

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO
LEAN MANUFACTURING NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO:
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2013

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO
LEAN MANUFACTURING NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO:
UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA ELETROELETRÔNICA**

TIAGO HENRIQUE DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LUIS HELLENO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2013

APRESENTAÇÃO

Agradeço primeiramente a Deus e Jesus Cristo, que me concederam a oportunidade de dar mais um passo na minha vida acadêmica.

O apoio incondicional de meu Pai, José, e minha Mãe, Maria, durante esse tempo de empenho que tive dedicado ao tema.

Ao professor André Helleno, meu orientador, e amigo, que acreditou na minha proposta desde a minha primeira entrevista, e me guiou em busca da excelência dessa pesquisa.

A todos aos amigos que me acompanharam e vibraram comigo todo esse tempo: Mastersom, Ari, Leo, Régis, Petterson, Elias, Yamamoto e todos outros.

Em especial a amigos que acreditaram em meu potencial, como pessoa e engenheiro: Contezini, Hirata, Colbano, Piton, Calado, Emerson, Chiotoli, Edgardo, J. Daniel e Céglio, que além de amigo, dividimos as mesmas aulas durante esses dois anos.

"As ciências têm as raízes amargas, porém os frutos são doces."

(Aristóteles)

OLIVEIRA, Tiago Henrique de. Análise da Aplicação dos Princípios do Lean Manufacturing Aplicado ao Desenvolvimento de Produtos: Um Estudo de Caso na Indústria Eletroeletrônica, 2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste (SP).

RESUMO

No cenário produtivo atual, com um contexto econômico globalizado, as empresas cada vez mais necessitam se tornar competitivas para enfrentar o mercado e os novos concorrentes que surgem todos os dias. Isto faz com que os sistemas de produção estejam em mudanças constantes buscando melhorar a qualidade do produto, reduzir o *lead time*, reduzir os custos e alcançar uma vantagem competitiva, fazendo com que o *Lean Manufacturing* seja uma filosofia de trabalho amplamente difundida. No entanto o alcance pleno dos seus benefícios no sistema de produção estão diretamente relacionados com as características do projeto do produto que são determinadas durante a etapa de desenvolvimento do produto. Desta forma cria-se uma lacuna na aplicação da filosofia *Lean Manufacturing*. Com isso, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de um estudo de caso em uma empresa de manufatura de eletroeletrônicos, os benefícios da inserção dos princípios do *Lean Manufacturing* durante a etapa de desenvolvimento do produto.

PALAVRAS-CHAVE: Lean Manufacturing, Lean Design, Kaizen, Desenvolvimento de Produtos.

OLIVEIRA, Tiago Henrique de. Analysis of the Application of the Principles of Lean Manufacturing Applied to Product Development, 2013. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste (SP).

ABSTRACT

In the current production scenario, with a globalized economic environment, companies increasingly need to become competitive to face the market and new competitors emerge every day. This makes the production systems are in constant changes seeking to improve product quality, shorten lead times, reduce costs and achieve competitive advantage, making the Lean Manufacturing is a philosophy of work currently widespread. However the full scope of its benefits in the production system are directly related to the design features of the product are determined during the product development stage. Thus it creates a gap in the application of Lean Manufacturing philosophy. Therefore, this study aims to examine, through a case study in an electronics manufacturing company, the benefits of integration of the principles of Lean Manufacturing during the stage of product development.

KEYWORDS: *Lean Manufacturing, Lean Innovation, Lean Design, Kaizen, Product Development*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PPGEP – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Eletros - Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos

JIT – Just-in-time

LM – Lean Manufacturing

STP – Sistema Toyota de Produção

LP – Lean Production

Frost-Free – Nome comercial dado a refrigeradores que não necessitam de descongelamentos periódicos no compartimento do Freezer

SMED – Single Minute Exchange Die

MPT – Manutenção Total Produtiva

TPM – Total Productive Maintenance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Presença dos produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos nos lares brasileiros.

Figura 2 – A casa do Sistema Toyota de Produção.

Figura 3 – Diagrama de categoria dos trabalhos de movimentação.

Figura 4 – Redução do nível da água.

Figura 5 – Relação custo x benefícios das atividades.

Figura 6 – Esquema do fluxo de desenvolvimento do produto enxuto.

Figura 7 – Relação entre Lean e inovação de produto.

Figura 8 – Quatro tipos de história A3.

Figura 9 – A3: história de proposta.

Figura 10 – A3: história de status.

Figura 11 – A3: formato e fluxo da história de solução de problemas.

Figura 12 – Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 13 – Efeito da escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases do desenvolvimento.

Figura 14 – Espiral do desenvolvimento.

Figura 15 – Fluxo de informação entre os setores da produção.

Figura 16 – Efeito da escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases do desenvolvimento.

Figura 17 – Curva de comprometimento do custo do produto.

Figura 18 – Projeto do produto para manufatura.

Figura 19 – Condução de estudo de caso.

Figura 20 – Sistema de produção.

Figura 21 – Função dos membros do *Kaizen*.

Figura 22 – Produto esquemático.

Figura 23 - Sequência de montagem.

Figura 24 - Formulário para elaboração de propostas.

Figura 25 – Desenho das propostas.

Figura 26 - Tabela de decisão.

Figura 27 – Relatório A3.

Figura 28 - Modelos 3D.

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 – Lean aplicado em diferentes áreas da empresa.

Quadro 2 – Comparação de desperdícios no desenvolvimento de *Lean*.

Quadro 3 – Analogia entre a manufatura e o desenvolvimento de produto.

Quadro 4 – Analogia entre o modelo proposto para a condução do estudo de caso e as etapas realizadas durante o estudo de caso.

Quadro 5 – Agenda de trabalho do *Kaizen*.

Quadro 6 – Critérios de avaliação VS. requisitos.

Quadro 7 – Vantagens e desvantagens.

SUMÁRIO

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA.....	1
TIAGO HENRIQUE DE OLIVEIRA.....	2
ORIENTADOR: PROF. DR. ANDRÉ LUIS HELLENO	2
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	16
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2. LEAN MANUFACTURING E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	19
2. LEAN MANUFACTURING E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	19
2.1. LEAN MANUFACTURING.....	19
2.1.1. O RELATÓRIO A3.....	30
2.2. LEAN DESIGN.....	33
2.3. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	41
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	53
3. MÉTODO DE PESQUISA.....	53
4. ESTUDO DE CASO.....	56

4. ESTUDO DE CASO.....	56
4.1. O EVENTO KAIZEN.....	58
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO KAIZEN.....	60
4.3. TIME DE TRABALHO.....	61
4.4. DETALHAMENTO TÉCNICO DO EVENTO KAIZEN.....	63
4.5. DESENHO DAS ALTERNATIVAS PARA MODIFICAÇÃO DO PRODUTO.....	64
4.6. DISCUSSÃO INICIAL DO IMPACTO DAS ALTERNATIVAS NO AMBIENTE FABRIL.....	70
4.7. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA DECISÃO DE ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS.....	72
4.8. PONTUAÇÃO DAS ALTERNATIVAS E ESCOLHA DAS TRÊS MELHORES	74
4.9. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO A3.....	76
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	78
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	78
5.1. RESULTADOS FINAIS DA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO LM	79
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do crescimento econômico do Brasil nos últimos anos, o mercado de produtos eletroeletrônicos está em plena expansão e torna-se

cada vez mais dinâmico em relação ao aumento da concorrência e, conseqüentemente ao lançamento de novos produtos.

Segundo dados da Eletros (Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos), com base nos dados do IBGE de 2010 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no Brasil existem 58,577 milhões de lares eletrificados com algum tipo de produto eletroeletrônico (Eletros, 2013).

Na Figura 1 é possível ver a tendência de crescimento no consumo desses produtos entre a população brasileira nos últimos anos.

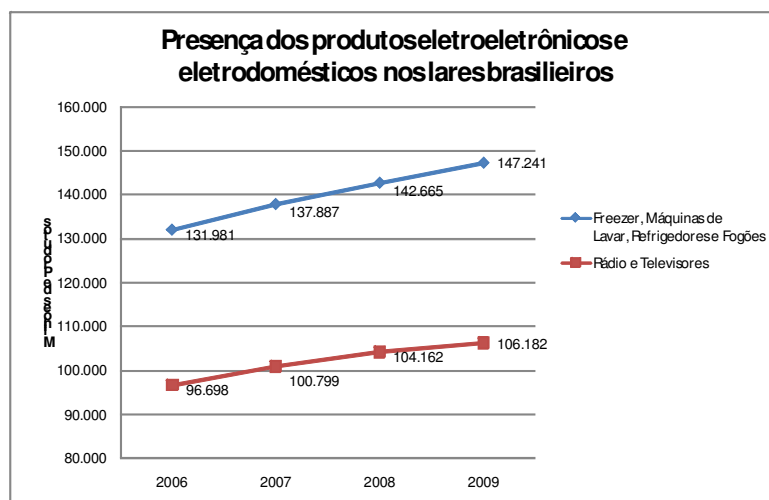


Figura 1: Presença dos produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos nos lares brasileiros (IBGE PNAD, 2010).

Em função deste panorama, o mercado eletroeletrônico nacional, tem sido procurado pelos principais fabricantes do setor, sendo atualmente composto por cerca de 27 fabricantes multinacionais e nacionais, nos quais se destacam: Electrolux, Esmaltec, LG, Mabe, Panasonic, Philips, Samsung, Whirlpool, Sony entre outros.

Devido ao grande número de fabricantes instalados no Brasil, a concorrência vem se acirrando ano após ano, acompanhando o aumento da renda nos lares brasileiros.

Dessa forma uma nova realidade de produtos, com *design* diferenciado e uma tecnologia embarcada atraente surge, e se torna um fator decisivo para o consumidor no momento da compra e uma vantagem competitiva para o fabricante.

A partir desse novo cenário, os fabricantes buscam a redução do tempo e do custo de desenvolvimento de novos produtos, através da utilização de diversas ferramentas metodológicas metodologias, dentre as quais destaca: *Lean Manufacturing*.

O *Lean Manufacturing* tem seu campo de atuação dentro da manufatura, eliminando os desperdícios existentes no chão de fábrica, e buscando o fluxo contínuo das informações, dos materiais e dos processos.

O ciclo desenvolvimento de produto, em função das exigências de mercado, está cada vez menor, porém dentro de suas etapas existe uma série de desperdícios que apresentam um grande potencial de serem reduzidos com a utilização dos princípios do *Lean Manufacturing*.

1.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A aplicação do *Lean Manufacturing* no desenvolvimento de produtos torna-se importante, porque a redução do tempo de desenvolvimento de novos produtos é um fator de competitividade e sobrevivência, no cenário atual de concorrência da indústria de eletroeletrônicos.

Antes do desenvolvimento do conceito de *Lean Manufacturing*, Taichi Ohno, em suas observações em um setor de usinagem da Toyota, caracterizou o conceito de desperdício ou *Muda*, como sendo qualquer atividade que consome recursos sem criar valor para o cliente, ou qualquer atividade pela qual o cliente não está disposto a pagar (Narusawa, 2009).

Desta forma o *Lean Manufacturing* se origina do Sistema Toyota de Produção, e pode ser considerado um conjunto de conceitos e métodos voltados para aumentar a vitalidade corporativa (Narusawa, 2009).

Segundo Ohno (1988), a Toyota levou mais de 60 anos para implementar de forma sustentável as ferramentas e o comportamento para garantir o sucesso do *Lean Manufacturing*. Bardudeen (2010) sugere que o processo de implementação do *Lean Manufacturing* mudará completamente a cultura organizacional de uma empresa.

Os fundamentos da cultura Toyota estão profundamente enraizados nas práticas e na filosofia de trabalho japonesa, as quais baseiam-se em um senso de igualdade, na busca da melhoria contínua através da educação continuada, em um desejo de vida longa em um único emprego e por ultimo, em uma vida diária em torno do trabalho (Barbudeen, 2010).

A partir desse desejo de melhoria contínua, Narusawa (2009), cita uma frase que traduz uma prática constante na cultura Toyota: “Não ter problemas é um problema”. Desta forma a cultura Toyota busca constantemente oportunidades de melhoria, com o intuito de treinar os envolvidos em enxergar os desperdícios e elimina-los.

Para melhor traduzir o Sistema Toyota de Produção, a Figura 2 ilustra a estrutura da casa do sistema Toyota de Produção.

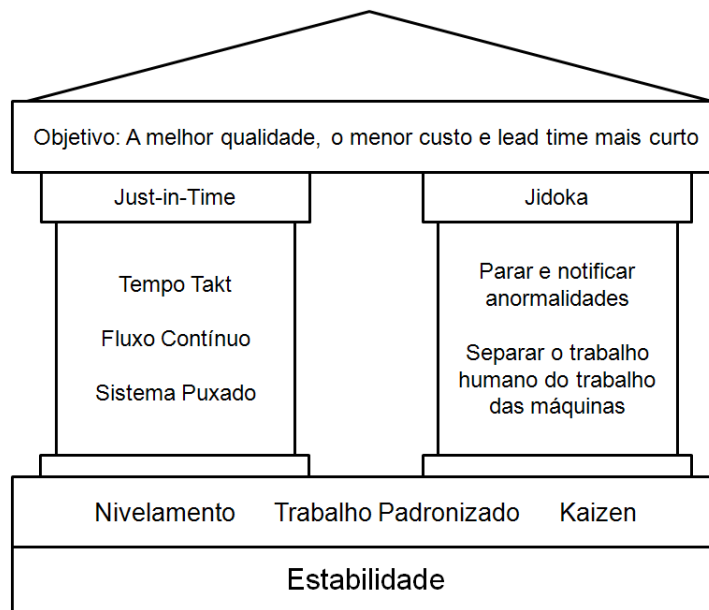


Figura 2: A casa do Sistema Toyota de Produção (Narusawa,2009).

Conforme pode ser observado na Figura 2, os dois pilares do Sistema Toyota de Produção são o *Jidoka* e o *Just-in-time (JIT)*.

O conceito *Jidoka* relaciona-se em projetar máquinas para parar automaticamente e chamar a atenção imediatamente para os problemas. A origem desse conceito é explicado por Narusawa (2009) por meio da ação de Sakichi Toyoda em parar imediatamente os seus teares sempre que um fio de urdume se rompia. Esta ação melhorou drasticamente a qualidade e liberou os operadores de ficar monitorando as máquinas, possibilitando que manuseassem múltiplas máquinas.

Kiichiro Toyoda propôs o conceito de *Just-in-time* em 1938, após seus estudos sobre a adaptação dos conceitos do Fordismo e condições das empresas japonesas.

Segundo Slack (2008), o *Just-in-time* em seu aspecto mais básico, significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários – não antes para que não formem estoques, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar. Além desse aspecto, pode-se adicionar as

necessidades de qualidade e eficiência, na qual, o JIT visa atender uma determinada demanda instantaneamente, com qualidade e sem desperdícios.

Desta forma, a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* no desenvolvimento de produtos permite:

- projetar o produto com o menor número de componentes possíveis e padronizados, evitando a geração de desperdícios futuros no ambiente fabril com a fabricação, estocagem, movimentação e manuseio de novos componentes;
- analisar temas de segurança e qualidade do produto, focado no usuário final e no usuário operacional, abrindo a busca de correções de problemas existente de produtos similares;
- reduzir os custos e os investimentos. Na etapa de desenvolvimento do produto é o momento crucial para a decisão da utilização de ferramentas e dispositivos já existentes no ambiente fabril e a construção de novos meios de produção.

1.2. OBJETIVOS

Para maior esclarecimento deste trabalho, o mesmo foi detalhado em objetivo geral e objetivos específicos.

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* no desenvolvimento de produtos, por meio de um estudo de caso em uma indústria eletroeletrônica.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral propõem-se quatro objetivos específicos:

- analisar os novos componentes que serão inseridos no produto, e no processo de montagem na perspectiva dos riscos que eles podem gerar aos operadores e ao usuário final (cliente final);
- verificar o atendimento do produto quanto às normas de segurança e os padrões de qualidade para o processo de montagem;
- analisar o projeto dos componentes que serão inseridos no produto, de uma forma que o tempo de montagem seja menor ou igual ao tempo atual de montagem do produto;
- analisar o custo, buscando otimizá-lo no processo de montagem, na aquisição dos ferramentais, e nas intervenções da assistência técnica.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, conforme detalhado a seguir:

Capítulo 1 – Introdução – Aborda a justificativa e relevância do trabalho, o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Lean Manufacturing e Desenvolvimento de Produtos – Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing* (LM) e Desenvolvimento de Produto.

Capítulo 3 – Método de Pesquisa – Detalhamento do método de pesquisa.

Capítulo 4 – Estudo de Caso - Estudo de caso realizado durante o desenvolvimento de um novo produto em uma indústria eletroeletrônica, a partir da aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* na etapa de desenvolvimento de um novo produto.

Capítulo 5 – Análise dos Resultados – Neste capítulo são analisadas as vantagens e desvantagens da aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* na etapa de desenvolvimento de um novo produto após o estudo de caso.

Capítulo 6 – Conclusões e sugestões para trabalhos futuros – Conclusões obtidas após as análises dos resultados obtidos a partir do estudo de caso e as sugestões para trabalhos futuros.

2. LEAN MANUFACTURING E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre Lean Manufacturing (LM) e Desenvolvimento do Produto, com as palavras-chave: *Lean Manufacturing*, *Lean Design*, *Kaizen* e Desenvolvimento de Produtos.

2.1. LEAN MANUFACTURING

Segundo Morgan e Liker (2008) é possível definir o *LM* como um conjunto de ferramentas que busca eliminar o desperdício e cria um fluxo contínuo para os materiais ao longo de um processo de transformação. Desta forma ao aplicar o *LM* no processo de desenvolvimento de produtos, pode-se integrar pessoas, processos, ferramentas e tecnologia para agregar valor ao consumidor.

O desenvolvimento do *LM* baseou-se no Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido pela *Toyota Motor Company* no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Naquele momento a melhoria da eficiência e da flexibilidade eram fatores essenciais para a sobrevivência no mercado japonês (WOMACK *et al*, 1992; OHNO, 1997; LIKER, 2005).

O STP visa primeiramente a eliminação do desperdício (*Muda* – termo em japonês), o qual é definido por Taiichi Ohno (1988) como qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor na perspectiva do cliente (Matt, 2007)

Segundo Matt (2007) o termo *LM* foi introduzido pela primeira vez por James Womack *et al.* através do livro “A Máquina que mudou o mundo”, e desde então têm sido amplamente utilizado além do Japão, por empresas de manufatura ao redor do mundo.

Segundo Sha e Ward (2002) o *LM* pode ser entendido como um detalhamento multidimensional, que abrange de forma ampla diversas práticas de

gerenciamento, tais como: *Just-in-Time (JIT)*, sistemas de qualidade, times de trabalho, manufatura celular e gerenciamento de fornecedores.

Womack *et al.* (1998), define os cinco princípios do *Lean Manufacturing* como sendo:

- 1) definir o valor do programa para os *stakeholders*;
- 2) planejar o fluxo da cadeia de valor das atividades de trabalho a partir de matéria-prima até a entrega do produto, eliminando o desperdício;
- 3) organizar a cadeia de valor como um fluxo de trabalho contínuo sem interrupções e, que seja puxado pelo ritmo (*takt time*) do cliente;
- 4) organizar a força de trabalho em função de um sistema de produção puxado pelo ritmo do cliente;
- 5) buscar a perfeição, através de um processo de melhoria contínua.

Desta forma, pode-se afirmar que o princípio de qualquer atividade de melhoria através do *LM* terá como objetivo a eliminação de desperdícios existentes no ambiente fabril através do estabelecimento de fluxo de trabalho contínuo baseado no *Takt time* do cliente.

Os princípios do *LM* são comumente suportado, por uma gama de ferramentas e métodos que incluem: 5S, mapeamento do fluxo de valor, eventos Kaizen, eventos de preparação para a produção (3P), TPM (*Total Productive Maintenance*), *Chaku-Chaku*, *poka-yoke*, *Just-in-time* e manufatura celular.

Dentre as ferramentas e métodos que compõem os princípios do *LM*, o *Kaizen* significa mudar para melhor, ou melhoria contínua (Doman, 2011).

Segundo Doman (2011) o *Kaizen* se aplica com times de trabalho multifuncionais, focados em áreas com problemas específicos, com um tempo determinado para entender a situação, identificar os desperdícios e as

atividades que não agregam valor, analisar a causa raiz do problema, implantar uma solução para o problema e gerenciar os resultados.

Segundo Smadi (2009) o *Kaizen* é um processo de melhoria contínua em qualquer área, seja na vida pessoal, social ou, no trabalho. Ele pode ser definido como um processo gradual e incremental de melhoria, persuadindo às atividades dos negócios a perfeição.

Wittenberg (1994), mostra na Figura 3, a importância do *Kaizen* para o aparecimento dos problemas nas operações, que muitas vezes ficam ocultos pelo excessivo inventário.

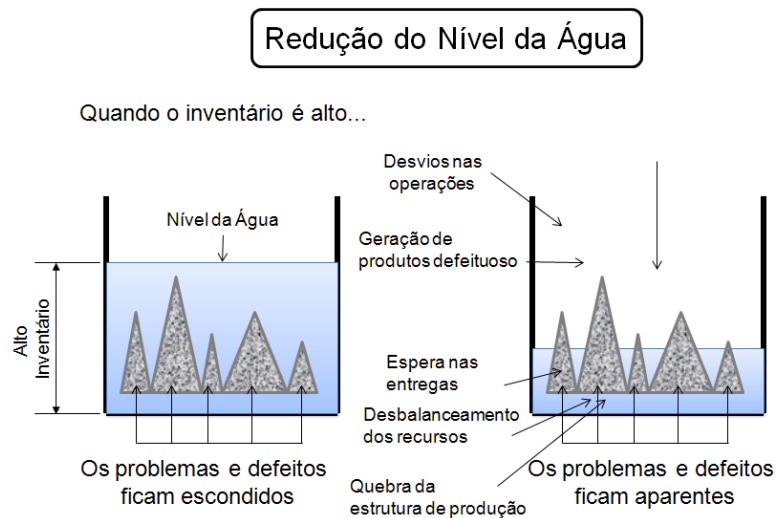


Figura 3: Redução do Nível da água (Wittenberg, 1994).

Durante uma atividade Kaizen, os colaboradores são liberados para focar toda a energia na identificação e solução do problema, por isso os resultados após o evento Kaizen normalmente são eficientes com relação à causa do problema (Raffo, Metha, Anderson e Harson, 2010).

Segundo Metha e Kauffman (2010) as atividades do Kaizen são geralmente conduzidas em um período de 3 a 5 dias, após identificado as metas do evento, para que os resultados esperados sejam alcançados.

Para Smadi (2009) o sucesso da execução de um evento Kaizen está diretamente ligado à aplicação de cinco princípios:

- 1) processos e resultados;
- 2) qualidade em primeiro lugar;
- 3) dados concretos *versus* sentimento e pressentimentos (vá e veja !);
- 4) o próximo processo é o meu cliente;
- 5) gerenciamento visual – faça os problemas se tornarem visíveis, esteja em contato com a realidade e estabeleça metas.

Complementando a citação de Matt (2007), Chiarini (2011) relaciona outras várias ferramentas do *LM* e suas aplicações para a eliminação dos desperdícios, sendo elas:

- *Hoshin Kanri* e Planejamento: o pensamento *Lean* deve estar alinhado com os objetivos estratégicos. Geralmente a alta direção, visando à obtenção dos melhores resultados, desdobra os objetivos estratégicos nos processos, através de matrizes estruturadas, contendo os objetivos nos níveis táticos e operacionais.
- Mapeamento do Fluxo de Valor: é a principal ferramenta usada para a visualização do fluxo entre os processos. Os fluxos dos materiais e das informações que controlam as operações são mapeados e representados através de uma linguagem gráfica. Durante uma implementação do *LM*, o Mapeamento do Fluxo de Valor auxilia na identificação das atividades que agregam e que não agregam valor, assim como, permite avaliar as melhorias implantadas no sistema produtivo, comparando a situação atual e a situação futura.
- *Lean Office*: além dos desperdícios encontrados nos processos de produção, dentro de um ambiente industrial pode existir os desperdícios relacionados com administração e demais, processos administrativos.

Desta forma o *Lean Office* irá analisar processos administrativos. Os desperdícios podem estar presentes em repositórios eletrônicos de informações, longos tempos de aprovação, documentos esperando para ser assinados, entre outros;

- Métricas *LM*: Os resultados em função da redução de desperdícios são mensurados pela eficiência e a efetividade dos indicadores, o *LM* possui muitos indicadores, entre eles os mais importantes são: o *lead time*, a pontualidade das entregas aos clientes, à eficiência global dos equipamentos ou *OEE (overall equipment effectiveness)*, a eficiência do processo, tempo de ciclo do processo entre outros.
- Sistema de Produção Empurrado ou Puxado: empurrar ou puxar o sistema de produção são estratégias completamente distintas na manufatura. O sistema de produção empurrado é baseado em previsões de venda e, em função disso a produção se organiza para empurrar os produtos para os estoques. O sistema de produção puxado é o oposto, ocorre no momento em que a produção é programada somente em função dos pedidos do cliente;
- Gerenciamento e Controle Visual: operadores e gerentes devem controlar e visualizar imediatamente o desperdício no chão de fábrica, isso significa, que os indicadores e os problemas no chão de fábrica têm que ser controlados e visualizados por meio de monitores, sinais, alarmes ou qualquer outro sistema de visualização, que seja em tempo real;
- *Takt Time*: termo derivado do Alemão, que significa batida ou ritmo. Para o *LM*, o seu significado refere-se ao ritmo ou frequência de vendas em que o cliente necessita do produto, afetando todos os processos desde vendas até os fornecedores;
- 5S: são cinco passos utilizados para limpar e organizar uma área. Pode ser aplicado desde uma mesa de trabalho até uma área de produção e,

tem como principal objetivo a eliminação de coisas que possam causar distração, acidentes, erros ou baixa produção. Os cinco passos são: Senso de utilização, Senso de organização, Senso de limpeza, Senso de saúde e o Senso de autodisciplina. O 5S é uma das mais visuais ferramentas do *Lean*;

- *One-Piece-Flow* (Lote unitário): O encurtamento dos ciclos de vida dos produtos e serviços e o aumento da demanda pela customização dificultam à produção nas tradicionais linhas estruturadas para produção em lotes relevantes. Desta forma, o LM utiliza o conceito de lote unitário, no qual as tradicionais linhas são reposicionadas em células em que todas as atividades e equipamentos são dedicados para o produto ou serviço. Quando se trabalha com lote unitário é necessário o transporte de, somente uma peça para a próxima etapa.
- Troca Rápida (*SMED* – Single Minute Exchange Die): a troca rápida é conhecida na manufatura por eliminar tempos improdutivos e reduzir o tempo de troca das operações. A redução do tempo de troca significa que os operadores podem mudar de um modelo de peça para outro mais frequentemente, e conseqüentemente reduzir os estoques na fábrica;
- *Poka-Yoke*: é uma filosofia para o desenvolvimento de sistemas automático que evitam não necessariamente de forma automática, erros humanos no processo, e conseqüentemente a redução dos defeitos;
- MPT (Manutenção Produtiva Total) ou *TPM* (*Total Productive Maintenance*): é um pilar fundamental do LM voltado para a introdução da manutenção preventiva das máquinas e equipamentos. O TPM reduz os tempos de máquinas paradas, e conseqüentemente os desperdícios;
- *Kanban*: palavras derivada de duas palavras do idioma Japonês, *kan* – *que* - significa visualizar e *ban* que significa quadro ou cartão. Foi introduzido pela primeira vez na Toyota em 1956 por Taiichi Ohno e tem

como objetivo manter nas linhas ou células de manufatura somente a quantidade certa de produtos a serem trabalhados. O ponto de disparo para a reposição dos materiais é controlado por um cartão *Kanban*, que dá a permissão para produzir e para assegurar o fornecimento.

Dentre os princípios do *LM*, o *Takt Time* ganha importância em um sistema de produção na medida em que o fluxo contínuo da produção baseado no *Takt Time* impede o acúmulo de estoque entre estações de trabalho, as acelerações e desacelerações que ocorrem em um processo baseado em fluxo variável. O fluxo contínuo auxilia na eliminação da variabilidade em cada etapa do trabalho (Matt, 2007).

Segundo Wang e Qi (2008) a aplicabilidade do *Lean Manufacturing*, vai além da indústria automobilística, podendo se estender à fabricação de máquinas, produtos eletrônicos, bens de consumo, aeroespacial e naval, e se torna mais um marco entre os modernos métodos de produção após os métodos de produção em massa.

Entre todas as técnicas do *LM*, a padronização é o fator chave. Ela define como o sequenciamento das tarefas de um processo, e ajuda a construir novas tecnologias ou produtos de forma otimizada (Olivella, Cuatrecasas e Gavilan, 2008; Mehri, 2006).

Segundo Liker e Meier (2007) o verdadeiro sucesso de um processo de melhoria para a identificação de perdas, vem da compreensão da raiz do problema e colocar em prática verdadeiras contramedidas para essa causa. A Toyota identificou os seguintes tipos de atividades que não agregam valor às atividades empresariais:

- 1) superprodução;
- 2) espera (tempo a disposição);
- 3) transporte ou transferência;
- 4) superprocessamento ou processamento incorreto;

- 5) excesso de estoque;
- 6) deslocamentos desnecessários;
- 7) defeitos;
- 8) não utilização da criatividade dos funcionários.

Taiichi Ohno considerava que a perda mais importante estava envolvida com a superprodução, já que ela pode causar a maioria dos outros tipos de perda. Produzir mais cedo ou em quantidade maior do que o desejado pelo cliente em qualquer operação do processo de fabricação leva necessariamente à formação de estoque em algum ponto posterior do processo (Liker e Meier 2007).

Referente ao desperdício de movimentação Narusawa (2009) apresentam o diagrama de categorias do trabalho de movimentação (Ver Figura 4), na qual, pode-se observar que há pouco valor agregado em trabalhos relacionados com a movimentação.

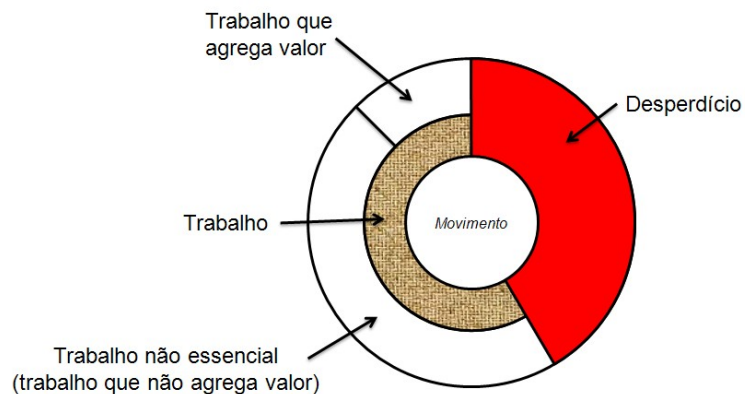


Figura 4: Diagrama de categorias do trabalho de movimentação (Narusawa, 2009).

Na visão de Deif (2010), o *LM* apresenta o caminho de fazer mais e mais, com cada vez menos. Porém esse objetivo só poderá ser alcançado através de um grupo de ferramentas e métodos, que busquem a eliminação de desperdícios através da potencialização das atividades que agregam valor, sendo que, o valor deve ser definido em função da visão do cliente final.

Machado e Pereira (2008) trazem uma visão diferente, abordando o termo *LM* como sendo *Lean Production (LP)*, o qual é definido como uma abordagem multidimensional que engloba uma variedade de práticas de gerenciamento que incluem: *just-in-time*, sistema da qualidade, times de trabalho, manufatura celular, gerenciamento de fornecedores, entre outros, com a visão de um sistema integrado.

O conjunto dessas práticas de gerenciamento cria um sistema de alta qualidade que produz produtos conforme a demanda do consumidor, com poucos ou nenhum desperdício no sistema produtivo. O *Lean Production* não é um confinamento de atividades focadas somente na produção de uma empresa, sua amplitude pode abranger o desenvolvimento de produtos, os processos de compra, a logística e distribuição, formando assim o *Lean Enterprise*. Neste momento a filosofia *Lean* engloba todos os processos da empresa.

Para Machado e Pereira (2008), a última conquista durante uma implementação do *Lean Production* nas operações, são os aumentos da produtividade, da qualidade e as reduções do *lead time* e do custo. O quadro 1 mostra, as aplicações da filosofia *Lean* em diferentes áreas funcionais da empresa e os seus principais fatores de aplicação.

Quadro 1 – *Lean* Aplicado em Diferentes Áreas da Empresa (Machado e Pereira, 2008)

<i>Lean Development</i>	<i>Lean Procurement</i>	<i>Lean Manufacturing</i>	<i>Lean Distribution</i>	<i>Lean Enterprise</i>	<i>Lean Consumption</i>
Desenvolvimento de Produtos	Compras	Manufatura ou Produção	Logística	Corporativo	Visão no cliente
Envolvimento do Fornecedor		Eliminar desperdício	Pulmões Lean	Cultura organizacional	Bens e serviços caminham juntos
Times multifuncionais	Hierarquia de fornecedores	Melhoria contínua	Envolvimento do cliente	Desdobramento da estratégia	Sem desperdício de tempo para o consumidor
Engenharia simultânea	Subsistemas maiores para poucos fornecedores	Times multifuncionais	Marketing agressivo	Conhecimento estruturado	Exatamente o que o cliente quer, no local onde ele quer
Integração ao invés de coordenação	Compartilhar benefícios a longo prazo	Design para manufatura	Network global	Tecnologia da informação e comunicação	Demanda perfeita do cliente
Gerenciamento estratégico		Controle visual	Puxado pelo cliente	Sistema de monitoramento da performance	
Confidencialidade	Zero defeito / Zero estoque / JIT			Finanças Lean	
Gerenciamento dos dados do produto	Lean Six Sigma	Líder de equipe		Eventos kaizen	
Processos robustos	Análise da causa raiz	Tecnologia de grupo		Envolvimento do cliente	
Motivar e reconhecer o fornecedor	5S	Responsabilidades descentralizadas / funções integradas	Entregas Lean	Serviço Lean corporativo	Soluções para limitar as perdas de tempo do cliente e previsão de urgências
	Poka-yoke		Flexibilidade		
	Trabalho padrão	Puxado ao invés de empurrado	Capacidade		
	TPM	Sistema kanban	Resposta rápida		
	Total quality mangement	Troca rápida (set up)			

Após a implementação do *Lean Production*, o controle da produção é uma atividade contínua e vital para garantir que as operações estão ocorrendo conforme o planejado. Em função disso alguns indicadores *Lean* devem ser implementados, para prover informações quantitativas e medir os seus benefícios.

Machado e Pereira (2008) sugerem uma lista de indicadores a serem implementados para a mensuração dos resultados:

- redução dos custos de produção;
- diminuição do *lead time* na manufatura;
- diminuição do tempo ciclo;
- redução do inventário;

- redução do custo de qualidade (melhoria da qualidade);
- redução de área no chão de fábrica;
- redução dos custos de compras;
- melhoria do tempo de entrega de materiais ou produtos;
- melhoria do tempo de recebimento de materiais ou produtos;
- aumento da satisfação do cliente.

Para Doman (2011) o *Lean* é uma abordagem para a compreensão das operações na organização, com o foco primário na identificação dos desperdícios implícitos ao longo de um processo. O *Lean* é uma prática bem estabelecida em negócios globais. E embora suas origens estejam na manufatura, sua aplicação tem aumentado nas mais diferentes áreas, incluindo a educação superior e o ambiente acadêmico com um excelente sucesso.

Wang e Qi (2008) citam outra aplicação do *Lean* na área de logística, que é o *Lean Logistic*, que se originou do *LM* e tem como, principal objetivo aumentar a satisfação do cliente, através da eliminação das atividades que não agregam valor durante o processo de produção e o fornecimento, reduzindo o tempo de entrega.

O *Lean Logistic* visa prover aos clientes serviços logísticos sem desperdícios e esperas e tem quatro características básicas seguintes:

- sistema logístico puxado;
- baixo custo do sistema logístico;
- alta qualidade no sistema logístico;
- melhoria contínua do sistema logístico.

2.1.1. O RELATÓRIO A3

No *LM*, a padronização é um ponto-chave para a sustentabilidade dos trabalhos realizados, sendo que para isso, a Toyota adotou o uso do relatório A3.

O relatório A3 integra o processo de solução de problemas e tomada de decisão, pois ele permite que somente as informações mais críticas sejam compartilhadas com os outros para avaliação cuidadosa do processo de pensamento utilizado. Desta forma é possível integrar esforços para chegar a um consenso.

No sistema de Produção Toyota, a busca agressiva da eliminação de perdas se estende a todas as atividades dentro da organização, incluindo a apresentação de informações e o processo de tomada de decisões com base nas informações (Liker e Meier, 2007).

Para Mullaney (2010) o relatório A3 de solução de problemas é uma maneira de olhar com novos olhos para um problema específico identificado de forma organizada. É uma ferramenta com uma abordagem estruturada que força o usuário a definir e compreender completamente o problema, resolvê-los e gerenciar as correções.

Uma metodologia baseada em resolver o problema estruturado, identificando a causa raiz e implementar uma solução que impede o retorno e contribui para a melhoria contínua da qualidade (LIANG e ZHANG, 2010).

Segundo Liker e Meier (2007), o relatório A3 pode ser utilizado em diferentes aplicações, conforme ilustrado na Figura 5, os quatro tipos mais utilizados são: para contar a história da proposta, a história de um processo de solução de problemas, a história do *status* de uma atividade e a histórias das informações.

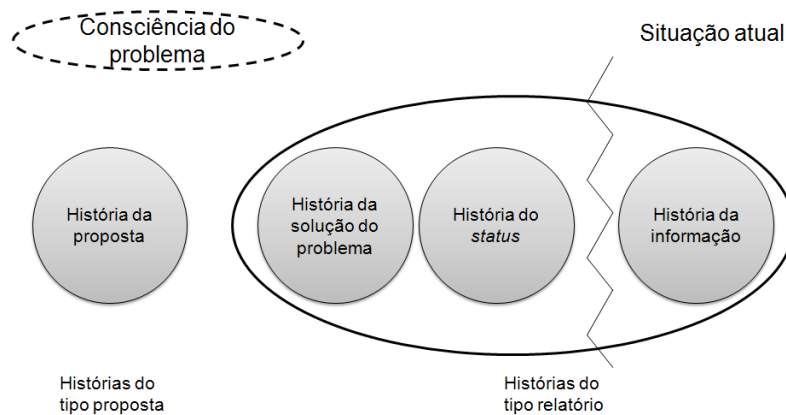


Figura 5: Quatro tipos de história A3 (Liker e Meier, 2007).

Para cada tipo de relatório A3, sugere-se uma forma de análise e preenchimento das informações, Liker e Meier (2007):

- Para o tipo história da proposta, é necessário completar um A3 com a afirmação do problema, a análise das condições atuais, uma proposta de ação (a mudança ou a compra) e o resultado previsto (custo e melhoria esperados). A figura 6, ilustra o modelo de relatório A3 para a história da proposta;

TEMA											
INTRODUÇÃO Conceito básico, histórico ou estratégia básica e como se encaixa no quadro geral	PLANO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; padding: 2px;">Condição exigida</td> <td style="width: 25%; padding: 2px;">Razão para a condição exigida</td> <td style="width: 25%; padding: 2px;">Efeito esperado</td> <td style="width: 25%; padding: 2px;">Responsabilidades</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">O que? / como</td> <td style="padding: 2px;">Por quê?</td> <td style="padding: 2px;">O quê</td> <td style="padding: 2px;">Quem</td> </tr> </table>			Condição exigida	Razão para a condição exigida	Efeito esperado	Responsabilidades	O que? / como	Por quê?	O quê	Quem
Condição exigida	Razão para a condição exigida	Efeito esperado	Responsabilidades								
O que? / como	Por quê?	O quê	Quem								
PROPOSTA Como organizar O conceito básico (pontos vitais)	PROBLEMAS NÃO-RESOLVIDOS Problemas não-resolvidos e como superar obstáculos, isto é, como negociar com departamentos relacionados problemas e soluções										
	PLANO DE AÇÃO (CRONOGRAMA) Como organizar o plano Cronograma / prazo										
Autor: _____ Data: _____											

Figura 6: A3: história de proposta (Liker e Meier, 2007).

- Para o tipo histórias de *status*, relata os fatos principais em um projeto importante. Exemplos incluem um plano anual, a revisão de um projeto e a revisão de projeto na engenharia de um novo produto. Essa história deve começar com objetivos claros, a abordagem para implementação, o efeito total até o momento e problemas não resolvidos com as medidas correspondentes. A Figura 7, ilustra o modelo de relatório A3 para a história de *status*;

TEMA			
1. HISTÓRICO		4. EFEITO TOTAL	
2. OBJETIVOS			
		5. PROBLEMAS NÃO-RESOLVIDOS / AÇÕES FUTURAS	
3. IMPLEMENTAÇÃO			

Autor: _____ Data: _____

Figura 7: A3: história de status (Liker e Meier, 2007).

- Para o tipo história de informações deve-se abordar, o objetivo de transmitir informações somente. Não há nenhum componente de avaliação. Não exige a descrição de um problema; o único objetivo é transmitir informações gerais a um público, dentro ou fora da empresa. A visualização é muito importante em uma história de informações, e há muitos modos possíveis de organizar esse tipo de apresentação;
- Para a história da solução do problema, se utiliza diversos formatos em diferentes estágios do processo, dependendo do que está sendo apresentado e do momento do processo em que as informações estão sendo transmitidas. Há três estágios distintos no processo de solução de problemas: o estágio da proposta para a solução do problema, o

estágio do *status* para a verificação do andamento e progresso do trabalho, e o estágio final para a verificação da realização das tarefas e obtenção dos resultados. A Figura 8, ilustra o modelo de relatório A3 para a história de solução de problemas.

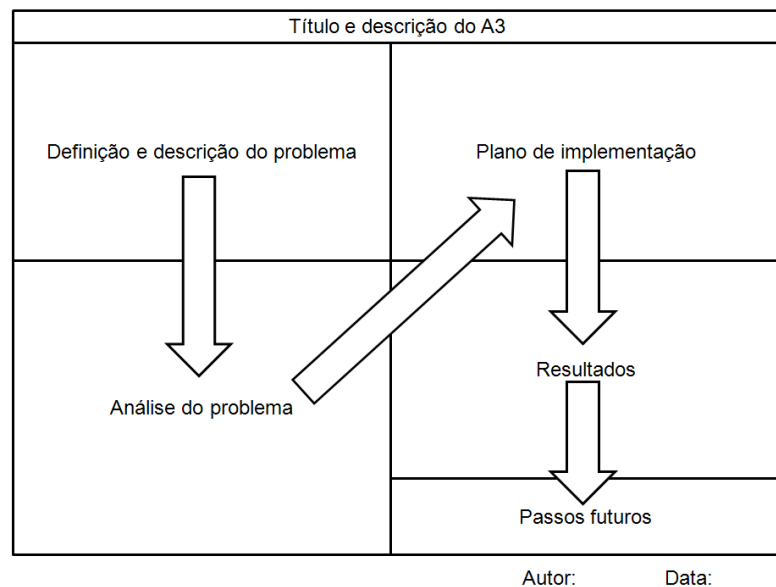


Figura 8: A3: formato e fluxo de história de solução de problema (Liker e Meier, 2007)

2.2. LEAN DESIGN

Segundo Oppenheim (2004), o *LM* aplicado ao fluxo de desenvolvimento de produtos, contribui para a definição de um sistema de engenharia enxuto, definindo o foco desse sistema para trabalhar simultaneamente para a criação de valor e eliminação de desperdícios.

Para Amaral *et al.* (2006), uma das abordagens mais citadas pela literatura é a do Desenvolvimento *Lean*, que a princípio, não se parece diferenciar do desenvolvimento integrado de produtos. No entanto, uma das contribuições desta proposta relaciona-se com uma visão mais orgânica do processo, que deve ser atingida por meio da máxima simplificação e diminuição da formalização do processo, (pois são atividades que não agregam valor) e da

valorização dos trabalhos dos times, com um foco nas atividades de prototipagem e testes.

A idéia do Desenvolvimento *Lean* é valorizar ao máximo a experimentação e aprendizagem. O gerente de projeto não é visto apenas como um coordenador e motivador, ele é também um dos orientadores, no sentido acadêmico do termo, que orienta o processo de aprendizagem dos engenheiros e técnicos sob sua supervisão, em busca de uma inovação constante.

Nesse ponto, Desenvolvimento *Lean* relaciona-se com a valorização da aprendizagem organizacional e gestão do conhecimento. Nas abordagens de desenvolvimento integrado, esse aspecto do trabalho em times não era valorizado.

A segunda contribuição do Desenvolvimento *Lean* é a idéia de retardar ao máximo as decisões de detalhes específicos do projeto. Prega-se que o tempo despendido antecipadamente nesses detalhamentos seja investido em busca de alternativas de soluções e entendimento do problema de projeto.

Reinertsen (2007), afirma que a gestão como um todo, deve reconhecer os reais benefícios do desenvolvimento de produto *Lean* como a criação de fluxo contínuos das informações, e não somente na redução de desperdícios. Somente este caminho pode levar à obtenção do verdadeiro potencial no Desenvolvimento *Lean*, e simultaneamente, melhorar o tempo de ciclo, qualidade e eficiência.

Segundo Browning (2000) o Desenvolvimento *Lean* não é a minimização de custos, tempo de ciclo, ou resíduos. *Lean* é maximizar o valor do trabalho executado. Desta forma no desenvolvimento de produtos, às vezes ser *Lean*, exige fazer mais e, não menos. O valor do produto é afetado não apenas pela presença de atividades necessárias dentro do processo de desenvolvimento, mas também pela forma como essas atividades trabalham junto para garantir que se produzam informações corretas.

Desenvolvimento *Lean* exige a informação certa, na hora certa, portanto prevalece o pensamento sistêmico para essa aplicação, pois a remoção de desperdícios em tal contexto exige uma perspectiva de sistema, e não um foco em atividades individuais.

Segundo Reinertsen (2005) o Desenvolvimento *Lean* ajuda a melhorar a reatividade de uma empresa no mercado e, em função disso, apresenta a possibilidade de realizar um novo produto mais rápido.

Para Browning (2000), como mostrado na Figura 9, existe um custo para a execução de uma atividade, e para produzir um benefício (no produto final). Se esse benefício pode ser quantificado como uma contribuição para o produto por completo, então qualquer atividade em processo de desenvolvimento de produto, grande ou pequeno, pode ser avaliada em termos de custos e benefícios.

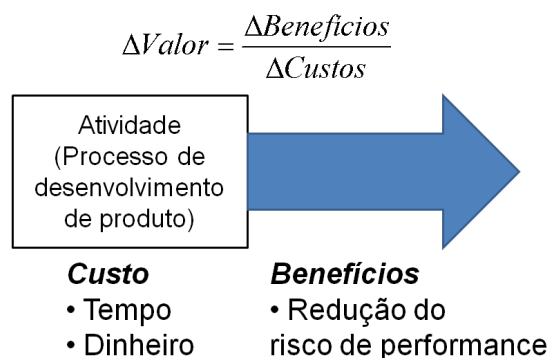


Figura 9: Relação custo x benefícios das atividades (Browning, 2000).

Porém o Desenvolvimento *Lean*, requer um sistema de engenharia não somente aplicado no produto, mas também no desenvolvimento do processo.

Segundo Schuh, Lender e Hiber (2008) o Desenvolvimento *Lean* foca a cadeia de valor para o cliente de uma forma holística e transparente, sendo um método poderoso para a agregação de valor durante o processo de desenvolvimento. O uso do conceito de cadeia de valor durante o processo de desenvolvimento do produto, impõe desde o início do projeto, uma definição clara dos requisitos do produto ou processo.

Em função disso, o Desenvolvimento *Lean* exige o envolvimento e comprometimento de todos os participantes do projeto, pois a gestão da cadeia de valor, oferece ajustes dinâmicos e mudanças nos produtos, e devem ser acompanhadas de uma implementação enxuta em termos de recursos. Esse é o objetivo central do Desenvolvimento *Lean*, que é trazer os princípios do *LM* para dentro da pesquisa e desenvolvimento de novos produtos.

O fluxo de Desenvolvimento *Lean*, baseia-se nos mesmos princípios do *LM*, que organiza o trabalho da produção como um processo em fluxo sem interrupções, em um ritmo constante, sem retrabalho, contrafluxo, ou inventários, proporcionando benefícios de produtividade (Womack, Jones, e Roos, 1990; Womack e Jones, 1998).

Segundo Murman (2002) o fluxo de Desenvolvimento *Lean*, é, focado simultaneamente, em criação de valor e eliminação de desperdícios.

Para Browning (2002) o esforço de desenvolvimento do produto é definido simplesmente como o desenvolvimento de engenharia de conhecimento sobre o produto, ou como um processo pode eliminar a incerteza sobre o produto.

Seguindo o conceito de agregação de valor ao produto Womack e Jones (1998), classificam as atividades de desenvolvimento do produto, em atividades de valor agregado, e atividades de não valor agregado, que devem ser eliminadas.

No Desenvolvimento *Lean*, também existem desperdícios que devem ser classificados e identificados, como na manufatura. No Quadro 2, Millard (2001) e Morgans (2002), classificam diferentes tipos e quantidades de desperdícios.

Oppenheim (2004), conforme pode ser observado na Figura 10, apresenta o método para o fluxo de Desenvolvimento *Lean*, no qual, o fluxo está idealizado como uma linha de tempo. O fluxo inicial com a definição de valor e planejamento detalhado capturado em um mapeamento do fluxo de valor e termina com o lançamento dos produtos. Entre as duas extremidades, o fluxo procede a um ritmo constante, tal como numa linha de tempo, o que consiste

em uma sequência de pacotes de trabalho, que ocorrem em períodos iguais, chamados de períodos *takt*.

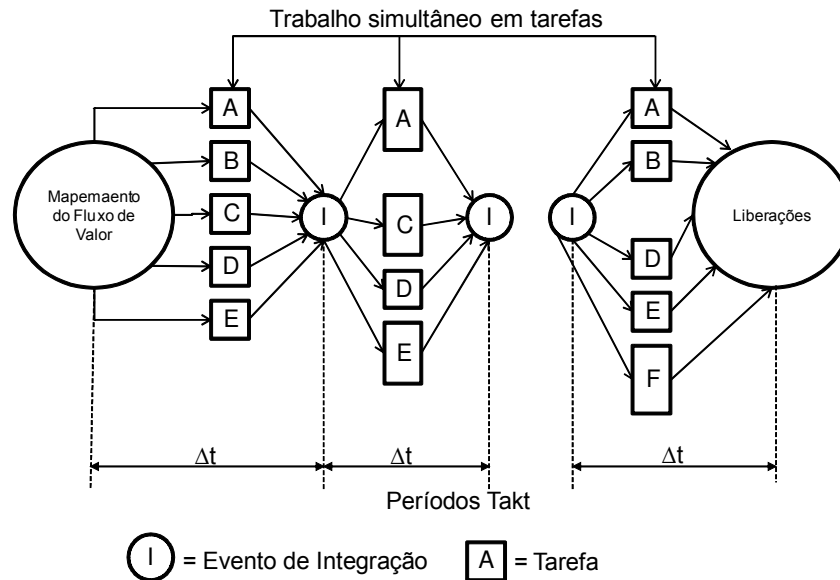


Figura 10: Esquema do fluxo de desenvolvimento de produto enxuto (Oppenheim, 2004).

Quadro 2 – Comparação de desperdícios no Desenvolvimento *Lean* (Oppenheim, 2004)

A Classificação dos desperdícios dentro do Desenvolvimento <i>Lean</i>	
<p>Para Milliard (2001) são sete desperdícios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Superprodução (criação de informações desnecessárias); 2) Estoque (manter mais informações arquivadas do que realmente necessita); 3) Transporte (transmissão ineficiente de informações); 4) Movimentação desnecessária 	<p>Para Morgans (2002) são onze desperdícios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Intervenção (transferência de processos entre partes); 2) Aplicação externa da qualidade (incluindo os requisitos de desempenho); 3) Espera; 4) Desperdícios em transações;

<p>(pessoas tem que se mover para obter ou acessar as informações);</p> <p>5) Espera (espera por informações, dados, entradas, aprovações, liberações);</p> <p>6) Defeitos (qualidade ineficiente da informação, necessidade de retrabalho);</p> <p>7) Superprocessamento (trabalhar mais que o necessário para produzir resultados).</p>	<p>5) Reinventar desperdícios;</p> <p>6) A falta de disciplina com o sistema;</p> <p>7) Alta variação nas entradas do processo;</p> <p>8) Subutilização e aceleração do sistema;</p> <p>9) Comunicação ineficiente;</p> <p>10) Grandes pacotes de trabalho;</p> <p>11) Falta de sincronização entre os processos.</p>
---	---

Desta forma, Oppenheim (2004) conclui que o valor do fluxo de desenvolvimento de produto enxuto está definido como (1) garantia da missão/qualidade (o objetivo tradicional dos sistemas de engenharia, (2) redução do custo e tempo de desenvolvimento pela radical redução de desperdícios, associado à redução das frustrações diárias do time de trabalho.

O quadro 3, demonstra a comparação entre os princípios desperdícios do *Lean* na manufatura e no desenvolvimento de produtos. Da mesma forma que os desperdícios, os princípios são aplicáveis nas duas situações, sempre buscando o estabelecimento de um fluxo constante, seja na manufatura, seja no desenvolvimento de produtos.

Quadro 3 – Analogia entre a manufatura e o desenvolvimento de produto (Oppenheim, 2004)

Princípios / Termo	Manufatura	Desenvolvimento de Produtos
Matéria Prima	Fornecimento de materiais (metálicos, plásticos, componentes, etc)	1) Conhecimento e experiência em desenvolvimento de produtos 2) Conhecimento atualizado em engenharia e ciências 3) Requerimentos contratuais e funcionais
Estoques	1) Matéria prima 2) Estoque em processo (WIP) 3) Produtos acabados	Único banco de dados contendo todos lançados modelos 3D e texto , com acesso controlado dos stakeholders
Princípio Lean 1: Valor	Qualidade do produto, custo e tempo para o mercado. Satisfação dos stakeholders	1) Qualidade do produto (garantia assegurada) 2) Redução do tempo e custo de desenvolvimento 3) Satisfação dos stakeholders
Princípio Lean 2: Mapeamento do fluxo de valor	Mapa do estado atual e estado futuro	1) Seleção dos períodos Takt e tempo de desenvolvimento 2) Separação da pesquisa em faixas 3) Mapa do estado atual e estado futuro 4) Análise do mapeamento do fluxo de valor dentro dos períodos Takt
Princípio Lean 3: Fluxo	Fluxo de uma peça, fluxo de materiais fluxo de informação	Fluxo constante do conhecimento no desenvolvimento do produto através dos períodos Takt e integração de eventos
Princípio Lean 4: Sistema Puxado	Just in Time O Kanban requisita o próximo item	O desdobramento do trabalho que define as entregas do fornecedor. A origem da informação proporciona boa comunicação.
Princípio Lean 5: Perfeição	Busca da perfeição em todos os processos, convergendo para Just in Time o fluxo de uma peça sem contra-fluxo ou retrabalho.	Somente uma chance de fazer certo. Isto requer uma preparação perfeita (treinamento e MPV), e uma perfeita execução (liderança do engenheiro chefe, gerenciamento flexível quanto as incertezas, disciplina no cumprimento dos períodos Takt, compreensão e coordenação
Entregas Finais	Aceitação do produto pelo cliente e usuário final.	Aceitação pelos staked holder da manufatura. Conhecimento de qual, como, e com qual esforço para a construção.

O uso de uma plataforma de produtos comum aparece como um fator decisivo para a realização do desenvolvimento de um produto enxuto, em termo de redução do custo e inovação específica focada na satisfação do cliente.

No Desenvolvimento *Lean*, tanto o desenvolvimento do projeto quanto o, desenvolvimento do processo, são fatores importantes para o sucesso do produto, Kristofersson e Lindeberg (2006) afirmam que a padronização do desenvolvimento do processo reduz o tamanho do lote transmitido de um estágio para outro. Nesse sentido um líder de projeto forte que representa o cliente deve ser é capaz de convergir à capacidade do time de trabalho, em fatores que tornam o fluxo do processo mais rápido.

O Desenvolvimento *Lean* é baseado na melhoria contínua, e sua implementação leva tempo e requer comprometimento para permitir as melhorias em toda a companhia. E mais, requer o uso de ferramentas que ajudam na visualização e comunicação dos times de trabalho, para que os mesmos sintam-se mais envolvidos no projeto (Liker e Morgan, 2006; Reinersten, 2005).

A implementação do Desenvolvimento *Lean* é uma tarefa constante, na qual o time de trabalho necessita ter disposição para a mudança e para processo de melhoria contínua (Karlsson e Alhström, 1996).

Fouquet (2000) conclui que o Desenvolvimento *Lean* ajuda a padronizar os processos existentes por meio da melhoria contínua, e assim essa filosofia deveria ser aberta para mudanças no desenvolvimento de produto. Desta forma a companhia poderá evidenciar os seus conhecimentos e suas necessidades de mudanças para a melhoria da qualidade.

O objetivo da filosofia *Lean* para o *design* e a manufatura de produtos de alta qualidade e baixo custo é eliminar todos os desperdícios que provém da superprodução e transporte desnecessários, retrabalhos e correções (Choudri, 2002; Hopp e Spearman, 2008).

Segundo Jayaram, Vickery e Droge (2008) a principal proposta do Desenvolvimento *Lean* é usar componentes existentes e certificar que o *design* final seja compatível com o processo existente, assim os recursos da companhia podem ser maximizados.

Para Chen e Taylor (2009), se o *Lean* e o processo de inovação são combinados efetivamente, o lucro total da empresa será muito maior que o resultado da redução de custo, e atingirá os desejos de melhoria do cliente para pagar um preço alto por certos tipos de produtos. A figura 11 ilustra a relação entre *Lean* e Inovação do Produto.

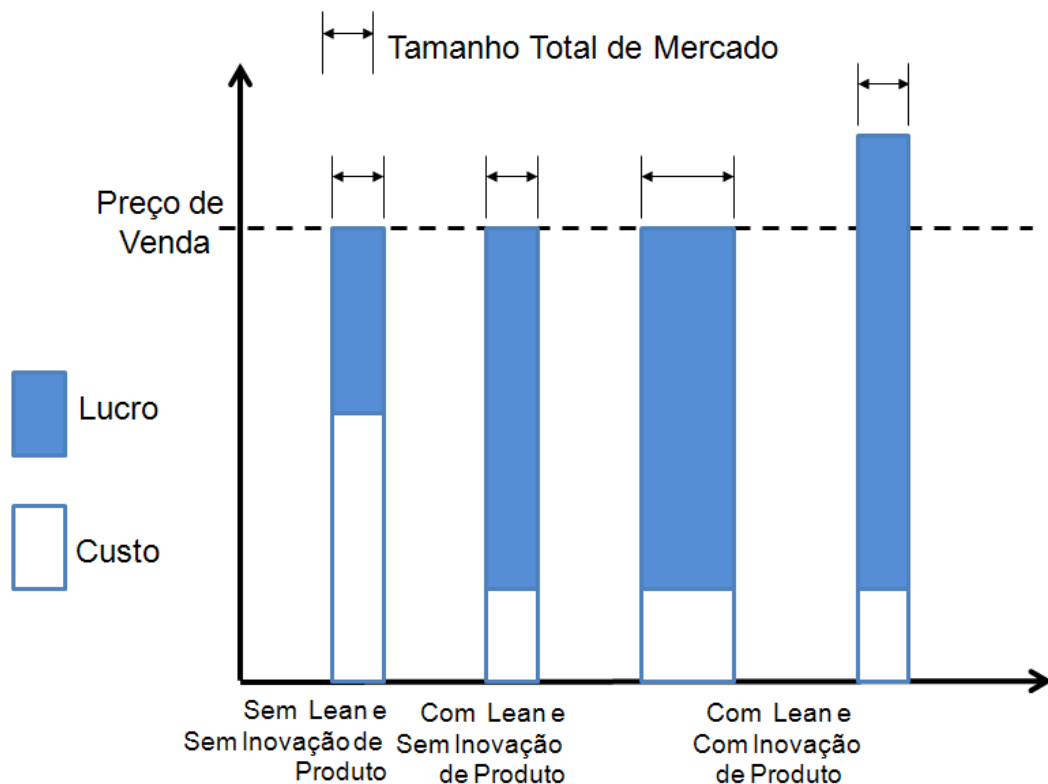


Figura 11: Relação entre Lean e Inovação de Produto (Chen e Taylor, 2009).

Para Raffo *et al.* (2010) no processo de transformação do Desenvolvimento *Lean*, os líderes *Lean* consideram que o preço de seus produtos ou serviços no mercado, é baseado apenas no valor que o produto ou serviço oferece ao cliente.

2.3. DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O desenvolvimento de produtos busca atender às necessidades do mercado, considerando o alinhamento da estratégia organizacional, as possibilidades e as restrições tecnológicas existentes, as especificações de projeto de produto e por ultimo a definição dos processos de manufatura.

O desenvolvimento de produto também envolve as atividades de acompanhamento do produto após o lançamento para, assim, serem realizadas as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, planejada a descontinuidade do produto no mercado e incorporadas no processo de

desenvolvimento, as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto (Amaral *et al.*, 2006).

Na Figura 12 (Amaral *et al.*, 2006) pode-se ver o caminho longo do processo de desenvolvimento de um produto, desde sua concepção, passando pelo detalhamento, preparação para a produção até chegar ao lançamento final. Este modelo é voltado para indústrias de bens de consumo duráveis e de capital, o modelo é dividido em macrofases, subdivididas em atividades, sendo as três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

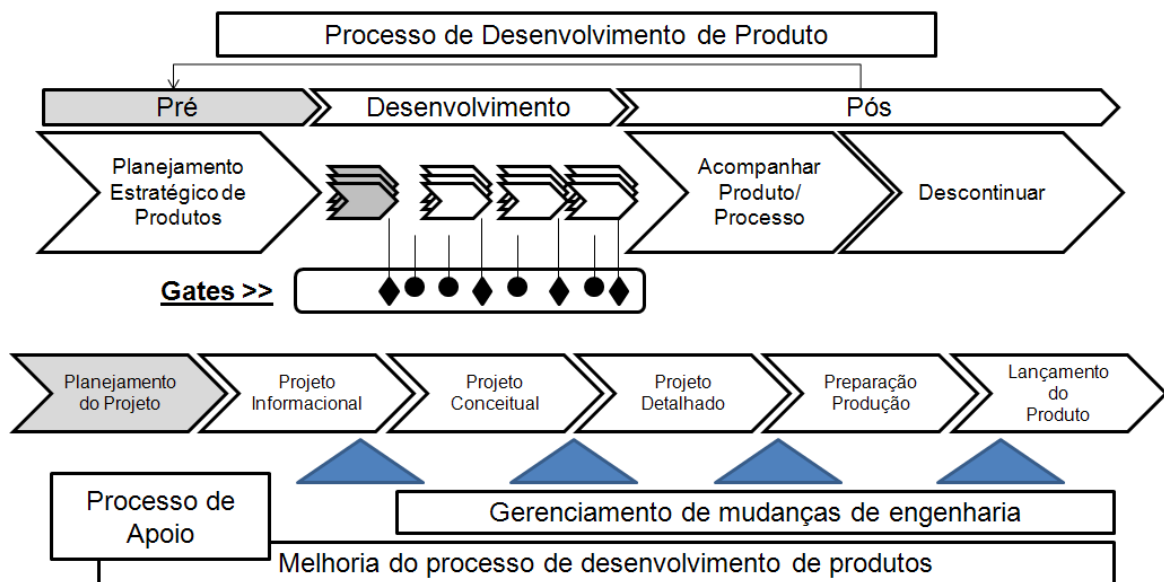


Figura 12: Visão geral do processo de desenvolvimento de produtos

(Amaral *et al.*, 2006).

Para Pahl, *et al.* (2005), o ciclo de vida de um produto inicia por uma demanda do mercado ou por um requisito de um cliente, começando pelo planejamento do produto e, após a sua utilização, terminando na reciclagem ou num outro tipo de descarte conforme a Figura 13. Esse processo também representa uma geração de valor, desde a ideia até o produto, no qual o projetista somente consegue desenvolver sua tarefa, se trabalhar em colaboração com outras áreas e pessoas de outras especialidades.

Para Woodside e Biemans (2005) o desenvolvimento do produto é decisivo para a prosperidade e sucesso de uma companhia. Wilkinson (2006) afirma que a entrada inovadora de clientes e mercados, são contribuições externas importantes que fornece uma base sólida para o desenvolvimento de produtos na companhia.

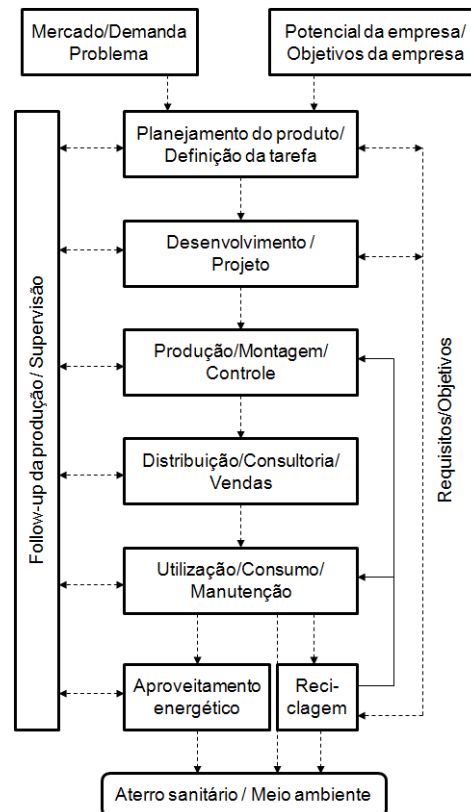


Figura 13: Efeito da escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases de desenvolvimento (Pahl *et al.* 2005).

O desenvolvimento de novos produtos acontece através da transformação de uma idéia inicial em um produto que possa ser comercializado (Cardinal *et al.*, 2011).

Para Back (2008) cada tipo de produto tem seu ciclo de desenvolvimento conforme ilustrado na Figura 14. A espiral interna indica o contato que o setor de marketing da empresa deve manter com o mercado ou os usuários. Na espiral externa está representado o contato que a equipe de desenvolvimento manterá com os diferentes usuários que atuarão nas fases do ciclo de vida do

produto, para disponibilizar as informações necessárias ao processo de transformação do problema de projeto em especificações de projeto.

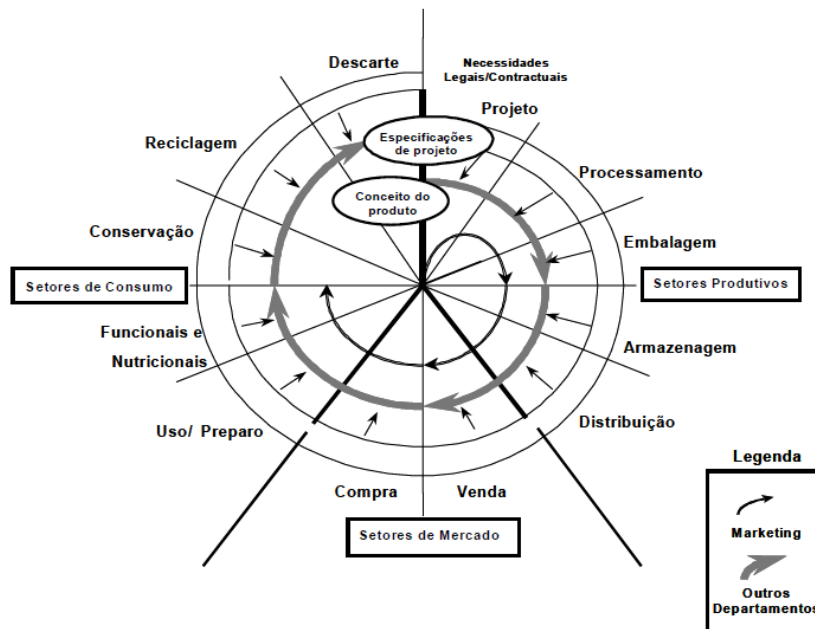


Figura 14: Espiral do desenvolvimento (Back, 2008).

Considerando-se automóveis, máquinas-ferramentas, ou eletrodomésticos, por exemplo, além das fases de projeto, o produto passa pela fabricação, montagem, embalagem, transporte, uso, manutenção, desativação e reciclagem.

No outro extremo, tem-se o desenvolvimento de produtos simples, tais como componentes mecânicos ou eletrônicos, nos quais, caso haja uma falha, são descartados e substituídos. Assim não é necessário, prever facilidades para a manutenção e reparos.

Conforme Cardinal (2001), Raisch (2009) e Song e Montoya-Weiss (2001) por um avanço de mercado, pesquisadores vêm identificando numerosas mudanças que afetam o desenvolvimento do produto, incluindo a transformação de produtos em *comodites*, o aumento da concorrência global, e o aumento da incerteza associada com a convergência da tecnologia, limitações e a fragmentação de mercado.

Segundo Kennedy (2003) o processo de desenvolvimento de produto vem sofrendo radicais mudanças nas últimas três décadas, tornando-se substancialmente mais complexo com a introdução de sistemas CAD/CAM, Seis Sigma, processos de fabricação, ferramentas *Lean*, e uma vasta gama de métricas e indicadores, que trouxeram consideráveis melhorias na qualidade e produtividade.

Esta mudança de mercado, sugere que um aumento da incerteza e a complexidade requer um processamento de mais informações entre os participantes do projeto para alcançar um determinado nível de desempenho, ao mesmo tempo, reconhecer que os indivíduos são os fatores racionais do processo (Cardinal *et al.*, 2011).

Quanto ao fluxo de informação necessário para a concepção de um produto, a Figura 15, mostra que o setor de desenvolvimento de produto tem importância capital na geração e continuação do desenvolvimento de produto, pois aí está à fonte de origem de informações como as características do produto quanto ao atendimento da finalidade, à segurança, à ergonomia, à produção, ao transporte, ao uso, à manutenção e à destinação final e/ou reciclagem.

O avanço das tecnologias utilizadas nos produtos tem levado a formação de centros de pesquisa ao redor do mundo (Leenders, 2003) e a crescente complexidade do produto, muitas vezes requer o aumento do número de especialistas envolvidos (Hoegl e Winkauf, 2005).

Além disso, uma abordagem sistemática e racional, em vez de uma forma intuitiva, é indispensável para melhorar a eficácia e a eficiência do processo de desenvolvimento (Jang, 2002).

No desenvolvimento de novos produtos, o departamento de marketing deve constantemente interagir e trocar informações com o departamento de design (Petiot e Grognet, 2006; Lackman, 2007; Rossler e High, 2007), pois não somente um bom design ajuda a empresa a atingir resultados, mas ele também

oferece aos consumidores, produtos com o valor associado à imagem da empresa (Olins, 1990).

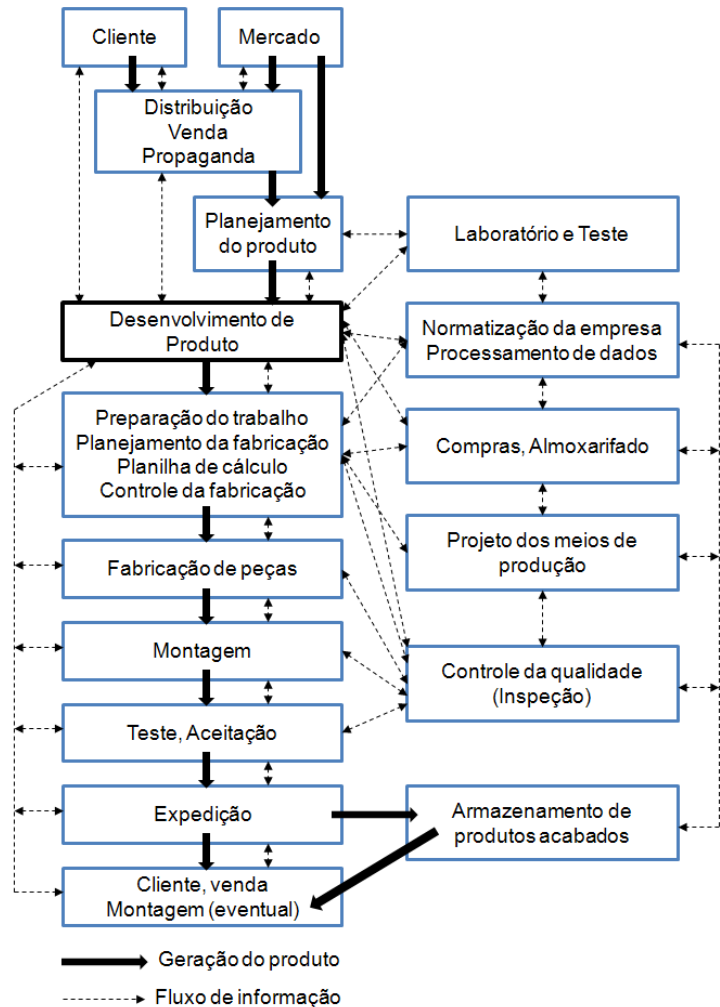


Figura 15: Fluxo de informação entre os setores da produção (Pahl, Beitz, Feldhusen e Grot, 2005).

Em empresas de manufatura, os programas de desenvolvimento de produtos são cada vez mais empregados para a execução de esforços inovadores, especialmente em contextos multinacionais (Oxley e Sampson, 2004; Smith e Blanck, 2002).

A fase de projeto conceitual do produto, é o momento em que ocorre a concepção do produto por meio da busca, criação, representação e seleção de soluções (Amaral *et al.* 2006). É o momento em que existe o maior potencial de

otimização. Nesta etapa as decisões tem baixo custo e podem trazer altos fatores de otimização (BAXTER, 2000).

Para Back (2008), o custo do produto fica praticamente comprometido com as tomadas de decisões nas primeiras fases do ciclo de vida, isto é, até concluir o projeto detalhado do produto, e ainda sob a ótica de custo, Back afirma que o custo do projeto é da ordem de 5%, mas o efeito de decisões tomadas nesta fase afeta 70% do custo total do produto, as mudanças a serem feitas, se necessárias, custam muito pouco no início do desenvolvimento, mas, à medida que o processo vai avançando nas diferentes fases, esse custo poderá alcançar um fator dez vezes superior à fase anterior.

O fato é que a maioria do custo do produto está alocado no projeto, e em alguns casos o melhor caminho para achar boas oportunidades para a redução do custo é através da melhoria do projeto, e não na manufatura. Além disso, freqüentemente é possível redesenhar produtos reduzindo significativamente o número de peças (freqüentemente são os que mais contribuem para o custo do produto) (Mortimer, 2006).

A Figura 16 apresenta o custo da mudança em relação ao estágio de desenvolvimento do produto.

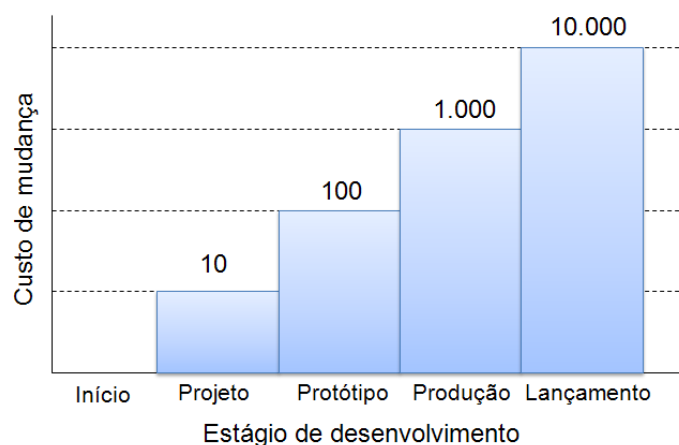


Figura 16: Efeito da escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases de desenvolvimento (Back, 2008).

Na atualidade a competitividade dos produtos, depende fundamentalmente da atividade de projeto tendo em vista alguns fatos:

- de 70% a 90% do custo do ciclo de vida do produto já está comprometido com as decisões tomadas até o final do projeto do produto;
- o projeto conceitual de um produto deve ser bem elaborado de início, para evitar os elevados custos de modificações em estágios avançados de desenvolvimento.

Na Figura 17, pode-se observar que para muitos tipos de produto, durante as fases de desenvolvimento, os custos de fato incorridos (ou seja, aqueles que já aconteceram) são relativamente baixos em relação ao custo final, por outro lado, essas fases são bastante críticas quanto ao comprometimento do custo final do produto, nessas fases de produção, são poucas as possibilidades de redução de custo, já que elas estão atreladas às especificações técnicas já definidas.

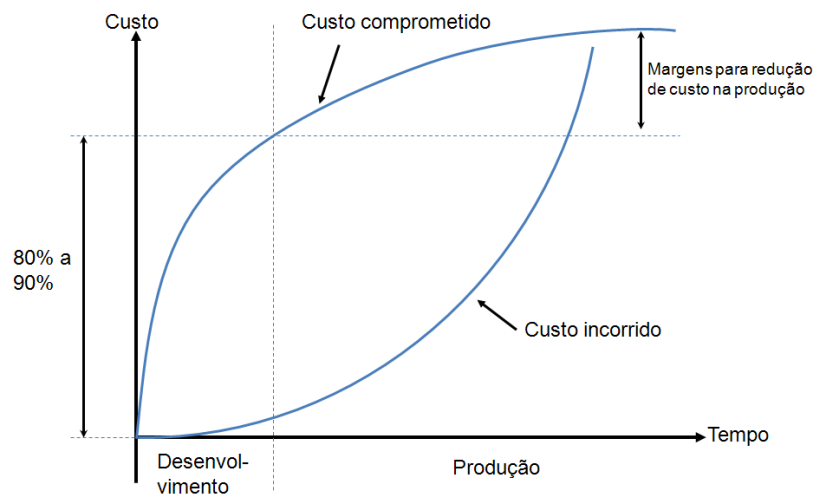


Figura 17: Curva de comprometimento do custo do produto (Amaral *et al.*, 2006).

Amaral *et al.* (2006), argumenta que as escolhas alternativas ocorridas no início do ciclo de desenvolvimento são responsáveis por cerca de 85% do custo do produto final, ou seja, todas as outras definições e decisões a serem

tomadas ao longo do ciclo de desenvolvimento, após as fases iniciais, determinam 15% do custo.

Em outras palavras, depois da definição dos materiais, tecnologia, processos de fabricação e principais soluções construtivas, resta ao time de desenvolvimento: determinar as tolerâncias das peças; construir e testar o protótipo; definir os fornecedores; o arranjo de parceiros da cadeia de suprimentos e o arranjo físico da produção; a campanha de marketing; assistência técnica etc. E essas definições, quando comparadas com as anteriores, exercem menor influência no custo final do produto.

Segundo Ali (2000), as pesquisas sobre as práticas de desenvolvimento de novos produtos revela que as empresas tem feito progressos substanciais na redução do tempo de ciclo no desenvolvimento de novos produtos.

Para o sucesso do desenvolvimento do produto, sequencialmente vem o desenvolvimento do processo, que visa preparar os meios de produção para a manufatura do novo produto e garantir o cumprimento das características técnicas e a qualidade do produto.

Após o desenvolvimento de produto, surge o desenvolvimento de processos, ambos constituem dois tipos de atividades inovadoras em empresas. O desenvolvimento de produto é geralmente impulsionado pelo desejo de criar um novo produto, mas um tipo igualmente válido de inovação é o desenvolvimento do processo, que se centra no desenvolvimento de processos e tecnologias de produção de componentes que as empresas utilizam para produzir um produto específico (McCarthy, 2010).

Além disso, o desenvolvimento de produtos e desenvolvimento de processos são muitas vezes o núcleo tecnológico das empresas de manufatura, com o objetivo de oferecer produtos de alta qualidade para os clientes (Damanpour e Gopalakrishnan, 2001; Ettlíe, 1995; Reichstein e Salter, 2006).

Por fim, o desenvolvimento de processos de forma eficiente pode ser uma exigência, e não uma opção para facilitar o desenvolvimento bem sucedido do produto (Brown, 2001; Pisano, 1997).

Como o desenvolvimento do processo é realizado no contexto de produção, os objetivos são tipicamente focados em redução de custos e melhorar a qualidade do produto (Lager, 2002).

Dessa forma o desenvolvimento de processos em função do desenvolvimento de produtos, sempre implicará na introdução de novos elementos no processo de produção (Khazanchi, 2007).

Empresas dispostas a reconsiderar o projeto de um produto, utilizando ferramentas como o DFMA – *Design for manufacture and assembly* – Projeto para a manufatura e montagem, e DFM – *Design for manufacture* – Projeto para a manufatura, tem encontrado várias oportunidades em redução do projeto do produto (Choi e Guda, 2000), e para a aplicação dessas metodologias a figura 18, clarifica a idéia do desenvolvimento de produtos, voltado à manufatura.

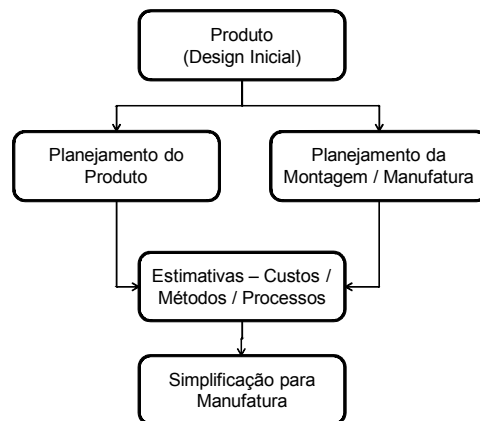


Figura 18: Projeto do produto para manufatura (Choi e Guda, 2000).

Para Back (2008) o projeto para manufatura é uma sistemática na qual se procura projetar o conjunto de componentes que irá compor o produto, de forma a simplificar a fabricação, obter a precisão necessária, com os menores custos.

Nesse método, adota-se um procedimento iterativo, na qual, tendo a forma aproximada e o material do componente, seleciona-se o processo de fabricação que melhor atende as especificações do mesmo. Como consequência, as recomendações e princípios de projeto para a manufatura são em grande número. A seguir, algumas de caráter mais geral:

- simplificar o projeto e reduzir o número de partes;
- normalizar peças e materiais usados;
- projetar para facilitar a fabricação;
- projetar dentro dos limites de capacidades dos processos de fabricação a fim de evitar processos adicionais para atender a requisitos de precisão e acabamentos superficiais.

Já para o projeto de montagem, Back (2008) define que a montagem compreende um conjunto de operações realizadas durante e após o processo de fabricação, envolvendo a associação de peças ou conjunto de peças para a obtenção do produto final. E os princípios gerais do projeto dos componentes são apresentados a seguir visando facilitar a montagem:

- reduzir os custos de montagem, minimizando o número de peças, variedade de peças, utilização de ferramentas especiais, distâncias de movimentação e movimentos complexos;
- facilitar o armazenamento ou empilhamento de peças em preparação para a montagem;
- facilitar a manipulação dos componentes, isso requer que os componentes a serem montados devam ser identificados, captados, orientados e movimentados até a posição de inserção;
- Facilitar a inserção e a fixação de componentes;

- prever o controle de posicionamento final na montagem, garantindo o fácil acesso com instrumentos de medição, e evitar desmontagens para efetuar esse controle.

Completando a visão de Back (2008), Amaral *et al.* (2006) explica de forma simplificada os enfoques entre:

- DFA (*Design for Assembly*) – a consolidação dos componentes, a montagem vertical com auxílio da gravidade, o uso de características de orientação e inserção de partes e a revisão do projeto conceitual por meio da equipe de projeto.
- DFM (*Design for Manufacturability*) – compara o uso de diferentes combinações de materiais e processos de fabricação selecionados para as partes de uma montagem, e determina o impacto no custo com o uso desses materiais e processos.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Baseado em Miguel *et al.* (2010) este trabalho se classifica como um estudo de caso longitudinal porque investiga o presente, no qual o pesquisador acompanha e descreve uma mudança que ocorreu em tempo real. É único por descrever um fenômeno ou evento único e que tem como característica principal, maior aprofundamento na investigação proposta.

Nesse sentido Miguel (2007) sugere uma seqüência para a condução de um estudo de caso que pode ser vista na figura 19, construída com base nos trabalhos de Forza (2002), Croom (2005) e Souza (2005).

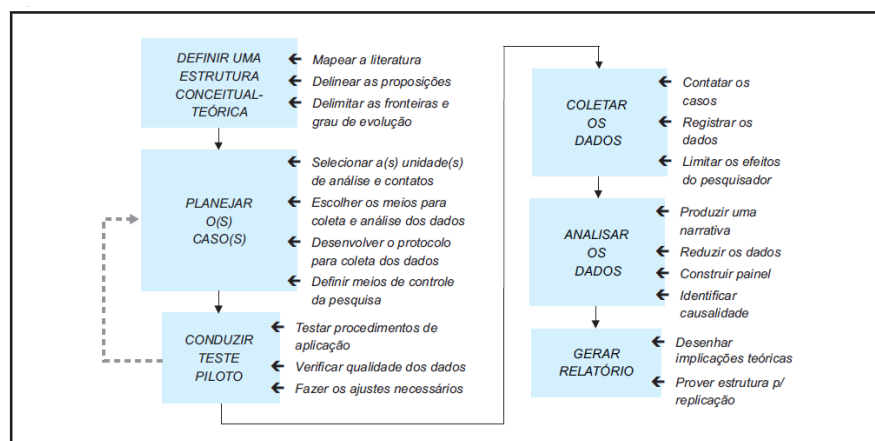


Figura 19: Condução do estudo de caso (Miguel, 2007).

O método de pesquisa adotado partiu de uma revisão bibliográfica, sobre as palavras chaves *Lean Manufacturing*, *Lean Design*, *Kaizen* e Desenvolvimento de Produtos, em artigos publicados em periódicos internacionais e em anais dos eventos nacionais de engenharia de produção (SIMPEP e ENEGEP), entre os anos 2000 e 2012.

Após a etapa de pesquisa da revisão bibliográfica, foi realizado um estudo de caso em uma indústria eletroeletrônica.

Define-se o estudo de caso como uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 1996; BENTO, NAKANO, 2000).

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que já trabalha com o *Lean Manufacturing* e tem como principal desafio melhorar sua produtividade em um mercado com uma demanda altamente sazonal e concorrência altamente acirrada.

Essa empresa é um fabricante nacional de produtos de bens de consumo que a cada dois anos lança novos produtos no mercado, com objetivo de atualizar o *design* e implementar soluções nos produtos que atendam as necessidades do cliente final.

Porém a cada lançamento os produtos sofrem alterações técnicas e novos componentes são inseridos e retirados dos produtos, o que conseqüentemente gera alterações no processo produtivo.

Essa empresa possui duas etapas de manufatura de seus produtos: a fabricação em que existem processos como estamparia, perfilação e pintura, e posteriormente, o processo de montagem e acabamento.

Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa, em razão dos métodos de coletas de dados empregados e o pesquisador no papel de colaborador da organização se envolveu de forma direta com problema de coleta de informações (DIEHL; TATIM; 2004)

No quadro 4 está relacionado o modelo proposto por Miguel (2007) conforme a figura 19, e as etapas que foram realizadas para a execução do estudo de caso, e respectivamente os tópicos para a localização dessas etapas ao longo do texto.

Quadro 4 – Analogia entre o modelo proposto para a condução do estudo de caso e as etapas realizadas durante o estudo de caso.

Etapas conforme Miguel (2007)	Descrição das etapas	Etapas do estudo de caso	Tópicos
Definir uma estrutura conceitual-teórica	Mapear a literatura	Realizar a revisão bibliográfica.	1 e 2
	Delinear as proposições		
	Delimitar as fronteiras e grau de evolução		
Planejar o(s) caso(s)	Selecionar a(s) unidade(s) de análise e contatos	Definir junto com a empresa o local e o produto a ser estudado; Definição dos objetivos do evento Kaizen em função dos requisitos de segurança, qualidade, entrega e custo;	4.0, 4.1 e 4.2
	Escolher os meios para coleta e análise de dados	Definição do time de trabalho, envolvendo áreas de engenharia de produtos, engenharia de manufatura, produção e qualidade;	4.3
	Desenvolver o protocolo	Apresentação dos novos componentes e alterações técnicas que serão aplicadas no produto;	4.4
	Definir meios de controle de pesquisa	Apresentação ao time de trabalho sobre os aspectos básicos do Lean Manufacturing e as etapas do evento Kaizen.	4.4
Conduzir teste piloto	Testar procedimentos de aplicação	Desenho das alternativas para a modificação do produto e a aplicação dos novos componentes;	4.5
	Verificar qualidade dos dados		
	Fazer os ajustes necessários		
Coletar os dados	Contatar os casos	Discussão inicial do impacto das alternativas no ambiente fabril.	4.6
	Registrar os dados		
	Limitar os efeitos do pesquisador		
Analisar os dados	Produzir uma narrativa	Definição dos critérios a serem utilizados na tabela de decisão para escolha das alternativas;	4.7
	Reduzir os dados	Pontuação das alternativas na tabela de decisão;	4.8
	Contruir painel		4.8
	Identificar casualidade	Escolha das três melhores alternativas.	
Gerar relatório	Desenhar implicações teóricas	Elaboração e fechamento do evento por meio do relatório A3	4.9
	Prover estrutura para replicação		

4. ESTUDO DE CASO

A empresa em que foi realizado o estudo de caso é uma grande fabricante multinacional que atua no mercado nacional de produtos eletroeletrônicos. Localizada a 100 Km da capital São Paulo, com três plantas distribuídas em diferentes cidades do interior paulista, sendo cada planta focada na manufatura de um tipo de produto.

Hoje o grupo possui aproximadamente 4.500 colaboradores, e atua com três diferentes marcas no mercado nacional, e parte do Mercosul. Suas marcas são segmentadas para diferentes nichos de mercado, ou seja, duas marcas com alto valor agregado, direcionada para um público A e B, e uma marca popular direcionada para um público C e D. Sua produção, conforme cada tipo de produto, é sazonal de acordo com os períodos do ano, e a empresa sofre uma pressão externa dos seus concorrentes com produção local, e também de produtos importados.

Já trabalham com o *Lean Manufacturing* em todas as plantas nacionais, e possuem uma estrutura de gerenciamento do *Lean Manufacturing* na matriz, que desenvolve, e constantemente envia toda base teórica e metodológica de aplicação, buscando a uniformidade da informação, independente da localização da planta.

A empresa já possui um sistema de produção inspirado no Sistema Toyota de Produção, conforme a Figura 20, que é utilizado como o modelo de transformação do *Lean Manufacturing* internamente.

O lançamento de novos produtos no mercado nacional, acontece a cada dois anos, com atualização de *design* e da tecnologia embarcada nos produtos, acompanhando tendências de mercado, e principalmente o que a concorrência apresenta como inovação na mesma linha de produtos.

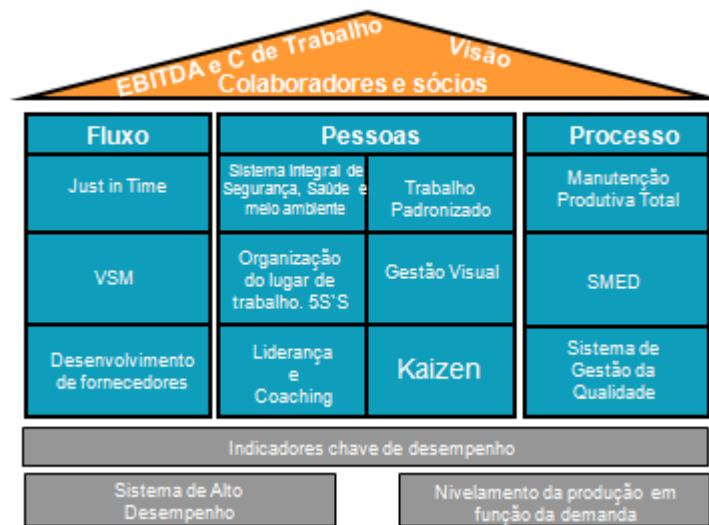


Figura 20: Sistema de Produção (empresa estudada, 2012)

A Figura 20 demonstra a estrutura do sistema de produção da empresa estudada, que está embasado em produzir em função da demanda e um sistema de alto desempenho, logo acima para suportar os três pilares, necessita-se de indicadores chave de desempenho, acima para suportar a visão da empresa, colaboradores e sócios, dividi-se em três pilares:

- Fluxo: composto pelos princípios do Just-in-time, mapeamento do fluxo do valor e o desenvolvimento de fornecedores;
- Pessoas: nesse pilar se localiza a segurança do trabalho, ou seja, o sistema de gestão integrada também incluso meio ambiente e ergonomia. Algumas ferramentas do *LM* como, o trabalho padronizado, gestão visual, 5S e o *Kaizen* como principal ferramenta de melhoria contínua, e por fim o desenvolvimento da liderança em função do sistema de produção;
- Processo: composto pela manutenção produtiva total, a busca de redução do tempo de *set up* através da ferramenta *SMED* e o sistema de gestão da qualidade.

Comparando a Figura 20, com a Figura 2 que é a casa do *STP*, pode-se identificar similaridades:

- Na base de ambas as figuras, ambas buscam a estabilidade da produção, em função de nivelar a produção e produzir o que o cliente deseja, em função da demanda;
- Dentre os pilares ambas figuras citam o tema fluxo, utilizando os princípios do *JIT*;
- As ferramentas trabalho padronizado e *Kaizen* são comuns em ambas as figuras;
- Ferramentas de melhoria de processos e qualidade, como *SMED* e *MPT*, e os sistema de gestão da qualidade.

O estudo de caso foi realizado na alteração técnica de um produto que visava uma introdução de um novo componente eletrônico.

O desenvolvimento do estudo de caso foi realizado em um refrigerador doméstico que, conforme o último Censo do IBGE em 2010, está presente em 93,7% das residências dos brasileiros.

Nos próximos tópicos serão abordados o evento *Kaizen*, a agenda de trabalho, o time de trabalho selecionado, o detalhamento da alteração técnica do produto, a elaboração da alternativas de trabalho, o processo de avaliação, e o fechamento do evento *Kaizen*.

4.1. O EVENTO KAIZEN

Com o objetivo de otimizar o desenvolvimento do produto e implementar as oportunidades de melhoria ainda na fase de projeto, aplicou-se um evento *Kaizen* antes do desenho final do produto para aplicar os princípios do *Lean Manufacturing*.

O planejamento do evento iniciou-se uma semana antes dos três dias de realização do *Kaizen*. A matriz da empresa havia solicitado a troca da placa eletrônica utilizada naquele momento, à solicitação chegou aos gerentes de engenharia de produtos e produção, e os mesmos analisaram a informação, e foi constatado que não se tratava de uma simples substituição de um componente eletrônico, mas que seria necessária a alteração de outras partes do produto.

Com essa informação foi decidido que o processo de análise da modificação deveria ser feito através de um evento *Kaizen*, pois a alteração técnica não envolveria somente à área de engenharia de produtos, mas também toda a área de engenharia de processos, produção e qualidade.

O coordenador do *Lean Manufacturing* foi incumbido de organizar o evento *Kaizen*, convocar o time de trabalho definido pelos gestores, e coordenar toda a execução das atividades ao longo dos três dias do evento.

Durante o planejamento pontos importantes foram definidos com os gestores para a garantia do sucesso do evento:

- Os objetivos específicos para o evento em função da alteração técnica do produto;
- Definir o time que iria participar do evento *Kaizen* em função das necessidades técnicas e experiências necessárias para a alteração técnica do produto;
- O produto que seria utilizado durante o evento;
- Definir o problema a ser solucionado;
- Delimitar a abrangência das ações e decisões que poderiam ser tomadas.

O evento foi realizado em três dias, conforme a agenda detalhada mostrada no Quadro 5.

Quadro 5: Agenda de trabalho do *Kaizen*

Agenda de trabalho	
Dia	Objetivos do dia
1º	Abertura e apresentação do evento
	Apresentação teórica do Kaizen e objetivos específicos
	Apresentação do produto e suas características técnicas
	Apresentação dos critérios de avaliação
	Apresentação e análise dos componentes
	Desmontagem / Montagem do produto
	Registro da observação dos componentes e anotações
	Fechamento do dia
Agenda de trabalho	
Dia	Objetivos do dia
2º	Revisão das atividades do dia anterior
	Desenhar propostas de melhoria (alternativas) considerando a inserção dos novos componentes
	Avaliar as propostas (alternativas) em função dos objetivos específicos
	Fechamento do dia
Agenda de trabalho	
Dia	Objetivos do dia
3º	Revisão das atividades do dia anterior
	Pontuar as alternativas na tabela de decisão
	Eleger as três melhores alternativas
	Elaborar o relatório A3 para fechamento das atividades
	Apresentação para a gerência e diretoria
	Encerramento do evento Kaizen

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO *KAIZEN*

O problema a ser solucionado durante evento *Kaizen*, foi realizar as alterações técnicas do produto usando os novos componentes conforme os seguintes requisitos:

- *Segurança*: os novos componentes e o processo de montagem não podem gerar risco aos operadores e ao cliente final.

- *Qualidade*: atender as normas de segurança e a aprovação do produto e definir os padrões de qualidade para o processo de montagem.
- *Entrega*: projetar os componentes para que o tempo de montagem seja menor ou igual ao tempo atual de montagem do produto.
- *Custo*: projetar os componentes para que o processo de montagem não necessite de aumento de operadores, reduzir componentes intermediários, buscar o menor investimento em ferramental e dispositivos, evitar a despadronização com os produtos existentes e minimizar custos de atendimento da assistência técnica.

4.3. TIME DE TRABALHO

O time de trabalho era composto por todas as áreas envolvidas diretamente com o projeto, o quadro 6, apresenta os representantes de cada área e o tempo que exerce na função.

Como o produto selecionado foi um refrigerador *Frost-Free*, todo o time de trabalho convocado para o evento, são colaboradores de diferentes áreas porém com experiência e foco de trabalho no projeto e fabricação desse tipo de produto em específico, essa experiência fica comprovada pelo tempo médio de 8,5 anos do time.

Quadro 6: Time de trabalho do *Kaizen*

Área	Representante	Ano da função
Engenharia de Produtos	Engenheiro de Produtos	10
	Projetista de Produto	9
	Técnico de laboratório	15
Lean Manufacturing	Coordenador Lean Manufacturing	5
Engenharia de Processos	Engenheiro de Processos	5
Qualidade	Auditor de Qualidade	6
	Engenheiro de Qualidade	8
Produção	Operador	10
	Média (anos)	8,5

Cada membro do time de trabalho foi indicado pelos respectivos gestores da engenharia de produtos e produção, em função da contribuição que traria para o evento *Kaizen*, na figura 21 pode ser ver a função exercida por cada membro do time durante o evento.

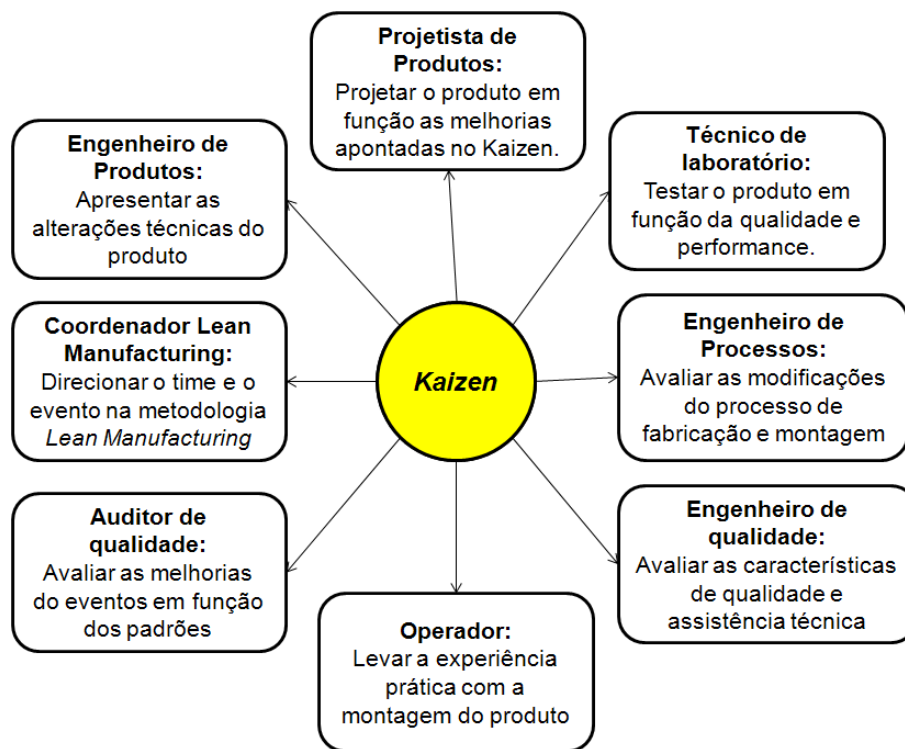


Figura 21: Função dos membros do time no evento *Kaizen*.

A função do coordenador *Lean Manufacturing* é estratégica perante o time de trabalho, pois está incumbido de deter o domínio e multiplicar para o grupo a metodologia do evento *Kaizen*, principalmente para aqueles que tem o primeiro contato com um evento *Kaizen*.

A escolha dos gestores por um time de trabalho multidisciplinar, porém com atuação técnica, foi em função do problema a ser solucionado ter um foco técnico, porém para a um evento *Kaizen*, não existe restrições à participação conforme a função exercida, ao contrário, valoriza-se a diversidade de conhecimento e experiência adquirida.

4.4. DETALHAMENTO TÉCNICO DO EVENTO *KAIZEN*

O próximo passo do evento foi apresentar ao time de trabalho os novos componentes e as alterações técnicas pelas quais o produto passaria, onde foram apresentados características técnicas, dimensões e custo dos novos componentes eletroeletrônicos.

A nova placa eletrônica em estudo, proporciona ao produto novas funções, permitindo ao consumidor, redução do consumo de energia. Porém a nova placa eletrônica necessita de um alojamento para sua fixação dentro do produto.

O produto atual possui uma placa eletrônica, alocada na porta do freezer, de onde controla todas as funções básicas do produto. A alteração técnica que o produto deveria passar, seria a entrada de uma nova placa eletrônica, juntamente com um conjunto de peças plásticas para garantir sua fixação dentro do produto.

O time de trabalho, durante o evento *Kaizen*, deveria alocar esses novos componentes respeitando os objetivos específicos que foram definidos no início do evento.

A Figura 22, mostra esquematicamente o produto atual, e a alteração técnica pela qual o produto passará.

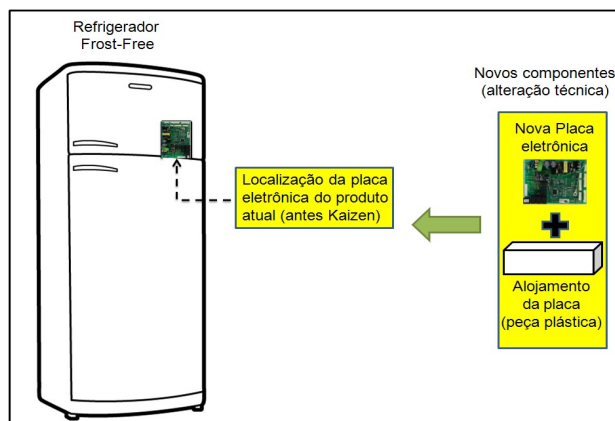


Figura 22: Produto esquemático

Após a etapa do detalhamento técnico sobre as alterações da engenharia de produto, foi realizada uma apresentação sobre o *Lean Manufacturing* e suas ferramentas, com o objetivo do nivelamento do time de trabalho, pois para alguns dos membros, foi o primeiro contato com o assunto.

Durante a apresentação abordou-se os temas principais sobre o *Lean Manufacturing*, como: processo de melhoria contínua, os sete desperdícios, o sistema de produção da empresa estudada, e suas características.

Para os integrantes do time de trabalho ligados a manufatura (produção, qualidade e engenharia de processos), o *Lean Manufacturing* não era uma novidade, mas para os integrantes da engenharia de produtos e laboratório, era o primeiro contato com o *Lean Manufacturing*.

4.5. DESENHO DAS ALTERNATIVAS PARA MODIFICAÇÃO DO PRODUTO

Para a melhor visualização e análise do time de trabalho, do refrigerador e de seus componentes, antes do time iniciar a desenhar as propostas disponibilizou-se um refrigerador montado, porém sem o isolamento térmico (poliuretano).

Com o produto disponível, espera-se que o time possa entender e visualizar todos os componentes internos e externos do refrigerador, e principalmente a sequência de montagem de cada componente. Esta prática proporciona a visão completa do produto, suas restrições, delimitando o time a desenhar alternativas factíveis.

A Figura 23 mostra de forma esquemática um refrigerador e sua sequência de montagem de todos os componentes, da forma que foi analisada durante o evento *Kaizen*.

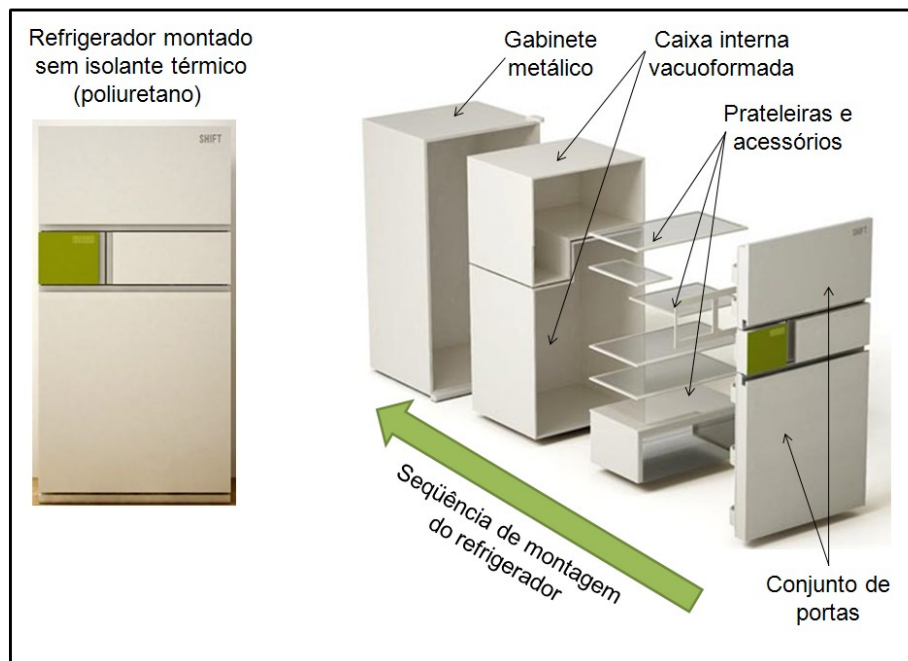


Figura 23: Sequência de montagem

Após a desmontagem e análise do produto, foram apresentados os quatro critérios necessários, antes que o time iniciasse a elaborar os desenhos (alternativas). Os critérios são os seguintes:

- *processo / método*: Nesse campo o time deve desenhar as alternativas para o novo processo de fabricação e montagem, detalhando rascunhos de peças e todos componentes que julguem necessários. Também é permitido anotações sobre o método de montagem.
- *poka-yoke / passa-não-passa*: Nesse campo o time deve desenhar alternativas para o processo de controle dos requisitos de qualidade, inerente ao processo de fabricação e montagem. Podem ser desenhados rascunhos detalhando dispositivos Poka-yoke e dispositivos passa-não-passa. Também é permitido anotações de qualquer ponto levantado referente à qualidade do produto e inspeções visuais necessárias.
- *ferramentas manuais*: Nesse campo o time deve desenhar alternativas para as ferramentas manuais que venham ser necessárias para a

fabricação e montagem do produto. Também são permitidas anotações referentes aos equipamentos de proteção individual que sejam necessários, por exemplo, o uso de luvas de proteção durante uma montagem manual.

- *dispositivos / fixação*: Nesse campo o time deve desenhar alternativas para os dispositivos de fixação que venham ser necessários para a fabricação e montagem do produto. Também são permitidas anotações referentes ferramentas para a fabricação do produto, ou seja, moldes plásticos, ferramentas de corte, ferramentas de estampagem etc. Essas anotações são de extrema importância, pois é momento em que o time deve avaliar a utilização ou alteração de ferramentas e dispositivos já existentes.

Após apresentado os critérios, o time de trabalho teria a seguinte sequência de trabalho para a elaboração das propostas utilizando o formulário:

- Com na análise do produto desmontado, elaborar desenhos para alternativas de como alocar a nova placa eletrônica no produto;
- Nesse momento o coordenador *Lean Manufacturing* enfatizou para todo o time de trabalho, para melhor aproveitamento do evento, que não há restrições para a elaboração de alternativas, e que nesse momento o foco devia estar em elaborar as alternativas, e não em avaliar os impactos que as mesmas causariam;
- Preencher cada campo do formulário apresentado na figura 23. O preenchimento dos campos deve seguir uma sequência vertical. Enquanto todos os campos não estiverem completamente preenchidos, outra alternativa não deve ser iniciada;
- Buscar o maior número de alternativas possíveis. Apesar do formulário da figura 23 estar limitado em sete alternativas, isso não significa que se

houvesse mais ideias o time de trabalho estaria limitado. Caso surgissem mais ideias um novo formulário deveria ser iniciado.

Na Figura 24 pode-se ver o modelo do formulário utilizado para elaboração das propostas, o formulário utilizado apresenta campos em branco para os quatro critérios a serem preenchidos: o processo/método, poka-yoke/passa-não-passa, ferramentas manuais e dispositivos/fixação.

Rascunho do Processo:		7 Alternativas para cada sub-sistema / conjunto			Parâmetros Qualidade:		
		Nome:					
Crêterios	1	2	3	4	5	6	7
Processo / Método							
Poka-Yoke / Passa Não-Passa							
Ferramentas Manuais							
Dispositivos / Fixação							

Figura 24: Formulário para elaboração de propostas

Após explanado ao time de trabalho a sequência de como proceder com a elaboração das alternativas, totalizou-se quatro propostas completas e a quinta proposta não foi detalhada em função da falta de desdobramento.

Na figura 25 se apresenta o formulário preenchido com as propostas elaboradas pelo time de trabalho, e logo na sequência o detalhamento de cada proposta.

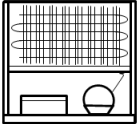
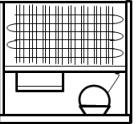
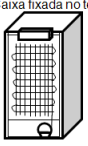
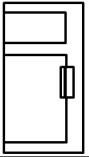
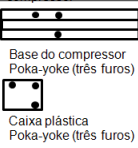
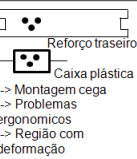
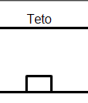
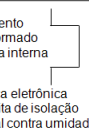




Rascunho do Processo:		Montagem da placa eletrônica no produto			7 Alternativas para cada sub-sistema / conjunto		Parâmetros Qualidade:	
					Nome: _____		-> Segurança elétrica do usuário -> Teste do componente -> Evitar avarias / danos a placa eletrônica	
Critérios	1	2	3	4	5	6	7	
Processo / Método	 Caixa fixada na base do compressor	 Caixa fixada no suporte traseiro	 Caixa fixada no teto	 Caixa fixada no compartimento do refrigerador				
Poka-Yoke / Passa Não-Passa	 Base do compressor Poka-yoke (três furos) Caixa plástica Poka-yoke (três furos)	 Reforço traseiro Caixa plástica -> Montagem cega -> Problemas ergonomicos -> Região com deformação	 Teto	 Alojamento termoformado na caixa interna -> Placa eletrônica necessita de isolamento especial contra umidade				
Ferramentas Manuais	 Montagem manual	 Punção para desobstruir os furos Montagem manual	 Montagem manual	 Processo similar existente Fixação com parafuso				
Dispositivos / Fixação	Molde de injeção da caixa + tampa = R\$ 250.000,00 Modificação ferramenta da base (estampo) = R\$ 15.000,00	Molde de injeção da caixa + tampa = R\$ 250.000,00 Modificação ferramenta do reforço traseiro (estampo) = R\$ 7.000,00	Modificar placa do teto (moldes de espumação) R\$ 20.000,00 Ferramenta de estampo R\$ 150.000,00 Moldes de injeção R\$ 250.000,00 Redução por chicote R\$ 1,50	Molde termoformagem: corte = R\$ 90.000,00 postigos = R\$ 6.000,00 Modificar molde de espumação gabinete R\$ 18.000,00 Moldes de injeção tampa R\$ 60.000,00				

Figura 25: Desenho das propostas

Abaixo segue uma descrição detalhada de cada uma das quatro propostas:

- Proposta 1: consiste em alocar a nova placa eletrônica em um alojamento plástico, uma caixa, ao lado do compressor sobre a base metálica. Para facilitar a montagem da caixa plástica sobre a base metálica, utilizar um *Poka-yoke* com três furos evitando a montagem invertida na linha de produção. Como se trata de uma montagem manual necessário à utilização de luva de proteção, por se trabalhar com peças metálicas. Para a confecção dessa proposta o time de trabalho avaliou e estimou valores para a construção de um molde de injeção para a caixa e outro molde de injeção para a tampa, ambos com um valor estimado de R\$ 250.000,00, para a fixação da caixa na base metálica

conforme o *Poka-yoke* indicado, foi estimado um valor de R\$ 15.000,00 para a modificação da ferramenta de estampo da base metálica;

- Proposta 2: consiste em alocar a nova placa eletrônica dentro de uma caixa plástica e a mesma ser fixada na chapa metálica, chamada de reforço traseiro, responsável por reforçar a parte traseira do refrigerador na região de injeção do poliuretano. Como *Poka-yoke* utilizar três furos em uma distribuição que evite a montagem invertida na linha de produção. Porém foi analisado que a montagem nessa região poderia proporcionar problemas de ergonomia devido o acesso em uma região abaixo do operador, e em relação à superfície de montagem, a mesma como se trata de uma chapa de espessura muito baixa, apresenta deformações após o processo de injeção de poliuretano. Por se tratar de uma montagem manual necessário a utilização de luvas de proteção e o uso de um punção manual para a desobstrução dos furos na chapa, para melhor encaixe da caixa plástica. Novamente foram utilizados valores estimados para a construção de moldes de injeção para a caixa e tampa plástica em R\$ 250.000,00, e um valor estimado para a modificação do reforço traseiro em R\$ 7.000,00;
- Proposta 3: consiste em fixar a placa eletrônica dentro uma caixa plástica, dessa vez no teto do refrigerador. O teto do refrigerador receberia um corte na medida externa da caixa, onde a mesma seria fixada por sistema de “clips” proporcionando uma montagem unidirecional de todo o conjunto. Em termos de ergonomia, a montagem não proporcionaria riscos ao operador por ser montada no teto do refrigerador separadamente em uma bancada e logo após todo conjunto ser agregado ao refrigerador com o mesmo na posição horizontal. Por se tratar de uma montagem manual necessário a utilização de luvas de proteção. A fixação dessa caixa no teto do refrigerador, trouxe impactos maiores em ferramental, pois seria necessária a alteração do molde de injeção de poliuretano em R\$ 20.000,00, a construção de moldes de injeção para a caixa e a tampa no valor de R\$ 250.000,00 e alteração na

perfiladeira do teto do produto com a inserção de uma ferramenta para estampar o furo no valor de R\$ 150.000,00, porém devido ao posicionamento na região do teto do refrigerador haveria uma redução de custo no valor do chicote elétrico do produto em aproximadamente R\$ 1,50 por peça;

- Proposta 4: consiste em fixar a placa eletrônica dentro de uma caixa plástica e alocar dentro do compartimento do refrigerador. Para fixar essa caixa dentro do compartimento do freezer seria utilizado um parafuso, baseado em um sistema similar de um componente já existente. Porém foi identificado um risco grande qualidade, pois o compartimento do refrigerador é uma região com temperatura média de 3°C a 5°C com alto nível de umidade, proporcionando um ambiente extremamente agressivo para um componente eletrônico, sendo necessário um tratamento especial para blindar esse componente eletrônico da influência externa de temperatura e umidade. Por se tratar de uma montagem manual necessário a utilização de luvas de proteção. Novamente valores foram estimados para a construção de um molde de injeção plástica um pouco mais simplificado, no valor de R\$ 150.000,00, como a fixação seria dentro do compartimento do refrigerador seria necessário alterar o molde de termoformagem no valor de R\$ 96.000,00, e novamente os moldes de injeção de poliuretano no valor de R\$ 18.000,00.

4.6. DISCUSSÃO INICIAL DO IMPACTO DAS ALTERNATIVAS NO AMBIENTE FABRIL

Durante o desenho das alternativas para a modificação do produto, foi o momento com o maior potencial a ser explorado junto com o time de trabalho, pois o time era composto de especialistas de diversas áreas.

A experiência e o conhecimento do produto, e da fábrica, levaram o time a um trabalho de observação e análise preliminar da modificação do produto e os

impactos que seriam gerados na área fabril. Os impactos identificados estão listados abaixo:

- A inserção de novos componentes, dependendo da posição que fossem definidos, geraria grandes mudanças nas atuais ferramentas de estampo e moldes de injeção plástica;
- Devido às dimensões do produto e sua posição de montagem ao longo do processo, os novos componentes poderiam gerar problema de ergonomia durante a montagem;
- Para evitar a criação de novos componentes de fixação, como parafusos e presilhas, foi possível sugerir uma montagem unidirecional, com todos os componentes com um único sentido de montagem, criando-se interferência para a fixação entre os próprios componentes;
- Analisar a entrada dos novos componentes dentro do fluxo logístico existente na fábrica, evitando a criação de fluxo cruzado dos materiais;

Para o auxílio da identificação dos impactos citados acima, utilizou-se também o layout da fábrica, principalmente para a análise dos fluxos logísticos existentes e localização das áreas de fabricação e montagem.

Essa discussão foi necessária para que houvesse um nivelamento do time de trabalho em relação aos impactos que poderiam ser causados no ambiente fabril.

Dentro do time de trabalho, essa discussão gerou diferentes pontos de vista entre os membros, conforme descrito abaixo:

- Projetista e Engenheiro de Produto: possibilidade de padronização com elementos de fixação já existentes na fábrica, projetar o conjunto buscando a maior facilidade de conforto para o operador;
- Técnico de laboratório: sem grandes contribuições, pois está em ambiente de testes distante da produção, porém deixando muito claro os

cuidados que deveriam ser tomados por se tratar de uma placa eletrônica;

- Coordenador *LM*: oportunidade de padronização, forte impressão sobre a ergonomia do processo de montagem e atenção com o fluxo logístico dos materiais dentro da fábrica;
- Operador: motivado com a oportunidade de poder participar do processo de elaboração de um projeto, deixando claro a todo o momento as dificuldades existentes no processo atual, e o ritmo de trabalho da linha de produção, buscando a simplificação ao máximo das operações;
- Engenheiro de Processos: forte atenção referente às modificações de ferramentas de estampo e moldes de injeção plástica, e atenção com as propostas para evitar a complexidade nas modificações e construção dos novos meios de produção;
- Técnico e Engenheiro de Qualidade: atenção com os problemas existentes comparando-os a todo o momento com as propostas, buscando eliminá-los ainda na fase de construção dos meios de produção, e possíveis problemas que possam chegar ao usuário final.

4.7. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA DECISÃO DE ESCOLHA DAS ALTERNATIVAS

Depois de desenhadas as alternativas, o time de trabalho selecionou e definiu critérios para avaliação e pontuou as alternativas, buscando selecionar as três melhores. Foram definidos dezenove critérios para avaliação, todos com o objetivo de levar a alternativa que contemple a produção e o processo mais enxuto, a figura 26 mostra o modelo da tabela de decisão utilizada. Todos os critérios possuem o mesmo peso e podem receber a mesma quantidade de pontos.

Avaliação das Alternativas para o Novo Processo							
Grupo de Avaliação:	Sub-sistema / Conj. Avaliado:					data:	
Critério de Avaliação x Alternativas	1	2	3	4	5	6	7
Produção conforme o Takt Time							
One-Piece-Flow (Fluxo Contínuo - Uma peça por vez)							
Mínimo de operadores envolvidos na operação							
Poka - Yoke / Passa Não-Passa							
Mínimo capital investido							
Processo de aferição / identificação de problemas							
Operações com alto valor agregado							
Atende princípios de setup rápido (SMED)							
Processo atende aos princípios do TPM							
Ferramental de baixo custo							
Processo apresenta facilidade nas operações							
Atender conceitos de ergonomia e segurança (EHS)							
Equipamentos padronizados							
Processo proporciona índices de capacidade (CPK 1,33)							
Processo conhecido / existente							
Processo possibilita modificações futuras							
Processo apresenta vantagens tecnológicas							
Processo proporciona fácil acesso a manutenção							
Necessita do mínimo tempo de desenvolvimento							
Somatória Total							
Classificação Final							
Classificação para cada critério:							
1 - Pobre							
2 - Abaixo da média							
3 - Média							
4 - Acima da média							
5 - Excelente							

Figura 26: Tabela de decisão

Os critérios de avaliação foram definidos em função da filosofia *Lean Manufacturing*. No quadro 6 seguem listados os dezenove critérios e a relação com os requisitos específicos relacionados aos objetivos específicos do *Kaizen*:

Quadro 6: Critérios de avaliação VS. requisitos

	Critérios de Avaliação	Requisitos
1	Produção conforme Takt Time	Entrega
2	One-piece-flow (lote unitário - uma peça por vez)	Entrega
3	Mínimo de operadores envolvidos na operação	Custo
4	Poka-yoke / passa-não-passa	Qualidade
5	Mínimo capital investido	Custo
6	Processo de aferição - identificação de problemas	Qualidade
7	Operações com alto valor agregado	Custo
8	Atende aos princípios do set-up rápido (SMED)	Entrega
9	Equipamentos atendem aos princípios do TPM	Qualidade
10	Ferramental de baixo custo	Custo
11	Processo apresenta facilidade nas operações	Segurança
12	Atende aos princípios de ergonomia e segurança	Segurança
13	Equipamentos padronizados	Qualidade
14	Processo proporciona índices de capacidade	Qualidade
15	Processo conhecido ou existente	Custo
16	Processo possibilita modificações futuras	Custo
17	Processo apresenta vantagens tecnológicas	Qualidade
18	Processo proporciona fácil acesso a manutenção	Qualidade
19	Necessita do mínimo de tempo de desenvolvimento	Custo

4.8. PONTUAÇÃO DAS ALTERNATIVAS E ESCOLHA DAS TRÊS MELHORES

Após definido os critérios para a pontuação das alternativas, pontuou-se cada ideia para cada um dos dezenove critérios listados.

Ao fim da avaliação das alternativas foram obtidas quatro propostas completas, a quinta proposta não foi detalhada em função da falta de desdobramento.

O time então se reuniu e com base nas análises que foram realizadas, cada uma das idéias foi pontuada com base na escala abaixo:

- 1 Ponto – Pobre;
- 2 Pontos – Abaixo da média;
- 3 Pontos – Média;

- 4 Pontos – Acima da média;
- 5 Pontos – Excelente.

Pontos importantes observados no time durante o processo de pontuação:

- os representantes da Engenharia de Manufatura, Qualidade e Produção, já estavam familiarizados com os critérios, devido as atividades do *Lean Manufacturing* já estarem presentes em sua rotina de trabalho. Principalmente os termos: Takt Time, SMED, TPM e o conceito de valor agregado ao processo.
- o critério que abrange ergonomia e segurança e qualidade, foi unanime e decisivo para todo o time, isso devido à importância que foi colocado ao grupo na apresentação dos quatro critérios básicos para o evento *Kaizen*: segurança, qualidade, entrega e custo.
- para a engenharia de manufatura, os critérios: processo apresenta facilidade nas operações, equipamentos padronizados, processo proporciona índices de capacidade, processo conhecido e (ou) existente e processo possibilita modificações futuras, foi alvo de grande discussão. Pois com o conhecimento do histórico de lançamento dos novos produtos, havia um temor em estabelecer processos rígidos e não flexíveis, em função da sazonalidade de mercado e pequenos detalhes que o produto pudesse sofrer em um curto espaço de tempo, após a entrega a produção.
- para a engenharia de produtos, dois critérios foram alvo de discussão: ferramental de baixo custo e necessita do mínimo tempo de desenvolvimento. O projeto tinha um orçamento limitado e o tempo de desenvolvimento era curto, quando comparado a outros projetos, pois havia um compromisso de lançamento com a equipe de marketing e vendas.

4.9. ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO A3

Após a etapa de pontuação das alternativas as três melhores alternativas receberam respectivamente: 56, 52 e 50 pontos.

As mesmas foram apresentadas a gerência e diretoria, e alguns pontos ainda foram questionados pela alta administração como:

- Testes de qualidade necessários para aprovação final do produto antes do lançamento;
- Tempos de modificação e construção de ferramentas como estampos e moldes de injeção plástica;
- Custo de modificação e construção de ferramentas como estampos e moldes de injeção plástica;
- Aprovação de marketing e design da modificação final;
- Viabilidade técnica das alternativas em função da segurança elétrica do produto.

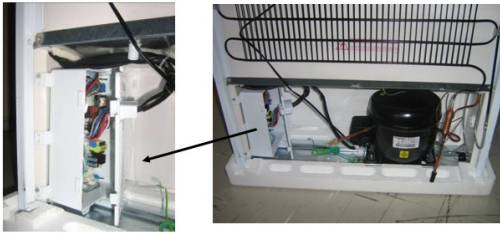
A Figura 27, mostra o relatório A3 que foi elaborado e apresentado a gerência e diretoria ao final do evento *Kaizen*. Esse relatório A3 tem o objetivo de transmitir como os principais tópicos abordados durante o evento.

A3 Kaizen – Módulo Eletrônico GE Phase II

1- REQUISITOS DO NEGÓCIO

- Planejar a implantação do novo módulo eletrônico para o GE Phase II.
- Minimizar impacto na fábrica, mantendo os Requisitos do produto e qualidade.
- Reduzir ao máximo investimentos em ferramentais e modificações.
- Aplicar a metodologia Lean no Desenvolvimento

2- SITUAÇÃO ATUAL



Condição Atual :

- Caixa fixada no suporte lateral direito;
- Utilização de chicote intermediário;
- Grande número de ligações para os operadores;
- Número alto de tarefas identificadas no pré-piloto.

3- SITUAÇÃO FUTURA

mabe As três idéias com maior número de pontos

<p>1ª Idéia</p> <p>Caixa do módulo fixada na base do Compressor</p> <p>56 pontos</p>	<p>2ª Idéia</p> <p>Caixa do módulo fixada na parte traseira do teto</p> <p>52 pontos</p>	<p>3ª Idéia</p> <p>Caixa do módulo fixada dentro da caixa interna do Freezer</p> <p>50 pontos</p>
--	--	---



Geradas o total de 4 opções durante o evento !

4- PLANO DE AÇÃO

- 1) Prototipar as três melhores opções – Ok
- 2) Revisar o custo do chicote para cada idéia – Ok
- 3) Revisar MOD para cada idéia – Ok
- 4) Revisar investimentos para cada idéia – Ok
- 5) Simular as opções nas linhas de montagem –

CONCLUÍDO

5- FOLLOW UP / RESULTADOS

Conforme início do modelamento dos conceitos
Testes para avaliação técnica e de qualidade (segurança Elétrica)

Figura 27: Relatório A3

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Quadro 7 mostra as vantagens e desvantagens listadas durante o estudo de caso sobre a aplicação do *Lean Manufacturing* no desenvolvimento de produtos.

Quadro 7: Vantagens e desvantagens

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none">• Participação do time de trabalho no projeto do produto• Implementar melhorias no projeto do produto que após o início da produção dificilmente são implementadas• Redução do impacto do novo produto na fábrica, pois durante o Kaizen busca-se as melhores alternativas em função do parque fabril já instalado• Problemas recorrentes de campo (assistência técnica) pode ser corrigidos no projeto do produto• O produto é projetado com o menor número de componentes possíveis e padronizado com produtos existentes, evitando a geração de desperdícios futuros na fábrica• O investimento em ferramentas e dispositivos é reduzido por se utilizar o máximo ferramentas e dispositivos já existentes na fábrica	<ul style="list-style-type: none">• Responsável pelo projeto necessita traduzir todas as melhorias no projeto do produto durante o prazo curto do evento• Os valores dos investimentos são estimados, necessitando de uma avaliação posterior ao evento• Nem sempre as alternativas elaboradas durante o evento condizem com o design do produto• Ao fim do evento o tempo não é hábil para o modelamento 3D de todas as alternativas escolhidas• Após o evento necessita-se de uma verificação detalhada da engenharia referente às alternativas, verificando se as mesmas se adequam as normas do produto e qualidade

5.1. RESULTADOS FINAIS DA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *LM*

Na finalização do evento foi possível obter um resultado direto no projeto do produto. Antes do evento a engenharia de produtos ainda não possuía uma definição do local do produto, onde a nova placa eletrônica e o alojamento plástico seria montado.

Com base nas três alternativas que foram melhores pontuadas, dias após a finalização do evento, os projetistas já tinham modelado a alteração técnica final. Com base na Figura 28, os novos componentes foram montados na parte superior do refrigerador com um sistema de montagem unidirecional, ou seja, os componentes se travam um contra o outro, através de um sistema de “clipe” projetado na própria peça.

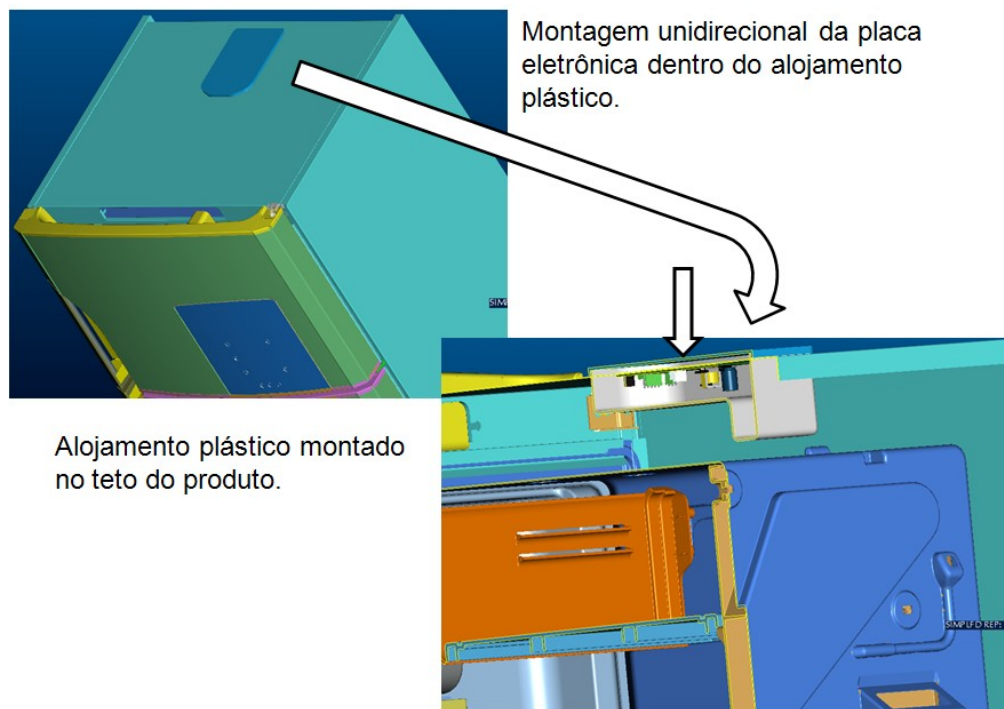


Figura 28: Modelos 3D

acontecer após o evento com o time novamente, para o detalhamento de construção e projeto dos moldes plásticos e da ferramenta de estampo, pois pela definição do projeto houve a possibilidade de redução no custo de construção.

Um resultado subjetivo citado pelo time, foi em relação à cultura de desenvolvimento de novos produtos existente na empresa, pois esse tipo de atividade nunca tenha sido realizado de forma estruturada, ou seja, a possibilidade de inferência dos participantes de outras áreas ainda na fase de projeto e detalhamento. Apenas reuniões informativas para o time eram realizadas, e quando mudanças eram necessárias no projeto, o impacto de custo e tempo era alto, pois na maioria das vezes as ferramentas, dispositivos e meios de produção em geral, já estavam em processo de construção.

Dois pontos importantes a serem levados em consideração são em relação à cultura da alta administração *versus* o avanço da filosofia *Lean Manufacturing* na empresa. Quanto maior for o grau de permeabilidade das ferramentas do *Lean Manufacturing* entre as equipes de trabalho maior é o grau de aceitação e utilização de novos caminhos, como os princípios do *LM* no desenvolvimento de produtos.

Outro ponto abordado pelo time de trabalho foi em relação ao tempo do evento *Kaizen*, sugere-se que essa atividade tenha mais dias disponíveis, principalmente após o desenho das alternativas. Dessa forma haverá mais tempo para análises de custos, modificações, e análises principalmente da engenharia de produto referente às restrições e detalhes em função das alternativas desenhadas.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A análise do estudo de caso permite identificar vantagens e desvantagens da aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* no desenvolvimento de produtos como já citado no quadro 7, as análises baseiam-se fortemente em observação, participação e opinião dos envolvidos ao longo do evento *Kaizen* realizado. O principal impacto da aplicação do *Lean Manufacturing* durante o projeto, é de trazer a mesma ferramenta já aplicada no ambiente fabril que busca eliminar desperdícios e maximizar a otimização dos recursos fabris instalados, para o ambiente de projeto e integrar as necessidades da fábrica dentro da fase de concepção do produto ou peça, e dessa forma evitar retrabalhos e intervenções nas etapas seguintes do desenvolvimento do produto.

Um ponto importante a ser enfatizado é o planejamento do *Kaizen*, primeiramente a alta gerência, ou os responsáveis pela tomada de decisão devem definir em função do problema a ser solucionado, o time de trabalho para dar condições de um evento de alto desempenho com participação de especialistas e colaboradores com experiência no tema abordado, porém é interessante a presença de colaboradores de outras áreas ou departamentos para enriquecer o evento com pontos de vista e ideias diferentes da realidade dos envolvidos. Durante a definição dos objetivos do evento, o responsável pela coordenação do evento, geralmente é o mesmo coordenador do *LM*, deve participar para preparar a condução do evento e definir o tempo necessário para a execução com qualidade de todas as etapas do *Kaizen*.

O projeto final apresentou uma montagem do alojamento plástico junto com a placa eletrônica, em uma região do produto que não oferece riscos durante o processo de montagem e também para o usuário final, que praticamente não tem acesso a ela, devido à altura do produto.

Pela posição da montagem da placa eletrônica, critérios de qualidade tanto visuais, quanto técnicos foram respeitados. Produtos eletrônicos em geral, são submetidos há uma bateria de testes de segurança elétrica para o consumidor final conforme a normatização de cada país, após o evento *Kaizen* foram consultadas as normas, e o principal aspecto a ser respeitado é referente ao aterramento do produto, e o alojamento plástico deve possuir sistema de retenção quanto à entrada de água.

Quanto à análise de tempo, o produto não ultrapassou o tempo ciclo estipulado pela engenharia de processos. Ao fim do evento somente um molde de injeção plástica deverá ser construído para o alojamento plástico, e uma alteração da ferramenta de estampo do teto do produto.

A forma de aplicação que foi utilizada no estudo de caso, pode sofrer alterações dependendo do produto, ambiente fabril e empresa que for aplicar, pois uma serie de detalhes técnicos necessitam ser levantados antes da aplicação, e um conhecimento da cultura de projeto existente na empresa também se faz necessário.

Para trabalhos futuros recomenda-se analisar outros estudos de caso, e propor um modelo de aplicação independente do ramo industrial ou produto analisado. Também se sugere que no momento da definição dos critérios de avaliação sejam aplicados pesos diferentes e alguns critérios sejam definidos para a pontuação das alternativas propostas, e uma tratativa estatística seja feita antes após a pontuação do time de trabalho, para evitar decisões tendenciosas. Analisando o quadro 06 pode-se ver que dos dezenove critérios aplicados 36,8% foram direcionados a custo, 36,8% direcionados a qualidade, 15,7% direcionados a entrega e 10,5% direcionados a segurança, portanto melhores resultados poderiam ter sido obtidos nos temas segurança e entrega, caso houvesse um melhor equilíbrio durante o processo de pontuação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLI, A. The Impact of Innovativeness and Development Time on New Product Performance for Small Firms. *Marketing Letters*. 11 (2), pp. 152-163, 2000.

AMARAL, D. C.; ALLIPRANDINI, D. H.; FORCELLINI, F. A.; ROZENFELD, H.; SCALICE, R. K.; SILVA, S. L.; TOLEDO, J. C. *Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Uma Referência para a Melhoria de Processo*. Ed. Saraiva, São Paulo, 2006.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J.C. *Projeto Integrado de Produto: planejamento, concepção e modelagem*. Ed. Manole, 1° Ed, São Paulo, 2008.

BARBUDEEN, F.; WIJEKONN, K.; MARKSBERRY, P. An Analytical Hierarchy Process-Based Tool to Evaluate Value System For Lean Transformations. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 22, No. 1, pp. 46-65, 2011.

BAXTER, M. *Projeto de Produto : Guia Prático para Design de Novos Produtos*. São Paulo : Edgard Blütcher, 2000.

BEITZ, W.; PAHL, G.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. *Projeto na Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto, métodos e aplicações*. Ed. Edgard Blücher, 1° Ed, São Paulo, 2005.

BROWN, S. Managing Process Technology – Further Empirical Evidence from Manufacturing Plants. *Technovation*. 21 (8), pp. 467-478, 2001.

BROWNING, T. R. Value-Based Product Development : Refocusing Lean. *IEEE*, p. 168-172, 2000.

BROWNING, T.R.; EPPINGER, S.D. Modeling Impacts of Process Architecture on Cost Schedule Risk in Product Development. *IEEE Trans Eng Management*. Pp. 428-442, 2002.

CAO, D.; HAN, Y.; CUI, C.; QI, K. Guiding Conceptual Design Modeling Based on Product System Analysis. *Kybernetes*. Vol. 40, No. 5 / 6, PP. 790-799, 2011.

CARDINAL, L.B.; LEI, D. Structuring Research and Development Teams in the Technological Conversion Process. *Advances in Interdisciplinary Studies of Work Teams*. Vol. 5. JAI Press, Greenwich, CT, pp. 31-62, 2001.

CARDINAL, L.B.; TURNER, S.F.; FERN, M.J.; BURTON, R.M. Organizing for Product Development Across Technological Environments: Performance Trade-offs and Pictures. *Organization Science*. Vol. 22, No. 4, PP. 1000-1025, 2011.

Cauchick, M.P.A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. *Produção*, v.17, n.1, p. 216-229, Jan/Abr. 2007.

CAUCHICK, MPA *et al.* Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CHEN, H.; TAYLOR, R. Exploring the Impact of Lean Management on Innovation Capability. *PICMET 2009 Proceedings*, August 2-6, Portland, Oregon USA © 2008 PICMET.

CHIARINI, A. Integrating Lean Thinking Into ISO 9001: A First Guideline. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 2, No. 2, pp. 96-117, 2011.

CHOI, A.C.K.; PRASANTI, G. Product Design Enhancement by Integration of Virtual Design and Assembly Analysis Tools. *Assembly Automation*. Vol. 20, No. 4, pp. 283-290, 2000.

CHOUDRI, A. Lean Manufacturing, *The Manufacturing Handbook of Best Practices: An Innovation, Productivity, and Quality Focus*. pp. 169-202, Boca Reaton, FL: CRC Press LLC, 2002.

CROOM, S. Topics issues and methodological concerns for operations management research. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management, Brussels, Belgium, 31st Jan. – 4th Feb, 2005.

DAMANPOUR, F.; GOPALAKRISSHNAN, S. The Dynamics of the Adoption of Product and Process Innovations in Organizations. *Journal of Management Studies*. 38 (1), pp. 45-65, 2001.

DEIF, A. Computer Simulation To Manage Lean Manufacturing Systems. 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology. Vol. 6, pp. 677-681, 2010.

DIEHL, A.A.; TATIM, D.C. Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

DOMAN, M. A New Lean Paradigm In Higher Education: A Case Study. *Quality Assurance Education*. Vol. 19, No. 3, pp. 248-262, 2011.

EEKELS, J.; ROOZEMBURG, N. F. M. Product Design : Fundamentals and Methods. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, 1995.

ELETROS. Associação Nacional dos Fabricantes de Eletroeletrônicos. Acessado em 15/01/2013 em: <http://www.eletros.org.br/portal.php/estatisticas>.

Esmeral Group Publishing. Rethinking Lean NPD. *Strategic Direction*. Vol. 23, No. 10, pp. 32-34, 2007.

ETTLIE, J.E. Product-Process Development Integration in Manufacturing. *Management Science*. 41 (7), pp. 1224-1237, 1995.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process – based perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, v.22, n.2, p. 152-194, 2002.

FOUQUET, J. B. Design for Six Sigma and Lean Product Development: Differences, Similarities and Links. *The Asian Journal on Quality*, Vol. 8, No. 3, 2000.

GATI-WECHSLER, A.M.; TORRES, A.S.J. The Influence of Lean Concepts on the Product Innovation Process of a Brazilian Shoe Manufacturer. PICMET 2008 Proceedings, 27-31 July, Capetown, South Africa © 2008 PICMET.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1996.

HOEGL, M.; WEINKAUF, K. Managing Task Interdependence in Multi-Team Projects: A Longitudinal Study. *Journal of Management Studies*. 42,pp. 1287-1308, 2005.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M.L. *Factory Physics*. 3rd ed., New York, McGraw Hill Irwin, 2008.

HSU, Y. Design Innovation and Marketing Strategy in Successful Product Competition. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2009.

IBUSUKI, U.; KAMINSKI, P.A. Product Development Process with Focus on Value Engineering and Target-Costing: A Case Study in an Automotive Company. *Journal of Production Economics*. Vol. 105, pp. 459-474, 2007.

JANG, B.S.; YANG, Y.S.; SONG, Y.S. Axiomatic Design Approach for Marine Design Problems. *Marine Structures*, Vol. 15, pp. 35-36, 2002.

JAYARAM, J.; VICKERY, S.; DROGE, C. Relationship Building, Lean Strategy and Firm Performance: An Exploratory Study in the Automotive Supplier Industry. *International Journal of Production Research*. Vol. 46, no. 20, pp. 5633-5634, 2008.

KARLSSON, C.; ALHSTROM, P. The Difficult Path to Lean Product Development. *Journal of Product Innovation Management*. Vol. 13, pp. 2830-2895, 1996.

KENNEDY, M. *Product Development for the Lean Enterprise*. Richmond. VA: Oaklea Press, 2003.

KHAZANCHI, S.; LEWIS, M.; BOYER, K. Innovation-Supportive Culture: The Impact of Organizational Values on Process Innovation. *Journal of Operations Management*. 25 (4), pp. 871-884, 2007.

KRATZER, J.; LEENDERS, R.T.A.J.; VAN ENGELEN, J. M. L. The Social Network Among Engineering Design Teams and Their Creativity: A Case Study Among Teams in Two Product Development Programs. *International Journal of Project Management*. Vol. 28, pp. 428-436, 2010.

KRISTOFFERSON, A.; LINDEBERG, C. Lean Product Development in Swedish Industry. Master's Thesis, Stockholm School of Economics, 2006.

KURKKIO, M.; FRISHMMAR, J.; LICHTENTHALER, U. Where Process Development Begins: A Multiple Case Study of Front End Activities in Process Firms. *Technovation*, 2011.

LACKMAN, C.L. Forecasting Sales for a B2B Product Category: Case of Auto Component Product. *Journal of Business & Industrial Marketing*. Vol. 22, No. 4, pp. 228-235, 2007.

LAGER, T. Product and Process Development Intensity in Process Industry: A Conceptual and Empirical Analysis of the Allocation of Company Resources for the Development of Process Technology. *International Journal of Innovation Management*. 6 (2), pp. 105-130, 2002.

LEENDERS, R.T.A.J.; VAN ENGELEN, J.M.L.; KRATZER, J. Virtuality, Interaction and New Product Team Creativity: A Social Network Perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*. 20, pp. 69-92, 2003.

LIANG, K.; ZHANG, Q. Study on the Organizational Structured Problem Solving on Total Quality Management. *International Journal of Business and Management*. Vol. 5, No. 10; October 2010.

LIKER, J. K.; MEIER, D. O Modelo Toyota : manual de aplicação. Tradução: Lene Belen Ribeiro. Porto Alegre : Bookman, 2007.

LIKER, J. O Modelo Toyota. Bookaman, Porto Alegre, 2005.

MACHADO, V.C.; PEREIRA, A. Modelling Lean Performance. Proceedings of the IEEE ICMIT. 2008.

MATT, D.T. Template Based Production System Design. Journal of Manufacturing Technology Management. Vol. 19, No. 7, pp. 783-797, 2007.

McCarthy, I.P.; LAWRENCE, T.B.; WIXTED, B.; GORDON, B.R. A Multidimensional Conceptualization of Environmental Velocity. Academy of Management Review, 35 (4), pp. 604-626, 2010.

MEHRI, D. The Darker Side of Lean: An Insider's Perspective on the Realities of the Toyota Production System. Academy of Management Perspectives, Vol. 20, no. 2, pp. 21-42, 2006.

METHA & KAUFFMAN. Committing to a Lean Six-Sigma Roadmap. International Journal of Advanced Manufacturing Systems. Vol. 9, pp. 91-99, Issue 2, 2010.

MILLIARD, R.L. Value Stream Analysis and Mapping for Product Development. Master's Thesis in Aeronautics and Astronautics. MIT. Cambridge, MA, June 2001.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto : integrando pessoas, processo e tecnologia. Tradução: Raul Rubenich. Porto Alegre : Bookman, 2008.

MORGAN, J.M. High Performance Product Development. Troy Design and Manufacturing. Troy, MI, 2002.

MORTIMER, A. L. Improved Product Design as an Alternative to Outsourcing Manufacture and Assembly. Assembly Automation, Vol. 26, No. 2, pp. 121-126, 2006.

MULLANEY, K.; Improving the Process of Supplying Instruments to the Operating Room Using the Lean Rapid Cycle Improvement Process. Department of Infection Control, Metropolitan Hospital, New York, NY, USA, 2010.

MUNKSGAARD, K.B.; FREYTAG, P.V. Complementor Involvement in Product Development. *Journal of Business & Industrial Marketing*. Vol. 26, No. 4, pp. 286-298, 2011.

MURMAN, E. Lean Systems Engineering, Lecture Notes. MIT. Cambridge, MA, September 12, 2002.

NARUSAWA, T.; SHOOK, J. Kaizen Express – Fundamentos para a sua Jornada Lean. Lean Institute Brasil, São Paulo, 2009.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção. Além da Produção em Larga Escala. Bookman, 1997.

OLINS, W. Corporate Identity: Making Business Strategy Visible Through Design. Harvard Business School Press, Boston, MA, pp. 1-10, 1990.

OLIVELLA, J.; CUATRECASAS, L.; GAVILAN, N. Work Organization Practices for Lean Production. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 19, no. 7, pp. 798-811, 2008.

OPPENHEIM, B. W. Lean Product Development Flow. *Systems Engineering*, vol. 7, No. 4, 2004.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.H. Projeto na Engenharia – Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos. Ed. Edgard Blücher, 6^o Edição, São Paulo, 2005.

PETIOT, J.F.; GROGNET, S. Product Design: a Vectors Field-Based Approach for Preference Modelling. *Journal of Engineering Design*. Vol. 17, No. 3, pp. 217-233, 2006.

PISANO, G. The Development Factory: Unlocking the Potential of Process Innovation. HBS Press, Boston, 1997.

RAFFO, D.; MEHTA, M.; ANDERSON, D.J.; HARMON, R. Integrating Lean Principles with Value Based Software Engineering. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2010

RAISCH, S.; BIRKINSHAW, J.; PROBST, G.; TUSHMAN, M.L. Organizational Ambidexterity: Balancing Exploitation and Exploration for Sustained Performance. Organ. Sci. 20(4), pp. 685-695, 2009.

REICHSTEIN, T.; SALTER, A. Investigation the Sources of Process Innovation Among UK Manufacturing firms. Industrial and Corporate Change. 15 (4), pp. 653-682, 2006.

REINERSTEN, D. How Lean Product Development Sparked a Revolution. Institute of Industrial Engineers, 2005.

REINERSTEN, D. Let it Flow. Industrial Engineering. pp. 41-45, 2005.

REINERSTEN, D. Rethinking Lean NPD, A Distorted View of Lean Product Development. Strategic Direction. Vol. 23, no. 10, pp. 32-34, 2007.

ROSSLER, P.E.; HIGH, M.S. Products Liability Law and Its Implications for Engineering Practice. Engineering Management Journal. Vol. 19, No. 2, pp. 23-30, 2007.

SCHUH, G.; LENDERS, M.; HIEBER, S. Lean Innovation : Introducing Value System to Product Development. PICMET 2008 Proceedings, 27-31 July, Capetown, South Africa © 2008 PICMET.

SHAH, R.; P, WARD. Lean Manufacturing : Context, Practice Bundles and Performance. Journal of Operations Management. Vol. 21, pp. 129-149, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Tradução: Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher ; revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2° Ed, 8° Reimpressão, São Paulo, Ed. Atlas, 2008.

SMADI, S.A. Kaizen Strategy And The Drive For Competitiveness: Challenges and Opportunities. Competitiveness Review: International Business Journal. Vol. 19, No. 3, pp. 203-211, 2009.

SONG, M.; MONTROYA-WEISS, M.M. The Effect of Perceived Technological Uncertainty on Japanese New Product Development. Acad. Management J. 44(1), pp. 61-80, 2001.

SOUZA, R. Case research in operations management. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management, Brussels, Belgium, 31st Jan – 4th Feb, 2005.

ULRICH, K.; EPPINGER, S. D. Product Design and Development. Mc Grain Hill, 1995.

WANG, Y.; QI, E. Enterprise Planning of Total Life Cycle Lean Thinking. IEEE, p. 1712-1717, 2008.

WILKINSON, I.F. The Evolution of an Evolutionary Perspective on B2B Business. Journal of Business & Industrial Marketing. Vol. 20, No. 7, pp. 458-465, 2006.

Wittenberg, G. Kaizen – The Many Ways Of Getting Better. Assembly Automation. Vol. 14, No. 4, pp. 12-17, 1994.

WOMACK, J.; JONES, D. & ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Editora Campus, 9° Reimpressão, Rio de Janeiro, 1992.

WOMACK, J.; JONES, D. Lean Thinking, Simon Schuster, New York, 1998.

WOMACK, J.; ROOS, D. The Machine that Changed the World – The Story of Lean Production. Harper Perential, New York, 1990.

WOODSIDE, A.G; BIEMANS, W.G. Modelling Innovation, Manufacturing, Diffusion and Adoption/Rejection Processes. *Journal of Business & Industrial Marketing*. Vol. 20, No. 7, pp. 380-393.