

UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

BRUNO RAFAEL GORRERI

**Arranjo físico na montagem com fluxo contínuo nas
superfícies de comando composto**

Guaratinguetá

2012

BRUNO RAFAEL GORRERI

**Arranjo físico na montagem com fluxo contínuo nas
superfícies de comando composto**

Trabalho de Graduação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Bruno Chaves Franco

Guaratinguetá

2012

Gorreri, Bruno Rafael

G673a Arranjo físico na montagem com fluxo contínuo nas superfícies de comando composto / Bruno Rafael Gorreri – Guaratinguetá : [s.n], 2012. 42 f : il.

Bibliografia: f. 39-42

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Chaves Franco

1. Layout I. Título

CDU 65.012.26



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

ARRANJO FÍSICO NA MONTAGEM COM FLUXO CONTÍNUO NAS SUPERFÍCIES
DE COMANDO COMPOSTO

BRUNO RAFAEL GORRERI

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Antônio Wagner Forti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



Prof. MSc Bruno Chaves Franco
ORIENTADOR/ UNESP - FEG



Prof. Msc. Marco Aurélio Reis dos Santos
UNESP – FEG



Eng. Pedro Barros Gaspar
EMPRESA LIEBHERR – GUARATINGUETÁ/SP

Dezembro de 2012

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha querida família, pelo apoio e amor que me concederam, mesmo na distância foi possível sentir a preocupação dirigida a mim,

a minha mãe *Vera*, meu pai *Jorge Gorreri* e meu irmão *Jorge Augusto* que sempre me dedicaram o mais puro amor, sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me protegendo,

a meu orientador *prof. Bruno Chaves Franco* que dedicou muito tempo e muito esforço em meu auxílio, provavelmente sem ele este trabalho não seria possível,

ao *prof. Marco Aurélio Reis dos Santos* que de prontidão, com muita dedicação, presteza e vontade de ajudar me auxiliou neste trabalho,

ao engenheiro *Pedro de Barros Gaspar*, pessoa de caráter excepcional, de imensa integridade, que se dedica imensamente a um estranho sem pedir nada em troca,

á Deus que me iluminou com muita vontade de aprender e força para correr atrás de meus objetivos.

DEDICATÓRIA

À meu pai, minha mãe, meu irmão e minha namorada que fizeram o impossível para que eu pudesse realizar meu sonho e sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis. Aos meus amigos de república e entre eles especialmente a Gustavo Garcia Arantes Braga, amigo que sempre esteve ao meu lado estudando e auxiliando na faculdade.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses 4.13)

GORRERI, B. R. **Arranjo físico na montagem com fluxo contínuo nas superfícies de comando composto**. 2012. 42 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

Baseado na acirrada competitividade de empresas de manufatura e nos problemas de planejamento que decorrem da falta de flexibilidade e previsão de demandas, empresas estão cada vez mais buscando refletir sobre os métodos mais adequados para gerir sua manufatura. Hoje é possível obter maiores ganhos e reduzir os custos através de ferramentas muito eficientes, este trabalho utiliza a pesquisa-ação para modelar e implementar o arranjo físico de uma célula de manufatura, tendo forte embasamento teórico voltado ao Sistema Lean de Produção e atuando sistematicamente na flexibilidade na montagem. Através da observação e atuação conjunta do observador e equipe é possível relatar os problemas que ocorreram durante as fases de planejamento e implementação da melhoria. Com a melhoria do arranjo físico na montagem foi possível obter ganhos expressivos reduzindo o ciclo de produção, a mão de obra necessária, os gastos incorrentes da não conformidade e aumentando a produtividade, qualidade final do produto e saúde no ambiente de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Arranjo Físico, layout, Flexibilidade na Manufatura, Planejamento de Melhoria.

GORRERI, B. R. **Physical arrangement in the assembly with continuous flow on surfaces of compound command.** 2012. 42 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

Based on the fierce competitiveness of manufacturing companies and the planning problems arising from the lack of flexibility and forecasting demand, companies are increasingly looking to reflect on the most appropriate methods to manage its manufacture. Today it is possible to obtain higher gains and lower costs through very efficient tools, this paper uses action-research to model and implement the physical layout of a manufacturing cell, with strong theoretical basement returned to Lean Production System and acting systematically in flexibility in mounting. Through observation and joint action of the observer and staff can report problems that occurred during the phases of planning and implementation of improvements. With the improvement of the physical arrangement in the assembly was possible to obtain significant gains by reducing the production cycle, the manpower required, spending of non-compliance and increasing productivity, final product quality and health in the workplace.

KEYWORDS: Physical Arrangement, Layout, Flexible Manufacturing, Planning Improvement.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVO.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA.....	13
1.3. MÉTODO DE PESQUISA	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	17
2.2. SISTEMA LEAN	17
2.3. ARRANJO FÍSICO.....	19
2.4. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	21
3. PESQUISA-AÇÃO.....	22
3.1. FASES DO PROJETO	22
3.2. PLANEJAMENTO	22
3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO.....	23
3.2.2. PROBLEMAS IDENTIFICADOS.....	25
3.3. PLANEJAMENTO DA MELHORIA.....	28
3.4. NECESSIDADES IDENTIFICADAS	31
3.5. ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO	32
4. CONCLUSÃO	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

Nas décadas de 50 e 60 o modelo de produção consistia na produção em massa, gerando grandes lotes de produtos com qualidade intermediária, estes produtos eram absorvidos pelo mercado sem grandes dificuldades, com isto as empresas eram competitivas se pudessem produzir o máximo possível. Com o passar dos anos, a mentalidade dos consumidores mudou, além de procurar por preços inferiores, passou a exigir uma qualidade maior. Isto fez com que a mentalidade das grandes empresas mudasse, passou-se a perseguir os gostos variados dos clientes, as crises que sucederam nas grandes economias também aceleraram este processo. Vieram a tona novos parâmetros como tempo, qualidade e custo que trazem frequentes incertezas ligadas a capacidade produtiva de uma empresa (TORRES, 2001).

As incertezas na capacidade produtiva fazem com que as empresas busquem meios de sobrevivência para otimizar sua produção, com isso é exigido novas técnicas e tecnologias que sejam capazes de mantê-las produzindo dentro da faixa eficiente para manter o lucro. Todas as camadas da empresa desde a liderança até os operários devem assumir uma nova mentalidade voltada a otimização de suas funções, reduzindo custos e aumentando sua flexibilidade (ANDREASEN et al., 1988; BLACKBURN, 1991; BOOTHROYD, DEWHURST, 1990; WHEELWRIGHT, CLARK, 1992).

A demanda de melhorias é histórica e inerente às evoluções ocorrentes nos meios produtivos, esta ascensão do mercado aumenta sistematicamente a competitividade, não diferente, o meio de produção aeroespacial busca a implementação do *Lean Enterprise Value* (Valor da Empresa Enxuta)(SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

O Valor Empresa Lean criou raízes, cresceu e floresceu como um novo modelo de indústria, governo, trabalho, universidade e parceria. (MURMAN, 2003, p. traduzido)

O novo modelo de produção surgiu, e seus conceitos são fortemente fundamentados no que o cliente precisa, quando ele precisa e com a qualidade que ele exige, estes parâmetros de qualidade, tempo e custo passam ao centro do planejamento e assim o Sistema Lean ascende como meio de gestão de suprimentos e produção com alto nível de eficiência (ABRAHAM, 2003).

Para isso um conhecimento dos princípios básicos do Sistema Lean se faz necessário na fundamental mudança industrial. Eliminar desperdícios e agregar valor são os principais elementos que o *Lean Manufacturing* aspira (MURMAN, 2003).

O Sistema Lean busca aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios, ou seja, produzir mais com menos horas de trabalho, em um menor espaço físico, com menor inventário, menor quantidade de produtos defeituosos e maior variedade de produtos (OHNO, 1997; SÁNCHEZ, PÉREZ, 2001).

Decorrente disto, o Sistema Lean se tornou uma filosofia muito eficiente na redução de custos e eliminação de perdas, esta ferramenta gera maior produtividade, reduz o tempo total do ciclo de produção, reduz o índice de não qualidade e agrega maior valor ao produto, visando a satisfação do cliente final (SOARES, 2011).

A melhoria contínua aplicada na Toyota chamada *kaizen* é vastamente copiada por outras empresas que visam melhorar seus processos de tal maneira que atualmente projetos de melhoria contínua não estão mais severamente ligados a manufatura, pode se encontrar facilmente projetos em escritórios visando reduzir o desperdício e aumentar a satisfação do cliente (ALMEIDA, 2007).

Analogamente aos carros que se tornaram ao passar dos anos uma resposta às expectativas dos clientes, um avião também precisa atender os desejos do cliente e as necessidades da demanda mercantil. Hoje o mercado de aviões atende a uma grande variedade de tamanhos e performances de aeronaves, sendo o Sistema *Lean Manufacturing* vastamente aplicado em cada linha de produção existente nas empresas aeronáuticas (MURMAN, 2003).

A tendência de mudanças dos sistemas produtivos, passando de sistemas de produção em massa para sistemas centrados nas necessidades dos clientes, amplia a importância dada aos projetos de instalações industriais, pois a estratégia de produção é materializada no arranjo físico (TORRES 2001).

A evolução nos arranjos físicos durante décadas foi paulatina e reativa, evolução mais dificultada pelo caráter dinâmico que é principalmente agravado pelas alterações frequentes de produtos e tecnologias disponíveis, dinamismo que compreende pequenas mudanças nas plantas, reformulação total e até construção de novas plantas (TORRES, 2001).

Olivério (1985) ainda se refere a uma série de condicionantes que implicam em mudanças no arranjo físico, são eles: mudança no projeto do produto ou inclusão de novos, melhoria das condições de trabalho e redução de acidentes, mudança no mercado de consumo, introdução de novos métodos de organização e controle, redução de custos, mudanças no processo produtivo, substituição de equipamento e variações na demanda do produto. Estes

condicionantes são muito importantes para a estruturação do arranjo físico e alterações decorrentes, para o trabalho apresentado os cinco últimos fatores serão peças chaves para a melhoria do arranjo físico.

Novos métodos de organização e controle que incluem técnicas gerenciais e coleta de informações, em muitos casos exigem readequação da planta e acomodação de novos equipamentos para possibilitar um fluxo mais adequado das informações, a necessidade de redução de custos através de novos equipamentos ou novas formas de organizar a produção implicam em alterações do arranjo físico, novas formas de realizar as etapas do processo requerem mudanças no processo produtivo, também é ponto essencial a substituição de equipamento com introdução de novas tecnologias e equipamentos mais produtivos e seguros, por fim a variação na demanda do produto é um fator extremamente problemático para qualquer produção(OLIVÉRIO, 1985).

O planejamento do arranjo físico deve ser extremamente bem elaborado para evitar o não atendimento da demanda dos clientes, pois o mau planejamento peca por excesso ou por falta de produto fornecido, que por sua vez implica em altos custos para a organização.

1.1. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o emprego de técnicas e ferramentas do Sistema Toyota de Produção para melhoria do arranjo produtivo de uma linha de montagem para equipamentos aeronáuticos.

1.2. JUSTIFICATIVA

A discussão sobre a estruturação no arranjo físico de uma organização não vem a ser grande novidade, porém em relatos acadêmicos é fácil deparar-se com o planejamento de um arranjo físico e suas implicações, voltando-se a métodos de análise de dados e etapas de execução, durante a pesquisa bibliográfica encontrou-se poucas dissertações a respeito de uma grande mudança provocada por alterações de mercado e competitividade empresarial, um fator agravante é o sigilo de informações do mercado, tal fator retém grande domínio útil à base do conhecimento sobre diversos assuntos. A supracitada pesquisa pleiteia como em meio ao alto desempenho de empresas competidoras e lacunas no desenvolvimento de determinada

montagem vieram a trazer problemas produtivos a empresa de estudo, a partir disso se tornou necessária uma grande mudança no arranjo físico da mesma. Como contexto disso, para que possa-se concretizar a ideia de renovação do arranjo físico, podemos citar grandes empresas aeroespaciais que adotaram extremas mudanças no sistema de manufatura, adotando novo arranjo físico e contribuindo para mantê-las entre as empresas de ponta do mercado, A *Airbus Société par Actions Simplifiée* e a *Boeing Commercial Airplanes* que refizeram a montagem final de suas aeronaves, ao longo do tempo, otimizando toda a capacidade de manufatura. Um exemplo do arranjo físico das empresas Airbus e Boeing respectivamente é observado nas Figuras 1a e 1b:



(1a) Fonte: CAVOK (2012)



(1b) Fonte: FLOGÃO (2012)

Figuras 1a e 1b: Arranjo físico da montagem final das aeronaves.

Ainda enaltecendo o motivo da pesquisa pode-se citar como o planejamento e alterações do arranjo físico a partir das novas necessidades do mercado fazem com que seja inevitável rearranjá-lo. O problema do arranjo físico é de suma importância no momento em que é possível deparar-se com altos custos e inadequações ligadas ao tempo, qualidade e produtividade na manufatura, consequentemente busca-se com este trabalho acadêmico dissolver os problemas citados.

1.3. MÉTODO DE PESQUISA

O método utilizado neste trabalho trata-se de uma Pesquisa-Ação, método que é descrito como sendo a implantação de uma ação com desempenho ativo por parte do pesquisador onde busca-se o equacionamento dos problemas encontrados, acompanhando-se e avaliando as

ações desencadeadas em função dos problemas. O pesquisador utiliza a observação participante, interfere no objeto de estudo de forma conjunta e cooperativa com os participantes da ação para investigar o problema e prover uma solução, deste modo contribuindo para a base do conhecimento (MELLO et al.2012; THIOLLENT, 2007).

Portanto, a pesquisa-ação é realizada dentro de uma organização (empresa ou instituição) que apresenta problemas, logo é uma estratégia de pesquisa na engenharia de produção que visa produzir conhecimento e solucionar um problema prático. Thiollent (2007) dispõe separadamente os objetivos de uma pesquisa ação, entre objetivo técnico e objetivo científico, o primeiro beneficia o melhor equacionamento possível do problema central, o segundo aumenta a base de conhecimento de determinadas situações trazendo informações que seriam de difícil obtenção por meio de outros procedimentos.

Mello et al.(2012) propõe um processo para o planejamento e condução deste tipo de pesquisa, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2. Detalhamento das fases, etapas e atividades da estrutura proposta para pesquisa-ação quando iniciadas pelo pesquisador. Fonte: Mello et al. (2012).

A pesquisa-ação investiga como e porque determinada ação pode melhorar alguns aspectos do sistema; empenha-se em entender o processo de mudança de melhoria e aprender com ele, ainda explora obstáculos encontrados contribuindo para os resultados na pesquisa (MELLO et al., 2012).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para facilitar a compreensão do trabalho proposto se faz necessária uma breve inserção teórica no contexto apresentado. Deste modo este capítulo tem por objetivo abordar os seguintes temas: filosofia do Sistema Lean, enfatizar a importância da gestão da capacidade produtiva, analisar fatores importantes ao planejamento estratégico e avaliar os benefícios agregados ao planejamento do arranjo físico.

2.2. SISTEMA LEAN

Algumas décadas atrás, as mudanças ocorriam vagarosamente, o ambiente competitivo seguia padrões mais tênues e as organizações podiam acompanhar essas mudanças e alterar seus processos evoluindo de acordo com o ambiente. Contudo, atualmente as mudanças se tornaram mais velozes e severas, as organizações necessitam se atualizar continuamente e melhorar seus processos para se adaptar as evoluções do novo ambiente (OLIVEIRA, 2009).

Com essa prerrogativa, Slack et al. (2002) defende que a gestão de operações deve ser extremamente flexível com relação as mudanças do ambiente competitivo, toda manipulação dos recursos e projetos estabelecidos devem apoiar a estratégia organizacional, enaltecendo a qualidade dos serviços prestados, os projetos de processos e capacidade, a seleção de localização, o projeto de arranjo físico, a gestão da cadeia de suprimentos, estoques, programação, manutenção e projetos de bens de serviços.

Para minimizar os riscos diante da acirrada concorrência e importantes fatores como crises econômicas e curto ciclo de vida dos produtos devido a evoluções no mercado, sem implicar em uma redução do status do produto e não havendo nenhuma margem para alterações na composição dos preços do produtos e serviços, se faz necessária uma gestão de riscos que por meio da flexibilidade da manufatura viabiliza-se uma diferenciação da competitividade organizacional. Serrão (2001) ainda aborda o tema flexibilidade como fator de ascendência estratégica e principal fonte de vantagens competitivas, Serrão (2001) e Slack et al (2002) recomendam utilizar a flexibilidade na manufatura como ponto prévio de solução de muitos problemas produtivos, facilitando a tomada de decisões.

Para Gerwin (1993) um processo de produção é mais flexível quando lida com uma maior gama de possibilidades, torna-se mais concreta a ideia de que quanto menor o tempo e custo para se implementar uma mudança, maior é a flexibilidade. Sendo assim para reagir e tomar decisões referentes as mudanças nas necessidades dos clientes desenvolvendo esta habilidade de implementar mudanças no ambiente produtivo a flexibilização permite a adoção de novos métodos produtivos.

Este trabalho aborda a filosofia Lean como exímia ferramenta para melhorar o método produtivo existente em determinada linha de montagem, tornando-o mais flexível às mudanças no cenário atual. A aplicação das técnicas do Sistema Lean ainda reflete em grandes ganhos de qualidade e eficiência quando aliado a uma efetiva gestão de flexibilidade em manufatura, deste modo a ligação entre a flexibilização e o sistema Lean respondem ao desafio de melhorar a eficiência no tempo de resposta do sistema produtivo.

A Filosofia Lean tomou destaque com a globalização da indústria automobilística, vieram a tona empresas orientais com significativas melhorias que tomaram destaque, assim para a novo método de produção criado pelo STP temos conceitos elementares aplicados, são eles *heijunka*, *kanban* e *jidoka* (SANCHES, PEREZ, 2010; HOLWEG, 2007).

Heijunka se resume a tornar todo processo de produção sequencial e manter um fluxo contínuo na montagem, fazendo a produção ter lotes unitários, assim nivelando o consumo de componentes necessários à montagem e minimizando o inventário. Pode se assim dizer que o *heijunka* é essencial para o *kanban* e o *jidoka*. Ele dimensiona o correto funcionamento do sistema de abastecimento reduzindo os estoques intermediários e facilitando o controle da relação de demanda por tempo disponível (MATZKA et al, 2009).

Kanban a principal ferramenta do sistema puxado, exige um sequenciamento eficiente da produção, por isso é extremamente dependente do *heijunka*, o *kanban* tem a função de controlar e limitar o estoque intermediário (*Work in Process – WIP*), o sistema *kanban* repassa a demanda da última estação de produção para as estações anteriores retribuindo assim para o método de produção puxado, as etapas do processo só produzem de acordo com a etapa posterior, necessariamente quando houver consumo do cliente da estação (OHNO, 1997)

Jidoka relaciona-se com a autonomia do operador e é assim também chamado, é o sistema que deixa a cabo do operador interromper o processo produtivo caso haja qualquer incoerência ou quando a produção atingir a demanda necessária. Estado que o operador vem a se tornar peça fundamental na detecção de falhas, aumentando a eficiência no combate a não qualidade e valorizando a aplicação de melhorias pelo operador (MILTENBURG).

A maneira mais simples de entender a filosofia do STP (Sistema Toyota de Produção) é analisar sua marca mais profunda, que consiste em fornecer somente o necessário, no momento em que for preciso, no local em que é necessário, com a máxima qualidade, com o menor tempo de produção e principalmente atendendo a expectativa do cliente (OHNO, 1997).

A Toyota enfatiza, ainda o combate às ineficiências geradas pelos altos custos, provenientes do tempo excessivo gasto na preparação de máquinas (*setup*), do tempo de parada programada de equipamentos, em caso de manutenção preventiva, e do tempo de parada imprevisto, relacionado à manutenção corretiva (SANCHES, PEREZ, 2010).

Todos esses métodos em conjunto e aplicados em determinada célula produtiva, efetuando assim uma melhoria, visando sempre aumentar a eficiência do conjunto produtivo com a perspectiva lean vem a ser um *kaizen*, palavra que significa mudança para a melhor, atualmente muito planejado e efetuado dentre as empresas que entranharam o *lean* (SLACK et al., 2002).

2.3. ARRANJO FÍSICO

O *layout* ou arranjo físico dos recursos internos de um processo produtivo tem papel fundamental no processo de flexibilização da manufatura das empresas. O layout é a forma como os recursos estão agrupados na área de manufatura e, dependendo da maneira como são distribuídos, garante que o fluxo das operações esteja bem definido, diminuindo a movimentação dos produtos no processo produtivo e racionalizando os tempos de passagem dos lotes de peças entre os postos de trabalho (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Olivério(1985), Slack et al (2002), Muther (1978), Apple (1973) e Torres (2001) destacam as principais vantagens obtidas pela otimização do arranjo físico: eliminação do estoque central, transferindo a responsabilidade pela estocagem para as células onde são fabricadas, através da criação de estoques entre as células; melhor utilização dos equipamentos, mão-de-obra e serviços, através da redução das distâncias e dos tempos improdutivos; maior qualidade através do melhor posicionamento de equipamentos; agregação dos processos dedicados a família de produtos em torno do processo final, para minimizar a distância de transporte dos componentes dentro da fábrica; economia de espaço, minimizando o nível de material em processo, diminuindo distâncias e dispondo as seções de maneira racional; maximização da área de contato entre os diversos processos de forma que a

recepção e expedição de materiais se dêem o mais próximo possível de cada setor; facilitar o balanceamento da produção; e organizar o trabalho do operário, em conjunto com a utilização dos princípios de tempos e métodos, de forma a intensificar a utilização da força de trabalho.

Olivério (1985) lista os princípios que devem ser seguidos e aplicados em todas as etapas do processo de desenvolvimento do arranjo físico:

- *Princípio da integração*, através do qual se pretende que todas as partes da planta trabalhem de forma cooperativa e simultânea para a execução dos objetivos da planta produtiva;

- *Princípio da mínima distância*, através do qual se pretende reduzir a movimentação dentro da planta que em geral não agrega valor final ao produto;

- *Princípio de obediência ao fluxo de operações*, através do qual se pretende eliminar retornos, interrupções e cruzamentos além de auxiliar na redução de distâncias;

- *Princípio do uso das três dimensões*, através do qual se pretende organizar de maneira lógica o espaço tridimensional, utilizando não só o espaço planar mas também o espaço vertical;

- *Princípio da satisfação e segurança*, através do qual se pretende reduzir os riscos potenciais do ambiente industrial à saúde dos seus usuários;

- *Princípio da flexibilidade*, através do qual se pretende obter respostas rápidas às necessidades de alterações nos condicionantes do processo produtivo e do arranjo físico;

Olivério (1985) também apresenta uma série de recomendações para estruturar o arranjo físico; abranger o todo e depois dar foco a particularidades do arranjo físico; mentalizar o ideal e depois partir para as limitações do processo; racionalizar os meios de modo a planejar para o futuro estando ciente de que alterações poderão ocorrer; abrir espaço para ideias de todos os setores da organização, pois alguns elementos serão determinados conforme alterações previstas por eles; dispor os melhores meios de apresentação do arranjo físico para que não sobrem dúvidas e se convença as partes interessadas; finalizar vendendo a ideia de maneira sólida e bem preparada.

Camarotto (1998) lista métodos de Immer (1950), que enfatiza a importância na maneira de posicionar as máquinas para obter a máxima eficiência, reduzindo movimentação e realizando o processo no menor tempo, e métodos de Reed (1961) que enfatiza um “plano sistemático de ataque” e contribui com as etapas de abordagem detalhadas a seguir:

- Análise do produto;
- Identificação dos processos de manufatura;
- Preparar notas de planejamento para o arranjo físico;
- Determinação dos postos de trabalho;
- Análise do espaço destinado ao estoque;
- Estabelecer pontos de movimentação como corredores;
- Identificar os serviços de apoio: manutenção e serviços;
- Pesquisar os serviços utilizados;
- Considerar alterações futuras;

Moore (1962), ainda complementa com o método de desenvolvimento do projeto do arranjo físico dentro da fábrica discutindo pontos severamente importantes na concepção do mesmo e que são determinantes para este trabalho, dentre eles destaca-se: o planejamento e determinação do volume de produção, especificação das rotas e fluxos, determinação da necessidade de espaço, caracterização da edificação, determinação dos equipamentos necessários, avaliação do arranjo físico proposto e implantação da solução escolhida.

2.4. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

O planejamento estratégico é o processo de revisão e análise dos fatores críticos que representam pontos fortes e fracos dentro da atividade ou organização, segundo Bryson (2001) no planejamento estratégico quatro pontos benéficos estão em destaque, a melhora na tomada das decisões, o aumento do desempenho, a melhora da ação e pensamento estratégico e por fim a maior adequação para as pessoas que compõe a organização. Para Giansesi(1998) o planejamento estratégico é a ligação entre as camadas da empresa, é ela que conecta a direção e administração à produção estabelecendo as metas de médio e longo prazo. O planejamento estratégico da manufatura ainda gera cinco vantagens segundo Slack et al(2009), qualidade, flexibilidade, velocidade, confiabilidade e custo, que no geral aumentam a competitividade da empresa.

3. PESQUISA-AÇÃO

A empresa objeto de estudo desta pesquisa, terá seu nome mantido em sigilo, bem como dados financeiros e econômicos. Os quais serão alterados por um fator multiplicador de conhecimento apenas do pesquisador.

A empresa produz aviões em três setores: Aviação Comercial, Aviação Executiva e Aviação Militar, dentre as três há uma grande diversidade de tamanhos e potências, com isso a diversidade de peças produzidas para a montagem é ainda maior.

A pesquisa-ação foi realizada durante os quatro primeiros bimestres do ano de 2012, sendo totalmente implantado no final de agosto de 2012, após um fechamento das ações de dois meses e a sustentação dos resultados obtidos por cinco meses.

3.1. FASES DO PROJETO

Como forma de tornar factível a replicação dos métodos utilizados nesta pesquisa, estruturou-se a mesma em fases do projeto, sendo elas: Planejamento, Implementação do Plano de Ação e Análise dos resultados. Ainda discute-se o ciclo de melhorias e a validade e confiabilidade do aprendizado.

3.2. PLANEJAMENTO

A fase de planejamento se deu conjuntamente com a mudança na demanda do mercado, o que acabou acelerando o processo de planejamento para se obter resultados mais rápidos da linha de montagem e assim demandar maior flexibilidade da linha. Esta fase é a mais importante no projeto e tendo isto em mente foi de grande importância obter a aprovação e auxílio dos interessados, o envolvimento e comprometimento por parte das camadas administrativas fez grande diferença nas definições da estrutura conceitual teórica do projeto. A partir da seleção da unidade de análise, a linha de montagem da superfície do material composto da asa do avião, iniciou-se a coleta de dados, a técnica utilizada exigiu grande atenção por um período relativamente grande da fase de planejamento, os tempos de operação dos operadores foram anotados, observou-se e interpretou-se os dados operacionais e dos custos, assim caracterizou-se o contexto do objeto de estudo. Nesta fase o maior obstáculo foi o tempo disponível, foi necessário grande interação com os membros da linha sem que eles

alterassem suas atividades e deixassem de cumpri-las. Notou-se que quando observados os operadores alteravam suas características durante a atividade e tornavam-se mais eficientes, para evitar que estes dados levassem a conclusões erradas anulou-se os tempos excepcionais de cada operador e facultou-se aos supervisores que determinassem as medições mais realistas. Também pode-se relatar que alguns operadores sempre executavam determinada tarefa da montagem mais rápida.

3.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A abordagem principal do estudo está vinculada ao planejamento da linha de montagem de uma célula de manufatura, utilizando conceitos do Sistema Lean.

A partir da análise em primeira instância verificou-se alto potencial de melhoria, não só na nova disponibilização do layout, também na nova estrutura de controle sobre os operadores e no aumento da qualidade final do produto, foram ainda identificadas novas e melhores maneiras de controlar o tempo da produção e um melhor dimensionamento da mão-de-obra demandada.

O produto acabado em si é parte da asa do avião, a linha de montagem contém 5 docas, há quatorze operadores, os operadores fazem a montagem de dois tipos de produto, um para cada tipo de avião, são alocados 8 operadores para montagem do material composto da asa do avião tipo 1 e 6 operadores para montagem do material composto do avião tipo 2, assim 3 docas para o tipo 1 e 2 docas para o tipo 2.

A Figura 3 ilustra o layout da linha de montagem.

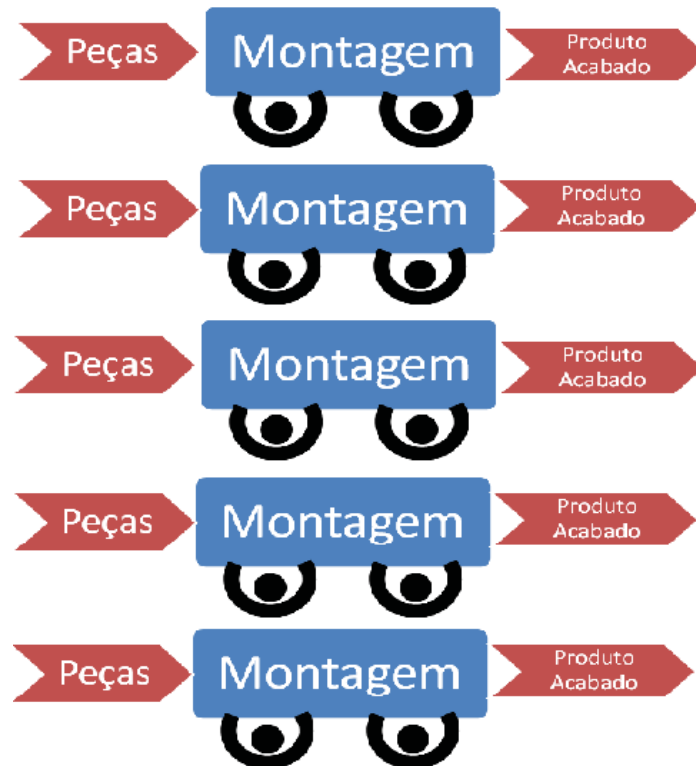


Figura 3: Layout de montagem em docas.

Cada doca possui um conjunto completo de recursos, a montagem é vista do referencial “micro”, onde cada dupla de operadores na sua bancada exerce as atividades necessárias para a montagem, do começo ao fim. Em funcionamento o operador recebe todo o material necessário para a montagem, documentos de especificações e ferramentas para montar o produto. O fluxo do processo é demonstrado a seguir na Figura 4:



Figura 4: Fluxo do processo em Docas.

A caracterização do objeto de estudo foi o primeiro passo do projeto, iniciou-se uma busca na literatura sobre mudanças no arranjo físico porém sem obter relatos conceitualmente parecidos partiu-se para um estudo ligado a experiência da equipe envolvida, como a equipe de supervisores que suportou o projeto trazia consigo certa experiência em outros projetos restringiu-se a utilizar questionamentos e entrevistas com os mesmos, ainda pôde-se notar falta de comprometimento dos operadores da linha em aceitar alterações na maneira de cumprir suas tarefas. O argumento utilizado pelos operadores era que se havia lacunas no planejamento relacionado a baixa produtividade então não deveria parar a produção para efetuar mudanças, mas sim aumentar o número de operadores para que as tarefas fossem executadas dentro do tempo. Como resposta a isso divulgou-se aos operadores que a organização já não dispunha de espaço físico e precisava reduzir os custos com a linha que já se encontrava saturada.

3.2.2. PROBLEMAS IDENTIFICADOS

Com a definição do contexto fez-se o primeiro diagnóstico da situação atual, correlacionou-se os problemas da linha, ligou-se a eles os fatores secundários e estruturou-se indicadores. A Figura 5 representa a relação da incidência de problemas específicos pelo total de problemas encontrados durante a coleta de dados.

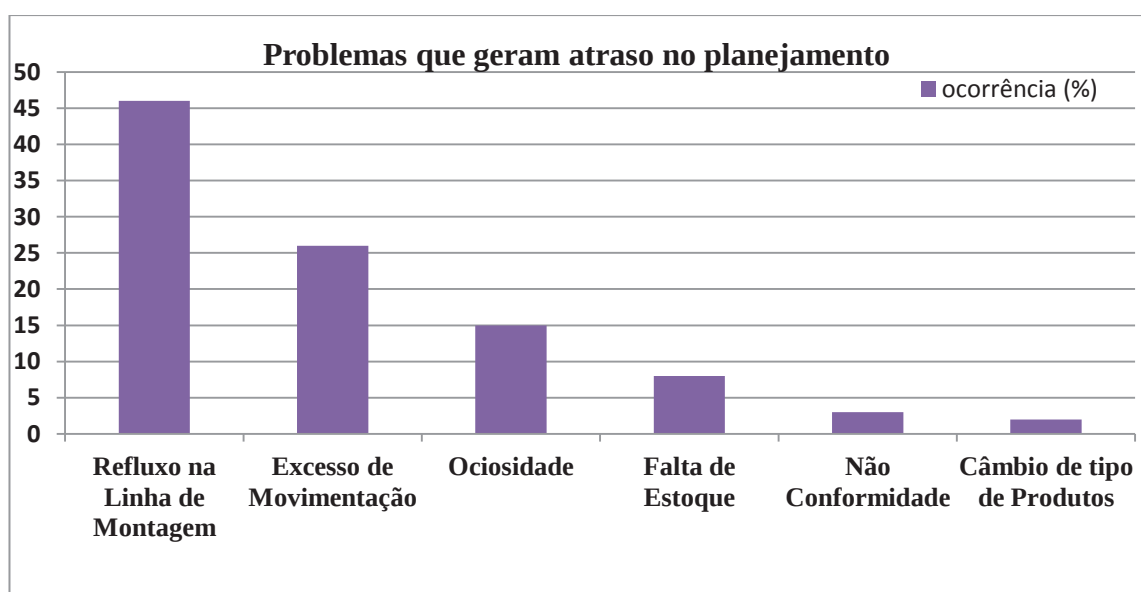


Figura 5: Relação de incidência de problemas durante a coleta de dados.

Refluxo dentro da montagem - O produto entra e sai várias vezes no processo “micro” criado pelos operadores, tanto no número de iterações que o operador faz para aferir as medidas do produto, que já foi citado, quando ele move o produto até o gabarito e também quando há o retorno da peça com alguma não conformidade.

Falta de padrão das atividades - O colaborador realiza as tarefas em seu “micro” processo da maneira como deseja, desta forma as atividades não tem ordem exata na montagem, ocasionando em erros e retrabalho na montagem.

Disposição das ferramentas - Além do kit de recursos obter todas as ferramentas necessárias e estar disposto em cada doca, observa-se que não pensou-se na praticidade ao criar os armários de ferramentas, as ferramentas encontram-se em armários fechados com gavetas metálicas revestidas de uma espuma protetora que estabelece o local onde a ferramenta deve ser colocada, devido as gavetas não há fácil visualização do local onde a ferramenta está.

Excesso de recursos - Como a montagem do produto é totalmente feita por um só operador e ele executa uma tarefa respectivamente após a outra, durante a montagem pode-se observar a ociosidade de ferramentas, nas quais evidentemente estão em excesso, o operador utiliza uma ferramenta por vez e deixa todas as outras ociosas. O mesmo ocorre com as máquinas utilizadas, conjuntos pneumáticos, prensas e outros.

Falta de instruções - Há somente 8 gabaritos disponíveis para os 14 operadores, o que faz com que o operador tenha que se deslocar da bancada de montagem e ir até o gabarito, algumas vezes deslocando o gabarito em direção a sua bancada para aferir as medidas num método de iteração, quantas vezes forem necessárias para a verificação, assim durante toda a montagem um operador deve ir atrás do gabarito que pode estar sendo utilizado por outro operador, isso ocasiona muita movimentação tanto do operador como do gabarito, esse excesso de movimentação diminui o foco do operador na montagem e reduz o tempo disponível ao operador.

Peças aguardando para serem montadas - Como relatado anteriormente, algumas peças ficam se acumulando em estoque devido a diferença de velocidade de montagem de alguns operadores relacionados a outros.

Falta de controle de estoque de peças na montagem - As peças para a montagem do produto estão dispostas sem descrição em um estoque central próximo as docas de montagem, muitas vezes há excesso de determinadas peças e falta de outras, ocasionando novamente problemas de rápida reposição das peças no estoque, o espaço ocupado por peças que não serão utilizadas de imediato também trás dificuldades na reposição do estoque.

Peças não conformes - Algumas das operações realizadas durante a montagem exigem alto grau de atenção e experiência por parte do operador, o fato é que cerca de 2,8% das peças não podem mais ser aproveitadas e vão direto para a lata do lixo, mesmo com a experiência dos operadores isto ocorre, nestas ocasiões a dimensão do produto acabado está muito fora da tolerância aceita, ou ainda os furos e escariados estão em desacordo com as normas e não possibilitam a montagem total , nesta porcentagem estão também os produtos que após passarem pelo teste de qualidade dimensional não se encaixam devidamente no avião.

Troca de tipo de produto para o operador - Em operação o colaborador pode ter experiência em um tipo de produto e não conhecer as medidas de outro, quando há falta de um operador outro toma seu lugar, assim ele necessita saber de algumas medidas para realizar suas tarefas, nesse processo o kit de recursos não está completo, há a falta de manuais com dimensões de pontos específicos do produto, estando disponível em um armário fechado que centraliza todas as informações e dificulta a ação do operador.

Atrasos no planejamento - A velocidade e sequência de produção não é controlada, isso incorre em atrasos no planejamento, como o operador não tem um tempo definido para produzir determinado número de produtos (*takt time* não definido) a demanda acaba sendo superior ao número produzido, assim resultando em turnos prolongados e atrasos na entrega do produto(*lead time* superior ao esperado).

Alta hora extra na produção - O número de horas trabalhadas excede o necessário mesmo dispondo de mais operadores na montagem, esse alto Homem-hora implica em altos custos com horas extras, isso se deve a todos os fatores anteriores e é um dos focos principais das alterações que se sucederão.

3.3. PLANEJAMENTO DA MELHORIA

Após a coleta de dados definiu-se o propósito e estipulou-se um plano de ação, delimitando o tempo de implantação da mudança e os resultados esperados. Responderam-se então questões que delimitavam o escopo do projeto e que estão definidas a seguir:

- O que precisa mudar?
- Em que parte da organização?
- Que tipo de mudança?
- Que tipo de apoio é necessário?
- Como é o compromisso a ser formalizado?
- Qual a resistência a ser gerenciada?

As repostas foram respectivamente:

- Há necessidade de mudança no planejamento e gerenciamento da linha de produção em questão.
- Na célula de manufatura da superfície de material composto.
- Alteração no arranjo físico.
- É necessário apoio de todas as camadas da montagem, incluindo administradores, supervisores e indiscutivelmente por parte dos operadores.
- O compromisso é de reduzir gastos, não conformidades, tempo de produção, ociosidade com total comprometimento dos membros da linha.
- A falta de envolvimento e resistência por parte dos operadores e baixo investimento.

Para vencer a resistência dos operadores foi necessário conscientizá-los de que nenhum operador seria desligado da empresa, mas sim realocado em outro setor produtivo, demonstrou-se também que todo esforço ministrado era em prol da melhoria no setor e para manter a empresa competitiva.

A partir da análise dos problemas envolvidos e da conscientização da possível e inerente melhoria, chegou-se ao consenso de mudança total do layout atual da linha de montagem.

Um estudo dos diferentes arranjos físicos possíveis para a linha de montagem foi realizado contemplando: o arranjo por produto ou em linha, o arranjo por processo ou funcional e o arranjo celular.

Torres (2001) afirma que no arranjo físico por processo os recursos são organizados de acordo com as funções que desempenham e de suas necessidades comuns, sendo este o principal elemento do processo produtivo, já o arranjo físico celular aloca o material em processo para determinada área da planta (célula) onde ocorrerão várias etapas do seu processamento assim reduzindo fluxos intensos em grandes distâncias, por último o arranjo por produto tem como forte característica a disposição de acordo com a sequência de operações, uma situando-se após a outra resultando em fácil controle dos processos e manuseio de materiais.

A tabela 1 ilustra as vantagens e desvantagens de cada arranjo físico citado.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjos físicos

	Vantagens	Desvantagens
Processo	Alta Flexibilidade de mix e dos produtos em si Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil Pouca duplicação de equipamentos, implicando em redução de custos Possibilidade do operário auferir prêmios por produção por incentivo Melhor controle de processos complexos ou precisos	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
Produto	Baixos Custos unitários para altos volumes Dá oportunidades para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes e materiais Menor tempo total de produção Menor quantidade de material em processo Possibilidade de motivar grupos de operários através de prêmios de produtividade por linha Menor área por unidade de produção Maior simplicidade de controle, com menos registros necessários	Pode ter baixa flexibilidade de mix de produtos Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo
Celular	Possibilidade de focar a produção de parte da planta Dedicação de várias máquinas por operador Trabalho em equipe com aumento de comunicação Minimização da movimentação Tratamento rápido de retrabalhos Redução de barreiras à movimentação Pode resultar em maior utilização dos equipamentos Fluxo simplificado Encoraja a consideração de equipamentos de propósito geral	Exige supervisão geral Exige maior capacitação dos operadores Exige balanceamento de fluxo entre as células e dentro delas

Fonte: OLIVÉRIO, 1985; TORRES, 2001(Modificado)

O layout estruturado no produto ou layout em linha para o arranjo de montagem se encaixa perfeitamente à necessidade pois a baixa variabilidade do produto com demanda relativamente alta vinculada ao fluxo contínuo tornam muito mais atraente o investimento e payback resultante.

Os operadores não tem de ser tão qualificados como eram no processo em docas, onde o operador sabia como executar todas as operações da montagem, no entanto com o processo

em linha o operador se mantém repetindo a mesma operação, criando prática e aumentando a eficiência da montagem.

O produto final é obtido com grande rapidez e elimina a necessidade de grande estoque nas atividades de montagem. Por fim facilita muito o planejamento, devido ao ágil controle de produtividade, agiliza a programação de acordo com a demanda e torna menor a necessidade de supervisão.

Partindo das afirmativas anteriores chegou-se a conclusão de que a melhor e mais prática maneira de implementação do novo layout de montagem estabelecido foi em linha ou por produto. Isto foi de grande importância ao início do planejamento pois as decisões tomadas sobre o arranjo físico definem a maneira de produção exigindo total compreensão dos outros padrões de *layouts*. A decisão da escolha do layout por produto se deu devido a necessidade de expansão da capacidade produtiva e do elevado custo operacional admitido no *layout* atual.

3.4. NECESSIDADES IDENTIFICADAS

Para facilitar o planejamento e flexibilidade da linha de montagem foram identificados pontos de alto impacto no planejamento estratégico, são citados a seguir:

- Fluxo do contínuo na montagem;
- Balanceamento das atividades;
- Ferramenta de controle de tempos;
- Revisão do fluxo de materiais e informações;
- Oportunidade de automatização em operações de extrema precisão;
- Redução do número de ferramentas;
- Eliminar excesso de movimentação;
- Revisar as atividades e elaborar Procedimento Operacional Padrão (POP);

Por meio destas necessidades elaboraram-se os objetivos do projeto, definindo assim os meios que resultarão no encerramento do projeto com efetivos ganhos.

3.5. ANÁLISE DO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO

O planejamento do novo layout levou cerca de uma semana, e a implementação durou cerca de 3 dias após a chegada da máquina operatriz de furação.

Utilizando o estudo validado do layout atual buscou-se melhorar fatores importantes na produção, para a modelagem do *layout* focou-se em alguns princípios já citados.

O princípio de obediência ao fluxo de operações auxiliou ao estabelecer o meio para reduzir bruscamente a movimentação dos operadores durante a montagem, o vai-e-vem da bancada para o gabarito foi revisado eliminando os maiores retrabalhos, imediatamente observa-se a eliminação de refluxos no processo, que acarretavam cruzamentos de atividades, tiravam o ritmo de trabalho dos operadores gerando interrupções que mesmo pequenas eram reincidentes para a maioria deles.

No âmbito funcional foi desenvolvido um carrinho de movimentação flexível com o desenho padronizado para encaixe do produto, evitando assim maiores gastos com uma esteira rolante, este novo meio de transporte da montagem facilita a passagem de uma atividade para outra eliminando excesso de esforço por parte dos operadores, na maioria das atividades nem é necessário retirar o material do carrinho para executar a montagem, além de facilitar ergonomicamente, pois há um ajuste de altura que está previamente acertado na altura média dos operadores. A medida foi assertiva em procurar o bem-estar dos operadores, segundo entrevistas realizadas após a implantação do carro móvel, os operadores sentiam-se menos cansados ao fim de cada turno de trabalho, o rendimento deles aumentou e consequentemente a eficiência também. Isso foi extremamente positivo ao remeter os problemas que ocorreram no planejamento, devido a falta de cooperação por parte dos operadores em aceitar as mudanças. Com esta melhoria eles recepcionaram melhor as mudanças e o novo sistema de trabalho.

O aproveitamento das ferramentas e máquinas das operações foi responsável por uma grande redução de custos do novo projeto, em um comparativo simples com o problema identificado anteriormente mais de 460 ferramentas, incluindo máquinas de furação, ferramentas básicas, equipamentos de aferição de medidas entre outros, eram utilizados pelos operadores, a partir do novo layout estimou-se uma redução de 50% em ferramentas, o que foi consolidado a partir da implementação do novo arranjo, os gastos com ferramentas acrescentaram muito à redução dos valores anuais gastos com a linha em aparatos necessários, já que durante as operações haviam gastos com calibração de ferramentas, trocas das mesmas

e quebra de maquinário, diminuindo o número de total do instrumental reduziu-se além do gasto de compra o gasto com a manutenção dos equipamentos. A disposição apresentada das ferramentas ainda é brevemente solucionada com a diminuição das mesmas, pois quanto menos ferramentas mais rápido e mais facilmente o operador as identifica, com a nova implantação todas as ferramentas foram contadas e divididas para serem mantidas em total organização em novas caixas sem tampa com o formato da ferramenta em espuma, assim com a melhoria na visualização do equipamento e com a devida marcação do que contém em cada caixa o operador tem ágil sensibilidade do que precisa para determinada atividade.

O maior investimento, porém ainda relativamente baixo em comparação com o plano economizado anualmente com o novo layout, foi a compra do robô de furação, como dito anteriormente todas as tarefas eram feitas manualmente pelos operadores, o que gerava certa não conformidade passando a um custo alto na montagem, com o novo robô a automatização eliminou quase 60% do custo da não qualidade, deixando ainda por parte de outras tarefas o INQ (Índice de Não Qualidade) inferior a 0,8%, esta automatização incidiu sobre a tarefa de maior precisão, considerada mais difícil pelos operadores, a furação exigia muito tempo para acuracidade e refluxo do gabarito para a bancada. O *payback* do aparelho é inferior a 10 meses, levando em consideração somente a eliminação da não conformidade.

Com relação ao abastecimento dos materiais necessários às bancadas, era necessário reduzir o estoque e determinar os itens críticos para a montagem fluir perfeitamente, para isso foi realizado um estudo que determinou os materiais necessários e os pontos de abastecimento dos itens nas bancadas de montagem, foram reprogramados dois pontos de abastecimento, um na entrada da primeira atividade e outro após a atividade de furação, isso foi ainda melhorado com a implementação do *kanban*, que possibilitou a melhora do ciclo na linha eliminando estoques grandes, este *kanban* supre todas as necessidades dos materiais e consolida o *Just in Time* dos processos de planejamento, facilmente se tem todo o controle de análise da demanda e da produção necessária sabendo da capacidade de produção, os estoques intermediários são menores e mais bem suportados com o que é necessário e quando necessário.

A elaboração do POP (Procedimento Operacional Padrão) pôs em prática a melhoria de atividades e fluxo por parte dos operadores, novamente em um comparativo com o *layout* anterior onde todos os operadores realizavam a montagem no seu sistema “micro” com todas as atividades realizadas por um só operador, no layout planejado há um POP para cada um, com sua atividade definida e simplificada, sem cruzamentos de atividades eliminando retrabalhos, cada um deles dispõe de seu POP e gabarito para cômoda compreensão cortando pela raiz a centralização de informações. O roteiro de atividades além disso elabora todas as

mudanças de dimensões quando há troca de produto na linha, como a linha tem essa flexibilidade de produzir dois tipos de produtos, que basicamente tem o mesmo padrão porém em diferentes tamanhos, um dos problemas relatados era a efetuação da troca, que não era bem recebida pelos operadores implicando em demora para assertividade do processo como um todo, com o POP isto também é minimizado, tendo a partir da primeira troca todo o processo normalizado já na segunda entrada do produto.

Para melhorar o *lead time* e o *takt time* da linha fez-se o balanceamento das atividades definindo 5 bancadas com diversas atividades da montagem nivelando o tempo para os operadores, fixou-se um *Andon* com a contagem regressiva dos tempos de operação para virada na linha, de maneira a pôr em vigor a efetiva melhora na redução dos tempos das atividades e eliminação de ociosidade dos operadores, juntamente ao *Andon* foi fixado sistema de alerta de não conformidade que disponibiliza pausa na linha para eventual ajuste, ainda definiu-se pausas de descanso aos operadores a cada turno para melhorar o ambiente de trabalho.

Resultando no alinhamento das mudanças, foram liberados 8 operadores de cada turno para outras montagens, tendo o total de 12 operadores para os dois turnos exigidos, com 6 em cada turno, o sexto operador cuida de todo setup do layout, com a reposição dos materiais nos *kanbans*, estabelecendo o *lead time* para a montagem, além de outras atividades exigidas na montagem.

Refletindo grande melhoria alcançada, constata-se mais de 1000 Homem-horas reduzidas com a redução de mão de obra, somando as horas extras eliminadas, isto totalizando uma melhoria de 57% na produtividade.

Como esperado obteve-se uma redução de 4 horas no *lead time* da montagem mesmo com a redução de operadores, uma melhoria contábil de 12,5% no *lead time* da montagem.

Por fim como o resumo dos ganhos efetivos está definido no quadro 2:

Quadro 2: Melhorias e ganhos do layout planejado.

Melhoria	Descrição	Ganhos
Máquina Operatriz de furação.	Automatização no processo de furação, reduzindo tempo de atividade e índice de não qualidade (INQ).	Produtividade, ciclo e qualidade.
Procedimento Operacional Padrão (POP)	Roteiros elaborados de trabalho, definição do padrão de atividades, reduzindo setup de troca de produto e qualidade dimensional final.	Produtividade, ciclo e qualidade.
Carro móvel	Fácil flexibilidade na troca de atividades e execução das mesmas.	Ciclo.
Ferramental	Redução do número total do ferramental com ferramentas dedicadas a atividade e fácil acesso as ferramentas.	Produtividade e ciclo.
Kanban	Minimização dos estoques, rápido setup e otimização do planejamento.	Ciclo.
Andon	Gestão visual do lead time, controle de tempos de atividades e alerta de não conformidade.	Produtividade, ciclo e segurança.

O *layout* planejado foi definido com as 5 estações de trabalho, incluindo o robô de furação, duas entradas de materiais, uma na primeira atividade e outra após a furação, o material passa duas vezes em cada estação antes de sair na última acabado, o *layout* planejado está definido a seguir na figura 5:

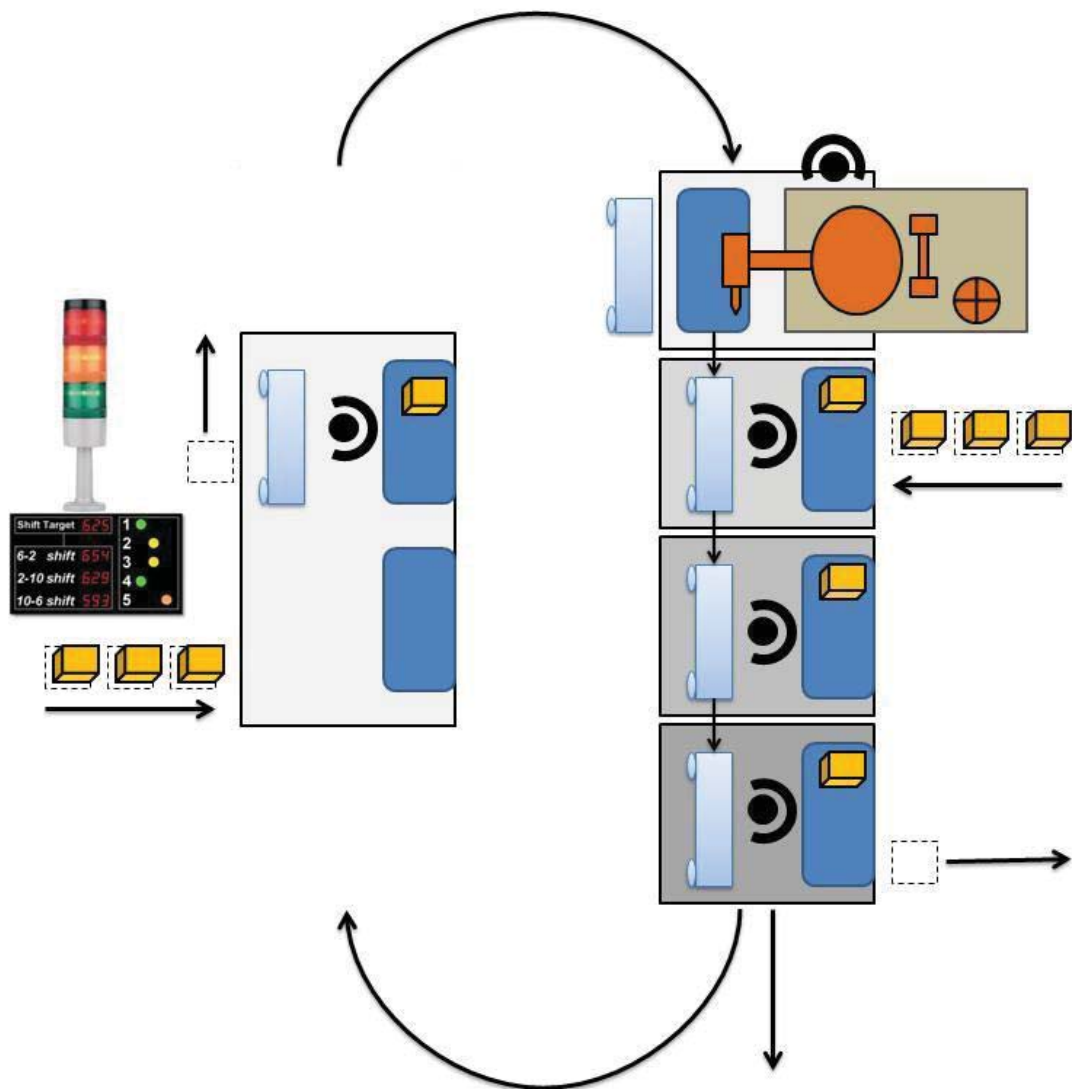


Figura 5: Layout implementado.

Os percentuais finais de reduções do novo arranjo físico após implementação estão dispostos no Quadro 3:

Quadro 3: Valores de redução do novo arranjo físico.

Tópico	Subtópico	Quantidade aproximada	Ganho(redução)
MÃO DE OBRA	Reduzir Hh (por mês)	1000 Homem-Horas	57%
MATERIAL	Redução de WIP (USD/ano)	17500	48%
MÁQUINA	Redução de ferramentas (unidades)	230	52%
CICLO	Redução de lead time	4 horas	12,50%
MEIO AMBIENTE	Redução de emissão de poeira.	—	50%
QUALIDADE	Redução de CNQ (USD/mês)	11000	60%
SAÚDE	Redução da carga de trabalho	—	50%

4. CONCLUSÃO

Com a análise da atual pesquisa-ação pode-se concluir que a experiência vivenciada no projeto trouxe grandes resultados e exemplificou de maneira concreta uma importante mudança em um arranjo físico de uma célula de montagem, com o envolvimento de todos os setores da montagem pode-se observar o comportamento e delinear o meio para aumentar a competitividade da mesma, demonstrou-se como um planejamento do arranjo físico industrial pode melhorar a flexibilidade e facilitar a gestão produtiva de uma empresa. Pôde-se ainda evidenciar a eficiência do Método Kaizen fundamentado no sistema Lean de Produção e praticá-lo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, Y.N.; MARK, A.V.; XENOPHON, A.K. **The impact of organizational structure on time-based manufacturing and plant performance.** *Elsevier science*, 2003.

ANDREASEN, M.M.; KAHLER, S.; LUND, T. **Design for assembly.** UNK: IFS Publications; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, 1998.

ALMEIDA, R. **Um Sistema de Apoio à Decisão Utilizado no Planejamento e Controle de Produção de uma Empresa Aeronáutica.** 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

APPLE, J.M. **Material Handling System Design.** New York-EUA: The Ronal Press Company, 1973. **Facility Layout and Location: Na Analytical Approach.** Englewood Cliffs – EUA: Prentice-Hall Inc, 1974.

BLACKBURN, J.D. **Time based competition : the next battleground in American manufacturing.** Homewood, IL: ed Business One Irwin, 1991.

BOOTHROYD, G; DEWHURST, O. **Product Design for Assembly.** Wakefiel Boothroyd Dewhurst, Inc., 1990.

BRYSON, J.M. **Strategic planning.** *Elsevier Science*, 2001

CAMAROTTO, J.A **Estudo das Relações entre o Projeto de Edifícios Industriais e a gestão da Produção.** 1998, 246p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FLOGÃO o fotolog do seu jeito. **Linha de montagem da Boeing em Rentom,EUA.** R7.Diponível em : <<http://www.flogao.com.br/transportesbrasil/68901843>>. Acesso em: 24 nov. 2012.

GERWIN, D. **Manufacturing flexibility: a strategic perspective.** *Management Science*; v.39, n. 4, 1993, pp. 1171-1182.

GIANESI, Irineu G.N. **Implementing manufacturing strategy through strategic production planning.** *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 3, p. 286-299, 1998.

HOLWEG, M., The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management.** v.25, p. 420-437, 2007.

IMMER, J.R. Layout Planning Techniques. New York: McGraw-Hill, 1950.

CAVOK Brasil. Asas da informação. Airbus inaugural nova linha de montagem final do A320 em Hamburgo. Fernando Valduga, 2010. Disponível em: <<http://www.cavok.com.br/blog/?p=40235>>. Acesso em: 27 de nov. 2012.

MATZKA, J.; MASCOLO, M. D.; FURMANS, K.; Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. **Journal of Intelligent Manufacturing.** DOI 10.1007/s10845-009-0317-3, 2009.

MELLO, C.H.P; TURRIONI, J.B.; XAVIER, A.F.; CAMPOS, D.F. . **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução.** *Produção*, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MELLO, L.C.B.B. et al. **Análise da competitividade dos estaleiros nacionais fabricante de embarcações OFFSHORE através do estudo de Casos Múltiplos.** *Revista Produção Online*, Florianópolis, v. 11, n. 2, p.369-398, 30 maio 2012. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br>>. Acesso em: 30 maio 2012.

MILTENBURG, J.; Level schedules for mixed-model assembly lines in Just-in-Time production systems. **Management Science.** v.35, n.2, 1989.

MOORE, J.M. Computer Program Evaluates Plant Layout Alternatives, **Journal of Industrial Engineering**, Vol.3, No. 8, 1971, pp. 19-25.

MURMAN, E.M. Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative. **Engineering Sciences Book**, 360 p. 2003.

MUTHER, R. **Planejamento do Layout: Sistema SLP.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1978.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 149p. 1997.

OLIVEIRA, U.R. **Tomada de Decisão em Flexibilidade de Manufatura para Gerenciamento de Riscos Operacionais no Processo Produtivo Industrial**. 2009. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

OLIVÉRIO, J.L. **Projeto de Fábrica: Produtos, Processos e Instalações Industriais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda, 1985.

REED Jr.; R. **Plant Layout: Factors Principles and Techniques**. Homewood: Richard D. Irwin, 1961.

SANCHES, A. L. **Sequenciamento de Linhas de Montagem Múltiplas em Ambiente de Produção Enxuta Utilizando Simulação**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 21, n. 11, 2001.

SERRÃO, R.O.B. **Um estudo sobre a flexibilidade de manufatura e sua percepção e efetivação em micro e pequenas empresas**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747p.

SOARES, J.P.M. **A contribuição da simulação computacional para a análise sistêmica da reestruturação de layout e otimização de recursos na manufatura celular: estudo de caso em uma célula de uma empresa do ramo automotivo**. *Produto & Produção*, vol. 12, n.3, p.49-68, out. 2011.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TORRES, I. **Integração de Ferramentas Computacionais Aplicadas ao Projeto e Desenvolvimento de Arranjo Físico de Instalações Industriais**. 2001. 154 p. Dissertação

(Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

WHEELWRIGHT, S.; CLARK, K. Revolutionizing product development. New York: **The Free Press**, 1992.