saúde da organização, podendo refletir diretamente no desempenho da empresa e na satisfação do cliente. Segundo Silva (2009), alguns fatores podem indicar o mal aproveitamento do espaço apontando a necessidade do rearranjo como a perda de tempo no deslocamento de uma unidade à outra, fluxo confuso, demora excessiva nos processos, excessiva acumulação de materiais ou produtos, má projeção de locais de trabalho, etc.

Para se determinar um *layout*, são imprescindíveis as informações sobre especificações e características dos produtos, suas quantidades e materiais que serão utilizados, a sequência de

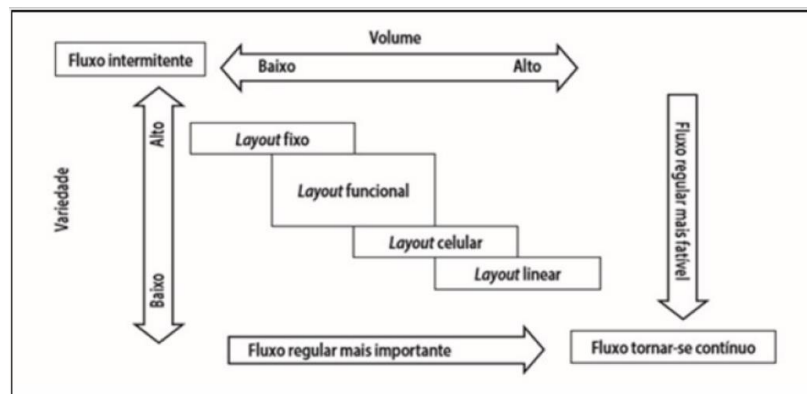
operações e de montagem, os espaços necessários para movimentação dos operadores, estoques, recebimentos, expedições, estocagem de matérias primas, produtos acabados e transportes, tais informações contribuirão para o acerto do arranjo físico, o que significa ganhos de produtividade (MARTINS; LAUGENI, 2006).

Rawabdeh e Tahboub (2005) destacam que a eficiência do arranjo físico é um dos mais importantes aspectos dos sistemas de manufatura contemporâneos, pois planejar o *layout* é um processo crítico de prazo longo e que precisa de investimentos.

2.2 TIPOS DE ARRANJOS FÍSICOS

Segundo Slack et al. (2007) existe basicamente quatro tipos de *layout*: posicional, por processo, celular e por produto. Todos apresentam vantagens e limitações de acordo com o produto ou serviço a ser executado, o autor ressalta que o arranjo físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva, pois determina sua aparência e sua forma. Da Rosa et al. (2014) apresenta uma matriz que associa as características desejadas, como volume e variedade de produtos, com cada modelo de arranjo físico. A Figura 1 demonstra a propensão de escolha do *layout* a partir da definição da variedade e dos volumes esperados para os produtos os serviços desejados.

Figura 1: Matriz Volume vs. Variedade



Slack et al. (2007) afirma que o arranjo físico por processo é assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre arranjo físico. Nesse tipo de *layout*, processos similares são localizados juntos um do outro. Já o arranjo físico posicional, para Corrêa (2012) caracteriza-se por manter estacionário o material (ou a pessoa) processado pela operação, devido a impossibilidade, inviabilidade ou inconveniência de fazê-lo mover -se entre as etapas do

processo. O objeto, uma vez estacionário, são os recursos que se deslocam até ele. Da Rosa *et al.* (2014) apresenta uma comparação entre os quatro modelos básicos de arranjo físico, com suas principais vantagens e desvantagens. O Quadro 1 informa a comparação.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos modelos de *layout*

| Modelo | Vantagens | Desvantagens |
|---------------|---|---|
| Por processo | <ul style="list-style-type: none">- alta flexibilidade de mix e produto;- fácil supervisão de equipamentos e instalações;- facilidade no treinamento, visto que há menor quantidade de funções. | <ul style="list-style-type: none">- baixa utilização de recursos, maior ociosidade;- maior estoque em processo;- menor velocidade de movimentação;- maior número de setup. |
| Posicional | <ul style="list-style-type: none">-flexibilidade muito alta de mix e produto;-alta variedade de tarefas para a mão de obra;-produto ou cliente não movido. | <ul style="list-style-type: none">-custos unitários muito elevados;programação de atividade ou espaço pode ser complexa;-pode exigir muita movimentação de máquinas e mão de obra. |

Fonte: Da Rosa et al. (2014)

2.3 PLANEJAMENTO DOS ESPAÇOS

Para Sales e Leite (2010), é no planejamento do macro espaço que são estabelecidas as diretrizes básicas dos espaços das instalações. Nesta etapa é definida o fluxo dos processos e a localização dos setores operacionais, levando em conta os processos de organização básica da empresa. Segundo Lee (1998), o planejamento de espaço é o foco principal do projeto de instalações das empresas e está presente no pensamento da maioria dos gerentes.

As decisões no planejamento do macro espaço são de extrema importância para o desenvolvimento de novos produtos, redução de custos e mão de obra flexível. De acordo com Sales e Leite (2010) o planejamento do micro espaço foca no espaço interno de cada macro espaço, como equipamentos e coisas específicas, especificando o espaço pessoal e a comunicação. Nesta fase se define de forma mais precisa a disposição e a infraestrutura de cada espaço interno, levando-se em consideração os aspectos sócio técnicos e ergonômicos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa proposta por esse projeto é uma pesquisa qualitativa, pois caracteriza-se por não empregar instrumentos estatísticos em sua análise, e, quanto aos procedimentos metodológicos envolve técnicas de observação e entrevistas. Esta é uma pesquisa científica exploratória que, de acordo com Gil (2010, p.27), “tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”.

Quanto ao método empregado, este é um estudo de caso. Conforme Gil (2010, p.37), “o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. O estudo foi realizado para a busca de soluções dos problemas encontrados, bem como as suas implementações. A pesquisa e as implementações no ambiente empresarial se deram no decorrer de trinta dias, com encontros agendados e acompanhados pelo coordenador da produção.

O método de pesquisa empregado para elaborar este trabalho foi dividido em seis etapas: Desenho do layout atual; Desenho do processo básico de produção; Aplicação do diagrama de afinidades; Análise e relação de limitações; Organização dos estoques; Desenho do novo layout (proposta). Além disso foram realizadas coleta de dados a respeito do fluxo de processos, equipamentos utilizados e demandas agregadas.

4 ESTUDO DE CASO

A empresa estudada atua no segmento de fabricação de equipamentos para movimentação de cargas. Os equipamentos fabricados pela empresa são de tipos e tamanhos altamente variados, dependem da particularidade do processo e do espaço de cada cliente.

A capacidade produtiva das instalações permite a organização fabricar até 80 toneladas de estruturas metálicas por mês. A empresa não trabalha com grandes estoques de matéria prima, as compras são realizadas em sua maioria específicas para um único pedido. Por trabalhar com produtos sob encomenda, não possui grandes estoques de produtos acabados, apenas peças de reposição. O espaço atual da empresa conta com as áreas administrativa, produção, montagem, pintura e armazenagem de materiais.

Embora a empresa trabalhe com a fabricação de produtos sob encomenda e projeto, o processo produtivo é padronizado, uma vez que todos os seus produtos apresentam rotinas de fabricação similares, resumindo-se em 4 processos básicos: elaboração do projeto, fabricação das partes, montagem da estrutura e acabamento.

O primeiro passo produtivo é cortar as chapas conforme as medidas e tipo do produto, enquanto os subconjuntos e seus componentes são produzidos paralelamente em outros setores. Na sequência as soldas, formando a estrutura que compõe o equipamento. Em seguida, são iniciados os processos de acabamento, como pintura e montagem dos componentes elétricos, além de testes funcionais antes do embarque para o cliente.

A empresa utiliza dois tipos de sistema de produção por pedido e alguns conjuntos e peças são produzidos em pequenos lotes. O arranjo físico é posicional em parte do processo e por produto para outras partes, que juntos formam o produto fabricado. Após a análise do sistema de estoques, processos e fluxos produtivos, foram identificadas 07 unidades de planejamento de espaço (UPEs) micro, mostradas no Quadro 2, cada UPE identificada comporta um conjunto de atividades do processo produtivo.






Quadro 2: UPE's do micro espaço

| ID | Nome da UPE | Atividades |
|----|-------------|--|
| 1 | Solda | Montagem e soldas de estruturas metálicas robustas |
| 2 | Corte | Corte de chapas de aço |
| 3 | Furadeira | Furações em peças diversas |
| 4 | Cabeceiras | Montagem de conjuntos de cabeceiras |
| 5 | Pintura | Pintura das estruturas metálicas (NOTURNO) |
| 6 | Talhas | Montagem de Talhas |
| 7 | Usinagem | Usinagem de peças diversas |

Fonte: Autor (2020)

Um diagrama de afinidades foi produzido a fim de mapear as necessidades de proximidade entre as UPEs, assim como sua priorização. O código do diagrama de afinidades é descrito na Figura 3. Para análise dessas afinidades, levou-se em consideração o fluxo de materiais e informações. As Figuras 4 mostra o diagrama de afinidades.

Figura 3: Código de classificação das atividades

| Código | A | E | I | O | U | X |
|-------------|---|---|---|---|-----------------|---|
| Proximidade | Absoluta | Excepcional | Importante | Ordinária | Sem importância | Distante |
| Cor |  |  |  |  | - |  |

Fonte: Autor (2020)

Figura 4: Afinidades das UPE's da produção

| AFINIDADES DAS UPE's | Solda | Corte | Furadeira | Cabeceiras | Pintura | Talhas | Usinagem |
|----------------------|-------|-------|-----------|------------|---------|--------|----------|
| Solda | | A | I | O | I | E | U |
| Corte | | | I | I | U | E | O |
| Furadeira | | | | O | U | O | O |
| Cabeceiras | | | | | A | U | O |
| Pintura | | | | | | A | U |
| Talhas | | | | | | | I |
| Usinagem | | | | | | | |

Fonte: Autor (2020)

O planejamento primitivo do macro espaço se deu detalhando o processo no que tange ao planejamento do macro espaço. Na maioria das atividades realizadas na produção passando para a pintura, observa-se diversos cruzamentos. Contudo, o espaço não foi de fato planejado para o processo produtivo, tal que houve necessidade de o processo adaptar-se às configurações do espaço disponível.

O macro espaço já está praticamente consumido com máquinas e materiais. Além disso, a má distribuição do espaço físico é fator limitante à produção, tendo visto que a área produtiva não é capaz de abrigar a produção de mais de duas estruturas de grande porte simultaneamente. A movimentação de materiais está limitada à capacidade máxima de 15 toneladas por peça devido a estrutura física do prédio. O setor de pintura não possui cabine, o que faz o tempo de processo estar sujeito a variações climáticas, gerando acúmulo e atraso de material neste setor. Materiais obsoletos ao longo do setor produtivo geram dificuldades no fluxo e movimentação de materiais, sem contar com o tempo que o operador demora para localizar uma peça, uma vez que elas não possuem identificação.

5 ANÁLISE E SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A partir do estudo do processo produtivo da empresa, aliado a análise de seu espaço físico, foi possível elaborar uma alternativa ao arranjo atual de fabricação dos equipamentos. Como o processo produtivo é distinto para as partes do produto, caracterizando para a montagem e solda de estruturas metálicas o *layout* posicional, sugeriu-se para a produção de subconjuntos e peças o uso do arranjo funcional, de modo que as etapas da fabricação estejam divididas em processos distintos. Os diagramas de afinidade foram divididos em duas partes,

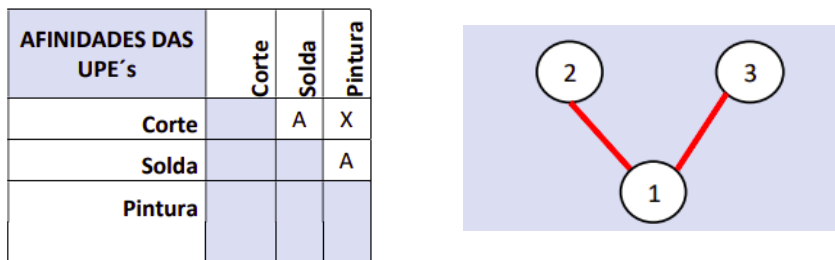
uma para o *layout* posicional e o outro para o modelo por processos. Com base nas UPEs, é possível manter os 7 setores de produção, distribuídos no sistema por processos (Quadro 4) e para o sistema posicional 3 setores envolvidos (Quadro 3). A Figura 7 mostra o diagrama de afinidade entre essas UPE's, e demonstra o diagrama de configurações do arranjo.

Quadro 3: UPE's do macro espaço

| ID | Nome da UPE | Atividades |
|----|-------------|--|
| 1 | Solda | Montagem e soldas de estruturas metálicas robustas |
| 2 | Corte | Corte de chapas de aço |
| 3 | Pintura | Pintura das estruturas metálicas (NOTURNO) |

Fonte: Autor (2020)

Figura 7: Afinidades entre os setores – Estrutura, layout posicional



Fonte: Autor (2020)

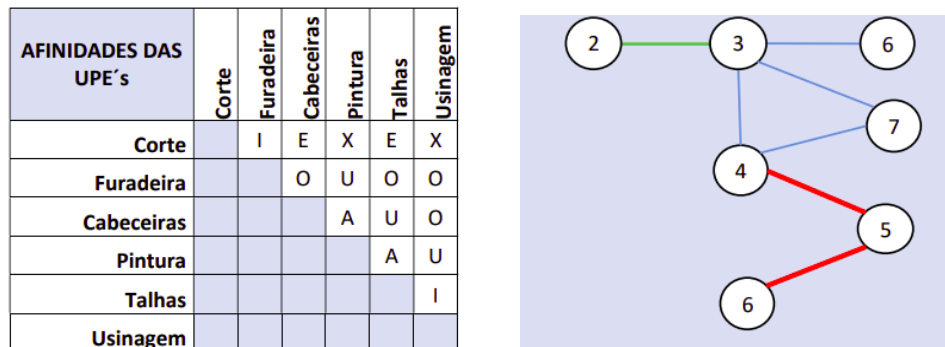
No *layout* posicional, nota-se que cada setor depende exclusivamente de sua antecessora. Além disso, a movimentação dos materiais é limitada e só ocorre entre esses setores que possuem proximidade baseado neste processo. Os processos posteriores são se montagem dos subconjuntos e partes elétricas e ocorrem no sistema posicional. A Figura 8 mostra o diagrama de afinidade entre as células propostas, e demonstra o diagrama de configurações do arranjo.

Quadro 4: UPE's do macroespaço – Proposta layout celular

| ID | Nome da UPE | Atividades |
|----|-------------|--|
| 2 | Corte | Corte de chapas de aço |
| 3 | Furadeira | Furações em peças diversas |
| 4 | Cabeceiras | Montagem de conjuntos de cabeceiras |
| 5 | Pintura | Pintura das estruturas metálicas (NOTURNO) |
| 6 | Talhas | Montagem de Talhas |
| 7 | Usinagem | Usinagem de peças diversas |

Fonte: Autor (2020)

Figura 8: Afinidades e diagrama de configuração entre as células de produção



Fonte: Autor (2020)

Embora o tipo de *layout* por processo esteja de acordo com o sistema produtivo a empresa, a disposição das máquinas pode ser melhorada para evitar os cruzamentos e movimentações desnecessárias. Existe uma certa ordem entre os setores, que necessitam seguir uma sequência de produção até chegar na fases de montagem e pintura. Melhorando a disposição dos setores, a empresa pode aumentar sua produtividade, reduzindo a movimentação.

No novo *layout* os estoques que estavam distribuídos ao longo da produção foram organizados e posicionados próximos ao almoxarifado, contribuindo para melhor organização dos materiais, bem como a eliminação de itens obsoletos. Os setores de usinagem e furadeiras foram posicionados no início do processo produtivo, visto que estes setores possuem demandas contínuas e distribuem peças para outros setores que realizam montagem. O setor de corte foi realocado para a metade final do prédio, próximo aos setores de montagem de vigas e estruturas, principal cliente interno. O setor de montagem das talhas permaneceu no local de origem devido a limitações de espaço do prédio e tipo do produto. A montagem de talhas e subconjuntos possuem menor dimensional do produto final, tornando o processo de movimentação de materiais menos complexo, comparado com o processo de estruturas metálicas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados levantados pelo estudo, constatou-se que a empresa em estudo tem processo produtivo simples. Não há engenharia de processos e de produto, os *layouts* são, em geral, improvisados e os processos são elementares. Embora os equipamentos construídos tenham baixo conteúdo tecnológico, a incorporação de ferramentas básicas de engenharia de produção e de processos tornaria a produção mais eficiente e organizada, principalmente as de

otimização de arranjos físicos. Diante disso, e com base no estudo elaborado para otimização do macro espaço empresarial, a empresa irá fazer as alterações.

Para realização de trabalhos futuros, recomenda-se um estudo quantitativo do processo produtivo, capaz de medir a eficiência do processo atual e apontar os gargalos, afim de que se possa tomar providencias e seguir com melhorias contínuas para no processo de produção.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, G.F.; PEINADO, J.; GRAEML, A.R. Simulações de arranjos físicos por produto e balanceamento de linha de produção: o estudo de um caso real no ensino para estudantes de engenharia. Anais do XXXV COBENGE. Curitiba-PR, 2007.

VIEIRA, Augusto Cesar Gadelha Manuais CNI: Layout. Rio de Janeiro: Apex, 1976.

TOLEDO JÚNIOR, I. F. B. de. Cronoanálise – Base da racionalização da produtividade da redução de custos. 15ª Edição. O & M, 2004

RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; SILVA, Leonardo Alencar Ferreira; BENVENUTO, Sandra Regina dos Santos. O uso de tecnologia da informação em serviços de armazenagem. Production, v. 16, n. 3, p. 526-537, 2006.

SLACK, N. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

DA ROSA, Gilson Pires et al. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. Revista GEPROS, v. 9, n. 2, p. 139, 2014

PAOLESCHI, B. Almoxarifado e gestão de estoques. São Paulo: Érica, 2009 GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.