



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Lean Manufacturing: identificação e seleção da metodologia para elaboração de arranjo físico de uma indústria de solda

Lean Manufacturing: identification and selection of methodology for elaborating the physical arrangement of a welding industry

STEPHANY RIE YAMAMOTO GUSHIKEN
UFF - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

FERNANDO AUGUSTO ULLMANN TÖBE
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

MOACYR AMARAL DOMINGUES FIGUEIREDO

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Lean Manufacturing: identificação e seleção da metodologia para elaboração de arranjo físico de uma indústria de solda

Objetivo do estudo

Este trabalho aborda a questão da elaboração do arranjo físico de uma linha de montagem de uma indústria de solda utilizando como direcionador o Lean Manufacturing.

Relevância/originalidade

A disposição inadequada de equipamentos, máquinas, estações de trabalho e outros recursos necessários para uma organização pode impactar em seu desempenho no que tange sua produtividade e cumprimento de prazos.

Metodologia/abordagem

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de fornecer a metodologia ideal para a elaboração do arranjo físico da empresa utilizada como estudo de caso.

Principais resultados

Através de uma avaliação relacionando três critérios com graus de relacionamento, foi concluído que o Planejamento Sistemático de Layout (SLP) é a metodologia mais indicada para aplicação na indústria de solda, utilizando os princípios e ferramentas do Lean Manufacturing como principal direcionador.

Contribuições teóricas/metodológicas

Além disso, são apresentados conceitos referentes ao Lean e a arranjo físico, bem como suas ferramentas e tipos, respectivamente.

Contribuições sociais/para a gestão

O SLP é descrito, apresentando os procedimentos necessários para a elaboração do arranjo físico.

Palavras-chave: Lean manufacturing, Metodologia, Arranjo físico



VIII SINGEP

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Lean Manufacturing: identification and selection of methodology for elaborating the physical arrangement of a welding industry

Study purpose

This work addresses the issue of preparing the layout of an assembly line for a welding industry using Lean Manufacturing as a driver.

Relevance / originality

The inadequate disposition of equipments, machines, workstations and other resources necessary for an organization can impact its performance regarding its productivity and meeting deadlines.

Methodology / approach

This is a bibliographic search with the objective of providing the ideal methodology for the elaboration of the layout of the company used as a case study.

Main results

Through an assessment relating three criteria to degrees of relationship, it was concluded that Systematic Layout Planning (SLP) is the most suitable methodology for application in the welding industry, using the principles and tools of Lean Manufacturing as the main driver.

Theoretical / methodological contributions

In addition, concepts related to Lean and layout are presented, as well as their tools and types, respectively.

Social / management contributions

The SLP is described, presenting the necessary procedures for the elaboration of the layout.

Keywords: Lean manufacturing, Methodology, Layout



1 Introdução

A disposição inadequada de equipamentos, máquinas, estações de trabalho e outros recursos necessários para uma organização pode impactar em seu desempenho no que tange sua produtividade e cumprimento de prazos. Tendo em vista a importância do correto arranjo físico em uma organização, este trabalho aborda a questão da elaboração do arranjo físico de uma empresa utilizando como direcionador o *Lean Manufacturing*. Quando se fala em *Lean Manufacturing* e arranjo físico, é comum concluir que o melhor tipo é o arranjo celular por tratar-se de uma ferramenta da Produção Enxuta. Entretanto, de acordo com as especificidades da organização, o arranjo celular pode não ser o ideal, mesmo que o direcionador seja o *Lean Manufacturing*.

A indústria utilizada como estudo de caso trata-se de uma multinacional alemã que atua no ramo de soldagem e corte e possui fábrica na cidade de Petrópolis, Rio de Janeiro. Sua linha de montagem é composta por três linhas de produtos e englobam montagens de tochas e sub-montagens. Sua área de montagem é identificada por linha de produto, entretanto, o posicionamento das estações de trabalho não respeita totalmente esta separação. Além disso, por meio de indicadores de produtividade, percebe-se que as horas não produtivas possuem influência de tempos de movimentação, devido a oportunidades de melhoria do arranjo físico deste setor.

Desse modo, o arranjo físico da linha de montagem da indústria de solda escolhida como estudo de caso apresenta o posicionamento inadequado de máquinas, equipamentos, estações de trabalho e recursos por linhas de produto, o qual contribui para o aumento dos tempos de produção, bem como impacta os indicadores de produtividade dos colaboradores da fábrica.

Visto isso e considerando que tradicionalmente o arranjo físico é elaborado sem considerar o critério de desperdício, a questão central consiste em “*Como elaborar o arranjo físico da linha de montagem de uma indústria de solda utilizando como direcionador os princípios do Lean Manufacturing?*”. Uma vez que a revisão de literatura deste trabalho é parte de um projeto maior, foram definidos objetivos específicos com foco em pesquisa bibliográfica de modo a auxiliar a responder a questão central, os quais se seguem: compreender os princípios da filosofia *Lean*; descrever as principais ferramentas utilizadas pela filosofia *Lean*; identificar as ferramentas *Lean* mais aplicáveis na elaboração de arranjos físicos; compreender arranjo físico e seus tipos; levantar os motivos de se relacionar o arranjo celular e o *Lean Manufacturing*; indicar e comparar as metodologias para elaboração de arranjo físico; e definir a metodologia para elaboração de arranjo físico a ser seguida.

2 Referencial Teórico

Neste capítulo são abordados conceitos relacionados ao *Lean Manufacturing* e arranjo físico, no que tange suas definições, tipos e ferramentas. Também é indicada a relação entre arranjos físico e o *Lean*.

2.1 *Lean Manufacturing*

Este tópico foi dividido de modo que sejam apresentados o conceito do *Lean Manufacturing* sob a visão de alguns autores, os sete desperdícios, além de algumas ferramentas do *Lean Manufacturing*.



2.1.1 Conceito de *Lean Manufacturing*

Após a produção artesanal e a Revolução Industrial, com a ascensão da produção em massa, a produção enxuta surge devido ao desaparecimento de uma demanda estável, surgindo consumidores com necessidades diversificadas e incertas (Muller, 1996, p. 23). Assim, no pós-guerra entre 1948 e 1975, o Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta ou *Lean Manufacturing* começou a ser desenvolvido principalmente pelo vice-presidente da Toyota, Taiichi Ohno, com o objetivo de recuperar o mercado japonês dos resquícios arrasadores da Segunda Guerra Mundial.

Para Wilson (2010, p. 10), o conceito de *Lean* vai muito além das instalações físicas e da redução de custos. Envolve também as pessoas, as quais trabalham com mais confiança e facilidade do que em um ambiente tradicionalmente reacionário e “caótico”. O conceito da produção enxuta também está relacionado à eliminação de desperdícios e redução de custos. O *Lean Manufacturing* ou produção enxuta, segundo Dennis (2008, p. 31), “representa fazer mais com menos – menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material – e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem”.

Segundo Dailey (2003, p. 4), desperdício é o fluxo de informações ou atividades que não adicionam valor – custo sem um benefício compensador. Ohno (1997, p. 39) classificou os desperdícios (ou perdas) em sete classes: por superprodução, por tempo ou espera, por transporte, movimentação, processamento, defeitos e por estoques.

2.1.3 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

Ao longo do desenvolvimento da filosofia *Lean*, ferramentas foram elaboradas com o objetivo de eliminar as sete classes de perda ou desperdícios, auxiliando direta ou indiretamente para a redução de custos através da eliminação de atividades que não agregam valor ao produto, além de respeitarem aos cinco princípios da produção enxuta.

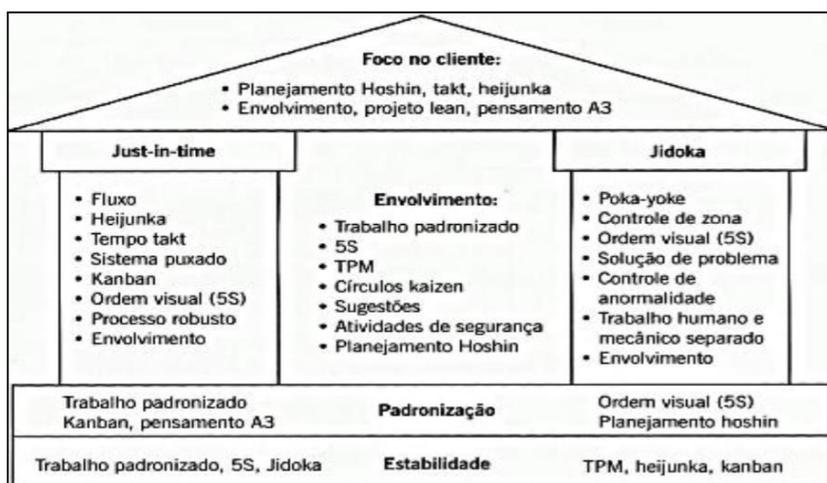


Figura 01 – Pilares e ferramentas do *Lean Manufacturing*.
Fonte: Dennis (2008).

Dennis (2008, p. 38) representa as atividades e os pilares do *Lean Manufacturing* na forma de uma casa. A base é a estabilidade e a padronização e seus pilares os conceitos de *Just in time* e *Jidoka*, traduzido do japonês como automação. No telhado, acima de todos, está o foco no cliente e em cada parte da casa, as ferramentas correspondentes.



Com base na literatura analisada durante a etapa de Leitura e Interpretação, foi elaborada a matriz abaixo classificando as principais ferramentas do *Lean* em relevância ao tema e objetivos do presente relatório.

Ferramenta	Relevância		
	Forte	Média	Baixa
5S	x		
Arranjo celular	x		
Heijunka			X
Gestão visual		X	
Kaizen		X	
Kanban	X		
Manutenção Produtiva Total			X
Mapeamento de fluxo de valor	X		
SMED			X
Takt time			X
Trabalho padronizado		X	

Figura 02 – Matriz de relevância de ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Fonte: autoria própria.

Percebe-se que as ferramentas 5S, arranjo celular, *kanban* e mapeamento de fluxo de valor possuem relevância forte ao tema, por impactarem diretamente na elaboração do arranjo físico de uma organização, já que influenciam na disposição dos recursos de transformação. No tópico a seguir são descritas as ferramentas com relevância forte com o tema do presente trabalho.

2.1.3.1 Mapeamento de fluxo de valor

Ferramenta proposta por Rother e Shook (1998), o mapeamento de fluxo de valor tem seu conceito definido pelos autores como se segue abaixo.

É seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões-chave e desenha-se um mapa do estado futuro de como o processo deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor e, especialmente, as fontes do desperdício (ROTHER & SHOOK, p. 13, 1998).

Segundo Sundar et al. (2014, p. 3), esta ferramenta indica o inventário, tempo de processamento, *lead time*, tempo de espera e o fluxo de processos, por onde podemos identificar os gargalos que precisam ser melhorados.

Conforme Rother e Shook (1998, p. 12) os dois principais fluxos de um produto são o que vai desde a matéria-prima até a entrega ao cliente e o fluxo de design, desde a concepção até o lançamento do produto. Vale ressaltar que o mapeamento não representa somente o cenário atual, mas sim o cenário futuro/desejado. Para isso, é utilizada a simulação, a qual oferece quais seriam os resultados após o plano de melhorias ser implementado.

2.1.3.2 *Kaizen*

Kaizen é uma palavra de origem japonesa associada à melhoria contínua. A filosofia *Kaizen*, segundo Dailey (2003, p. 36), consiste em enfatizar a participação dos funcionários, em que todo processo é continuamente avaliado e melhorado em termos de tempo, recursos, qualidade e outros aspectos relevantes.



Kaizen não é um projeto ou um plano de trabalho, ele deve ser incorporado como uma abordagem normal do dia a dia que busca pequenas melhorias que a longo prazo irão auxiliar em seu principal objetivo e um dos princípios *Lean*: a perfeição (DAILEY, 2003, p. 36). Para isso, é essencial a colaboração de todos na organização.

2.1.3.3 Arranjo físico celular

Segundo Modi e Takkhar (2014, p. 342) o arranjo celular ou manufatura celular é uma abordagem em que cada equipamento e estações de trabalho necessárias para a fabricação de um produto ficam posicionados próximos para facilitar lotes pequenos e um fluxo contínuo de produção. Para os autores, o objetivo é possuir flexibilidade para produzir uma variedade de acordo com demandas pequenas de um produto, mas com a mesma produtividade de uma produção em larga escala.

Os benefícios do arranjo físico celular para Adbullah (2003, p. 11) consistem na possibilidade de aumentar o mix de produtos, pois oferece a flexibilidade de acomodar no processo as variadas necessidades dos clientes agrupando produtos similares em famílias que podem ser fabricadas nos mesmos equipamentos e na mesma sequência e no conceito de *one-piece-flow* (fluxo de uma peça), em que uma unidade de determinado produto caminha pelo processo sem interrupções repentinas em um ritmo determinado através das necessidades do cliente.

2.1.3.4 *Kanban*

Traduzido do japonês como “sinal” ou “cartão”, Ohno (1997, p. 47) define o *Kanban* como o método de operação do Sistema Toyota de Produção com a finalidade de atingir o *Just in Time*. O sistema *Kanban* conta com cartões que carregam informações de coleta, de transferência e de produção, detalhando cada uma delas conforme necessário (OHNO, 197, p. 46).

Em resumo, é disponibilizado um quadro *Kanban* no chão de fábrica de modo que os operadores visualizem os níveis de *kanban* através de cartões, os quais definem a necessidade ou não de produção ou ressuprimento. Além disso, são disponibilizados também os insumos nas estações de trabalho e um supermercado é localizado na linha de montagem, de modo que os operadores possam alimentar suas estações conforme as peças são consumidas. Os cartões *Kanban* fornecem informações como quantidade de produção, tempo, método, quantidade de transferência ou de sequência, hora de transferência, destino, ponto de estocagem, equipamento de transferência, container, entre outros (OHNO, 1997, p. 47).

2.2 Arranjo físico

Este tópico foi dividido de forma similar ao anterior, de modo que sejam apresentados o conceito de arranjo físico e seus tipos.

2.2.1 Conceito

Para Slack et al. (1996, p. 160), o arranjo físico consiste na preocupação da localização física dos recursos de transformação, “definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção”. Peinado e Graeml (2007, p. 201-202) afirmam que a necessidade de tomar decisões sobre arranjos físicos é justificada



pela necessidade de expansão da capacidade produtiva, o elevado custo operacional de *layouts* inadequados, a introdução de nova linha de produtos, a melhoria do ambiente de trabalho, a economia de movimentos e a necessidade de alteração conforme mudanças ocorrem.

Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 201-202), o arranjo físico possui cinco princípios:

- Segurança – os processos que oferecerem risco aos usuários não devem ser acessados por pessoas não autorizadas.
- Economia do movimento – deve-se minimizar as distâncias percorridas pelos colaboradores.
- Flexibilidade de longo prazo – deve ser possível mudar o arranjo físico sempre que for necessário.
- Progressividade – o arranjo físico deve ter um sentido a ser percorrido, evitando cruzamentos e retornos.
- Uso do espaço – deve-se fazer o uso adequado do arranjo físico.

A elaboração de arranjo físico é influenciada por diversos fatores: localização da fábrica, vias de acesso, espaços disponíveis, tipo de edifício, possibilidade de expansão ou adaptação, matéria-prima, produto, processo de produção, equipamentos, movimento de materiais e produtos, armazenamento, controle e manutenção, mão de obra e meio ambiente (LEDIS, 2012).

2.2.2 Tipos de arranjo físico

De acordo com Silva (2009), temos 10 tipos de arranjos físicos ou layouts. De acordo com a tabela abaixo, foi verificado que 85,88% das ocorrências em três bases de dados se resumem aos quatro tipos tradicionais de arranjos físicos, os quais serão abordados a seguir.

Tabela 01 – Quantidade de ocorrências de tipos de arranjos físicos.

Palavra-chave	Quantidade de ocorrências			Percentual
	Google Scholar	Web of Science	Portal CAPES	
Arranjo físico por produto	101000	2323	266	41,17%
Arranjo físico funcional	60900	213	172	24,36%
Arranjo físico celular	34000	1301	81	14,06%
Arranjo físico posicional	15700	95	12	6,28%
Arranjo físico modular	14500	826	15	6,10%
Arranjo físico por celular virtuais	12700	133	7	5,10%
Arranjo físico fractal	3600	121	2	1,48%
Arranjo físico holográfico	2160	98	0	0,90%
Arranjo físico reconfigurável	677	482	0	0,46%
Arranjo físico mini-fábricas	198	3	0	0,08%

Fonte: autoria própria.

2.2.2.1 Arranjo físico por produto ou em linha

Para Slack et al. (1996, p. 166-167), o arranjo físico por produto envolve localizar os recursos produtivos transformadores segundo a melhor conveniência do recurso que será transformado. Neste caso, todos os produtos seguem o mesmo fluxo, sendo este o motivo pelo qual este tipo de arranjo também é chamado como arranjo físico em linha.

Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 203-205) as vantagens deste tipo de arranjo físico são a possibilidade de produção em massa com grande produtividade, a constância na carga de máquina e consumo de material ao longo da linha de produção e a facilidade do



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



controle de produtividade. As desvantagens consistem na falta de flexibilidade da própria linha, a fragilidade a paralisações e subordinação a gargalos em processos precedentes e o alto investimento em máquinas.

2.2.2.2 Arranjo físico por processo ou funcional

O arranjo físico por processo, segundo Slack et al. (1996, p. 164), possui como direcionador as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação, ou seja, todos os recursos de mesmo tipo e função permanecem agrupados em uma mesma área. Neste tipo de arranjo, processos similares ou com necessidades similares são localizados juntos uns aos outros. Como consequência, o produto ou cliente irão percorrer um roteiro de processo a processo, de acordo com a necessidade, podendo, assim, haver diversos roteiros (SLACK ET AL., 1996, p. 164).

Segundo Peinado e Graeml (2007, p. 213-214) as vantagens consistem na grande flexibilidade para atender a mudanças de mercado e atende a produtos diversificados em quantidades variáveis ao mesmo tempo, uma vez que basta alterar o fluxo a ser seguido pelo produto de acordo com a necessidade, além do menor investimento em infraestrutura, pois quando se agrupa equipamentos que precisam de um sistema de exaustão, por exemplo, apenas um sistema poderá servir a todas as máquinas.

2.2.2.3 Arranjo físico celular

Segundo Slack et al. (1996, p. 165), o arranjo físico celular é aquele em que todos os recursos transformadores necessários para atender às necessidades imediatas de processamento de determinado recurso transformado encontram-se no mesmo local (célula). Os autores afirmam que este tipo de *layout* é uma tentativa de organizar a complexidade de fluxo que caracteriza o arranjo físico por processo.

As vantagens deste tipo de *layout* são o aumento da flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto, a diminuição do transporte de material e a redução de estoques, tanto em lotes quanto em processamento, devido à redução do tempo de espera. Já as desvantagens consistem no fato de que este arranjo é destinado especificamente a uma família de produtos, o que torna as células ociosas quando não há programação de trabalho (PEINADO e GRAEML, 2007, p. 227).

2.2.2.4 Arranjo físico posicional ou estacionário

O arranjo físico posicional consiste na movimentação dos equipamentos, maquinários e pessoas de e para o local do processamento quando necessário, enquanto o item em processamento permanece estacionário (SLACK ET AL., 1996, p. 163). Este tipo de arranjo físico é adequado para situações em que o produto é muito grande ou muito delicado para ser movimentado, por exemplo, em construções de rodovias ou de aviões.

As vantagens deste tipo de *layout* para Peinado e Graeml (2007, p. 228) são a não movimentação do produto e a possibilidade de terceirização de todo o projeto ou parte dele. As desvantagens consistem na complexidade de supervisão de recursos humanos e físicos, a necessidade de áreas externas de apoio, como abrigos para funcionários, e a produção em pequena escala e com baixo grau de padronização.



2.3 Arranjo físico e sua relação com o *Lean Manufacturing*

Assim como foi realizada a matriz de relevância representada na figura 02, Matt et al. (2013, p. 423) desenvolveram a matriz abaixo baseados nas conclusões de diversos autores e além disso, baseados nas entrevistas com pequenas organizações e especialistas em consultoria em *Lean Manufacturing*.

Tipo	Métodos do Lean	Micro	Pequena	Média	Grande
Máquinas e equipamentos	Automação de baixo custo	●	●	●	●
	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	○	●	●	●
	Manutenção preventiva	●	●	●	●
	Redução de tempo de setup (SMED)	●	●	●	●
	Manutenção produtiva total	○	●	●	●
Fluxo de materiais e arranjo físico	Manufatura celular	○	●	●	●
	First in first out (FIFO)	●	●	●	●
	One-piece-flow	○	●	●	●
	Software de simulação	○	○	●	●
	Otimização da cadeia de suprimentos	○	●	●	●
	Mapeamento de fluxo de valor	○	●	●	●
Organização e equipe	Design da estação de trabalho	●	●	●	●
	5S	●	●	●	●
	Grupos de trabalho autônomos	○	●	●	●
	Benchmarking	●	●	●	●
	Gerenciamento de ideias	●	●	●	●
	Rotatividade de tarefas	●	●	●	●
	Escritório Lean	○	●	●	●
	Kaizen	●	●	●	●
Planejamento e Controle da Produção	Padronização	●	●	●	●
	Just in sequence	○	●	●	●
	Just in time	●	●	●	●
	Kanban	○	●	●	●
	Balanceamento da linha de produção	○	●	●	●
	Milkrun	○	●	●	●
	Software de simulação de PCP	○	○	●	●
	Lote econômico	○	●	●	●
Qualidade	Gestão visual	●	●	●	●
	FMEA	○	○	●	●
	Poka Yoke	●	●	●	●
	Círculos da qualidade	○	●	●	●
	QFD	○	○	●	●
	Seis sigma	○	○	●	●
	Controle estatístico de processos	○	●	●	●
	Desenvolvimento de fornecedores	○	●	●	●
	Gestão da qualidade total	○	●	●	●
	Jidoka	○	●	●	●

Não indicado Pouco Indicado Indicado Bem indicado Muito indicado
 ○ ● ● ● ●

Figura 03 – Tipos de ferramentas de *Lean Manufacturing* relacionados ao tamanho da organização.
Fonte: Adaptado de Matt et al. (2013, p. 423).



Uma das únicas observações dos autores é o fato de que muitas destas ferramentas foram desenvolvidas em grandes organizações, o que não necessariamente é aplicável em pequenas e médias empresas. Considerando que a empresa utilizada como estudo de caso é caracterizada como pequena e média, pode-se concluir que todas as ferramentas Lean quanto ao arranjo físico são de indicadas a muito indicadas.

Silva (2009, p. 67-68) desenvolveu uma análise dos diferentes modelos de *layouts* de acordo com características da Produção Enxuta. O autor utilizou critérios de análise relacionados aos princípios da filosofia *Lean*, classificando os tipos de arranjos físicos em alto, médio e baixo de acordo com cada critério.

Modelos de <i>layouts</i>	Critérios de Análise							
	Fluxo Contínuo	Estoques	Gestão Visual	Qualidade	Flexibilidade de mix e volume	Mão-de-obra multifuncional	Complexidade de programação	Movimentação
Funcional	baixa	alto	baixa	baixa	alta	baixa	alta	alta
Produto	alta	baixo	alta	alta	baixa	baixa	baixa	baixa
Posicional	baixa	alto	alta	alta	alta	baixa	baixa	alta
Celular	alta	baixo	alta	alta	baixa	alta	baixa	baixa

Figura 04 – Análise dos diferentes modelos de *layouts* sob a ótica da Produção Enxuta.

Fonte: Adaptado de Silva (2009, p. 72).

De acordo com a análise, o arranjo físico celular é o que mais se aproxima dos conceitos do *Lean Manufacturing*, apesar de possuir desvantagens e limitações. Entretanto, não existe um tipo de layout ideal a ser implementado. A escolha deve ser feita de acordo com o contexto da organização, tipo de processo, de produto e outros parâmetros a serem analisados.

3 Metodologia

Este tópico foi dividido de modo a descrever a classificação da pesquisa e o método utilizado para definir a metodologia para elaboração de arranjo físico a ser utilizada.

3.1 Classificação da pesquisa

Este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, abordagem qualitativa, exploratória e bibliográfica. Trata-se de uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação na elaboração do arranjo físico da linha de montagem da empresa utilizada como estudo de caso. A abordagem qualitativa da pesquisa é justificada pelo fato de utilizar dados descritivos para a definição da metodologia a ser seguida e é exploratória por utilizar conceitos para atingir o objetivo do trabalho.

Para coletar os dados utilizados na pesquisa foi realizada uma pesquisa bibliográfica cuja metodologia foi baseada no modelo de revisão de literatura sistemática, o qual possui cinco etapas: busca, organização e seleção, leitura, anotação e análise crítica e redação. Na etapa de busca, foram utilizadas como ferramentas para a realização da pesquisa na literatura as bases de dados Google Acadêmico, Web of Science e Portal Periódicos Capes. Foram utilizadas as seguintes palavras-chaves:



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



- Arranjo físico;
- *Layout*;
- *Lean manufacturing*;
- *Cellular manufacturing*;
- *Facility layout*; e
- Produção enxuta.

Para a busca na base *Web of Science*, foi identificada a necessidade de utilização da palavra-chave “*facility layout*”, uma vez que ao utilizar apenas “*layout*” ou arranjo físico não resultava em publicações pertinentes ao tema. Na etapa subsequente, a de organização e seleção, os artigos e publicações encontrados no processo anterior foram organizados e selecionados quanto sua relevância em relação às questões específicas definidas previamente.

Após a organização e seleção, os documentos foram lidos e anotações foram feitas de modo a auxiliar na redação do presente relatório. Por fim, foi realizada a etapa da redação com o objetivo de responder às questões relativas à pesquisa bibliográfica. O relatório foi redigido correlacionando as considerações dos autores e contendo resumo, palavras-chave, introdução, metodologia, revisão de literatura, cronograma e referências bibliográficas.

3.2 Critérios para avaliação da metodologia de elaboração de arranjo físico

Para avaliar as metodologias de elaboração de arranjo físico e selecionar a mais relevante para ser utilizada na indústria de solda em questão, foi utilizada uma matriz de relacionamento adaptada de Hofmeister (1995). Seguem abaixo os critérios utilizados.



Tabela 02 – Critérios de avaliação e descrições.

<p>CRITÉRIO I</p> <p><i>"Foram identificadas referências bibliográficas com exemplos específicos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em linhas de montagem de indústrias?"</i></p>
<p>FORTE: Foram identificadas referências bibliográficas com exemplos específicos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em linhas de montagem de indústrias.</p> <p>MODERADO: Foram identificadas referências bibliográficas com exemplos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em linhas de montagem.</p> <p>FRACO: Foram identificadas referências bibliográficas com exemplos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em outras áreas.</p> <p>NENHUM: Não foram identificadas referências bibliográficas com exemplos específicos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em linhas de montagem .</p>
<p>CRITÉRIO II</p> <p><i>"Qual a relevância da metodologia em relação ao número de citações?"</i></p>
<p>FORTE: Foram identificadas muitas citações da metodologia de elaboração de arranjo físico avaliada.</p> <p>MODERADO: Foram identificadas citações da metodologia de elaboração de arranjo físico avaliada.</p> <p>FRACO: Foram identificadas poucas citações da metodologia de elaboração de arranjo físico avaliada.</p> <p>NENHUM: Não foram identificadas citações da metodologia de elaboração de arranjo físico avaliada.</p>
<p>CRITÉRIO III</p> <p><i>"Qual o nível de detalhamento da metodologia avaliada?"</i></p>
<p>FORTE: O detalhamento e a forma de avaliação da metodologia estão inteiramente disponibilizados na literatura.</p> <p>MODERADO: O detalhamento e a forma de avaliação da metodologia estão parcialmente disponibilizados na literatura.</p> <p>FRACO: O detalhamento e a forma de avaliação da metodologia disponibilizados não são suficientes para a realização da avaliação.</p> <p>NENHUM: O detalhamento e a forma de avaliação da metodologia não estão disponibilizados na literatura.</p>

Fonte: Adaptado de Töbe (2014, p. 4-5).

Para quantificar o grau de relacionamento das metodologias de elaboração de arranjo físico com os critérios definidos foi utilizada a escala padrão apresentada na Tabela 03.

Tabela 03 – Escala de grau de relacionamento.

VALOR	RELACIONAMENTO
0	NENHUM.
1	FRACO
3	MODERADO
9	FORTE

Fonte: Hofmeister (1995).



4 Análise dos resultados

Este tópico foi dividido de modo a apresentar a avaliação das metodologias para elaboração de arranjos físicos e seu resultado, bem como descrever a metodologia selecionada.

4.1 Avaliação das metodologias encontradas na literatura

Após a pesquisa bibliográfica foram identificadas 16 metodologias para elaboração de arranjos físicos, em que suas ocorrências em três bases de dados foram contabilizadas na Tabela 04 a seguir.

Tabela 04 – Quantidade de ocorrências de metodologias para elaboração de arranjos físicos.

Metodologia	Quantidade de ocorrências			
	Google Scholar	Web of Science	Portal CAPES	Percentual
Planejamento Sistemático de Layout (SLP)	18000	100	28	27,66%
Modelo de Urban	17400	73	31	26,70%
Método Electre III	11700	10	1	17,87%
Proposta de Silva e Rentes	10600	0	32	16,22%
Proposta de Slack & Chambers	4690	68	17	7,28%
Método de Guerchet	976	1	0	1,49%
Modelo de Shang	617	5	1	0,95%
Modelo de Rosenblat	565	0	46	0,93%
Proposta de Engevista	212	0	3	0,33%
Modelo de Dutta e Sahu	161	1	2	0,25%
Proposta de Favaretto	105	0	2	0,16%
MMCel	70	0	6	0,12%
Metodologia para alteração do arranjo físico do setor produtivo de pequenas e médias empresas	11	0	0	0,02%
Modelo de Evans, Wilhelm e Karwowski	6	1	0	0,01%
Modelo de Fortenberry e Cox	5	0	1	0,01%
Modelo de Malakooti e Tsurushima	2	0	0	0,00%

Fonte: autoria própria.

As metodologias que possuíam maior percentual de ocorrência e que tiveram seu grau de relacionamento como no mínimo moderado em relação ao critério I foram avaliadas conforme tabela abaixo.

Tabela 05 – Resultado da avaliação das metodologias para elaboração de arranjos físicos.

Critérios / Metodologias	Foram identificadas referências bibliográficas com exemplos específicos de aplicação da metodologia de elaboração de arranjo físico em linhas de montagem de indústrias?	Qual a relevância da metodologia em relação ao número de citações?	Qual o nível de detalhamento do modelo avaliado?	Total
Planejamento Sistemático de Layout (SLP)	3	9	9	21
Proposta de Slack & Chambers	3	3	9	15
Proposta de Favaretto	3	1	9	13
Proposta de Silva e Rentes	3	3	9	15
Proposta de Engevista	3	1	3	7
Modelo de Urban	3	9	1	13

Fonte: autoria própria.



4.1 A metodologia para elaboração de arranjos físicos escolhida

Metodologia desenvolvida por Muther (1973), o Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) possui grande aplicabilidade no projeto e no reprojeito de layout. Segundo o autor, o SLP é composto por uma estruturação de fases, um modelo de procedimentos e uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidos no planejamento de um arranjo físico.

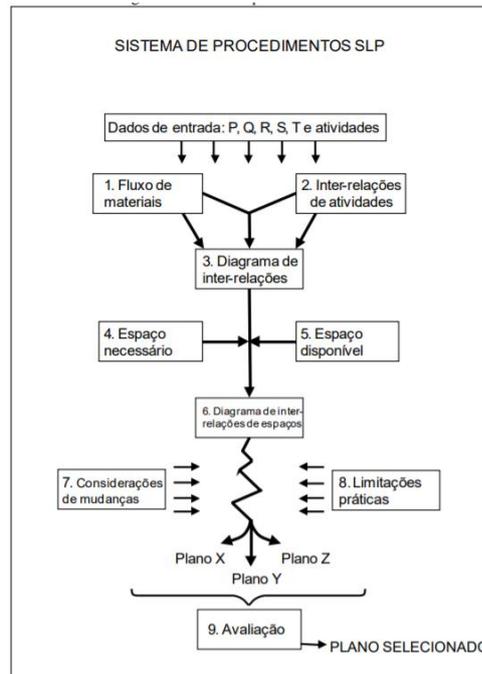


Figura 05 – Modelo de procedimentos do SLP.
Fonte: Muther (1973).

Para cada etapa existe um modelo de procedimentos. Segue figura abaixo com a descrição de cada procedimento de acordo com Alex (2010, p. 33-37) e Werner et al. (2017, p. 93-99).



Tabela 06 – Descrição das etapas do Sistema de Procedimentos SLP

Sistema de Procedimentos SLP	
Etapa	Descrição
Análise P, Q, R, S, T e Atividades	Coleta de dados: volume de produtos (P), quantidade de lotes (Q), rota (R), equipamentos de suporte (S) e tempos de setup, movimentação e das atividades (T).
Fluxo de materiais	É definida intensidade de fluxo de um produto entre equipamentos. São analisados o volume mensal, quantidade de transporte e roteiro de produtos. Baseado na sequência de processamento, os produtos são agrupados em família de modo a encontrar os que percorrem a maior distância.
Inter-relações de atividades	As atividades são analisadas quanto sua importância, classificando-as em A, E, I O e U, em que A representa a mais importante e U a menos importante. Esta análise é o input para ser realizado o diagrama de inter-relações.
Diagrama de inter-relações	Trata-se de uma análise quantitativa que auxilia a posicionar os equipamentos considerando a frequência do fluxo dos produtos, métrica calculada na etapa 02.
Espaço necessário e disponível	É medido o espaço disponível e necessário para os equipamentos e seus recursos auxiliares, como painéis de controle, instalações elétricas, operadores, entre outros. A utilização de espaço é medida em termos de área do equipamento por unidade de espaço disponível.
Diagrama de inter-relações de espaços	Trata-se de uma concepção inicial do layout, com as exatas dimensões do espaço e equipamentos. Seu objetivo é tentar elaborar o arranjo físico final. Os equipamentos com a maior intensidade de fluxo devem ser localizados juntos uns dos outros.
Considerações de mudanças	Os operadores e usuários do layout devem ser entrevistados e suas necessidades consideradas. Devem ser analisadas questões relativas à ergonomia e à qualidade de vida.
Limitações práticas	Cada necessidade e sugestão pode possuir uma limitação prática que deve ser igualmente analisada para a elaboração do arranjo físico.
Avaliação	Ao final, todas as alternativas de arranjo físico devem ser analisadas. Muther (1978) determina 03 maneiras para esta avaliação: balanceamento das vantagens e desvantagens, avaliação da análise de fatores e comparação e justificação de custos.

Fonte: Adaptado de Alex (2010, p. 33-37) e Werner et al. (2017, p. 93-99).

5 Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo auxiliar o projeto maior referente à elaboração de arranjo físico de uma linha de montagem de uma indústria de solda através de pesquisa bibliográfica. Com isso, foram atingidos os objetivos específicos definidos de modo a fornecer embasamento teórico nas decisões do projeto maior.

Além disso, pode-se concluir que a manufatura celular, FIFO, *one-piece-flow*, software de simulação, otimização da cadeia de suprimentos, mapeamento de fluxo de valor e design da estação de trabalho, ferramentas *Lean* associadas ao fluxo de materiais e arranjo físico, são aplicáveis à empresa utilizada como estudo de caso. Futuramente, na elaboração de seu arranjo físico, estas ferramentas poderão ser utilizadas como direcionadoras.

Através da avaliação das metodologias para elaboração de arranjos físicos, utilizando o modelo proposto por Hofmeister (1995), conclui-se que o Planejamento Sistemático de Layout (SLP) é o modelo mais indicado para aplicação na indústria de solda em questão. Com este trabalho, o projeto maior poderá ser desenvolvido, o qual consiste na elaboração e implantação da nova proposta de arranjo físico para a linha de montagem da empresa utilizada como estudo de caso.

6 Referências

Abdullah, Fawaz. *Lean Manufacturing tools and techniques in the process industry with a focus on steel*. Doctor of Philosophy – Graduate Faculty of School of Engineering, University of Pittsburgh, Pensilvânia, 2003.



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Cruz, Nuno Miguel Pereira da. **Implementação de ferramentas *Lean Manufacturing* no processo de injeção de plásticos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho. Portugal, 2013.

Dailey, Kenneth W. *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. Publishing Co. 2003.

Dennis, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um Guia para Entender o Sistema de Produção mais Poderoso do Mundo.** 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

Favaretto, Pablo Vinícius et al. **Projeto de *layout* industrial para uma empresa do ramo metal-mecânico com base nos princípios da produção enxuta.** In: Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol. 13, no 1. Paraná, 2011.

Hofmeister, K. **QFD in the service environment.** Quality Up, Costs Down: A Manager's Guide to Taguchi Methods and QFD, p. 57-78, 1995.

Ledis, Esmailen Cardozo. **Análise e proposta de *layout* para uma serralheria: estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Estadual de Maringá. Paraná, 2012.

Marodin, Giuliano; SAURIN, Tarcísio Abreu. **Modelo de avaliação de arranjos físicos sob a ótica da Manufatura Celular – MMCEL.** In: Revista Gestão Industrial, v. 03, n. 03: p. 66-86. Paraná, 2007.

Matt, D. T.; Rauch, E. *Implementation of Lean Production in small sized Enterprises.* In: 8th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering. Italy, 2013.

Modi, Denish B.; Thakkar, Hemant. ***Lean Thinking: reduction of waste, lead time, cost through Lean Manufacturing tools and technique.*** In: International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. India, 2014.

Muller, Cláudio José. **A evolução dos sistemas de manufatura e a necessidade de mudanças nos sistemas de controle e custeio.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

Muther, R. *Systematic Layout Planning*. 2.ed. Boston: Cahnners Books, 1973.

Ohno, Taichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

Peinado, Jurandir; Graeml, Alexandre Reis. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços).** Biblioteca da Unicenp. Curitiba, 2007.

Rother, Mike & Shook, John. *Learning to see – value stream mapping to add value and eliminate muda.* Versão 1.2, The Lean Enterprise and Workbook. USA, 1999.



VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



Silva, Alessandro Lucas da. **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial, em ambientes de alta variedade de peças, orientado para a Produção Enxuta.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

Slack, Nigel et al. **Administração da Produção.** Editora Atlas, 1 edição. São Paulo, 1996.

Sundar, R.; Balaji, A. N.; Santheeshkumar, R. M. **A review on Lean Manufacturing Implementation Techniques.** In: 12th GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT. Índia, 2014.

Töbe, Fernando Augusto Ullmann. **Avaliação da maturidade na gestão de processos: identificação e seleção de modelos para aplicação na área de usinagem de conexões Premium em petróleo e gás.** In: III Simpósio Internacional de Gestão de Projetos. São Paulo, SP. 2014.

Wilson, Lonnie. **How to implement Lean Manufacturing.** The McGraw-Hill Companies. 2010.