

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

VÂNIA GALVÃO COSTA

O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE MUDANÇA DE LEIAUTE
INDUSTRIAL NA CÉLULA DE UMA LINHA ORIENTADA PELA PRODUÇÃO
ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE TELECOMUNICAÇÃO
ELETRÔNICA BRASILEIRA – INTELBRAS

MANAUS
2015

VÂNIA GALVÃO COSTA

**O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE MUDANÇA DE LEI AUTE
INDUSTRIAL NA CÉLULA DE UMA LINHA ORIENTADA PELA PRODUÇÃO
ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE TELECOMUNICAÇÃO
ELETRÔNICA BRASILEIRA – INTELBRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

ORIENTADOR: PROF. DR. WALT AIR VIEIRA MACHADO

MANAUS
2015

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Costa, Vânia Galvão
C837d O desenvolvimento de um modelo de mudança de leiaute industrial na célula de uma linha orientada pela produção enxuta: um estudo de caso na Indústria de Telecomunicação Eletrônica Brasileira – Intelbras / Vânia Galvão Costa . 2015
68 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Waltair Vieira Machado
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Produção. 2. Enxuta. 3. Leiaute. 4. Produtividade. I. Machado, Waltair Vieira. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

VÂNIA GALVÃO COSTA

**O DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE MUDANÇA DE LEIAUTE
INDUSTRIAL NA CÉLULA DE UMA LINHA ORIENTADA PELA PRODUÇÃO
ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE TELECOMUNICAÇÃO
ELETRÔNICA BRASILEIRA – INTELBRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. WALTAIR VIEIRA MACHADO, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. CLÁUDIO DANTAS FROTA, Membro.
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. TRISTÃO SOCRATES BAPTISTA CAVALCANTE, Membro.
Universidade Federal do Amazonas

DEDICO,

*À minha querida mãe Maria Rosa,
pelo amor e presteza inesgotáveis.*

*Ao meu pai Vitorino,
por sempre confiar em mim.*

AGRADEÇO,

À Deus, fonte de toda a minha virtude e, por ter me dado força em todas as situações, em especial, durante a realização deste Mestrado.

À Intelbras, pela oportunidade de capacitação profissional.

À Universidade Federal do Amazonas, por me acolher.

Ao professor orientador Dr. Waltair Vieira Machado, pelos ensinamentos.

Aos meus pais, por me preparem desde a infância para este momento.

À minha filha, Jade Galvão Alfaia, pelos incentivos diários.

Expresso ainda os meus agradecimentos à minha amiga Wanessa da Costa Nascimento por me auxiliar na concretização de algumas etapas deste Mestrado.

RESUMO

O presente trabalho busca apresentar o desenvolvimento de um modelo de leiaute celular dentro de uma linha de produção e a sua implantação buscando a produtividade dentro de uma empresa líder no segmento de segurança, telecom e redes. O desenvolvimento do modelo foi elaborado de acordo com a literatura técnica aplicada em outras organizações do mesmo segmento e discutido em diversas esferas acadêmicas dispersas pela abordagem da Engenharia de Produção e sua gestão. O objetivo principal deste trabalho está na elucidação de um modelo de razoável compreensão o qual demonstra que mudanças bem aplicadas resultam em uma produtividade assertiva com mais rapidez e qualidade na produção de um determinado produto. Assim, entende-se que conceitos da Produção Enxuta são imprescindíveis para o bom funcionamento e sustentabilidade de qualquer projeto, uma vez que a busca pela vantagem competitiva é uma premissa básica para as organizações inovarem seus processos.

Palavras-chave: Produção Enxuta. Leiaute. Produtividade.

ABSTRACT

This study aims to present the development of a cell layout model and change seeking productivity within a leading security segment, Telecom and networks in a particular line of production. The model of development is being prepared in accordance with the technical literature applied to other organizations in the same industry and discussed in various academic spheres dispersed from the perspective of production engineering and management. The main objective of this work is to elucidate a reasonable understanding model which demonstrates that well implemented changes result in an assertive productivity faster and quality in the production of a particular product. Thus, it is understood that concepts of Lean Production are essential for the proper functioning and sustainability of any project, since the search for competitive advantage is a basic requirement for organizations to innovate their processes.

Key-words: Lean Manufacturing. Layout. Performance.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

JIT – Just in time

MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

PIM – Polo Industrial de Manaus

STP - Sistema Toyota de Produção

TG - Tecnologia de Grupo

TPM - Manutenção Produtiva Total

WIP - Work in Process

ZFM – Zona Franca de Manaus

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma das etapas do trabalho	22
Figura 02 – Condução da pesquisa.....	25
Figura 03 – Subsistemas de suporte ao sistema JIT.....	33
Figura 04 – Itens evidenciados por um eficiente arranjo físico.....	37
Figura 05 – Arranjo posicional ou por posição fixa.....	38
Figura 06 – Arranjo físico funcional ou por processo.....	38
Figura 07 – Arranjo físico linear, por produto ou de produção.....	39
Figura 08 – Arranjo físico celular	40
Figura 09 – Arranjo físico da produção de câmeras CMOS	41
Figura 10 – Tempo médio de operação por posto de trabalho.....	42
Figura 11 – Etapas principais para elaboração do modelo de projeto de leiaute.....	44
Figura 12 – Identificação de gargalo no posto de trabalho 07.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados esperados na pesquisa.....	46
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Cronograma de Atividades.....	24
Quadro 02 – Exemplo ilustrativo de painel dos dados coletados.....	28
Quadro 03 – Características dos tipos básicos de arranjo físico.....	40
Quadro 04 – Resumo dos resultados alcançados no trabalho	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Contextualização	17
1.2 Objetivos: Geral e Específicos	17
1.3 Justificativa	18
1.4 Delimitação do estudo	19
1.5 Estrutura do trabalho	19
1.6 METODOLOGIA.....	20
1.6.1 Procedimentos das etapas da pesquisa	21
1.6.2 Cronograma de atividades.....	24
1.6.3 Coleta e tratamento dos dados.....	25
1.6.4 Validação dos resultados.....	29
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1 O sistema de produção em massa	30
2.2 O exemplo do sistema Toyota de produção	30
3. A importância do arranjo físico nas organizações – leiaute	34
3.1 Os tipos de arranjo físicos	37
3.1.1 Arranjo posicional ou por posição fixa	37
3.1.2 Arranjo físico funcional ou por processo	38
3.1.3 Arranjo físico linear, por produto ou de produção	39
3.1.4 Arranjo físico celular	39
4. LEVANTAMENTO DO ESTADO ATUAL.....	41
4.1 Análises e identificações para melhorias com a alteração do leiaute para arranjo físico celular.....	43
4.1.1 O modelo proposto de projeto de leiaute	44
4.1.2 Etapas principais para elaboração do modelo de projeto de leiaute.....	45
5. RESULTADOS	46

6.CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A - Instrução de Trabalho I.....	58
APÊNDICE B - Instrução de Trabalho II.....	60
APÊNDICE C – Cronometragem de tempo.....	62
APÊNDICE D – Comparativo entre antes e depois da realocação do processo de ajuste do foco	64

1. INTRODUÇÃO

O espaço físico o qual agrupa as instalações fabris de uma organização é um fator considerável no desempenho da empresa. É nesse viés, que a eficácia é o atributo imperativo desde a localização geográfica das unidades até posição das máquinas na operação do processo produtivo. Relata-se ainda que o arranjo físico bem estruturado e com acessibilidade reduzirá tempo com deslocamentos desnecessários dos operadores gerando oportunidades mais lucrativas, além de controle facilitado das operações.

Para Kotler e Keller (2012), a inovação é a tendência mundial para que as empresas sejam percebidas tanto pelos seus clientes internos e externos, tanto pelos seus competidores. É com esta característica universal que este estudo baseia-se em demonstrar que pequenas e criativas alterações em leiautes pragmáticos ampliam ações objetivas e frutíferas com soluções lógicas de produção. Baseando-se na importância do arranjo físico, este trabalho contribui para os assuntos concernentes nesta área.

É nessa linha de atuação voltada para a produtividade, que as organizações se tornam competitivas em produzir itens novos sob condições reduzidas de tempo e de custo. Sendo assim, as ferramentas as quais auxiliam as empresas líderes no segmento de segurança, de telecomunicação e redes perfazem desde o estudo de zonas economicamente viáveis e atrativas quanto à incidência tributária até o remanejamento de linhas de produção a fim que a eficácia, eficiência e efetividade possam ser perenes no processo produtivos dessas organizações. Tradicionalmente, para Gurrea et al (2014) enfatiza-se que o tema acerca da gestão dos custos evidencia um papel fundamental para todos os tipos de empresas e organizações, pois, todos os custos inerentes à fabricação do produto influenciam significativamente no resultado econômico (sendo este lucro ou prejuízo), causando e acirrando a competitividade frente aos concorrentes e ao mercado.

Com a chegada da globalização, a gestão estratégica é uma solução para atender às demandas da economia com relação ao crescimento

significativo das novas perspectivas e alternativas proporcionadas por novos paradigmas dos mercados em um contexto de busca por melhoria contínua da competitividade e solidificação. Diante desse aspecto, as organizações esgotam todas as possibilidades na busca por soluções de desenvolvimento multifuncional e inovação presentes na essência teórica da globalização e da gestão estratégica de custos. Aplicando todo esse conceito científico às realidades operacional e fabril, a presente pesquisa em comento traz as peculiaridades da mudança de leiaute de uma linha de produção desta empresa nacional, de capital 100 % nacional e que é líder no mercado brasileiro de centrais telefônicas, telefones e centrais condominiais.

A saber, a fundação desta empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no PIM ocorreu em 1976 e segue atuando com presença em todo o território nacional e em diversos países da América Latina e África. Os seus produtos são ofertados em nove mil pontos de venda de varejo e em seis mil revendedores corporativos. Essa empresa ainda baseia-se em missões, filosofias e valores voltados para o desenvolvimento e soluções de comunicação e de integração que potencializem e valorizem a experiência humana, administrando de maneira participativa a sucessibilidade das suas operações, e, preocupando-se com a realização de pessoas com o cultivo da simplicidade, da segurança do negócio, da qualidade produtiva.

Geograficamente, essa empresa se faz presente na cidade de Manaus desde o ano de 2009 com grandes perspectivas de crescimento e expansão produtiva, priorizando conceitos implícitos que caracterizam suas mudanças conceituais e definindo o seu papel dinamizador no crescimento econômico do país. Entre os anos de 1998 e 1999, essa empresa tornou-se líder no mercado brasileiro de centrais e aparelhos telefônicos, com cenários de domínio de 31% do mercado de aparelhos telefônicos e 33% do mercado de centrais telefônicas, e, suas exportações iniciaram em 1996 para os países da América Latina, principalmente países do MERCOSUL, alcançando a liderança em mercados importantes, como a Argentina. Assim, pode-se inferir que essa empresa objeto deste estudo é uma organização disponível para o elo científico e adepta das práticas de engenharia de produção buscando sempre as melhores soluções para garantir a sucessibilidade das ações.

1.1 Contextualização

Atualmente, muitas organizações adotam a manufatura enxuta, a fim de melhorar o seu desempenho neste mercado globalizado competitivo onde a incerteza é prevalente. Assim Wong et al (2009) define que alguns tópicos são essenciais para a sucessibilidade das práticas da manufatura enxuta, como a gestão no manuseio de materiais porque o custo atribuído a sua movimentação tem sido estimado entre 15% e 70% do total das despesas de fabricação.

Pode-se ainda destacar que outro item o qual exige aprofundamento nesta questão é a má disposição de instalações fabris em linhas de produção que podem acarretar em vários efeitos de deterioração das matérias-primas, produtos finais, estoques excessivos, retrabalhos em processo e desequilíbrio ou até mesmo baixa de equipamentos e máquinas.

Para Sugimori et al (2007), a lista de pacotes de práticas enxutas inclui deste o conceito do processo no momento exato, *Just-In-Time* ou JIT, (inglês), intercalando com a gestão da qualidade total, a manutenção preventiva, a gestão de recursos humanos, o fluxo operacional, o controle de processos, a manutenção predial e os colaboradores das organizações. É nesse aspecto que os métodos da manufatura enxuta têm sido relatados como fator crítico para aperfeiçoar o uso dos recursos. Além disso, puxar métodos (como Kanban) com a redução do tamanho dos lotes de produção foi identificados como formas comumente usados para reduzir a armazenagem e os estoques e evitar produção extra.

Assim, pode notar uma tendência nas organizações em otimizar e reduzir suas linhas de produção a fim que itens como o tempo e o processo sejam minimizados buscando a produtividade da operação. A padronização dos processos de trabalho é necessária para, métodos de trabalho seguros e eficientes para eliminar resíduos ou retrabalhos (KASUL E MOTWANI, 1997).

Diante desse cenário, este trabalho contextualiza-se em solucionar a problemática de um arranjo físico de produção o qual está aquém da capacidade fabril em uma empresa visando seu desenvolvimento com alteração do leiaute contribuindo com o aumento da eficiência e da

produtividade em uma determinada linha de produção de montagem de câmera. É nessa conjectura que surge a pergunta deste trabalho: Quais os benefícios que a mudança de leiaute pode trazer para uma empresa com referências pela Produção Enxuta?

1.2 Objetivos (Geral e Específicos)

Geral:

De acordo com Campuzano-Bolarín et al (2014), a gestão de desempenho da produção tornou-se um fator chave de sucesso para qualquer organização. Tradicionalmente, o desempenho gestão tem-se centrado exclusivamente em medidas financeiras, principalmente por meio de medidas quantitativas, mas nas últimas décadas, o desempenho das organizações está sendo estendido a uma visão integral da organização, aparecendo medidas qualitativas de eficiência.

Assim, o objetivo principal deste trabalho está em desenvolver um modelo de mudança de leiaute industrial em uma determinada linha de produção orientada pela manufatura enxuta, evidenciando a sua influência na produtividade fabril de uma empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus.

Específicos:

Quanto aos objetivos específicos, este trabalho pretende:

- ✓ Elaborar uma pesquisa com perspectivas e análises sob a ótica da Produção Enxuta quanto à alteração de leiaute em uma determinada linha industrial dentro de uma fábrica e a sua correlação com a eficiência.
- ✓ Levantar informações de produtividade mostrando a diferença entre o sistema de produção em linha e o sistema de produção em célula.
- ✓ Evidenciar que mudanças de leiaute podem proporcionar resultados frutíferos e ações prósperas no processo produtivo.
- ✓ Abordar as pesquisas nacionais e internacionais mais atualizadas concernentes nesta área de pesquisa.

- ✓ Relatar os benefícios advindos com alterações em leiaute dentro da fábrica analisada servindo de parâmetro para demais organizações.

1.3 Justificativa

Para Yeh e Fang (2015), a estratégia de marketing bem-sucedida deve ser gerida para integrar todas as decisões, tais como preços, serviço pós-venda e de produção, a fim de maximizar os lucros, entretanto, por alguns motivos, a maioria das organizações não alcança a integração completa e eficaz desses itens, deixando algumas lacunas em seus processos produtivos. Sendo, assim e em particular, desde o início dos anos 90 o sistema de manufatura enxuta, *lean production* (inglês), tornou-se popular para as indústrias. Depois disso, a agilidade na produção tem recebido grande atenção. A exploração de novas técnicas para trazer esses conceitos estratégicos mais próximos, tornou-se vantajosa para as indústrias pioneiras.

Com esse paradigma de produção enxuta, de controle individual da manufatura e de interpretação progressiva dos objetivos reais advindos com a produção enxuta, o desenvolvimento deste trabalho justifica-se na importância fundamental que o leiaute desempenha nas organizações, pois, um arranjo físico flexível possibilita às empresas reagirem com maior velocidade às variações impostas pelo mercado com redução da operacionalização dos processos ocasionando os maiores fatores de eficiência, eficácia e capacidade de resposta.

Espera-se que a abrangência deste trabalho concernente à importância de um leiaute programado e adaptado à realidade fabril de uma organização, possa deixar assente a relevância deste trabalho dentro do processo de produção enxuta. Segundo Mehrsaia et al (2013), um prévio conhecimento por parte da empresa sobre as dificuldades com as quais poderá se defrontar durante seu percurso no mercado precisa ser tomado como parte do processo. Surge-se então um contexto de reestruturação, flexibilização dos processos produtivos, de transnacionalização das empresas e do crescimento ainda mais

sustentável da concorrência com funções mais proativas das organizações e mercado consumidor.

Portanto, o estudo de leiaute torna-se imprescindível de análises qualitativas e quantitativas no que tange à melhoria contínua, às ações de mudança para melhor, *Kaizen* (japonês), às capacidades de flexibilidade, às avaliações, aos sistemas de produção enxuta na eficiência e redução de custos, embora existam alguns benefícios adicionais que possam agregar valores no processo. Com o advento dessa cultura organizacional baseada em produção enxuta, Agarwal et al (2013) deduz que são muitos os benefícios trazidos pela adoção de práticas de fabricação celular, pois, além da minimização do tempo e processamento, o produto torna-se simplificado.

1.4 Delimitação do Estudo

Quanto ao lapso temporal, os estudos preliminares foram desenvolvidos durante o ano de 2014, em meados dos meses de março no departamento de montagem final nas linhas de câmeras - CMOS fabricadas por esta empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus, mas precisamente na área de produção.

Pormenorizando, os subconjuntos do produto passam pelo de setor de SMD, inserção manual e sala limpa, mas para este trabalho e foi abordado apenas o processo da montagem final da câmera. A aplicação deste trabalho se restringe quantitativa quanto às demais linha de produção inerente desta empresa, uma vez que o portfólio de produtos acabados produzidos na filial Manaus é exaustivo diante da limitação espacial disponível para o armazenamento de produção, o que poderia acarretar estoques extras.

1.5 Estrutura do Trabalho

Este trabalho abrangendo o estudo de caso é composto por 6 capítulos os quais estão divididos:

Capítulo 1 – Introdução relatando os objetivos deste trabalho, assim como a contextualização, a justificativa e a própria delimitação do trabalho,

incluindo, a metodologia apresentada quanto aos aspectos científicos referendados a fim que se possa seguir com o trabalho diante das normas e regulamentos coesos.

Capítulos 2, 3 e 4 – Fundamentação Teórica concernente ao desenvolvimento do modelo de mudança de leiaute celular em uma determinada linha de produção orientada pelos conceitos de Produção Enxuta evidenciando a sua influência na produtividade fabril de uma determinada empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus, correlacionando assim as práticas e os conceitos da melhor gestão da produção com a apresentação do Estudo de Caso em si relatando os detalhes, a composição do trabalho e as últimas revisões na literatura acerca da produção enxuta e os modelos relatados em outros estudos de caso de leiautes desenvolvidos.

Capítulo 5 – Apresenta os resultados alcançados diante da finalização desta pesquisa em consonância com a análise geral do modelo contemplando as contribuições prospectadas e possíveis restrições de aplicabilidade. O capítulo 6 explana os retrospectos conclusivos acerca deste estudo.

1.6 METODOLOGIA

Para este trabalho, a abordagem metodológica adotada quanto ao escopo deste trabalho, em termos de profundidade e amplitude é do tipo estudo de caso. Segundo Miguel (2011), o estudo de caso aborda uma situação atual em uma circunstância intrínseca da vida real. É nesse sentido, que este trabalho pleiteia buscar uma contribuição no aspecto da natureza empírica.

A opção por esse tipo de abordagem é justificada por dois motivos fundamentais: primeiro, o objeto do estudo acontece com os fatos e não há interferência dos elementos da própria pesquisa na condução das atividades, há a observação passiva das ações acompanhada pela condução da literatura científica. E, o segundo motivo pauteia-se na relevância do assunto frente às

demandas das organizações na busca por sedimentação de resultados e estratégias que possam conduzir a implantação da inovação do processo produtivo.

Quanto à escolha da unidade de análise (empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus) foi proposital, pois venho desempenhando atividades profissionais nas áreas de produção, engenharia e cadeia de suprimentos. A empresa de nível nacional, de médio porte na filial Manaus (com aproximadamente 200 colaboradores diretos e indiretos) e cerca de R\$ 36 milhões de faturamento anual, é certificada pela ISO 9001 desde o ano de 2013. Diante desses aspectos e combinados com a acessibilidade e facilidade na condução dos dados deste trabalho, torna-se uma oportunidade ímpar para a contribuição da literatura acerca do desenvolvimento do modelo de mudança de um leiaute industrial em uma célula e sua importância na gestão da produção.

Quanto aos dados, Miguel (2008) aponta que para estudos de caso, a natureza é qualitativa devido ao caráter usual da natureza dos dados tratados nesta abordagem. Além de outros fatores, as fontes apresentadas neste trabalho aportam-se em artigos nacionais e internacionais publicados nos últimos dois anos na área de Engenharia de Produção com análises documentais e discutidas na comunidade científica.

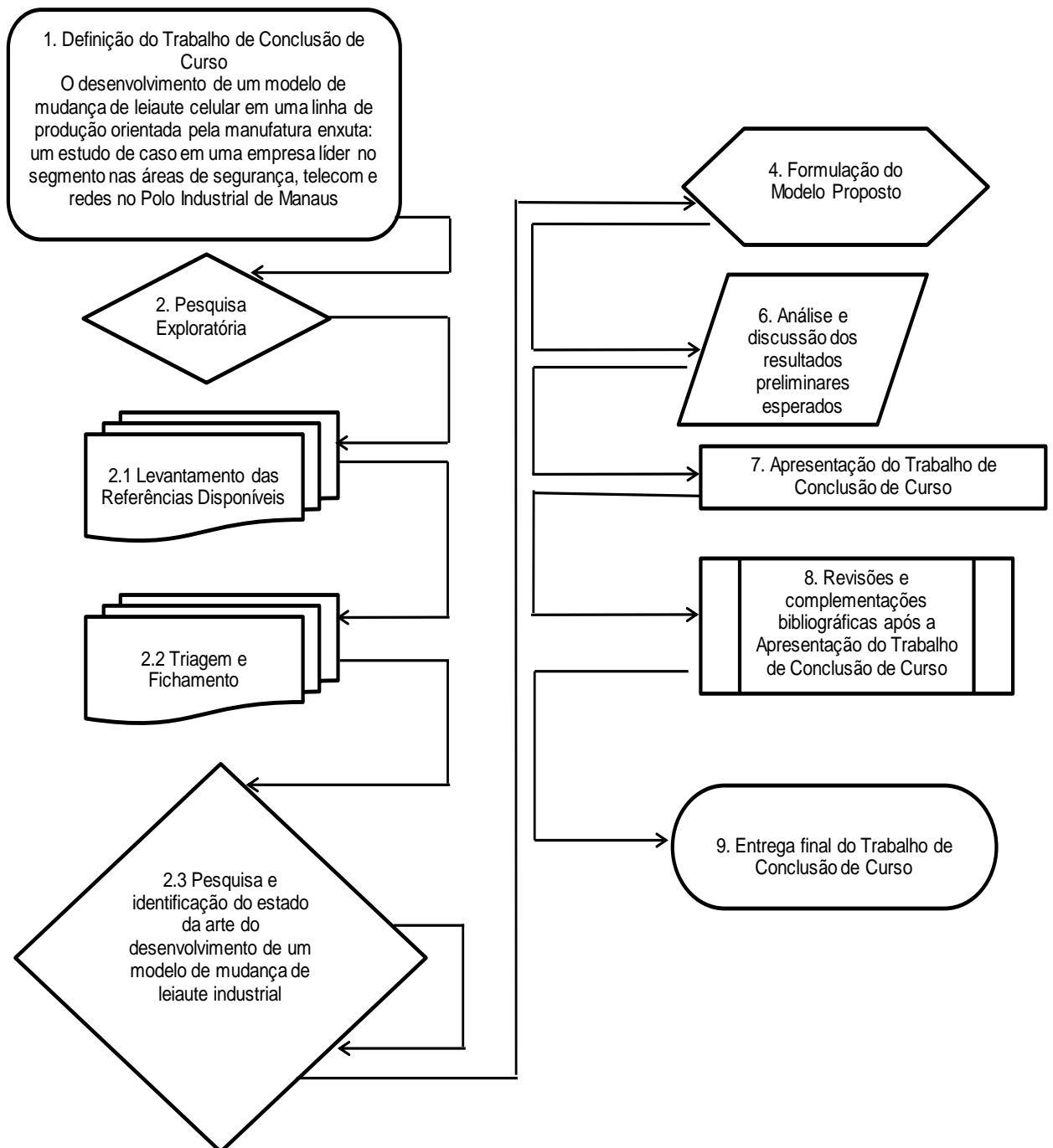
As técnicas de discussão em grupo na linha de produção, *brainstorming*, (inglês) foram amplamente realizadas na célula fabril a fim que as problemáticas até às mudanças propostas fossem analisadas e consensualmente aplicadas à eficiência da manufatura enxuta, caracterizando as variáveis do estudo em experimentais. Quanto à natureza do relacionamento entre variáveis, é uma pesquisa de caráter descritivo, com o objetivo e ao grau de cristalização do problema de natureza exploratória.

1.6.1 Procedimentos das etapas da pesquisa

Para o alcance dos objetivos específicos em consonância com o cerne deste trabalho, a figura 01 traz o fluxograma elaborado visando o

esclarecimento quanto às fases de elaboração deste estudo, desde a definição do assunto e do objetivo perfazendo a escolha dos aspectos metodológicos, apresentação dos resultados, e possíveis revisões a serem solicitadas pela banca examinadora.

Figura 01. Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Elaboração autora (2015).

Este trabalho permeia desde a identificação do problema até a conclusão dos resultados esperados postos em prática juntamente com a validação dos resultados. A definição acerca do tema deste trabalho foi o passo inicial para a elaboração do estudo. Diante do sistema competitivo das grandes organizações, os sistemas de manufatura demandam por técnicas enxutas e ações operacionais com alta eficiência e baixo custo de produção.

Após a identificação e o mapeamento de oportunidades a serem realizadas na estação fabril, está sendo realizado todo o levantamento possível na literatura nacional e internacional da pesquisa exploratória diante das últimas técnicas adotadas por grandes empresas e previamente corroboradas pela literatura.

Após a compilação do acervo a ser pesquisado, há a fase de triagem e fichamento das informações concernentes a dois itens principais: técnicas de produção enxuta, arranjo físico nas organizações e a causa-efeito com o aumento da produtividade fabril. Pode-se inferir que os assuntos são inter-relacionados, pois aplicabilidade do conceito de manufatura enxuta à alteração de um arranjo físico demonstrará neste trabalho, o aumento significativo de produtividade em uma linha de produção.

Diante das questões mais inerentes expostas pela literatura, este trabalho concentra-se no estado da arte acerca dos problemas do arranjo físico e o desafio diante das tendências futuras. Busca-se nessa etapa evidenciada ainda na figura 01 identificar e lidar com formulações e metodologias de resolução diante do cenário que envolve o estudo de caso na prática. Para Tortorella et al (2014), a manufatura enxuta é uma estratégia de implementação para a contínua melhoria fabril das organizações diante dos princípios de gestão da produção com o comprometimento da alta direção e de todos os colaboradores.

É diante desta conjectura, o estudo traz a formulação de como a nova proposta de construção e alteração do arranjo físico baseado no aprimoramento proveniente da literatura pode agregar valor ao aumento da produtividade. Espera-se ainda a consolidação dos resultados esperados ou

preliminares juntamente com a validação dos mesmos a serem discutidos com este trabalho.

1.6.2 Cronograma de atividades

O quadro 01 traz o cronograma de atividades correlacionando as etapas deste trabalho, desde o início dos estudos até a finalização de todas as disciplinas contempladas na grade acadêmica do curso, permeando a pesquisa exploratória com os dados científicos, as revisões, a elaboração de pré-projetos antecedentes, e finalizando com a entrega em si deste trabalho. Sendo assim, este cronograma apresentado no quadro 01 a seguir está em consonância com a condução deste estudo.

Quadro 01. Cronograma de Atividades

ETAPAS	PERÍODO INICIAL	PERÍODO FINAL
Realização das disciplinas obrigatórias do curso	01/01/2013	30/12/2013
Publicações científicas em anais de eventos, revistas e periódicos	01/01/2014	20/06/2014
Levantamento bibliográfico com definição da pesquisa	01/10/2013	31/03/2014
Planejamento da pesquisa com pesquisa exploratória	01/04/2014	07/07/2014
Levantamento das referências disponíveis	01/08/2014	30/06/2015
Triagem e Fichamento	01/04/2014	30/06/2015
Pesquisa e identificação do estado da arte do desenvolvimento de um modelo de mudança de leiaute industrial	02/01/2015	01/05/2015
Formulação final do modelo proposto	01/06/2015	30/06/2015
Análise e discussão dos resultados preliminares esperados	01/03/2015	27/03/2015
Qualificação	23/03/2015	27/03/2015
Retificações a partir das Considerações da Banca	01/04/2015	30/06/2015

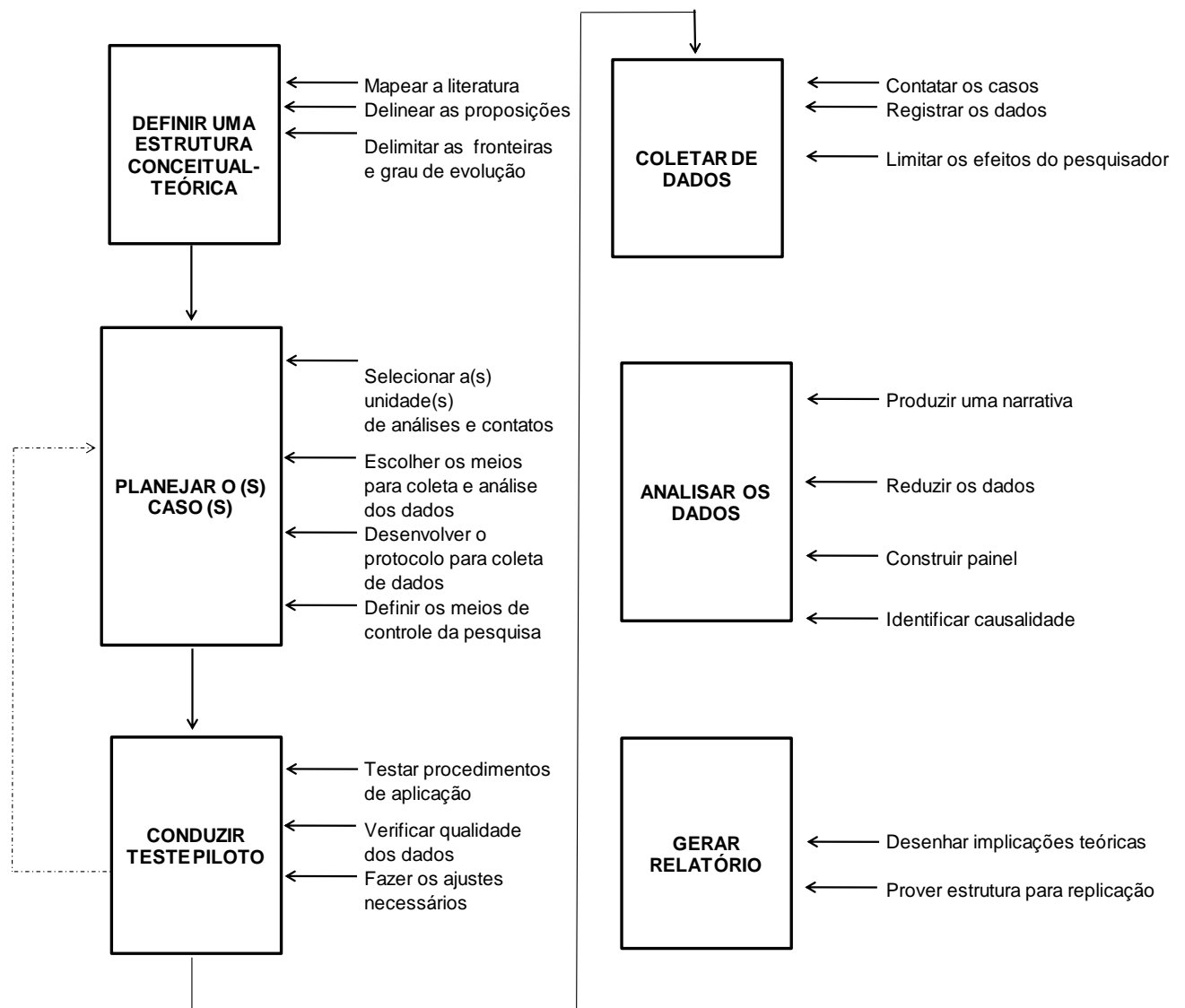
Fonte: Elaboração autora (2015)

1.6.3 Coleta e tratamento dos dados

Este trabalho está baseado na estruturação do estudo de caso proposta por Miguel (2008) conforme figura 02.

É importante descrever que para atender aos objetivos específicos é importante correlacioná-los como os mesmos são conduzidos e aplicados nesta pesquisa. É nesse sentido que, a seguir são detalhadas como as etapas e suas sequências serão seguidas por meio das coletas e tratamento dos dados, para por fim, apresentar o relatório final.

Figura 02. Condução da pesquisa



Fonte: Miguel (2008).

1. Definição de uma estrutura conceitual-teórica

Para esta etapa, Miguel (2008) enfatiza que preliminarmente é fundamental fazer a construção de todo um referencial de conceitos, teorias e bibliografia disponíveis em toda a literatura dispersa, incluindo proposições empíricas ou não. Sendo assim, esta pesquisa está baseada em artigos científicos publicados nos últimos cinco anos, priorizando os dois últimos anos de texto em níveis nacional e internacional. Além do acervo de livros relacionados na gestão de produção juntamente com o histórico disponível pela empresa em comento.

2. Planejamento de dados

É essencial que uma pesquisa possa ter sido realizado diante uma base científica adequada e dentro dos parâmetros que busquem uma abordagem expressiva e com clareza quanto à coesão dos objetivos e resultados que agreguem valor ao assunto. Miguel (2008) afirma que há uma paridade entre a literatura e o planejamento estratégico, para que se tenha uma sequência ordenada das unidades as quais serão observadas e analisadas. Com isso, para este trabalho está sendo realizado somente um único estudo de caso para o desenvolvimento de um modelo de mudança de leiaute celular na linha de produção orientada pela manufatura enxuta, com apresentação dos resultados alcançados posteriormente.

A partir da seleção e do planejamento descritos, observa-se que para este estudo as técnicas para a coleta e análise dos dados mais apropriados referem-se às entrevistas de forma não estruturadas com os operadores e líderes de produção, analistas de melhorias contínuas e técnicos de infraestrutura, à análise documental dos manuais de produção e leiaute elaborados pela própria empresa, às observações diretas e indiretas dos colaboradores no manuseio dos itens e várias visitas ao “chão de fábrica”, estas, de referência da metodologia guemba. Para Nishioka (2010), inspeções in loco nas linhas de produção trazem eficácia ao sistema fabril, pois se entende que a riqueza organizacional está localizada na fábrica.

3. Condução do teste piloto

Miguel (2008) afirma que o processo de condução do teste piloto nas pesquisas que envolvem estudo de caso é primordial para a confiabilidade do método, entretanto, não se trata de um procedimento usual dos pesquisadores no país. Para este trabalho em comento, não há a aplicação do teste piloto, apesar da importância e aprimoramento que a técnica traz à pesquisa. Após o desenvolvimento do modelo de leiaute haverá a aplicação na prática em uma célula industrial para evidência dos resultados, e após, o prognóstico dos resultados, pretende-se estender a alteração de leiaute para outras células.

4. Coleta dos dados

Para esta fase, Miguel (2008) assegura que existem diversas maneiras para agrupar e reunir os dados de qualquer pesquisa, diante de um planejamento adequado. Este trabalho conta com o arquivo de fotos, entrevistas não estruturadas com operadores de linha de produção e de engenheiros de teste acerca dos *modi operandi* vivenciados durante a aplicação da elaboração desta pesquisa. Assim, toda a coleta de dados está embasada no desenvolvimento do modelo de mudança de leiaute industrial em uma determinada linha de produção.

A saber, toda a coleta das informações pertinente a este trabalho foi efetivada até a finalização da pesquisa conforme previsão informada no Cronograma de Atividade (vide quadro 01).

5. Análise dos dados

Esta etapa foi aplicada para este estudo de acordo com a figura 03 referente a uma espécie de painel dos dados coletados. A crítica dos dados é considerada uma fonte de evidência para a adequada formulação e organização das informações pertinentes deste trabalho. Contextualizando, esta pesquisa é permeada por entrevistas não estruturadas com os operadores de produção com definição temporal, por discussões de leiaute, alterações e testes. Além de priorizar alguns assuntos como tempo e produtividade.

Deste modo, cada palavra identificada neste modelo ilustrativo corresponde a um tópico a ser abordado e discutido na literatura, buscando desencadear cada assunto para os devidos desdobramentos.

Com o painel mapeado, a análise dos dados é apresentada como uma síntese das evidências desenvolvidas na pesquisa conforme quadro 02. Assim o problema é introduzido e diante de algumas definições apanhadas durante a formulação do assunto, compreendem-se as divergências e convergências das soluções.

Quadro 02. Exemplo ilustrativo de painel dos dados coletados

CONSTRUÇÃO			
	Reunião	Layout/Arranjo Físico	Espaço Físico
FONTE			
Entrevistas com operadores de produção	Terças e Sextas	Alteração	Mudança de estoque
Análise documental dos procedimentos internos	Conceitos de Manufatura Enxuta	Medição do espaço atual	Produção Planejada
GUEMBA	Tempo	Produtividade	Montagem Final

Fonte: Adaptação. Miguel (2008)

6. Elaboração do relatório

Miguel (2008) relata que as pesquisas caracterizadas como estudo de caso obedecem a atributos mínimos de segurança no que tangem à confiabilidade e validade das informações. Em síntese, os eventos provenientes deste trabalho houve a generalização da compilação de acervo

bibliográfico, dos resultados preliminares esperados, das análises e das críticas de sugestões e de melhorias apresentadas.

1.6.4 Validação dos resultados

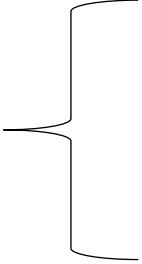
Depois da aplicação do desenvolvimento do modelo de mudança de leiaute industrial na linha de produção de montagem final das câmeras – CMOS, este trabalho passou para a aplicação efetiva de mensuração de ganho de produtividade no processo fabril. A validação dos resultados tinha como previsão ocorrer em meados do mês de junho de 2014.

Para garantir a confiabilidade dos resultados, o instrumento utilizado para validar baseia-se em uma abordagem comparativa aplicada antes e depois da alteração do leiaute na linha de produção. A ferramenta mais apropriada para a avaliação estatística dos resultados foi por meio do programa de computador, *software* (inglês) Microsoft Excel®, versão 11.6.5 de acordo com os métodos descritos por Costa Neto (2002). Em suma, a validação dos resultados obtém buscar a confirmação de aumento de produtividade frente à alteração de leiaute em uma célula fabril.

A saber, a produtividade do processo em formato de linha sem alteração de leiaute já atingia 100% da capacidade, tendo como premissa básica, de que tudo que é planejado, também é produzido. O cálculo de produtividade dentro da expectativa fabril desta empresa objeto de estudo é feito de acordo com a seguinte equação:

$$P = \left(\frac{TP \cdot PRO \cdot OP \cdot TD}{TP \cdot PRO \cdot PLA \cdot OP \cdot TD} \right) \cdot 100$$

Onde:

- 
- P = é a produtividade;
 - PRO = é a produção realizada;
 - PRO PLA = é a produção planejada;
 - OP = é o número de operadores da linha;
 - TD = Tempo disponível diário (498 min).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O sistema de produção em massa

O marco o qual impôs a nova conjuntura de produção destacou-se como o sistema de produção em massa. A recente sistemática revolucionou diante dos paradigmas retrógrados mapeados até então pela evolução do sistema de produção artesanal, que à época não era eficiente e despendia altos custos de fabricação dos produtos com a não padronização dos produtos. Salienta-se ainda que os operários desta fase detivessem qualificação além da capacidade organizacional das empresas, causando baixos volumes de produção e produtividade (WOMACK et al, 2004).

A força deste novo tipo de produção em massa proveio após a o término da Primeira Guerra Mundial com a manufatura em alta escala da indústria automobilística, superando as lacunas da produção artesanal. A nova era industrial era preconizada por Henry Ford com o auxílio das técnicas sistemáticas e pela racionalização do trabalho na linha de montagem de Frederick Taylor. Para Puvanasvaran et al 2012, o cerne da produção em massa estava na simbiose com as peças juntamente com a engenharia aplicada em ajustá-las entre si, sedimentando a cultura a produção em massa.

A padronização destacou-se também como um atributo de facilidade no manejo da produção, causando agilidade e baixos custos para a fabricação dos produtos. Segundo ainda Womack et al (2004) diversas foram as contribuições do do sistema de produção em massa, como destacam-se a redução do tempo de montagem dos produtos e do esforço humano frente à movimentação das esteiras na linha de produção. Por último, a grande quantidade de produção de itens em alta escala faz os custos e os preços de vendas diminuírem significativamente aos consumidores, trazendo o desenvolvimento e progresso dos mercados.

2.2 O exemplo do sistema Toyota de produção

De acordo com Fullmann (2009), o Sistema Toyota de Produção (STP), também como conhecido como Sistema de Produção Enxuta, ou, *Lean Manufacturing* (inglês), teve seu início estimado em 1937, período em que a empresa japonesa Toyota lidera a indústria automobilística e participa do esforço de pioneirismo no mercado mundial. A técnica japonesa diferenciava-se da liderança ocidental em aperfeiçoar métodos e processos os quais tinham oportunidades de desenvolvimento. A conjectura pós-guerra japonês fazia o cenário de eliminação de excessos e desperdícios que não agregavam valores aos produtos.

As técnicas que versavam acerca de reduções significativa de custos e de tempo eram cada vez mais precisas e desenvolvidas pelos japoneses. Para Corrêa e Corrêa (2012), o alicerce principal para o sistema japonês de produção está na total eliminação de desperdícios, com o aperfeiçoamento do conceito no momento exato, JIT, ou seja, um processo de fluxo com todos os meios disponíveis para a linha de montagem no tempo certo e na quantidade precisa de itens necessários à manufatura.

A fim de evitar problemas com inventários e alto estoque, com desequilíbrio com equipamentos e colaboradores excedentes, o JIT, reconhece a necessidade perene de ajustes constantes do sistema de produção diante de uma alteração de plano de produção causada por flutuações de mercados, forças maiores ou casos fortuitos. O uso pleno dos colaboradores é uma característica primordial nesse sistema de fluxo de processo, com destaques para redução do tempo de produção (YEH E FANG, 2015).

Segundo Moreira (2012), o JIT é uma filosofia aplicada à gestão da produção com o objetivo em abordar, compreender e conduzir as atividades de manufatura. Deve-se focar na no planejamento de combate aos excessos e praticar de modo contínuo melhorias diversificadas. É dentro deste conceito que se pode inferir que desperdícios podem ser identificados dentro do sistema de produção diretamente ou indiretamente. É o caso de um arranjo físico ou

leiaute inadequado ocasionando movimentação de recursos humanos e físicos desnecessários e infrutíferos.

Sodhi e Tang (2012) relatam que a produção enxuta busca desenvolver a cultura organizacional por meio da superação de quaisquer desperdícios, envolvendo desde a cadeia produtiva até a relação com seus clientes externos. Apontam ainda que os desperdícios principais e usuais podem ser conforme descrição a seguir.

Esperas: dizem a respeito quando há o processamento de grandes lotes de produção, isto é, a ociosidade é latente dos colaboradores uma vez que o tempo de espera para a manufatura da primeira peça só termina quando todo o lote é concluído.

Inventários, *Work in Process* - WIP (inglês): diante de uma produção com lotes elevados para a manufatura, o estoque entre as operações é elevado até que a próxima fase do processo seja demandada.

Desperdício de processamento: no momento da manufatura, os colaboradores da organização seguem um adequado planejamento de produção, entretanto, a ausência de parâmetros e de treinamentos pode causar a execução de processos desnecessários. Para o caso específico deste trabalho sobre estudo de caso, verificar apêndices A, B, C e D.

Transporte: produção complexa de um determinado produto pode necessitar de movimentações entre departamentos e linhas para que a matéria-prima possa ser manufaturada ou até mesmo processada. É nesse momento, que se pode desperdiçar tempo para abastecimentos e orientações, que nada adicionam valor ao produto.

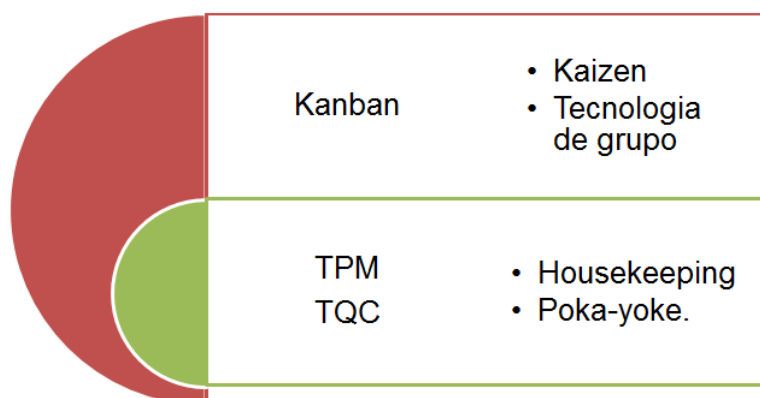
Movimentação: a existência de um espaço físico ou leiaute ineficiente pode ser devido à localização inadequada de ferramentas, componentes e até mesmo de colaboradores, ocasionando assim deslocamentos desnecessárias.

Fabricação de produtos defeituosos: a manufatura com itens que não passam por um sistema adequado de qualidade pode gerar o produto final defeituoso, diante de desperdício de tempo, recursos humanos e físicos.

Subutilização das Pessoas: diante dos desafios e altas demandas por melhores resultados, é comum que as organizações não mapeiam as competências de seus colaboradores, causando baixo aproveitamento das competências individuais.

Nessa conjectura, Miller et al (2010) afirma que o sistema JIT só prospera se a organização adotar a cultura contra o desperdício e como parte de sua estratégia de negócios. A prática exercida sob esse norte resultará em princípios de manufatura enxuta de forma consistente em todas as funções na organização, impactando positivamente sobre o desempenho global. Ademais, o JIT precisa do suporte de outros subsistemas para sua completa eficiência, e assim desenvolver melhor funcionalidade e operacionalização da sua gestão. A figura 03 traz sucintamente os subsistemas que alicerçam o sistema JIT.

Figura 03. Subsistemas de suporte ao sistema JIT



Fonte: Moreira (2012)

A concepção dos subsistemas é a chave para o funcionamento de uma manufatura ágil e flexível, é nesse contexto que Xia e Sun (2013) relatam que o subsistema de cartões, Kanban (japonês) refere-se ao conceito de manuseio de produção baseado na visualização desses mesmos cartões para indicação dos fluxos operacionais especificamente para organizações de manufatura em massa.

Quanto ao subsistema Kaizen, a metodologia empregada é baseada nas mudanças sempre para melhores. Nesse mesmo sentido, o subsistema TQC, ou seja, Controle da Qualidade Total, *Total Quality Control* (inglês) baseia-se na gestão global do modelo de satisfação da qualidade de ambas as partes, sejam fabricantes e clientes (YUKEL, 2012).

Quanto ao subsistema de Manutenção Produtiva Total (TPM), para Cao e Hoffman (2012), trata-se de um processo com associação de toda a produção diante do aperfeiçoamento por meio da manutenção preventiva buscando a conservação dos equipamentos e máquinas localizados na linha de manufatura e de modo perene, buscando a meta de ter na estação fabril zero defeitos ou perdas. Similar também é o subsistema de arrumação de casa, *housekeeping* (inglês), voltado totalmente para organização exemplar da estrutura física da organização.

Com relação ao subsistema Poka-yoke e Tecnologia de Grupo (TG), a diferença está que o primeiro operacionaliza como um dispositivo desenvolvimento para a melhor gestão industrial no que se concerne à prevenção de erros, minimizando os custos e despesas com o processo de produção. Enquanto, o segundo caracteriza-se por ser uma filosofia de agrupar itens no processo de manufatura pela sua similariedade e assim usufruir de modo mais produtivo os seus benefícios (CHINUBHAI, 2011).

Portanto do ponto de vista de ambiente e organização de trabalho, pode-se afirmar que a cultura japonesa destaca-se conceitualmente eficaz no que tange ao aperfeiçoamento das técnicas de gestão da produção conforme exaustivamente a literatura evidencia. Em suma, dois são os fatores sustentados diante da filosofia da produção enxuta: a exclusão total de

desperdício e a capacidade empregada pelos colaboradores no último grau de envolvimento e comprometimento.

3. A IMPORTÂNCIA DO ARRANJO FÍSICO NAS ORGANIZAÇÕES – LEIAUTE

As organizações devem maximizar a utilização de seus recursos produtivos, para obter vantagem competitiva frente aos concorrentes. O arranjo físico, ou leiaute, é uma prioridade nessa estratégia, uma vez que, sendo bem elaborado e planejado, qualquer oscilação no mercado, a empresa tende a adaptar-se mais rapidamente. Slack e Chambers (2009) afirmam que o arranjo físico está diretamente ligado a posição relativa dos recursos transformadores dentro da organização, e que juntos ditam o fluxo de recursos manufaturados dentro do processo.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), o leiaute de um processo é o modo os recursos físicos estão à disposição e ocupando certo espaço com a finalidade para a realização de uma operação e fim. Nesse mesmo raciocínio, Yang et al (2012) esclarece que um projeto de leiaute tem consequências importantes em todo o sistema fabril de uma empresa, e, deve ser sempre considerado como um item essencial para a melhoria da produtividade para a área de manufatura. A tradicional disposição das instalações das fábricas faz a concentração de custos extras, manuseios e lacunas de espaço que sempre podem ser melhores aproveitadas.

Para Azadeh e Nazari-Shirkouhi (2011) para uma melhor implantação de um arranjo físico, a ação mais apropriada é a elaboração de um projeto para evitar unidades diferentes e características conflitantes. A explosão da Revolução Industrial fez as indústrias têxteis e de energia elétrica serem as pioneiras no desenvolvimento e melhorias que envolvessem seus espaços físicos destinados à manufatura. Soluções direcionadas para o mínimo manuseio de materiais e de custos diante da maximização das ferramentas aparecem como as contribuições para o processo produtivo.

A análise da área de produção e assim identificar que seu arranjo físico é um limitante para uma maior produtividade, nem sempre é interpretada de modo imediato pelas organizações. Trata-se de uma questão estratégica a qual as organizações podem transparecer ineficiência no enfrentamento inicial. Desde o ano de 1955, estima-se que 8% do Produto Nacional Bruto dos Estados Unidos tenha sido destinado aos gastos com novas instalações, o que significa a relevância do assunto dentro da manufatura industrial (SINGH E SHARMA, 2005).

Segundo Wiengarten et al (2015) o coletivismo cultural influencia significativamente a eficácia de práticas enxutas. A cultura de processo e produção é norteada por princípios que regem origens e costumes das suas práticas. Assim, Oliverio (1985) elenca seis princípios gerais para a construção sistemática do arranjo físico na manufatura, não determinando a ordem de prioridades nem medidas de peso. A leitura de cada princípio é possível por meio dos tópicos seguintes.

Princípio da Integração: é essencial a simbiose entre todos os fatores que compõe a estrutura da produção, desde o planejamento até as instalações das máquinas e processos.

Princípio da mínima distância: a movimentação entre itens, processos e pessoas não adiciona valor ao produto, isto significa que, é mandatório que as distâncias percorridas para o manuseio da matéria-prima devem ser reduzidas evitando transporte e esforços desnecessários.

Princípio da obediência ao fluxo das operações: o fluxo contínuo dentro da manufatura não pode ser interrompido por gargalos de pessoas, processos ou produtos. Quaisquer empecilhos precisam ter destinações diversas daquela que envolve a linha de produção.

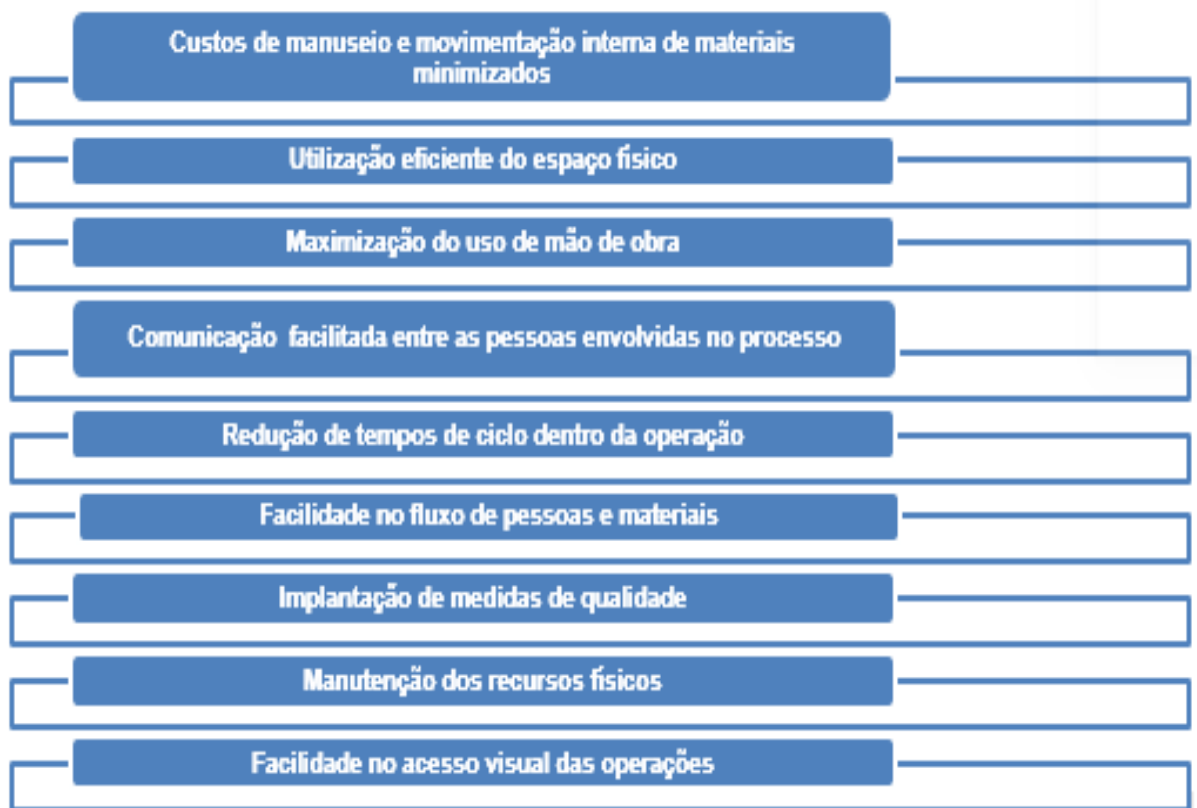
Princípio do uso das três dimensões: o foco principal está na apropriação dos espaços na linha de produção, a qual necessita de espaços desocupados para o fluxo contínuo.

Princípio da satisfação e segurança: o arranjo físico destinado à linha de produção precisa proporcionar aos seus operadores e demais colaboradores envolvidos no processo a sensação de aprazimento e bem estar, com as devidas cautelas de praxe.

Princípio da Flexibilidade: diante das diversas inovações tecnológicas, o arranjo físico das fábricas demanda por uma menos rigidez em suas estruturas, assim, o produto pode se adaptar ao mercado consumidor e garantir a sustentabilidade das operações.

No entendimento de Corrêa e Corrêa (2012), um projeto eficaz de arranjo físico tem como objetivo eliminar as atividades que não agregam valor e relacionar o fluxo contínuo das ações que seguem os princípios gerais. A figura 04 debruça de maneira sistêmica os itens evidenciados por um eficiente arranjo físico.

Figura 04. Itens evidenciados por um eficiente arranjo físico



Fonte: Adaptação. Miguel (2008)

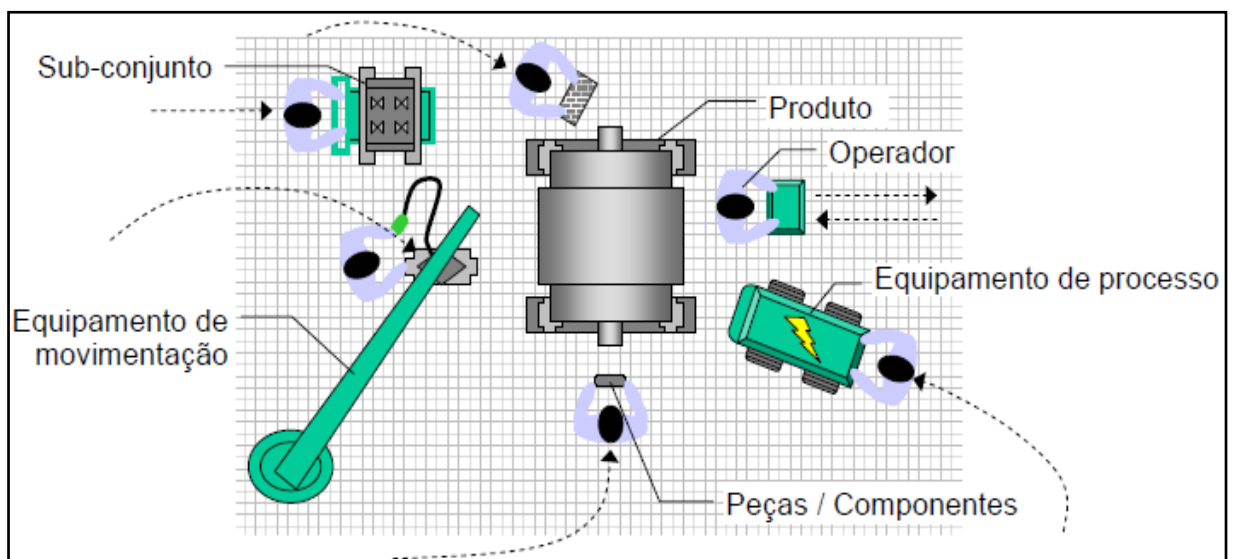
3.1 Os tipos de arranjo físicos

A distinção clássica de Slack et al (2009), divide o leiaute ou arranjo físico em 4 tipos dentro da gestão da produção. A seguir, é possível a descrição de cada um nos tópicos seguintes.

3.1.1 Arranjo posicional ou por posição fixa

Destinado às empresas as quais os produtos são de grandes portes, uma vez que se caracteriza pelas estações de trabalho de forma estática enquanto o material necessário é levado até à bandeja de produção. Organizações destinadas à construção civil e de aviões são os exemplos mais usuais deste tipo de arranjo físico conforme a figura 05. O quadro 03 traz um resumo com as características pertinentes para cada tipo básicos de arranjo físico.

Figura 05. Arranjo posicional ou por posição fixa

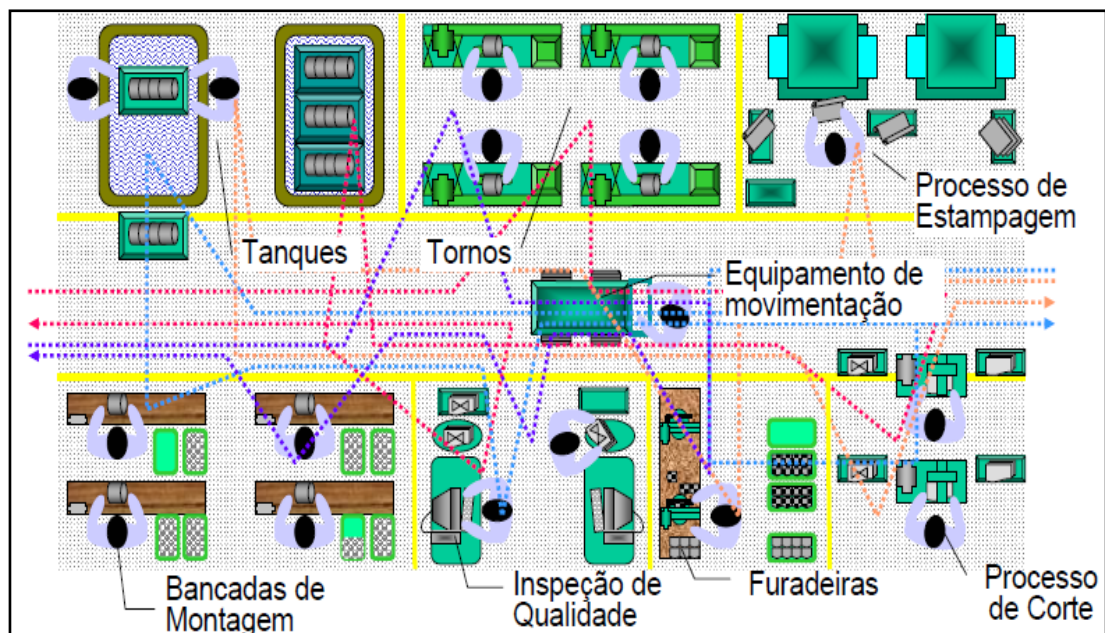


Fonte: Miyake (2005)

3.1.2 Arranjo físico funcional ou por processo

Para este leiaute a adaptação é realizada de acordo com a organização e funções desempenhadas pelo processo ou similariedade, assim, é comum a diversificação de produtos frente às pequenas quantidades. Para este arranjo é adaptado para indústrias de usinagem. Conforme a figura 06 é possível demonstrar a disposição conforme a função a ser desempenhada (CORRÊA E CORRÊA, 2012).

Figura 06. Arranjo físico funcional ou por processo

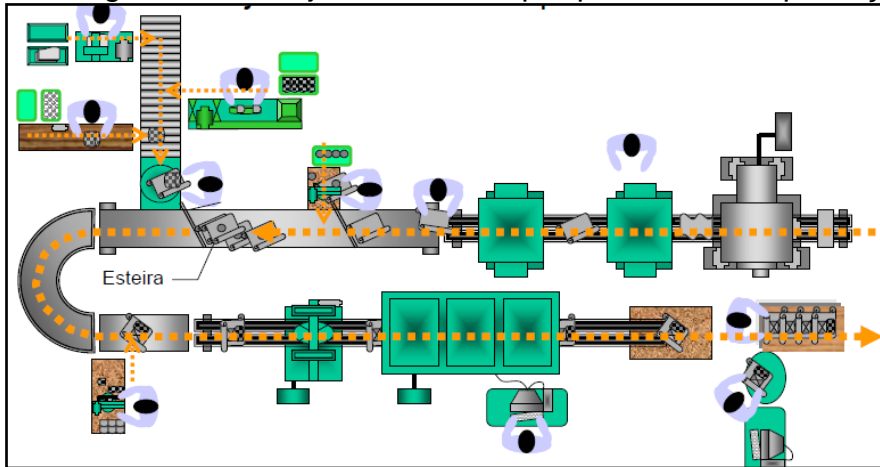


Fonte: Miyake (2005)

3.1.3 Arranjo físico linear, por produto ou de produção

Neste leiaute, o parâmetro de posicionamento é de acordo com a ordem do processo de produção, minimizando os esforços de deslocamento dos materiais. Nesse perfil, é possível observar de acordo com a figura 07 que se cria uma espécie de fluxo unidirecional (LEITE E DINIZ, 2006).

Figura 07. Arranjo físico linear, por produto ou de produção



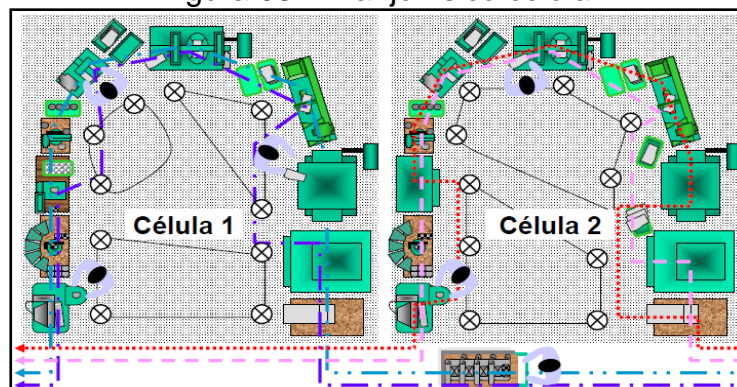
Fonte: Miyake (2005)

3.1.4 Arranjo físico celular

Para Arkat et al (2012), o arranjo físico estilo célula integra a otimização da disposição das máquinas minimizando a circulação dos materiais e reduzindo o tempo de conclusão da montagem, pois na célula há a disponibilidade de todos os recursos suficientes para a manufatura do produto de modo integral.

A figura 08 aponta um modelo ilustrativo de como ocorre a operacionalização deste arranjo físico. É ainda válido destacar que, a influência para a determinação do arranjo físico de uma empresa depende relativamente do planejamento, fluxo e produto os quais estão submetidos pelas direções da produção.

Figura 08. Arranjo físico celular



Fonte: Mikaye (2005)

É possível observar para cada tipo de leiaute a diferenciação de produto, volume de produção por tipo de produto, a própria produção em si, projeto, flexibilidade de processo, variação de roteiro e mão-de-obra de acordo com as classificações no que tange às características do perfil de manufatura adequada para cada arranjo físico. A guisa de entendimento, o quadro 02 revela as características dos tipos básicos de arranjo físico, descrevendo a diferenciação, volume, produção, flexibilidade do processo entre outros parâmetros.

Quadro 03. Características dos tipos básicos de arranjo físico

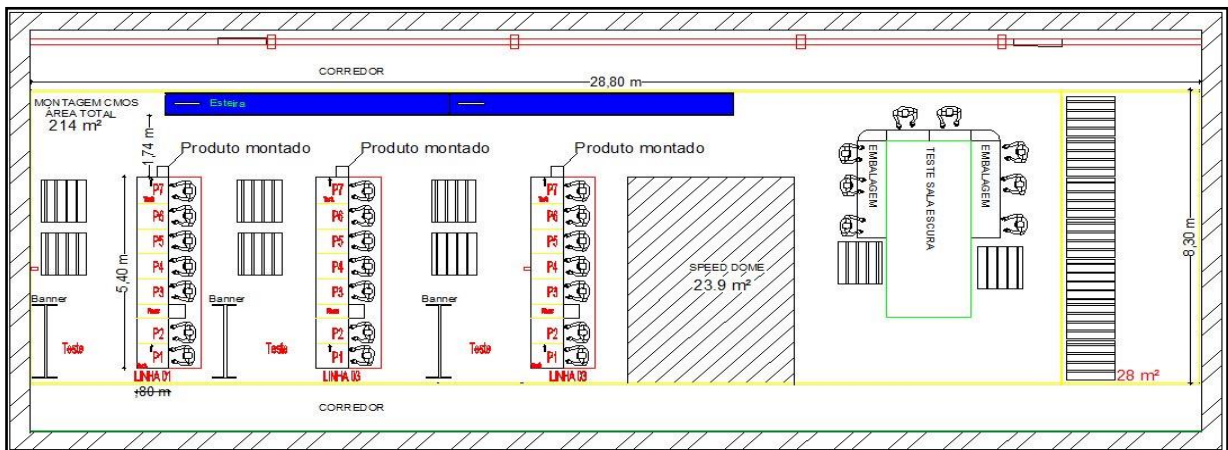
	Posicional	Funcional	Celular	Linear
Tipo de produto	grande	médio/pequeno	médio/pequeno	pequeno
Diferenciação de produto	alta	alta	média/baixa	baixa nenhuma
Volume de produção por tipo de produto	uma ou poucas unidades	pequena quantidade	pequena ou média quantidade	grande quantidade
Produção	sob encomenda	sob encomenda	para estoque	para estoque
Projeto	especial sob encomenda	variável / customizável	repetitivo / modular	padronizado
Flexibilidade de processo	alta	alta/média	média / baixa	baixa nenhuma
Variação de roteiro	alta	alta/média	média/baixa	nenhuma
Mão-de-obra	qualificada	qualificada	polivalente	baixa qualificação

Fonte: Mikaye (2005)

4. LEVANTAMENTO DO ESTADO ATUAL

A aplicação da mudança de leiaute neste trabalho aborda a montagem final de câmeras modelo CMOS em uma empresa líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus, operando com 3 linhas das câmeras do modelo SPEED DOME e com o processo do Teste Final. Todo esse arranjo físico ocupa uma área de 237,96 m² e distribuição dos operadores a linha de produção conforme figura 09 demonstra abaixo:

Figura 09. Arranjo físico da produção de câmeras CMOS

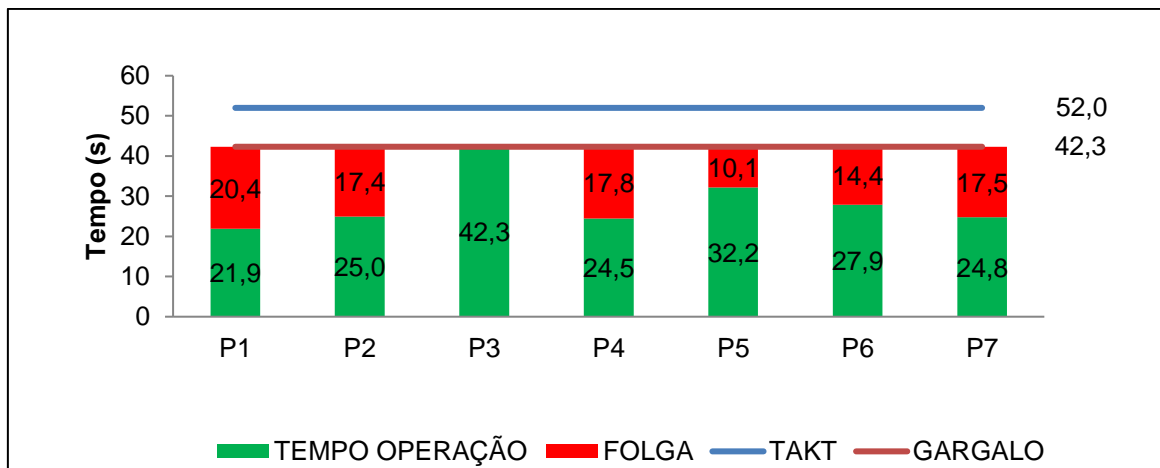


Fonte: Elaboração autora (2015)

Quanto aos detalhes peracionais na linha de produção, o tempo padrão do produto montado em uma linha com 7 pessoas é de 3,31 minutos (homem/produto), com uma produção de 706 câmeras/dia. Como já informado anteriormente, este trabalho observa desde o ano de 2014 que existem oportunidades de melhorias na produtividade desta linha se houver o desenvolvimento de um modelo de mudança de leiaute industrial diante dos parâmetros da Produção Enxuta.

Durante a realização deste estudo, foi identificado um determinado gargalo na linha P3 (posto de trabalho 3), uma vez que existem as linhas de P1 até P7. Este P3 tem um tempo de ciclo de 42,3 segundos, parâmetro que dita o ritmo e a capacidade da linha. A figura 10 mostra o gráfico com os detalhes por tempo médio de operação por posto de trabalho e processo de montagem das câmeras CMOS.

Figura 10. Tempo médio de operação por posto de trabalho



Fonte: Elaboração autora (2015)

Quanto à produtividade do processo em formato de linha é de 100%, tendo como premissa básica, de que tudo que é planejado também é produzido. O cálculo de produtividade nesta empresa adotada por este trabalho segue a equação:

$$P = \left(\frac{TP \cdot PRO \cdot OP \cdot TD}{TP \cdot PRO PLA \cdot OP \cdot TD} \right) \cdot 100$$

Onde:

P = Produtividade;

PRO = Produção Realizada;

PRO PLA = Produção Planejada;

OP = Número de operadores da linha;

TD = Tempo disponível diário (498 min).

4.1 Análises e identificações para melhorias com a alteração do leiaute para arranjo físico celular

Diante das observações para a realização deste trabalho, identificam-se que existem perdas no processo linear as quais são evidenciadas pela falta de balanceamento entre as operações, como mostra a figura 10. Portanto as principais lacunas são assim identificadas como seguem os pontos a seguir.

Esperas entre as operações: para Pattanaik e Sharma (2008), a redução da distância total percorrida pelas partes diminui a exigência de trabalho para o manuseio de materiais, e conseqüentemente cessam as esperas entre as operações.

Estoque entre as operações: Mahdavi et al (2007) afirma que a grande rotatividade na linha de produção faz estoques entre as operações, o que demanda mais tempo e custos a serem adicionados ao produto. Nas últimas três décadas, a manufatura celular tem sido uma aplicação sucedida de benefícios à manufatura diante do suporte da tecnologia, pois, a identificação de processos de fábrica com características semelhantes segue contribuindo para o processo de produção.

Desperdício de processamento: ineficiência das operações causará além de gargalos, retrabalhos e prejuízos quanto às sequências repetitivas. Assim, é fundamental o planejamento do arranjo físico para o usufruto dos recursos e do próprio processo produtivo (VILLAR ET AL, 2004).

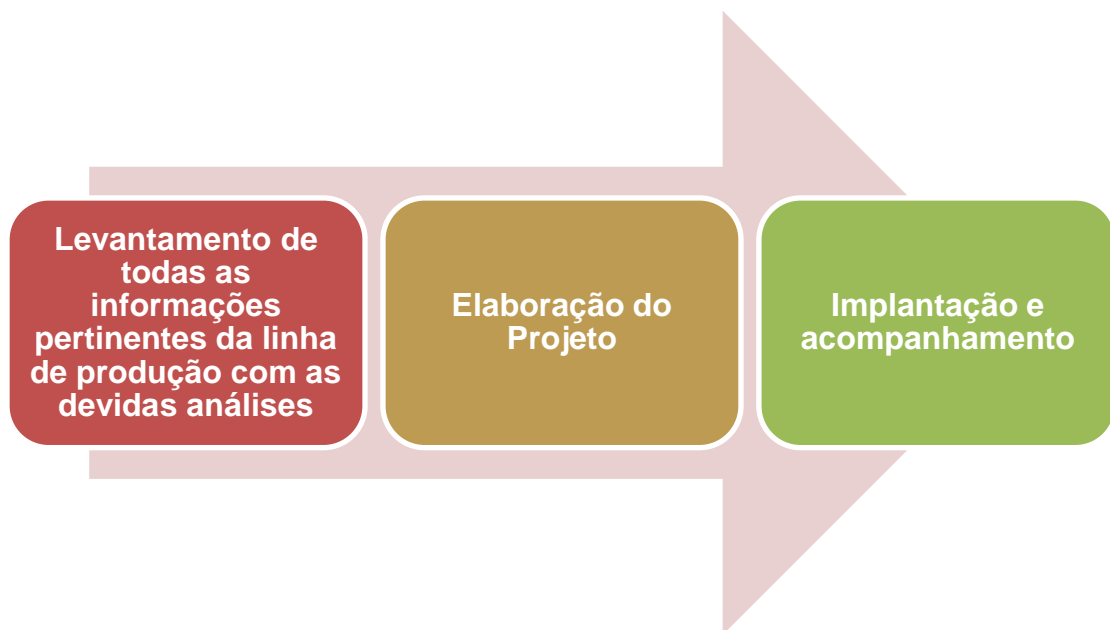
Transporte desnecessário: os padrões de fluxo de vários postos de trabalho em um sistema de manufatura podem gerar deslocamentos impertinentes, causando atrasos na produção e defeitos na linha. O estado

crítico de diversas movimentações de material não agregam valores e nem processos ao planejamento produtivo (EROZAN ET AL, 2014).

4.1.1 O modelo proposto de projeto de leiaute

Para a construção do modelo, é imprescindível o levantamento de todas as informações pertinentes da linha de produção com as devidas análises. A figura 11 mostra as três etapas principais as quais estão divididas as fases para elaboração do modelo a ser proposto.

Figura 11. Etapas principais para elaboração do modelo de projeto de leiaute



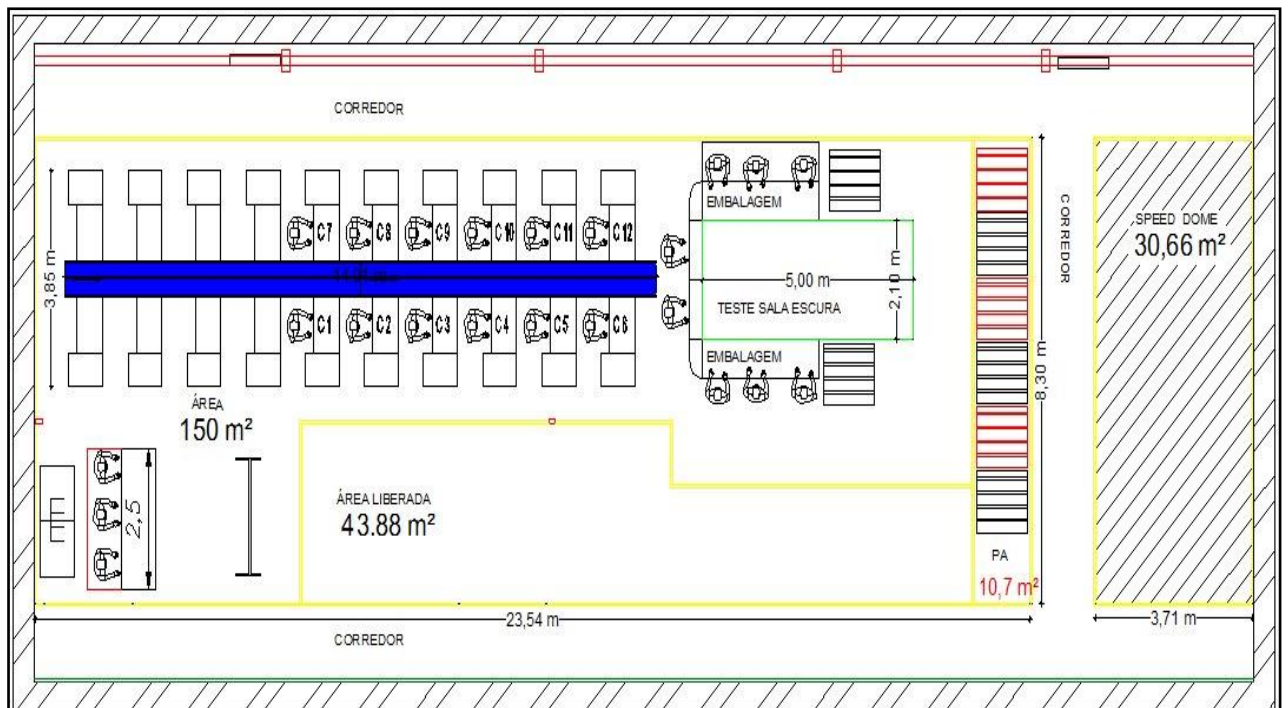
Fonte: Elaboração autora (2015)

A área ocupada pelo processo de câmeras CMOS em formato linear é de aproximadamente 214 m². As linhas estão localizadas a uma distância de 1,7 m da esteira transportadora. Enquanto o teste final encontra-se a uma distância de 4,8 m da esteira. Observa-se ainda que as distâncias elevam o

tempo de transporte do produto acabado para o teste final, como demonstrado na figura 08.

Por meio da análise em conjunto do fluxo de processo, evidenciado na figura 10, foi identificado no P7 (posto de trabalho 7) que esta etapa já era realizada no departamento de placas da organização, ou seja, a operação era executada de forma desnecessária na montagem final, apenas onerando ainda mais o tempo do processo. Infere-se assim que a alteração do leiaute da linha de produção nesse processo de montagem final das câmeras CMOS também foi viável em razão da deslocação do processo de ajuste de foco ter sido realocado para uma outra etapa subequente na linha de produção, pois, um dos pré-requisitos para a realização das atividades do processo de ajuste do foco é ter uma distância linear medindo no mínimo 3,5 m da lente até a localização do *banner*, local onde todos os parâmetros de ajustes são executados. A figura 12 mostra em detalhes esta operação.

Figura 12. Identificação de gargalo no posto de trabalho 07



Fonte: Elaboração autora (2015)

4.1.2 Etapas principais para elaboração do modelo de projeto de leiaute

A proposta do presente trabalho está baseada na adaptação da linha em postos por células individuais de produção, ou seja, o processo em formato de células unitárias, a serem ocupadas por uma área de 150 m². Assim, o princípio básico deste trabalho é a implantação de células unitárias, onde um único operador deve montar um produto completo. Portanto a abrangência deste trabalho reflete-se em todos os modelos similares do mesmo produto para a filial desta empresa em Manaus e com as adaptações necessárias, estender os resultados deste trabalho para as demais filiais localizadas no país.

5. RESULTADOS

O efeito das células como modelo de produção é defendido por Saxena et al (2011) uma vez que o modelo proposto minimiza custos com circulação de materiais e de processos. É nesse mesmo pensamento, que Krishnan et al (2011) identifica que atualmente o mercado corporativo, demanda por sistemas de manufatura de alta eficiência operacional em conjunto com a flexibilidade de custos com movimentação e transportes de matéria-prima. Quanto aos aspectos logísticos, Huawei et al (2013) descreve que células de produção as tarefas são contínuas, discretas e se entrelaçam entre si.

Pesquisas recentes dão conta que um dos maiores entraves às alterações de leiaute corresponde aos pensamentos e hábitos tradicionais presentes nas linhas de produção acerca das disposições das instalações fabris (KIA et al, 2012).

Com o advento da tecnologia e demais ferramentas, cada vez mais, é perene a desmistificação desses procedimentos obsoletos na manufatura garantindo a melhoria em sistemas de coordenação da produção e buscando

resultados em conformidade. A tabela 01 relaciona os resultados alcançados diante deste estudo realizado nesta empresa.

Tabela 01. Resultados alcançados no trabalho

Linhas	Resultados alcançados no trabalho
P1	Redução de movimentação de material
P2	
P3	Aumento de produtividade em 61,20%
P4	
P5	Otimização do processo
P6	Minimização do tempo para montagem
P7	Melhoria na gestão visual

Fonte: Elaboração autora (2015)

A minimização da movimentação de materiais por parte dos operadores de linha, a melhor gestão operacional da produção, o aumento da produtividade da manufatura dos produtos, a redução do índice de reprovação da qualidade, menos retrabalhos na correção de montagens distorcidas pelos operadores e colaboradores e a continuidade de das práticas de uma produção enxuta são alguns dos resultados preliminares e esperados pela abordagem deste trabalho.

As linhas de produção organizadas dentro do conjunto sistemático desta empresa conforme relatado anteriormente, estão divididas em P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7. Entende-se a identificação "P" como posto de trabalho. Diante do desenvolvimento de um modelo de mudança de leiaute industrial na célula industrial, os resultados alcançados aportam-se exclusivamente nessa reestruturação. Destaca-se ainda que a produtividade é um dos itens os quais as expectativas estão em 61,20 % efetivamente de rentabilidade. O quadro 04 relata o comparativo acerca do resultado alcançado final.

Quadro 04. Resumo dos resultados alcançados no trabalho

INDICADORES			
ITEM	LINHA	CÉLULAS UNITÁRIAS	GANHO (%)
Produtividade	100%	161,20%	61,20%
Tempo Padrão	3,31 min	1,7 min	49%
Área ocupada CMOS	214 m ²	150 m ²	28,60%
Número de operadores	21	15	28,60%

Fonte: Elaboração autora (2015)

Observa-se que de acordo com o quadro 04, pode-se entender que Raja e Anbumalar (2014) afirmam que a produção voltada para a abordagem celular é eficiente dentro do contexto de um ambiente fabril. É assim que neste trabalho apresentado, tornou-se a opção mais eficaz baseada em uma matriz de fluxo modificado para a formação das células de produção das câmeras.

Além do acréscimo da produtividade que saiu do cenário de 100%, alcançando a capacidade máxima de 161,20%, pode-se destacar a redução do tempo padrão em 49%, ou seja, menos tempo para o processo de produção gera menos recursos humanos envolvidos no processo. Os dados ainda do quadro fornecem informações valiosas acerca dos vários postos de trabalho neste sistema de manufatura, pois do total de colaboradores necessários para realizar a produção atual, diminuiu-se em quase 30% da mão-de-obra empregada, oportunizando outros departamentos com a realocação dos postos de trabalho.

Ainda, é nesse mesmo contexto que Chang et al (2013) relata que quando se agrupa peças semelhantes ou diferentes, porém correspondentes nas mesmas células, o espaço vazio otimiza-se consideravelmente. Exatamente, o que aconteceu com este presente estudo. A área ocupada quando da produção em linha pela CMOS correspondia à metragem de 214 m².

Após a otimização da produção em abordagem celular, houve o ganho em 28,60% de redução de ambiente ocupado. Isto significa minimização das despesas e maior potencialização dos resultados.

Frisa-se ainda que a capacidade de produção fabril também foi beneficiada pela alteração e leiaute, pois, a produção em linha alcançava o limite diário de manufatura de 700 peças, entretanto, após o desenho de produção celular, o desempenho da produção atinge a quantidade de 2.100 peças por dia.

Em suma, infere-se que o desenho em células de produção é melhor e bem mais flexível, pois, minimiza os recursos empregados e maximiza a utilização de ferramentas disponíveis. Quando uma organização segue com investimentos em estudos e planejamento, há a oportunidade em direcionar suas ações para cenários novos e modernos diante dos desafios constantes do mercado. É assim que a formação de células no processo de manufatura é um passo crucial para melhorar a produtividade, conforme corroborado neste trabalho, além da otimização de espaço, de tempo e de mão-de-obra direcionadas para este fim.

6. CONCLUSÃO

Dentre as possibilidades de arranjo de leiaute para melhor utilização fabril, as empresas priorizam a abordagem a qual traz mais resultados econômicos, e, diante das mudanças constantes trazidas pela inovação e pelo consumo desenfreado do mercado consumidor, a manufatura em célula é a opção mais flexível, eficiente e enxuta para as empresas (SEIFERMANN et al, 2014).

Um sistema de avaliação produtivo e adequado preciso considera os níveis de realidade, de detalhe, de variação e de esforço bem definidos. No caso específico deste trabalho, reservaram-se tempo e foco para a realização

da avaliação a adequação dos resultados, diante de diversos trabalhos manuais, como a cronometragem de tempo (ver apêndice E), e entre outros.

A linha de manufatura celular aponta potencialidades e limites satisfatórios perfazendo resultados e mensurações de ações que até então não eram mapeadas. Neste trabalho, a utilização de ferramentas de produção enxuta ajudou o desenvolvimento e estruturação de um novo leiaute suportando o desencadeamento de oportunidades, visando melhorias relevantes para esta empresa, o principal objeto deste trabalho.

A simbiose entre a prática e a abordagem teórica fez reativar as atividades de pesquisa por parte da empresa no que tange ao foco e à identificação lacunas que ainda representam problemas de desempenho. Sendo assim, a decisão por realizar este estudo oferece uma solução estritamente acadêmica, pois, na literatura é possível rastrear pesquisas e demais ferramentas que subsidiam o desenvolvimento de um novo leiaute de produção como mecanismo prático no alcance de metas.

A relação entre a redução do tempo e as características operacionais de uma célula foi determinante para a sucessibilidade deste trabalho e aplicabilidade das ações essenciais para a coleta e teste dos resultados. É nessa conjuntura que os laços entre a faculdade e a empresa, principalmente neste caso específico entre a Universidade Federal do Amazonas e esta empresa que é líder no segmento nas áreas de segurança, telecom e redes no Polo Industrial de Manaus, objeto deste estudo, precisam ser sedimentados em uma cultura voltada para a parceria técnica, assim, ambos os lados colhem resultados frutíferos acerca da produção e os conceitos e resultados da sua gestão.

REFERÊNCIAS

AGARWAL,R.; GREEN,R.; BROWN, P.J.; TAN, H.; RANDHAWA, K.
Determinants of quality management practices: an empirical study of New

Zealand manufacturing firms. International Journal of Production Economics. Sydney, v. 142, n. 1, p.130-145, mar. 2013. Disponível em: <<http://www.science-direct.com/science/article/pii/S0925527312004641>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

ARKAT, J. FARAHANI, M.H.; HOSSEINI, L. **Integrating cell formation with cellular layout and operations Scheduling.** International Journal of Operations & Production Management. Kurdistan, v. 61, n. 5-8, p. 637-647, nov. 2012. Disponível em: <[10.1007/s00170-011-3733-4](http://dx.doi.org/10.1007/s00170-011-3733-4)>. Acesso em: 10 mar. 2015.

AZADEH, A.; NAZARI-SHIRKOUHI, S.; HATAMI-SHIRKOUHI, L.; ANSARINEJAD, A. **An unique fuzzy multi-criteria decision making: computer simulation approach for productive operators' assignment in cellular manufacturing systems with uncertainty and vagueness.** The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Tehran, v. 56, n. 1-4, p. 329-343, fev. 2011. Disponível em: <[10.1007/s00170-011-3186-9](http://dx.doi.org/10.1007/s00170-011-3186-9)>. Acesso em: 12 set. 2014.

CAMPUZANO-BOLARÍN, F.; MULA, J.; PEIDRO, D. **An extension to fuzzy estimations and system dynamics for improving supply chains.** International Journal of Production Research, Valencia, v. 51, n. 10, p. 3156-3166, jun. 2014. Disponível em: <[10.1080/00207543.2012.760854](http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2012.760854)>. Acesso em: 25 nov. 2014.

CAO Q.; HOFFMAN, J.J. **A Case Study Approach for Developing a Project Performance Evaluation System.** International Journal of Project Management. Texas, v. 29, n. 2, p. 155-164, fev. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.02.010>>. Acesso em: 10 out. 2014.

CHANG, C.C.; WUB, T.H.; WU, C.W. **An efficient approach to determine cell formation, cell layout and intracellular machine sequence in cellular manufacturing systems.** Computers and Industrial Engineering. Miaoli, n. 2, v.

66, p. 438–450, out. 2013. Disponível em: <10.1016/j.cie.2013.07.009>. Acesso em: 18 nov. 2014.

CHINUBHAI, A. **Efficiency in Software Development Projects**. International Journal of Software Engineering and Its Applications. Gujarat, v. 5, n. 4, p. 171-180, out. 2011. Disponível em: <www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol5_no4_2011/13.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2014.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

EROZAN, I.; TORKUL, O.; USTUN, O. **Proposal for a decision support software for the design of cellular manufacturing systems with multiple routes**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Kütahya, v. 76, p. 2027-2041, out. 2014. Disponível em: <10.1007/s00170-014-6397-z >. Acesso em: 14 mar. 2015.

FULLMANN, C. **O trabalho: mais resultado menos esforço**. São Paulo: Educator, 2009.

GURREA, V.; SAIZB, J.J.A.; RODRÍGUEZ, R.; VERDECHOB, M.J. **Application of fuzzy logic in performance management: a literature review**. International Journal of Production Management and Engineering. Valencia, v. 2, n. 2, p. 93-100, jun. 2014. Disponível em: < https://ojs>.upv.es/index.php/IJPM>. Acesso em: 05 out. 2014.

HUAWEI, C.; GUOPING, L. HAINING, T.; AIMIN, W.; RUXIN, N. **Layout adjustment of cellular production line based on material logistic analysis**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Nanchang,

Springer-Verlag London, jan. 2013. Disponível em: <10.1007/s00170-013-4784-5>. Acesso em 05 nov. 2014.

KASUL, R.A., MOTWANI, J.G. **Successful implementation of TPS in a manufacturing setting: a case study**. *Industrial Management & Data Systems*. Michigan, v. 97, n. 7, p. 274 – 279, 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/02635579710191707>>. Acesso em: 28 out. 2014

KIA, R.; BABOLI, A.; JAVADIAN, N.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; KAZEMI, M.; KHORRAMI, J. **Solving a group layout design model of a dynamic cellular manufacturing system with alternative process routings, lot splitting and flexible reconfiguration by simulated annealing**. *Computers & Operations Research*. Islamic Azad, v. 39, n. 11, p. 2642–2658, nov. 2012. Disponível em: <[doi:10.1016/j.cor.2012.01.012](https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.01.012)>. Acesso em: 18 mar. 2014.

KOTLER, P.; KELLER, K. **Administração de Marketing**. São Paulo: Prentice Hall, 2012.

KRISHNAN, K.K.; MIRZAEI, S.; VENKATASAMY, V.; PILLAI, V.M. **Comprehensive approach to facility layout design and cell formation**. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Wichita, v. 59, N. (5-8), p. 737-753, ago. 2011. Disponível em: <10.1007/s00170-012-4367-x>. Acesso em 05 nov. 2014.

LEITE, R.L.; DINIZ, A.M.F. **Estudo do arranjo físico: o caso do gargalo de produção na manufatura de máquinas de costura**. XIII Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, p. 1-10, nov. 2006. Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/890.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MAHDAVI, I.; SHIRAZI, B.; PAYDAR, M.M. **A flow matrix-based heuristic algorithm for cell formation and layout design in cellular manufacturing**

system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Babol, v. 39, p. 943-953, dez. 2007. Disponível em: <10.1007/s00170-007-1274-7>. Acesso em: 10 mar. 2015.

MEHRSAIA, A.; THOBENA, K.D.; SCHOLZ-REITERA, B. **Bridging lean to agile production logistics using autonomous carriers in pull flow.** International Journal of Production Research, Linkoping, v. 52, n. 16, p. 4711-4730, dec. 2013. Disponível em: <10.1080/00207543.2013.865851>. Acesso em: 21 jan. 2014.

MELLO, C.H.P.; TURRIONIB, J.B., XAVIERC, A.F.; CAMPOS, D.F. **Pesquisa-ção na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução.** Produção. Itajubá, v. 22, n.1, p. 1-13, jan./fev. 2012. Disponível em: < 10.1590/S0103-65132011005000056 >. Acesso em: 08 ago. 2014.

MIGUEL, A. C. **Implementação da gestão de portfólio de novos produtos: um estudo de caso Produção.** Artigos e Materiais de Revistas Científicas - EP/PRO/EPUSP - Universidade de São Paulo, v.18, n.2, p. 388-404, mai./ago. 2008. Disponível em: <<http://producao.usp.br/handle/BDPI/4491>>. Acesso em: 18 set. 2014.

MILLER, G., PAWLOSKI, J., & STANDRIDGE, C. R. **A case study of lean, sustainable manufacturing.** Journal of Industrial Engineering and Management, Michigan, v. 3, n. 1, p. 11-32, mai 2010. Disponível em: <10.3926/jiem.2010.v3n1.p11-32>. Acesso em: 21 dez. 2014.

MIYAKE, D. **Arranjo Físico de Sistemas de Produção.** Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2005. Disponível em: < www.profosmarveras.xpg.com.br/arquivos/arranjo_fisico.pdf >. Acesso em: 21 dez. 2014.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Cengage, 2012.

NISHIOKA, G. C. **A estratégia do office versus a eficácia do guemba**. Revista da ESPM. São Paulo, p. 125-129, mar./abr.2010. Disponível em: <http://acervo-digital.espm.br/revista_da_espm/2010/mar_abr/20_Gentil.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2014.

OLIVERIO, J.L. **Projeto de Fábrica: Produtos processos e instalações industriais**. São Paulo: IBLC, 1985.

PATTANAIK, L. N. SHARMA, B. P. **Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Jharkhand, v. 42, p. 772-779, ago. 2008. Disponível em: <10.1007/s00170-008-1629-8>. Acesso em: 10 mar. 2015.

PUVANASVARAN, TIAN, P. R.K.S.; SURESH, V.; MUHAMAD, M.R. **Lean principles adoption in environmental management system (EMS): A survey on ISO 14001 certified companies in Malaysia**. Journal of Industrial Engineering and Management. Melaka, v. 5, n. 2, p. 406-430, nov. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.486>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

RAJA, S.; ANBUMALAR, V. **An effective methodology for cell formation and intra-cell machine layout design in cellular manufacturing system using parts visit data and operation sequence data**. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. Dindigul, v. 6, n. 2, p. 213-222, nov. 2014. Disponível em: <10.1007/s40430-014-0280-6>. Acesso em: 11 dez. 2014.

SAXENA, K. JAIN. P.K. **Dynamic cellular manufacturing systems design—a comprehensive model**. The International Journal of Advanced Manufacturing

Technology. New Delhi, v. 53, p. 11-34, mar. 2011. Disponível em: <10.1007/s00170-010-2842-9>. Acesso em: 18 nov. 2014.

SEIFERMANN, S. BÖLLHOFF, J. METTERNICH, J.; BELLAGHNACH, A. **Evaluation of Work Measurement Concepts for a Cellular Manufacturing Reference Line to Enable Low Cost Automation for Lean Machining**. Variety Management in Manufacturing — Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Darmstadt, v. 17, n. 1, p.588-593, mar. 2014. Disponível em: <10.1016/j.procir.2014.01.065>. Acesso em: 20 mar. 2015.

SINGH, S. P. SHARMA, R. R. K. **A review of different approaches to the facility layout problems**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Kanpur, v. 30, p. 425-433, nov. 2005. Disponível em: <10.1007/s00170-005-0087-9>. Acesso em: 12 set. 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R. **Administração da Produção**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SODHI, M.S., TANG, C.S. **Managing Supply Chain Risk**. 2. ed. V. 172. Springer, New York, USA: 2012.

SUGIMORI, Y. KUSUNOKI, K.; CHO, F.; UCHIKAWA, S. **Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human System**. Tokyo, v. 16, n. 6, p. 553-564, 1997. Disponível em: <10.1080/00207547708943149>. Acesso em 25 fev. 2015.

TORTORELLA, G. L.; MARODIN, G. A.; FOGLIATTO, F.S.; MIORANDO, R. **Learning organisation and human resources management practices: an exploratory research in medium-sized enterprises undergoing a lean implementation**. International Journal of Production Research. Porto Alegre, nov. 2014. Disponível em: <10.1080/00207543.2014.980462>. Acesso em: 12 dez. 2014.

VILLAR, A.M.; JUNIOR, N.; LINS, C. **Planejamento das Instalações Industriais**. João Pessoa: Manufatura, 2004.

WIENGARTEN, F.; GIMENEZ, C.; FYNES, B.; FERDOWS, K. **Exploring the importance of cultural collectivism on the efficacy of lean practices: Taking an organizational and national perspective**. International Journal of Operations & Production Management. Sant Cugat, v. 35, n. 3, p. 370-391, fev. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/IJOPM-09-2012-0357>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **Máquina que Mudou o Mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. 21 ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

WONG, Y.C.; WONG, K.Y.; ALI, A. (2009). **Key practices areas of lean manufacturing**. Proceeding of the International Association of Computer Science and Information Technology-Spring Conference. Singapore, p. 267-271, abr. 2009. Disponível em: <http://scival-expert.utm.my/pubDetail.asp?t=pm&id=70449602407&o_id=12>. Acesso em: 27 nov. 2014.

XIA, W.; Sun, J. Simulation guided value stream mapping and lean Improvement: **A case study of a tabular machining facility**. Journal of Industrial Engineering and Management. Shanghai, v. 6, n. 2, p. 456-476, jan. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.532>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

YANG, L.; DEUSE, J.; JIANG, P. **Multiple-attribute decision-making approach for an energy-efficient facility layout design**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Dortmund, v. 66, p. 795-807, jul. 2012. Disponível em: <10.1007/s00170-012-4367-x>. Acesso em 05 nov. 2014.

YEH, C.H; FANG, C.C. **Optimal decision for warranty with consideration of marketing and production capacity**. International Journal of Production Research, Taiwan, jan, 2015. Disponível em: <10.1080/00207543.2015.1010743>. Acesso em: 08 fev. 2015.

YUKEL, H. **Evaluation of the sucess of Six Sigma Projects by Data Envelopment Analysis**. International Journal of Business and Management. Izmir, v.7, n. 13, p. 75-84, jul. 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5539/10.5539/ijbm.v7n13p75>>. Acesso em: 10 out. 2014.

APÊNDICE

A- Instrução de Trabalho I – Produto I

Instrução de Trabalho

FÁBRICA:	EMPRESA LIDER NO SEGMENTO NAS ÁREAS DE SEGURANÇA, TELECOM E REDES NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
NOME DO PRODUTO:	I
CÓD DO PRODUTO:	XXXXXX
CENTRO DE TRABALHO:	MONTAGEM FINAL
OPERAÇÃO:	EMBALAGEM

FERRAMENTAS			
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	Qtde

⚠ **Atenção**, no início de cada turno, a cada SETUP e na realimentação, verificar fisicamente se todos os itens que estão alimentados nos BINS de seu posto corresponde com a descrição das etiquetas neles coladas. Observar se as ferramentas corretas estão disponíveis no posto de trabalho.



1 Com uma das mãos, pegar case no marfinito e retirar do saco de proteção.



5 Pegar cabo de 1 via e conectar na posição mecânica CN6 (conforme indicação na imagem).

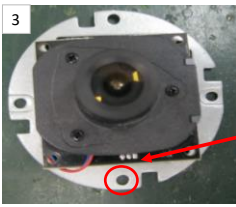


2 Pegar case com uma das mãos e posicionar no gabarito suporte.

⚠ A peça deve ser encaixada com o furo do protetor solar para cima.



6 Pegar placa e realizar a conexão do cabo de quatro vias do case.



3 Posicionar a placa na superfície da base metálica.

⚠ Neste modelo deve-se posicionar a placa com os tres pinos dos conectores (conforme identificação) voltados para o furo de fixação sem o rebaixo.

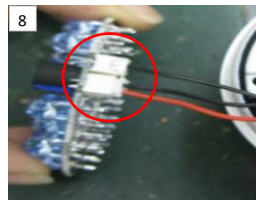


7 Posicionar o conjunto placa na parte superior do case.

⚠ O pino dos 3 conectores deve estar voltado para a furação do protetor solar conforme foto ao lado.



4 Após o posicionamento da placa, fixar com duas hastes sempre na diagonal.



8 Realizar a conexão dos dois cabos do case na placa LED. Conforme foto ao lado.

CÓDIGO:	DATA: 13/02/2014	PÁGINA: 1 DE 2	REVISÃO: 1.0
---------	------------------	----------------	--------------

ELABORADOR: André Pinheiro	LEGENDA: ⚠ Qualidade: Pontos críticos e ações preventivas e ações corretivas + Segurança: Riscos e medidas de prevenção Ⓢ Estoque-padrão em processo
----------------------------	--

APÊNDICE

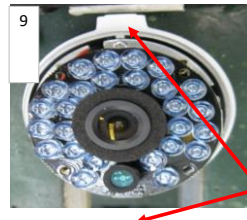
B - Instrução de Trabalho II – Produto II

Instrução de Trabalho

FÁBRICA:	EMPRESA LÍDER NO SEGMENTO NAS ÁREAS DE SEGURANÇA, TELECOM E REDES NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
NOME DO PRODUTO:	II
CÓD DO PRODUTO:	XXXXXX
CENTRO DE TRABALHO:	MONTAGEM FINAL
OPERAÇÃO:	EMBALAGEM

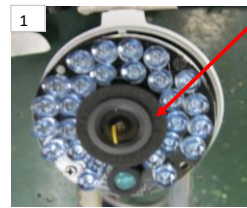
FERRAMENTAS			
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	Qtde

⚠ **Atenção, no início de cada turno, a cada SETUP e na realimentação, verificar fisicamente se todos os itens que estão alimentados nos BINS de seu posto corresponde com a descrição das etiquetas neles coladas. Observar se as ferramentas corretas estão disponíveis no posto de trabalho. Não acumular material pré montado e realizar a montagem individual dos produtos.**

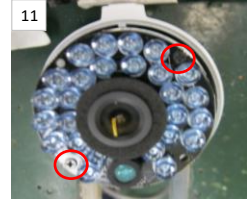


9 Posicionar placa Led sobre a placa principal e haste.

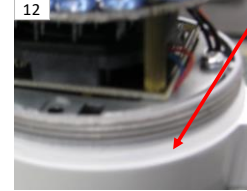
O LDR deve estar posicionado no sentido contrário do parafuso do protetor solar.



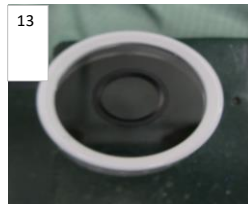
11 Fixar placa Led com dois parafusos na diagonal, conforme indicação na foto.



12 Inserir anel de vedação abaixo da rosca do case.



13 Inserir anel EVA ao redor da lente.



14 Pegar vidro colado e com auxílio de um pano limpo, realizar a limpeza interna e externa do vidro.

Retirar as digitais deixadas na limpeza.



15 Realizar o enrosque da tampa frontal no case montado, girando no sentido anti horário e após realizar o encaixe girar no sentido horário.

Deve-se girar a tampa até o ponto final para garantir a vedação.



16 Com o auxílio de chave allen 2,5mm, dar um leve toque para o sentido anti-horário no parafuso central do suporte.

Retirar plástico de proteção da ponta dos cabos de alimentação e vídeo.



17 Pegar câmera, realizar marcação no calço de borracha com o número da célula e depositar na esteira.

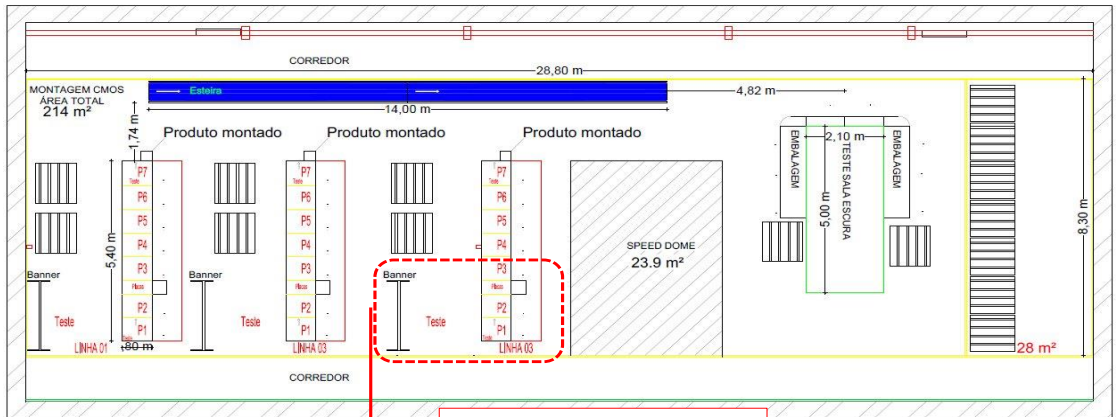
APÊNDICE

C - Cronometragem de tempo

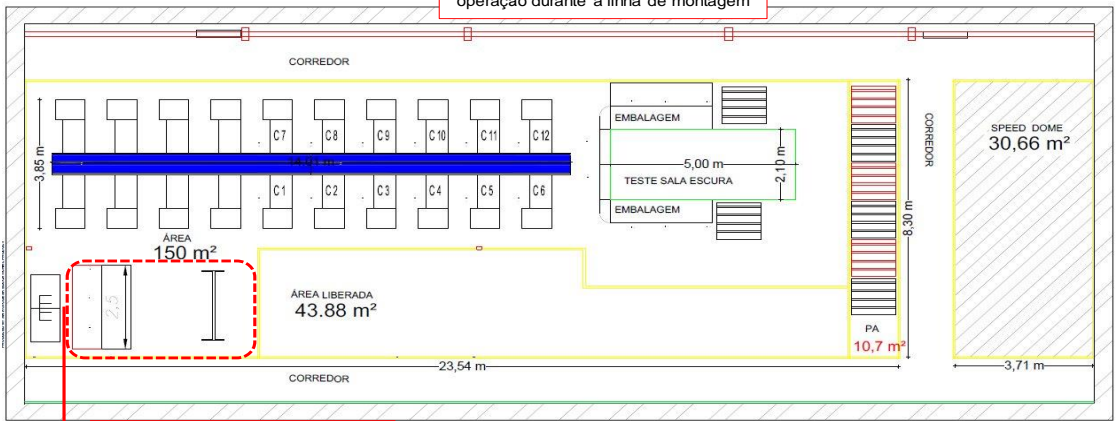
MONTAGEM CÂMERA CMOS - Cronometragem de tempo											André Pinheiro		
											VM S3020		
DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO (p/ elemento)											Tempo normal (seg)		
Postos		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
		TEMPOS CRONOMETRADOS											
1	1	Pegar câmera e retirar do saco	12,36 s	11,22 s	12,06 s	10,63 s	11,96 s	11,64 s	12,44 s	10,25 s	12,23 s	11,61 s	12,22 s
	2	Posicionar câmera e retirar proteção do cabo	7,15 s	8,26 s	6,29 s	6,60 s	8,16 s	8,19 s	5,91 s	7,93 s	7,08 s	7,55 s	7,68 s
	3	pegar placa e suporte da placa	5,82 s	5,25 s	5,45 s	4,62 s	6,93 s	4,83 s	4,99 s	4,40 s	5,29 s	5,29 s	5,55 s
	4	Pegar haste e fixar placa	9,08 s	9,13 s	9,79 s	10,45 s	11,03 s	9,82 s	11,96 s	9,83 s	9,61 s	10,66 s	10,64 s
	5	Pegar cabo 1 via e conectar na placa	4,61 s	4,86 s	5,99 s	4,83 s	3,72 s	4,77 s	7,14 s	5,33 s	5,07 s	5,24 s	5,41 s
	6	Conectar placa no cabo de 4 vias	3,93 s	3,89 s	4,46 s	5,06 s	3,77 s	2,84 s	2,54 s	5,17 s	4,34 s	3,58 s	4,16 s
	7	Fixar placa no case	15,48 s	17,25 s	16,28 s	17,34 s	14,73 s	14,62 s	13,27 s	13,40 s	16,59 s	14,01 s	16,06 s
	8	Pegar Led e conectar cabo de 4 vias e 1 via	6,11 s	6,90 s	7,13 s	6,32 s	7,08 s	6,13 s	6,24 s	6,54 s	6,62 s	6,50 s	6,88 s
	9	Posicionar Led	4,26 s	2,78 s	2,54 s	3,87 s	3,55 s	3,07 s	2,48 s	2,26 s	3,36 s	2,84 s	3,26 s
	10	Inserir anel EVA	1,86 s	2,95 s	1,92 s	2,05 s	2,39 s	1,93 s	1,83 s	3,30 s	2,20 s	2,36 s	2,39 s
	11	Fixar placa led e limpar lente	7,21 s	8,37 s	8,27 s	8,68 s	8,30 s	7,51 s	9,09 s	7,01 s	8,13 s	7,98 s	8,46 s
	12	Pegar tampa frontal e limpar	8,15 s	8,60 s	7,17 s	8,30 s	6,74 s	6,88 s	6,32 s	7,27 s	8,06 s	6,80 s	7,80 s
	13	Inserir anel de vedação no case	5,49 s	5,33 s	5,76 s	5,95 s	6,30 s	5,48 s	5,34 s	4,80 s	5,63 s	5,48 s	5,83 s
	14	Pegar chave e soltar parafuso do suporte	3,09 s	3,18 s	2,63 s	2,47 s	2,91 s	2,41 s	3,11 s	2,02 s	2,84 s	2,61 s	2,86 s
	15	Realizar marcação no colchão	2,08 s	2,03 s	1,72 s	1,49 s	1,93 s	2,47 s	1,56 s	1,63 s	1,83 s	1,90 s	1,96 s
	16	Inserir na esteira	1,36 s	1,72 s	1,41 s	1,09 s	1,63 s	1,05 s	1,09 s	1,02 s	1,40 s	1,20 s	1,36 s
Observações:											TP(s)	102,53 s	
											Tp(min)	1,71 min	
CÓDIGO: IT-PRO-108-MANA				DATA: 25/03/2014			PÁGINA:			REVISÃO: 1.0			
ELABORADOR: André Pinheiro													

APÊNDICE

D – Comparativo entre antes e depois da realocação do processo de ajuste do foco



CENÁRIO I - ANTES
 O processo de ajuste de foco era realizado individualmente em cada operação durante a linha de montagem



CENÁRIO II - DEPOIS
 O processo de ajuste de foco é realizado em uma sala à parte após o processo de montagem