

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGÉLICA SOUSA

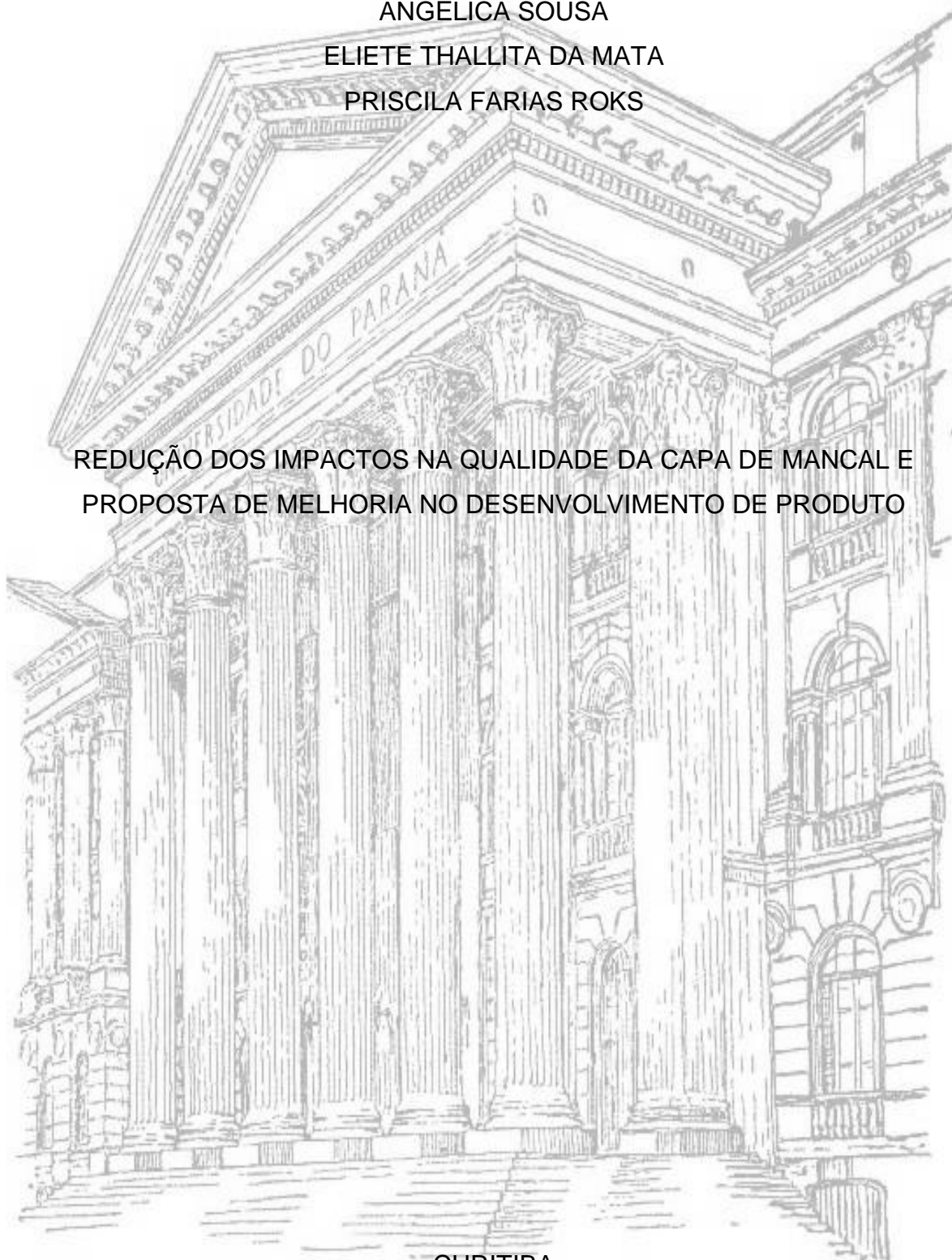
ELIETE THALLITA DA MATA

PRISCILA FARIAS ROKS

REDUÇÃO DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DA CAPA DE MANCAL E  
PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

CURITIBA

2013



ANGÉLICA ALVES SOUSA  
ELIETE THALLITA DA MATA  
PRISCILA FARIAS ROKS

REDUÇÃO DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DA CAPA DE MANCAL E  
PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Projetos da Qualidade como requisito parcial para conclusão do curso de Tecnologia em Gestão da Qualidade, Setor de Educação Profissional e Tecnológico da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Arnaud Francis Bonduelle

CURITIBA  
2013

Universidade Federal do Paraná  
Setor de Educação Profissional e Tecnológica  
Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Qualidade

Aprovação de Projeto em Banca

Este trabalho foi avaliado pela banca abaixo recebendo aprovação com nota:

---

Prof. Dr. Arnaud Francis Bonduelle - Orientador

---

Prof. Dr. José Elmar Feger - Membro

---

Sr. Marcelo Maia - Membro

Curitiba, 20 de fevereiro de 2013

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares e amigos pela compreensão durante os dias de estudos, pelo apoio prestado e pela paciência durante as adversidades.

Ao nosso orientador Professor Dr<sup>o</sup> Arnaud Francis Bonduelle, pelo tempo e paciência dedicada para nos auxiliar.

Ao Sr. Marcelo Maia, especialista em Engenharia de Produção e Consultor industrial, pelo apoio, suporte técnico e bibliográfico para a execução das atividades.

Aos professores do Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Qualidade, por compartilhar o conhecimento necessário para nossa formação e por contribuírem direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

Aos nossos colegas de curso pelos anos de convivência e companheirismo.

“O fracasso é a oportunidade de começar  
tudo de novo – inteligentemente.”  
Henry Ford

## RESUMO

O presente estudo visa minimizar os impactos do mau planejamento de projetos, ocorridos na capa de mancal, utilizada como item do bloco do motor. Ela é uma peça crítica necessária para a montagem e fixação do virabrequim. Propusemos então, ações corretivas para eliminação das falhas decorrentes de processo e produto e, consequentemente, redução no número de reclamações do cliente. Estas ações foram propostas mediante análise *in loco*<sup>1</sup> das ocorrências, com o apoio técnico de engenheiros e analistas. Buscando resposta para este turbulento contexto, chegamos à conclusão que a causa raiz das falhas abordadas neste estudo estavam diretamente ligada ao desenvolvimento do produto e do processo. Diante disso, focamos nosso estudo em propor um modelo de gestão para o desenvolvimento de novos produtos. Este novo modelo de gestão tem como principal objetivo sistematizar o processo de desenvolvimento, bem como torná-lo mais eficaz, minimizando assim, as possíveis falhas decorrentes do mau planejamento.

Palavras-chave: Capa de mancal. Desenvolvimento. FMEA. Refugo. Custos da não qualidade. Embarque controlado.

---

<sup>1</sup> No local

## **RESUME**

Cette présente étude se proposait initialement de minimiser les non-conformités rencontrés dans la production d'une culasse de bloc moteur. Il s'agit d'une pièce critique nécessaire au montage et à la fixation du vilebrequin. Nous avons proposé des actions correctives pour l'élimination des erreurs de fabrication qui engendrent l'augmentation des coûts de la non qualité, et par conséquent, la réduction sensible des réclamations client. Ces actions ont été menées in situ directement dans l'atelier de production avec l'aide technique des ingénieurs et des qualitatifs. En recherchant des réponses à ce contexte turbulent, nous sommes arrivés à la conclusion que la racine des causes d'erreur dans cette étude était directement liée à la phase de conception et développement du produit et des processus. Face à cette situation, nous avons focalisée notre étude à la proposition d'un modèle de gestion pour le développement de nouveaux produits. Ce modèle a pour principal objectif de systématiser la phase de conception, en la rendant plus efficace, diminuant ainsi les risques d'erreurs potentielles découlant d'une mauvaise planification de la conception et du développement.

Mots clefs: Culasse. Développement. AMDEC. Rebuts. Coûts de la non qualité. Contrôle Embarqué.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TIPOS DE FMEA .....	16
FIGURA 2 - MÉTODOS E TÉCNICAS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	21
FIGURA 3 - MODELO PROPOSTO POR ROZENFELD et. al. (2006) .....	23
FIGURA 4 - FUNIL DE DECISÃO .....	25
FIGURA 5 - MODELO DE <i>LAYOUT</i> SUGERIDO – POSTO DE INSPEÇÃO .....	28
FIGURA 6 - DESENHO DA PEÇA APÓS USINAGEM .....	31
FIGURA 7 - <i>LAYOUT</i> ECN1 ANTERIOR AS AÇÕES DE MELHORIA .....	38
FIGURA 8 - <i>LAYOUT</i> ECN1 APÓS AÇÕES DE MELHORIA.....	39
FIGURA 9 - FLUXO PARA METODOLOGIA ZERO DEFEITO .....	39
FIGURA 10 - FLUXO INICIAL DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .....	41
FIGURA 11 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO PROJETO - MATRICIAL FORTE .....	49



## LISTA DE GRÁFICOS E TABELAS

TABELA 1- ELEMENTOS DO APQP NAS FASES DO PROGRAMA.....	26
TABELA 2 - ETAPAS DE PRODUÇÃO DA CAPA DE MANCAL .....	31
GRÁFICO 1 - CUSTOS DA NÃO QUALIDADE EM 2012 .....	33
GRÁFICO 2 - ÍNDICE DE REFUGO DOS PRIMEIROS MESES DE PRODUÇÃO (2012).....	34
GRÁFICO 3 - NÚMERO DE RECLAMAÇÕES DO CLIENTE EM 2012 .....	37
GRÁFICO 4 - ÍNDICE MENSAL DE REFUGO.....	44
GRÁFICO 5 - RECLAMAÇÕES DO CLIENTE .....	45
TABELA 3 - SEQUENCIAMENTO DA SEMANA DO DESENVOLVIMENTO .....	47
GRÁFICO 6 - CUSTOS DA NÃO QUALIDADE.....	50

## **LISTA DE SIGLAS**

AIAG - Automotive Industry Action Group (Grupo de Ação da Indústria Automotiva)

CAD – Computer Aided design (Projeto apoiado por Computador)

DFA - Design For Assembly (Projeto para Montagem)

DFM - Design For Manufacturability (Projeto para manufatura)

DIP – Desenvolvimento Integrado de Produtos

ECN 1 – Embarque Controlado Nível 1

ECN 2 – Embarque Controlado Nível 2

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis (Análise do Modo e Efeitos de Falha)

GM - General Motors

ISO - International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

ISO TS - International Organization for Standardization - Technical Specification (Organização Internacional para Padronização - Especificação Técnica)

NASA – National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)

NBH – New Business Hold (À espera de novos negócios)

PDM – Product Data Management (Gerenciamento de dados do produto)

PDP - Processo de Desenvolvimento do Produto

PLM – Product Life-cycle Management (Gestão do ciclo de vida dos produtos)

PSW - Part Submission Warrant (Certificado de submissão da peça)

RPN - Risk Priority Number (Número de Prioridade de Risco)

APQP - Advanced Product Quality Planning (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto).

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVAS .....	13
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 FMEA (Failure mode and effect analysis).....	14
2.1.1 Definição .....	15
2.1.2 Desenvolvimento histórico .....	15
2.1.3 Tipos de FMEA .....	15
2.1.4 Composição do FMEA .....	17
2.2 METODOLOGIA KAIZEN.....	18
2.3 MANUFATURA ENXUTA .....	19
2.4 DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO E PRODUTO .....	19
2.4.1 Desenvolvimento histórico .....	20
2.4.2 Equipe de desenvolvimento .....	21
2.4.3 Modelos de processo de desenvolvimento de produto (PDP) .....	22
2.5 APQP .....	26
2.6 EMBARQUE CONTROLADO.....	27
2.6.1 O que é o Embarque Controlado? .....	27
2.6.2 Carta de notificação .....	27
2.6.3 Critérios para entrada em Embarque Controlado .....	28
2.6.4 Níveis de Embarque Controlado .....	28
2.6.5 Critérios para retirada de Embarque Controlado .....	30
2.6.6 <i>New Business Hold</i> – À espera de Novos Negócios.....	30
2.7 PROCESSO PRODUTIVO DA CAPA DE MANCAL .....	30
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
3.1 CLARIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	32
3.2 REDUÇÃO DE REFUGO .....	34

3.3 ELIMINAÇÃO DE EMBARQUE CONTROLADO.....	36
3.3.1 Mudança do <i>layout</i> do ECN1 .....	37
3.2.2 Metodologia Zero defeito .....	39
3.3.3 Criação do dispositivo de medição .....	40
3.4 PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	40
<b>4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
4.1 REDUÇÃO DO REFUGO.....	44
4.2 EMBARQUE CONTROLADO.....	44
4.3 PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	45
4.3.1 Metodologia do projeto Melhoria Continua .....	46
4.3.2 Equipe multifuncional e gestão de pessoas.....	48
4.3.3 Melhorias previstas com o modelo proposto.....	49
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a globalização e o aumento da competitividade, a qualidade dos produtos ofertados no mercado deixa de ser um diferencial e passa a ser um requisito obrigatório, exigido e cobrado pelos clientes.

No intuito de descobrir como e porque alguns produtos apresentam grandes índices de refugo e reclamações no cliente, buscamos a causa raiz da situação. Usamos como base a capa de mancal, um produto fornecido por uma indústria do ramo automotivo, localizada na cidade industrial de Curitiba (CIC). Este era um dos produtos fornecidos pela empresa citada que mais recebia reclamações.

Com relação às principais falhas encontradas no processo, foram tomadas ações para a erradicação ou diminuição nos impactos que cada uma delas poderia trazer, contando sempre com o apoio de técnicos e engenheiros.

Ao analisar com mais profundidade cada uma das falhas e o observando o processo de usinagem, notamos que todas elas poderiam ser menos expressivas caso o processo de desenvolvimento fosse devidamente gerenciado.

Vale ressaltar que essa lacuna no processo de desenvolvimento era uma situação sistêmica, ou seja, percebemos que todas as peças eram desenvolvidas sem o devido acompanhamento e gerenciamento.

Um ponto importante para levar em consideração é a questão do FMEA, pois caso o mesmo fosse utilizado de maneira correta e considerando realmente as possíveis falhas e causas, teríamos um processo mais robusto.

O que a princípio seria uma pesquisa para reduzir o refugo e reclamações no cliente, transformou-se em um exaustivo estudo de como melhorar o processo de desenvolvimento, propondo para isso um modelo de gestão.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Abordar de que maneira um desenvolvimento mal executado impacta na qualidade do processo e produto.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Reduzir o índice de refugo na capa de mancal de 12% para 0,7%;
- b) Eliminar o embarque controlado nível 2;
- c) Proposta para melhoria no processo de desenvolvimento de produtos.

## 1.3 JUSTIFICATIVAS

O estudo realizado sobre os impactos causados por falhas durante um processo de desenvolvimento de um produto levou-nos a procurar maneiras de eliminar ou minimizar estes impactos, dentre eles a redução do índice de refugo, a eliminação do embarque controlado entre outros.

Para tal situação faz-se necessário a abordagem de como seria um processo de desenvolvimento ideal, a fim de que todas as fases do produto sejam desenvolvidas de forma adequada e que todas as possíveis interrupções e falhas ocorrentes durante este processo fossem rapidamente solucionadas e não recorrentes.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a norma ISO 8402 (*apud* HUTCHINS, p. 01), *qualidade* é “a totalidade das peculiaridades e das características de um produto ou serviço, relacionados com sua capacidade de satisfazer necessidades declaradas ou implícitas.”

Esta norma foi substituída pela ISO 9000:2005 (Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário), que conceitua qualidade como “o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”.

Mauriti Maranhão (2001) afirma que para medirmos a qualidade de um produto temos que analisar alguns pontos: a) conformidade com especificações – quando os produtos possuem as características que estão descritas nos projetos; b) valor por dinheiro – quando recebe um benefício compensador; c) adequação – quando o produto faz aquilo que você espera; d) atratividade de mercado – quando você utiliza seu direito de consumidor de escolher o que deseja; e) satisfação do cliente – cadeia de sucesso do processo.

Segundo Campos (1999), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente.

Porém, qualidade é um termo que está em constante modificação. Antigamente estava ligada apenas com o produto. Mais tarde começou-se a incorporar elementos do cliente e aspectos intangíveis, como melhoria das condições do trabalho e das condições ambientais. (HUTCHINS, 1994)

### 2.1 FMEA (*Failure mode and effect analysis*)

Um dos documentos utilizados para definir possíveis causas de falhas e quais as ações necessárias para saná-las chama-se FMEA.

A seguir apresentaremos a definição e algumas características desta ferramenta.

### 2.1.1 Definição

A sigla FMEA é a abreviação para *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do Modo e Efeitos de Falha). Segundo D.H. Stamatis, o FMEA é uma ferramenta utilizada pela equipe de desenvolvimento para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas e/ou potenciais de um produto antes da produção em série. Além de aumentar a confiabilidade de um produto durante a fase do seu desenvolvimento.

### 2.1.2 Desenvolvimento histórico

O método foi desenvolvido e documentado pela primeira vez no procedimento MIL-P-1629 em nove de novembro de 1949 pelo Exército dos Estados Unidos. Anos mais tarde esse procedimento serviria de base para elaboração das normas militares MIL-STD-1629 e MIL-STD-1629A (PENTTI e ATTE, 2002).

Já em 1960, a ferramenta passou a ser utilizada pela indústria aeroespacial (NASA), durante o desenvolvimento do projeto Apollo.

Apenas em 1980 a indústria automobilística adotou a ferramenta por meio da norma QS-9000 (atual ISO/TS 16949). Fato que se deu após a criação do AIAG (*Automotive Industry Action Group*) pela união das montadoras Chrysler, Ford e GM (PENTTI e ATTE, 2002).

### 2.1.3 Tipos de FMEA

Segundo Stamatis (2003), existem quatro tipos principais de FMEA (ver figura 1). São eles:

a) FMEA de sistema: usado para analisar sistemas e subsistemas no início do desenvolvimento. Um FMEA de sistema foca nos modos de falhas potenciais, causados por deficiências nas funções do sistema. Nas análises são incluídas interações entre sistemas e subsistemas;

b) FMEA de produto: usado para analisar produtos antes de sua liberação para a fabricação. Foca em modos de falha causados por deficiências de projeto do produto;



c) FMEA de processo: usado para analisar processos de fabricação e montagem. É focado em modos de falha causados por deficiências de processo de fabricação ou montagem;

d) FMEA de serviço: usado para analisar serviços antes de eles chegarem ao consumidor. Um FMEA de serviço foca em modos de falha (tarefas, erros, enganos) causados por deficiências do sistema ou do processo.

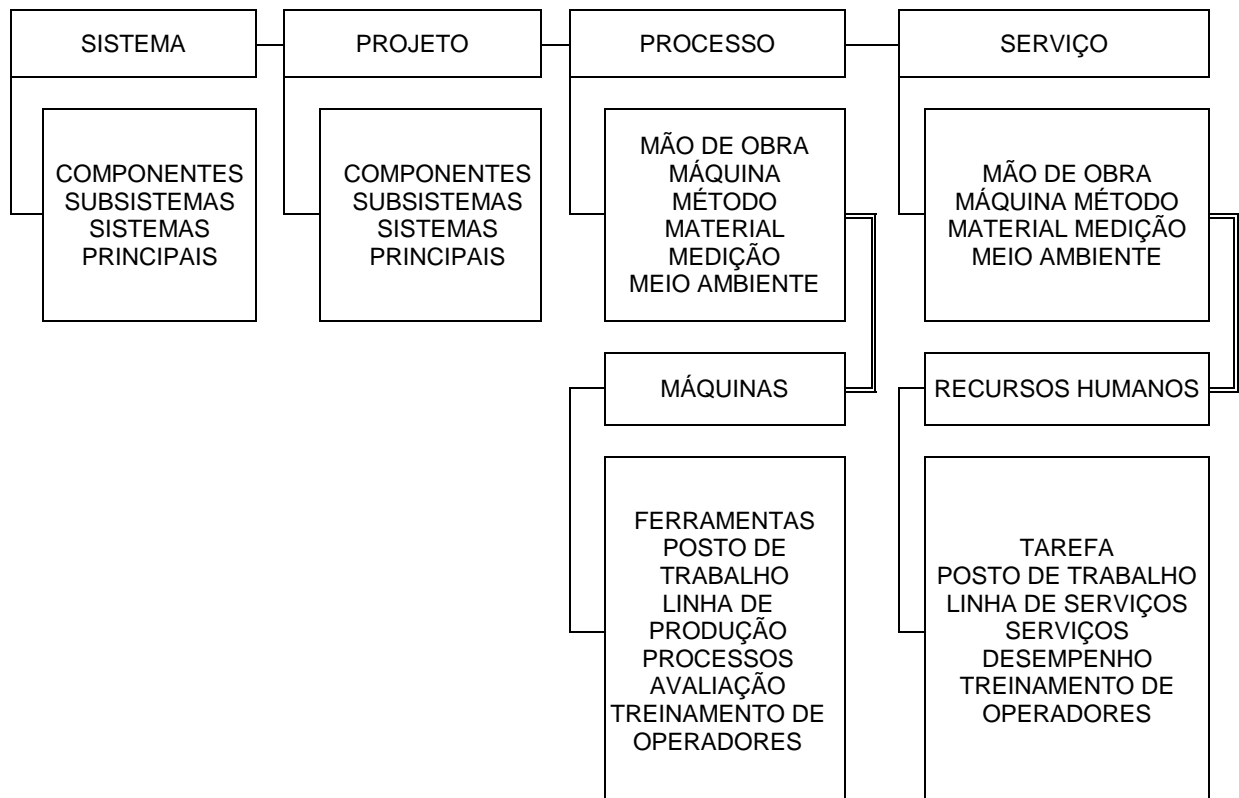


FIGURA 1 - TIPOS DE FMEA

FONTE: Traduzido pelas autoras (STAMATIS, 2003)

Para Bertsche (2008), o emprego dos diferentes tipos de FMEA está relacionado com o tipo e complexidade da entidade técnica a ser analisada. Esse autor afirma que os tipos de FMEA mais empregados na indústria são o FMEA de sistema, o FMEA de produto e o FMEA de processo (*apud* LAURENTI, 2010).

#### 2.1.4 Composição do FMEA

Um FMEA se inicia com a identificação de funções e requisitos de um sistema, subsistema, componente ou etapa de um processo de fabricação, conforme o tipo de FMEA. Em seguida são determinados todos os modos de falha possíveis, além dos efeitos e causas de cada modo de falha (BERTSCHE, 2008, *apud* LAURENTI, 2010). De acordo com o Manual de referência do FMEA (2008) utilizando uma escala de 0 a 10, a equipe de desenvolvimento atribui valores à (S) severidade dos efeitos e as (O) probabilidades de ocorrência das causas ou de seus modos.

Posteriormente, são listados os controles ou ações atuais de prevenção e detecção que asseguram a adequação do produto ou processo para o modo de falha e/ou causa considerados, e são atribuídos valores (também numa escala de 0 a 10) para (D) dificuldade de detecção (BERTSCHE, 2008, *apud* LAURENTI, 2010). Então, é feito a multiplicação dos valores da S, O e D obtendo-se o Nível de Prioridade de Risco – NPR ou em *inglês Risk Priority Number* - RPN.

Em seguida, a equipe propõe ações para eliminar ou detectar os modos de falhas, suas causas, ou ainda para limitar seus efeitos e priorizar as ações que possuem os valores mais altos de NPR (FMEA, 2008). Alguns clientes utilizam o índice de SOD (Severidade, Probabilidade de ocorrência e Dificuldade de detecção) no lugar do NPR, pois este leva em consideração primeiramente o nível de severidade.

Finalmente, são definidos responsáveis pelas implantações das ações recomendadas, bem como os respectivos prazos para execução (FMEA, 2008).

## 2.2 METODOLOGIA KAIZEN

O termo *Kaizen* significa melhoria contínua e utilizando suas ferramentas é possível otimizar os trabalhos para melhoria dos processos com relação a custos, produtividade, qualidade e segurança.

O *kaizen* pode ser utilizado para diversas finalidades, tais como: qualidade ou produtividade dos processos, organização do local de trabalho, manutenção produtiva total, processos administrativos e preparação do processo de produção.

A metodologia *kaizen* tem as seguintes premissas: trabalhar no processo e em equipe, participação deve ser multifuncional; potencializar o tempo para obter os resultados esperados; utilizar ao máximo de criatividade para evitar gastos excessivos no emprego de ideias inoportunas; utilizar os recursos disponíveis aliando rapidez e simplicidade.

Os projetos de melhoria são executados em uma semana, caso existam pendências que necessitem de mais tempo, este não pode exceder 30 dias. Ao final de cada *Kaizen* são apresentados os resultados para a empresa (Corrêa Netto e Vieira, 2008 *apud* Corrêa Netto e Marins, 2010).

O cronograma abaixo explora melhor a metodologia abordada:

- a) Primeiro dia – Treinamento da metodologia *Kaizen*.
- b) Segundo dia – Fluxo do *layout* atual, cronometragem, identificação dos desperdícios, proposta do novo *layout*. Gráfico TT (tempo *takt*) x TCO (tempo de ciclo do operador), para o cálculo do tempo *takt* utiliza-se a seguinte fórmula:

$$TT = \frac{\text{Tempo operacional líquido/período}}{\text{Necessidade do cliente/período}}$$

O tempo operacional líquido por período é o tempo total de produção disponível, ou seja, subtrai-se os tempos não produtivos planejados.

- c) Terceiro dia – Mudanças físicas, fluxo do produto, testes e medições, avaliação dos resultados, operação padrão.
- d) Quarto dia – Divulgação das mudanças, treinamento nas operações padrão, produção, comprovação dos resultados.
- e) Quinto dia – Preparação e apresentação dos resultados.

## 2.3 MANUFATURA ENXUTA

O termo manufatura enxuta ou em inglês *lean manufacturing* espera caracterizar um sistema que utiliza menos recursos produtivos para produzir a mesma ou maior quantidade de produtos acabados quando comparados a um sistema tradicional de produção em massa. O princípio básico dessa abordagem produtiva é o de reduzir custos através da melhoria contínua, aumentando, assim, os lucros. (ALBUQUERQUE, 2008).

A abordagem enxuta apresenta uma estrutura com enfoques técnicos, administrativos e filosóficos, que permitem que a empresa alcance os seguintes benefícios: redução de desperdícios e custos, rapidez de resposta ao cliente, qualidade, aumento da produtividade, entre outros. Convis (2001, *apud* CERYNO e POSSAMAI, 2008) define os enfoques como:

- Filosófico: o enfoque filosófico do pensamento enxuto salienta quatro aspectos, foco no cliente, foco na fábrica, valorização das pessoas e melhoria contínua.
- Cultura administrativa: é determinado por ações direcionadas ao gerenciamento da organização e de seus projetos. Gera aprendizagem e fornece apoio ao sistema, facilitando a disseminação sistêmica da filosofia priorizando os aspectos de favorecer o trabalho em equipe e sua integração, bem como desenvolver e estimular a confiança.
- Técnico: refere-se à aplicação de ações e ferramentas no processo, viabilizando melhorias, facilitando a identificação e a eliminação das perdas. Os principais aspectos enfatizados por este enfoque são: *Just in Time*, automação, nivelamento da produção e processos estáveis.

## 2.4 DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO E PRODUTO

A cada dia percebemos como o mercado, de forma geral, tem buscado aproveitar as oportunidades para desenvolver novos processos, produtos e serviços em busca de se estabelecer.

Mas o que é desenvolvimento de produto?

Para Clark & Fujimoto desenvolvimento de produto é “o processo a partir do qual informações sobre o mercado são transformadas nas informações e bens necessários para a produção de um produto com fins comerciais” (1991, citado por SIMÕES, 2004).

Já para Pugh “a atividade sistemática necessária desde a identificação do mercado/necessidades dos usuários até a venda de produtos capazes de satisfazer estas necessidades – uma atividade que engloba produto, processos, pessoas e organização” (1990, citado por SIMÕES, 2004).

A seguir abordaremos aspectos e características do desenvolvimento de produto e processo, citando a evolução e as etapas a serem seguidas, bem como alguns modelos de desenvolvimentos.

#### 2.4.1 Desenvolvimento histórico

Ao longo da história, o processo de desenvolvimento do produto (PDP) vem sofrendo alterações e adições.

Conforme Cunha (2008), a partir do final do Século XIX, começou a ser notado um interesse mais acentuado por métodos e técnicas orientados especificamente ao desenvolvimento de produtos. Durante a Revolução Industrial, o desenvolvimento da atividade industrial concentrou-se na solução de problemas relacionados ao processo de fabricação e, depois, à organização da produção.

Posteriormente, como fruto do desenvolvimento tecnológico, a preocupação com a concepção do produto passa a ocupar lugar de destaque. Nos anos 80 surgiu a necessidade de adaptação a uma nova situação de mercado, com o surgimento dos mercados globais, que implicou no aumento da concorrência e em decorrência disso, o aparecimento de um consumidor cada vez mais exigente.

Com a complexidade inerente ao desenvolvimento de produto, temos na década de 90, a necessidade de integrar o trabalho interfuncional, iniciando-se o conceito de *desenvolvimento integrado de produto*.

No final do Século XX, a preocupação com a gestão da gama de produtos, passa a ocupar destaque entre as preocupações fundamentais das empresas. Isso fez com que a inovação em produto passasse a ser incorporado ao planejamento estratégico das mesmas. A figura 2 ilustra esta evolução mais detalhadamente.

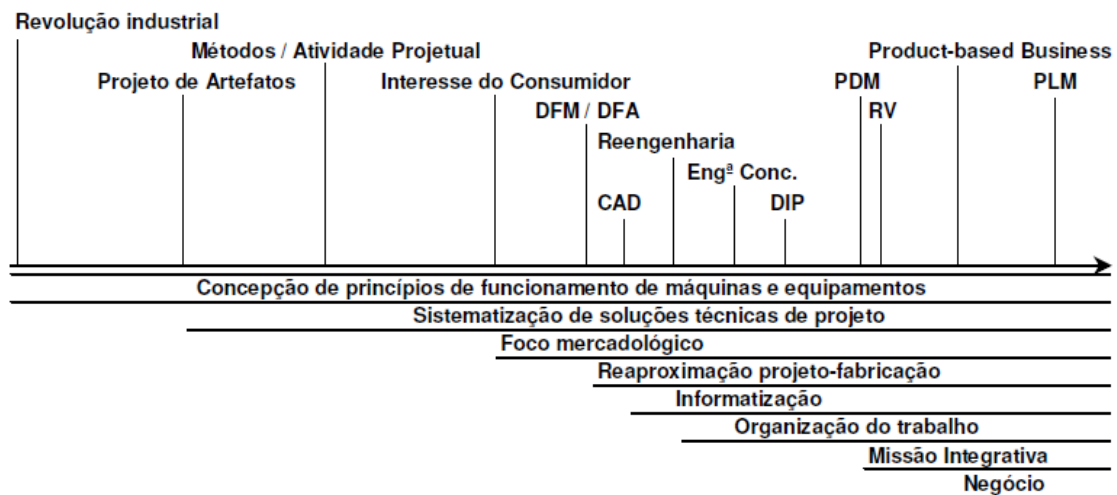


FIGURA 2 - MÉTODOS E TÉCNICAS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS  
 FONTE: CUNHA (2008)

#### 2.4.2 Equipe de desenvolvimento

Segundo Baxter (2011), na década de 1960 o processo de desenvolvimento consistia em três etapas separadas entre si:

Primeiro, o departamento de marketing estabelecia os requisitos do projeto e enviava para o departamento de projeto e desenvolvimento. Depois, este realizava o novo produto até o protótipo e especificações técnicas, que eram enviadas à produção e por último, os engenheiros da produção tomavam as providências para colocar o produto na linha de produção.

Nos anos 90 o desenvolvimento passou a ser em conjunto, onde a divisão por etapas, conforme citado anteriormente, já não existia: a equipe de marketing, projeto e desenvolvimento e os engenheiros de produção começaram a trabalhar juntos.

Neste âmbito, Crawford e Benedetto (2000), Dickson (1997), Kotler (1997) e Prasad (1997) (citados por ECHEVESTE, 2003) defendem a formação de equipes como requisito fundamental para acelerar o processo de desenvolvimento. E juntamente com as equipes, deve-se ter como base uma estrutura formalizada de desenvolvimento de produtos.

As principais vantagens segundo Baxter (2011) são:

- O tempo de desenvolvimento, pois um setor não precisa esperar que o outro encerrasse seu processo para iniciar e, a mais importante,

➤ A troca mútua de informações, melhorando assim a qualidade do projeto e as chances de ser bem sucedido.

Ao longo deste processo, ocorreu, não apenas, um progressivo incremento da base do conhecimento acumulada relativamente ao desenvolvimento de produtos, de todos os tipos, classes e origens, mas também o papel do profissional envolvido com esta atividade foi sofrendo alterações. Inicialmente, uma atividade centrada no trabalho individual, circunscrita, normalmente, a uma única origem em termos de área de conhecimento, viria a ser organizada, bem mais tarde, com o concurso dos esforços concertados de profissionais de várias áreas, num esforço de trabalho articulado e colaborativo. (CUNHA, 2004)

#### 2.4.3 Modelos de processo de desenvolvimento de produto (PDP)

Para Bittici, Carrie e McDevitt (1997, citado por ECHEVESTE, 2003), é necessário um modelo estruturado que retorne a informação relevante de forma apropriada a fim de facilitar a tomada de decisão e controlar o processo de desenvolvimento. Este modelo é estabelecido considerando-se a estrutura da empresa, seus processos de manufatura e relacionamentos.

Segundo Kaminski (2000), um processo de desenvolvimento de produto é um conjunto de atividades que envolvem todos os departamentos da empresa, objetivando transformar as necessidades de mercado em produtos viáveis economicamente. O processo de desenvolvimento de produto tem que abranger desde o projeto do produto até a avaliação pelo cliente final.

Para Kaminski (2000), o processo de desenvolvimento se caracteriza da seguinte forma:

O produto final precisa atender a necessidade do consumidor, ele tem que ser uma resposta ou uma solução para uma carência ou deficiência que será sanada utilizando os recursos tecnológicos disponíveis. O processo produtivo e o produto precisam ser viáveis do ponto de vista do cliente. Para este, a utilidade do produto tem que ser igual ou superior ao valor do produto e viável para a empresa que precisa ter condições financeiras de suportar seu processo produtivo. É necessário também, saber otimizar os recursos disponíveis. Para isso, é importante estabelecer critérios que permitam um equilíbrio entre os requisitos do processo e produto.

Os subprojetos ao longo do desenvolvimento são uma forma de resolver os problemas que podem surgir durante o processo. Sua solução depende da evolução

do processo. A certeza quanto ao sucesso do projeto deve ser uma constante, estabelecendo uma relação entre o custo das atividades e obtenções de conhecimento. Estes dois precisam apontar para o sucesso do projeto, caso contrário o mesmo deve ser de imediato interrompido e revisado.

Kaminski (2000) defende que o processo de desenvolvimento pode seguir um método genérico independente das características do produto. Este método precisa transformar a necessidade em meios para supri-la, utilizando os recursos tecnológicos, humanos, financeiros, logísticos e matéria-prima para obtenção do produto final.

Modelo proposto por ROZENFELD *et. al.* (2006):

O modelo de Processo de Desenvolvimento de Produto proposto por Rozenfeld *et. al.* (2006) é composto por três macros etapas, o Pré-Desenvolvimento, o Desenvolvimento e o Pós-Desenvolvimento (Figura 3), as quais serão esclarecidas a seguir. Este modelo pode ser adaptado de acordo com a necessidade e a abordagem de cada empresa.

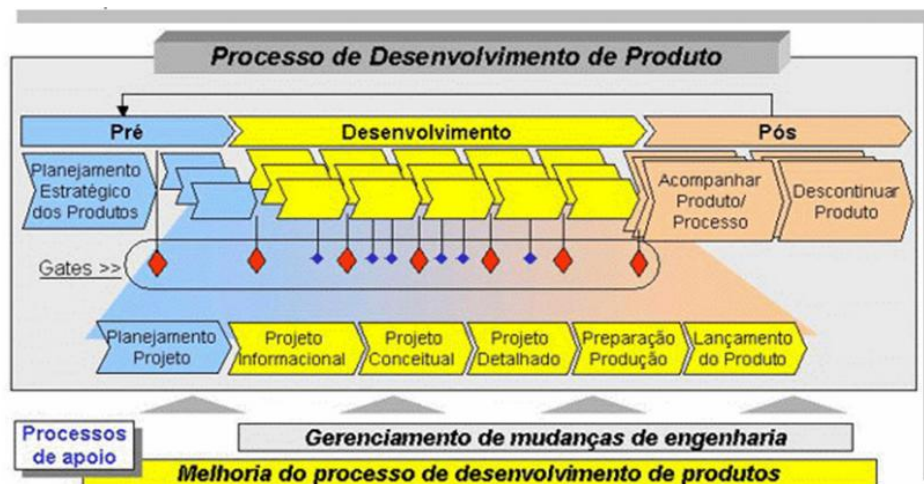


FIGURA 3 - MODELO PROPOSTO POR ROZENFELD *et. al.* (2006)  
 FONTE: ROZENFELD *et. al.* (2006)

➤ Pré-Desenvolvimento – Dividido em duas etapas, são elas:

a. Planejamento estratégico do produto: nesta etapa é realizada a revisão do planejamento estratégico de negócios, a análise e proposição de mudanças da atual gama de produtos da empresa. É realizada também a definição dos produtos a



serem desenvolvidos e as características iniciais destes, como segmento de mercado, recursos necessários, tendências tecnológicas.

b. Planejamento do projeto: neste momento é determinado o escopo do projeto e do produto, orçamentos, recursos, definição do pessoal, procedimentos de avaliação, prazos, análises de risco e indicadores de desempenho.

➤ Desenvolvimento – Dividido em cinco etapas, a seguir:

a. Projeto informacional: visa detalhar o ciclo de vida dos produtos, definir os requisitos de acordo com desempenho, relação com o meio ambiente, eficiência, quantidade, infraestrutura, características dimensionais e visuais, aspectos logísticos, segurança e especificações do produto.

b. Projeto conceitual: tem como objetivo modelar os requisitos funcionais; definir princípios e alternativas de soluções para as funções; análise de sistemas, subsistemas e componentes para a definição de parâmetros; e seleção de alternativas para o planejamento do processo.

c. Projeto detalhado: nesta etapa as principais definições do produto são concluídas. É realizado o detalhamento do sistema e o planejamento dos processos de fabricação e montagem, projeto para viabilização dos recursos. Realizada também a otimização de produto e processo com a finalidade de atender os requisitos do cliente.

d. Preparação da produção: tem a finalidade de obter e instalar os recursos para a fabricação, planejar e produzir o lote piloto, homologar o processo. Desenvolvimentos de processo e de manutenção são englobados nesta etapa.

e. Lançamento do produto: o objetivo desta etapa é promover o marketing de lançamento, incluindo venda, distribuição, atendimento ao cliente e assistência técnica. O plano de fim de vida do produto também se enquadra nesta fase.

➤ Pós-desenvolvimento – Divididos em duas etapas, como segue:

a. Acompanhamento do produto – recebe as informações dos processos envolvidos com o produto: monitoramento dos resultados no mercado e avaliação da satisfação do cliente e atendimento ao mesmo;

b. Descontinuação do produto - prepara a empresa para a retirada do produto do mercado e faz a avaliação geral do ciclo de vida do mesmo. Assim, é

possível analisar as experiências para que sirvam de referência para futuros desenvolvimentos.

Modelo proposto por Baxter (2011):

O modelo tem a divisão do processo de desenvolvimento em seis etapas, que são demonstradas através do funil de decisão. Este é um conceito desenvolvido por Baxter e baseado nas ideias sobre o gerenciamento do desenvolvimento de produtos de Cooper (1993) e de Wheelwright e Clark (1992), que busca visualizar as variações do risco e incerteza no decorrer do processo de desenvolvimento do produto.

As etapas representam uma sequência útil e sensível para o desenvolvimento de produtos, assim, conforme o processo avança, as possibilidades diminuem e tem-se uma maior definição das características do produto. A definição de cada etapa pode ser alterada de acordo com o produto e o direcionamento da empresa.

Na figura 4, temos o modelo do funil de decisão, onde as formas retangulares cinza representam as alternativas possíveis e as amarelas representam as decisões durante a escolha das alternativas.



FIGURA 4 - FUNIL DE DECISÃO  
FONTE: BAXTER (2011)

## 2.5 APQP

A sigla APQP é a abreviação para *Advanced Product Quality Planning* ou Planejamento Avançado da Qualidade do Produto. Foi criado nos anos 80 pelo AIAG, citado anteriormente como o criador do FMEA.

O APQP é método estruturado com procedimentos e técnicas utilizados para gerenciar a qualidade no desenvolvimento de produtos, a fim de satisfazer o cliente. Deve-se designar uma equipe multifuncional, cada uma com suas responsabilidades e escopo de trabalho bem definidas.

O desenvolvimento do APQP é dividido em cinco fases, que contem 23 elementos, resumidos na tabela 1.

TABELA 1- ELEMENTOS DO APQP NAS FASES DO PROGRAMA

FASES	ELEMENTOS
<b>Planejar e definir programa</b>	Decisão de fornecimento
	Entradas do cliente
<b>Projeto e desenvolvimento do produto</b>	FMEA ( <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> ) do projeto
	Revisões de projeto / manufatura
	Plano de verificação do projeto
	Status APQP do subcontratado
	Instalações, ferramentas e dispositivos
	Plano de controle de protótipo
	Construção de protótipo
	Desenhos e especificações
	Comprometimento da equipe com a viabilidade
<b>Projeto e desenvolvimento do processo</b>	Fluxograma do processo de manufatura
	FMEA de processo
	Avaliação dos sistemas de medição
	Plano de controle de pré-lançamento
	Instruções de processo do operador
	Especificações de embalagem
<b>Validação de produto e do processo</b>	<i>Trial run</i> <sup>2</sup> da produção
	Plano de controle da produção
	Estudo preliminar da capacidade do processo
	Teste de validação de produção
	Aprovação das peças no PSW ( <i>Part Submission Warrant</i> )
	Entrega do PSW
<b>Retroalimentação, Avaliação e Ação Corretiva</b>	Não tem elementos

FONTE: SILVA (2007)

<sup>2</sup> Período experimental

Este método tem como meta facilitar a comunicação entre todos os responsáveis pelo projeto, além de garantir que prazos sejam cumpridos utilizando os recursos.

## 2.6 EMBARQUE CONTROLADO

A seguir explanaremos sobre o que é o Embarque Controlado, suas características e critérios para entrada e saída. Para tal, utilizamos como referência os Manuais de Embarque Controlado de alguns clientes da empresa estudada. Porém, esta documentação é confidencial e não poderá ser divulgada.

### 2.6.1 O que é o Embarque Controlado?

Embarque controlado é o processo de inspeção adicional aos controles que já são realizados em processo e tem como objetivo assegurar a qualidade dos produtos na planta do cliente.

Sendo assim, o fato de uma empresa estar em Embarque controlado não quer dizer que a mesma está apenas preocupada em satisfazer e salvaguardar seu cliente. Este status é considerado um demérito para aqueles que o possui, pois geralmente a empresa entra em Embarque controlado, por não conseguir controlar e atender aos requisitos de seus clientes durante o processo de fabricação.

### 2.6.2 Carta de notificação

Para que o fornecedor esteja efetivamente em embarque controlado, o cliente deve formalizar o status do fornecedor mediante uma carta de notificação. A mesma deve conter informações como, por exemplo: Nome e *part number*<sup>3</sup> do produto; características a serem controladas e também quais serão os critérios de saída, ou seja, quais os requisitos para que seja finalizado esse processo de inspeção adicional.

---

<sup>3</sup> Número da peça

### 2.6.3 Critérios para entrada em Embarque Controlado

Os critérios de entradas variam de acordo com o cliente, cada um possui documentação específica para este regime. A seguir citaremos alguns dos critérios mais utilizados:

- Não conformidades que resultem em paradas de linha, ou que aflorem em produtos de segurança, ou que por ventura possa afetar o cliente final;
- Não conformidades reincidentes, a mais comum;
- Índice de qualidade abaixo dos objetivos fixados;
- Fragilidades no sistema de qualidade, detectadas em auditorias realizadas pelo cliente.

### 2.6.4 Níveis de Embarque Controlado

O nível de classificação também pode variar de acordo com o cliente em questão, porém as classificações mais comuns são as citadas a seguir:

Embarque controlado Nível 1 (ECN1) – Quando submetida a este nível de embarque a organização deve manter uma área de inspeção isolada da linha de produção, com todo o fluxo bem definido, ou seja, entrada e saída de peças devem estar identificadas, além disso, todos os produtos devem estar identificados com relação a sua condição de uso (peças *ok*, peças aguardando inspeção, peças não conformes). A área destinada a embarque controlado pode estar disposta de acordo com o modelo apresentado na figura 5.



FIGURA 5 - MODELO DE *LAYOUT* SUGERIDO – POSTO DE INSPEÇÃO  
 FONTE: A Empresa (2012)

Neste nível a inspeção pode ser realizada por inspetores da própria organização, devendo estes estar treinados no posto de trabalho, além de o treinamento estar devidamente evidenciado.

Os postos de trabalho deverão ser identificados com a descrição “Embarque Controlado Nível 1”, além de citar todas as características controladas. O produto também deve estar identificado, esta identificação poderá ser feita em caixa separadas ou por lote, de acordo com a definição do cliente.

Os resultados obtidos nesta inspeção adicional deverão ser repassados aos clientes sistematicamente, contendo ao menos o valor inspecionado e a quantidade de peças rejeitadas, além de citar o nome de cada defeito.

Embarque controlado Nível 2 (ECN2) – Inspeção adicional ao ECN1, as características controladas em ECN1 deverão ser revistas no ECN2, sendo assim o ECN1 não deixa de existir quando temos o ECN2.

Este nível de embarque controlado é aplicado geralmente quando há reincidência de características que façam parte da gama de inspeção do ECN1. Porém, esta não é a única forma de aplicar um ECN2. Em alguns casos este nível pode ser aplicado diretamente devido à gravidade da falha, ou ao número de reincidências, por exemplo. As características do posto e da inspeção serão exatamente como no ECN1.

Existem basicamente duas grandes diferenças neste nível, a primeira é que a inspeção só poderá ser realizada por uma empresa de seleção que seja homologada pelo cliente, são as chamadas *providers*<sup>4</sup>. E a segunda, é a de que a organização deve comunicar seu órgão certificador da ISO TS 16949, tendo para isso um prazo não maior do que cinco dias.

Embarque controlado Nível 3 (ECN3) – Inspeção adicional ao ECN1 e ECN2. A principal diferença deste nível em relação aos outros é de que a inspeção será realizada na planta do cliente.

Este nível pode ser requisitado em duas situações. No primeiro caso se existe a reincidência de falhas mesmo com a aplicação dos outros dois níveis, ou em segundo caso, se a característica controlada possa sofrer alterações durante o transporte, um exemplo desse tipo de falha é a oxidação. Cabe ressaltar que não

---

<sup>4</sup> Prestadora de serviço homologada pelo cliente

são todos os clientes que prevê este nível, pois para a realização do mesmo é necessário um espaço na sua própria planta.

#### 2.6.5 Critérios para retirada de Embarque Controlado

Os critérios para retirada tanto do ECN1 quanto para ECN2, deverão estar descritos na Carta de notificação. Geralmente é requisitado um período sem ocorrência das características que levaram ao Embarque, alguns clientes exigem 30 dias, outros 60 dias e alguns exigem até 90 dias sem ocorrências.

Além do período sem ocorrência, geralmente é solicitado um plano de ação para as características embarcadas, podem ser solicitados também dispositivos a prova de erros, conhecidos como *poka yoke*<sup>5</sup>.

Vale ressaltar que qualquer que seja o critério para retirada do Embarque controlado, deve estar descrito na carta de notificação.

#### 2.6.6 *New Business Hold* – À espera de Novos Negócios

Os níveis de embarque controlado são um alerta para o que pode vir a seguir. Na escala apresentada percebe-se que o embarque controlado nível 3 é o máximo em que o cliente pode ir para suportar a falta de qualidade de um determinado produto. Após essa etapa o fornecedor pode entrar em *New Business Hold* (NBH), ou seja, o cliente irá começar a homologar um novo fornecedor para a peça problemática e novamente o órgão certificador deverá ser notificado.

Esta comunicação acarretará em uma série de ações da organização, o órgão certificador irá avaliar a organização, solicitar um plano de ações e verificar se as ações corretivas foram corretamente implantadas, caso contrário poderá ocorrer a até revogação da certificação ISO TS 16949.

### 2.7 PROCESSO PRODUTIVO DA CAPA DE MANCAL

A capa de mancal é uma peça utilizada como parte do bloco do motor e é necessária para a montagem e fixação do virabrequim. O processo de fabricação da

---

<sup>5</sup> Dispositivo à prova de erros

capa de mancal é dividido em duas etapas macro – fundição e usinagem, ver tabela 2. A peça bruta é composta por cinco capas interligadas, feitas de ferro fundido nodular. No processo de usinagem, as capas são separadas. Temos então cinco peças que formam um kit, sendo uma delas diferente em suas características dimensionais, as chamamos de capa cinco, conforme figura 6.

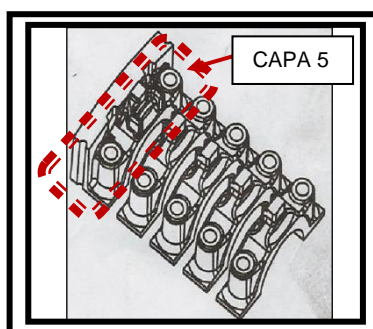


FIGURA 6 - DESENHO DA PEÇA APÓS USINAGEM

FONTE: A empresa (2012)

TABELA 2 - ETAPAS DE PRODUÇÃO DA CAPA DE MANCAL

PROCESSO DE FUNDIÇÃO	PROCESSO DE USINAGEM
OP.10 – Recebimento de matéria prima	OP. 00 – Recebimento de matéria prima
OP.20 – Preparação do ferramental para macharia	OP. 10 – Brochamento de duas cotas
OP.30 – Preparação de areia para macharia	OP.20 – Fresamento de nove cotas
OP.40 – Confecção dos machos	OP.30 – Corte das capas
OP.50 – Pintura dos machos	OP.40/50 – Rebarbação, lavagem e secagem
OP.60 – Preparação do ferramental da moldagem	OP.60 / 70 – Inspeção Final e embalagem
OP.70 – Preparação da areia de moldagem	
OP.80 – Moldagem	
OP.90 – Fusão	
OP.100 – Limpeza do metal/Tratamento do metal	
OP.110 – Vazamento	
OP.120 – Desmoldagem	
OP.130 – Quebra de canal	
OP.140 – Jateamento	
OP. 150 – Rebarbação	
OP. 160/170 e 180 – Inspeção da peça	
OP.190 – Oleamento	
OP.200 / 210 – Inspeção final e embalagem	

FONTE: As autoras (2012)



### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo, abordaremos a metodologia utilizada para atingir os objetivos definidos no capítulo 1.

#### 3.1 CLARIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Iniciamos este estudo buscando resolver problemas com relação à capa de mancal. Dentre os problemas que pretendíamos solucionar estavam o alto índice de refugo e reclamações no cliente.

No mês de maio, iniciamos a análise e o estudo para reduzir os impactos da não qualidade. Conforme demonstrado no apêndice A, seguimos um cronograma especificando a maneira como daríamos sequência neste trabalho, claro que nem todas as etapas foram concluídas no prazo estipulado, porém o anexo mostra um cronograma seguido a risca, com todas as etapas realizadas no tempo correto.

O desenvolvimento de produto nesta organização conta com a participação do cliente. O desenho da peça é fornecido pelo cliente, porém todo o desenvolvimento deve ser realizado pela organização.

Durante o desenvolvimento deste produto foram analisadas as possíveis falhas que poderiam existir, quais seriam os motivos e também o que fazer caso alguma falha acontecesse, a ferramenta utilizada para tal fim foi o FMEA (*Failure mode and effect analysis*).

Observou-se no FMEA final que nem todas as falhas, que mais tarde iriam aparecer, foram previstas no documento.

No estágio de pré-série, foram observadas algumas dificuldades no processo de usinagem. Ao realizar alguns estudos a equipe de engenharia estancou os problemas, pelo menos temporariamente, já que ao entrar em série em janeiro de 2012 os índices de refugo aumentaram consideravelmente.

As peças produzidas entre janeiro e maio de 2012 foram apenas para estocagem, sem entrega para o cliente. Mesmo assim, existiram reclamações nos meses de janeiro, fevereiro e abril, pois, nestes meses foram entregues peças para amostra. Neste ponto, podemos observar o quanto o desenvolvimento desta peça foi mal executado. Assim quando o produto começou a ser fornecido para o cliente

final, houve um grande número de reclamações, que vieram a aumentar no decorrer dos meses.

Em decorrência do número de reclamações a organização recebeu uma carta de notificação para implantação imediata de embarque controlado nível 1, o que posteriormente acarretou o embarque controlado nível 2.

Além dos diversos transtornos ocasionados por quebras da qualidade, temos um agravante, que aos olhos dos diretores e gerentes chama bastante atenção, os custos.

Os custos da não qualidade se tornam um inimigo, ao ponto de diminuir a margem de lucro que é a meta de toda e qualquer organização, segundo Goldratt (2002).

Para Goldratt (2002), qualquer ação que se oponha à meta da organização deve ser sanada. Porém, na organização estuda podemos ver que a mesma está remando contra a sua meta, como demonstrado no gráfico 1.



GRÁFICO 1 - CUSTOS DA NÃO QUALIDADE EM 2012

FONTE: A empresa (2012)

Além dos valores estrondosos gastos por quebras de qualidade, temos ainda os custos que não são mensuráveis. A imagem da empresa perante seus clientes e mercado, também é muito abalada. Consequentemente, a organização acaba ficando em segundo plano, sendo contratada muitas vezes pelo preço praticado ao invés da qualidade oferecida.

A seguir, explanaremos sobre cada objetivo deste estudo, mostrando qual a metodologia utilizada em cada um deles.

### 3.2 REDUÇÃO DE REFUGO

Ao iniciarmos o estudo de caso, a empresa apresentava alto índice de refugo, conforme gráfico 2, a seguir:

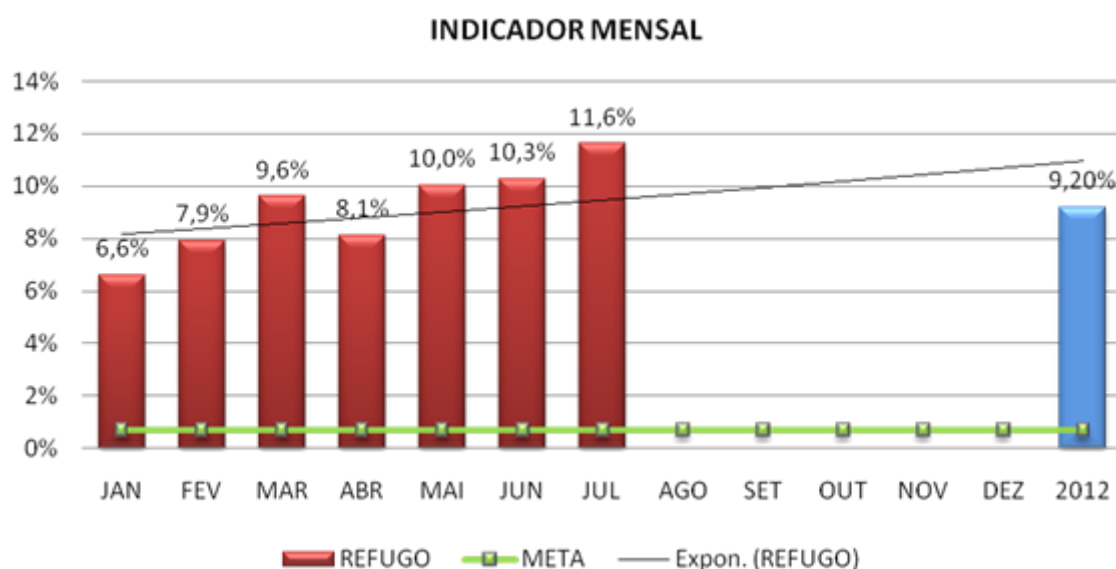


GRÁFICO 2 - ÍNDICE DE REFUGO DOS PRIMEIROS MESES DE PRODUÇÃO (2012)

FONTE: As autoras (2012)

Podemos observar, ao longo dos meses, uma tendência de elevação do índice. A média de refugo dos meses supracitados é de 9,18%. Entretanto, propusemos a redução de aproximadamente 12%, índice máximo alcançado no mês de julho, para 0,7%, meta estipulada pela organização. Vale ressaltar que este gráfico é uma junção dos índices de refugo da peça fundida e usinada, já que a organização faz a mensuração destes valores de maneira individual.

Diante desse contexto fizeram-se necessárias ações robustas para diminuição dos índices apresentados, tanto no processo de fundição quanto no processo de usinagem.

Para reduzir os índices de refugo na usinagem e, conseqüentemente, diminuir o número de detecções no ECN1 foram tomadas as seguintes ações:

- Implantação da operação 15 – A cota que era realizada anteriormente em duas operações (op.10 e op.20), passou a ser usinada em apenas uma operação (op. 15). A realização desta cota em duas operações diferentes acarretava um ressalto na lateral da peça e consequentemente vazamento no bloco do motor. A implantação da operação 15 não eliminou as operações 10 e 20, apenas viria a ajustar o desgaste, mantendo a estabilidade da cota em questão.
- Desenvolvida ferramenta com insertos fixos e com altura padronizada, o que evitaria qualquer variação ou erro de montagem. Utilizava-se insertos móveis, permitindo uma variação no comprimento, o que poderia afetar duas cotas críticas. Além dos insertos, foi alterado o dispositivo de fixação na máquina. O antigo sistema de fixação ocasionava quebra do cilindro de apoio da peça já o novo geraria menos esforço evitando a quebra do cilindro.
- Redução da vida útil das ferramentas – As ferramentas utilizadas tinham uma vida útil de aproximadamente 2.000 peças, porém, bem antes disto elas se desgastavam e, muitas vezes, quebravam. Resolveu-se, então, diminuir a vida útil da ferramenta de 2.000 para 1.500 peças. Estudos e testes realizados entre os departamentos de engenharia, qualidade, compras e o fornecedor das ferramentas, viabilizaram a efetividade desta ação.
- Restringir a faixa de carbono equivalente para diminuir o índice de rechupe - o metal teve inoculação em excesso para atingir a faixa de carbono equivalente, ocasionando rechupe. Então, resolveu-se restringir a especificação do carbono equivalente para evitar teores acima do especificado. Além desta ação, decidiu-se mudar o canal de ataque da peça. Ou seja, mudou-se a localização do rechupe, fazendo com que ele se deslocasse para uma região onde não daria problema. Essa região seria mais tarde rebarbada, em último caso o rechupe pode ser eliminado no processo de usinagem. Para evitar a detecção de peças com esses problemas foi adotado um método de ultrassom, onde 100% das peças eram examinadas para verificar a presença do rechupe.
- Criados dispositivos para medição em pé de máquina e inspeção final para controle das cotas críticas. Em caso de detecção de peças não conformes, a ação sobre o processo será praticamente imediata, evitando um número muito grande de peças não conformes.

- Atualização do FMEA - Algumas falhas não haviam sido previstas e algumas não tinham as causas reais previstas no documento inicial. Quando as falhas foram surgindo, percebeu-se a real necessidade de atualização do documento.
- Definição dos operadores no posto de trabalho - O operador será responsável pela peça que está fabricando. Além da definição dos operadores, foi definida uma metodologia de rastreabilidade de peças por turno, utilizando cores para diferenciação dos mesmos. Assim o operador assume maior comprometimento com o trabalho que está realizando.
- Treinamento dos operadores – Para todas as ações citadas acima, foi necessário reciclagem dos treinamentos dos operadores, pois muitas especificações técnicas e métodos de trabalho foram alterados.

### 3.3 ELIMINAÇÃO DE EMBARQUE CONTROLADO

Após o início das entregas da capa de mancal, a organização começou a receber inúmeras reclamações do cliente final, conforme demonstrado no gráfico 3. Para cada reclamação recebida fazia-se necessária a contenção das peças em estoque, em trânsito e também na planta do cliente, além da resposta do plano de ação exigido pelo cliente. O plano de ação deveria prever a causa raiz, atuando sobre a mesma para prevenir sua eventual reincidência.

Entretanto, muitas dessas reclamações foram recorrentes, gerando uma carta de notificação por parte do cliente para a entrada imediata do embarque controlado nível 1, fato este que ocorreu em 01/07/2012. A carta de ECN1 tinha abrangência para oito itens. Mesmo com a aplicação do ECN1, o cliente final ainda não estava protegido e as não conformidades continuaram sendo detectada em sua linha de montagem. Por conta disso, a organização foi novamente notificada, desta vez para aplicação do ECN2. Data de entrada do ECN2 23/08/2012, com os mesmos itens já verificados no ECN1.

O cliente definiu dois critérios para retirada dos embarques, o primeiro foi a não detecção das falhas citadas na carta por um período de sessenta dias, tanto no ECN2 quanto na planta do cliente. O segundo foi a criação de um dispositivo para medição das cotas críticas do produto. Os dois critérios deveriam ser atendidos

simultaneamente, ou seja, o atendimento a um critério não exime o outro de não ser atendido.

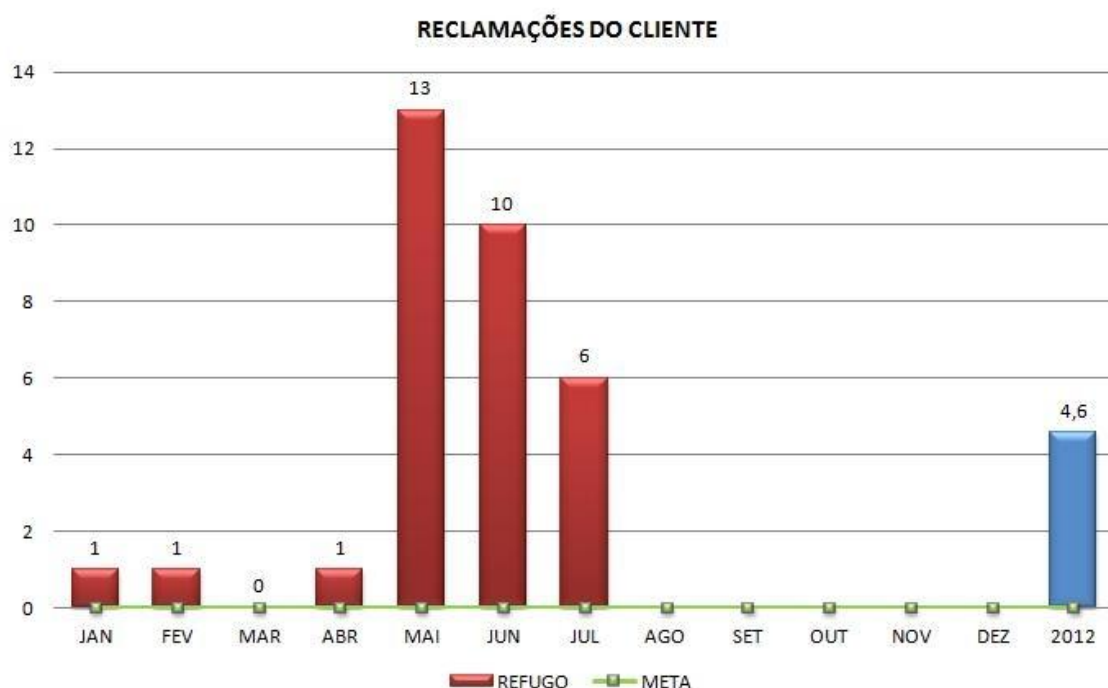


GRÁFICO 3 - NÚMERO DE RECLAMAÇÕES DO CLIENTE EM 2012

FONTE: As autoras (2012)

No ECN2, a inspeção é realizada por uma empresa terceirizada e homologada pelo cliente, com isso todas as detecções seriam comunicadas diretamente ao mesmo. Sendo assim, a primeira ação tomada foi tornar o ECN1 mais eficaz, para isso foram adotadas as seguintes ações:

### 3.3.1 Mudança do *layout* do ECN1

O *layout* não seguia uma estrutura segura, pois a inspeção era realizada dentro do processo produtivo, com máquinas ligadas, empilhadeiras passando pelo corredor e a iluminação era insuficiente. Todos esses fatores faziam com que o inspetor perdesse a concentração.

Além disso, não havia definição visual da entrada e saída de peças. A figura 7 mostra como os inspetores utilizavam o espaço, porém a localização não era definida por demarcadores de solo.

Na bancada não havia fluxo para inspeção, gerando acúmulo de peça. Ao serem questionados os inspetores não sabiam dizer quais peças já haviam sido inspecionadas ou não.

O número de inspetores variava de três a seis pessoas por turno. Quase todos os dias havia um inspetor diferente sendo treinado no posto, devido à alta rotatividade de pessoal.

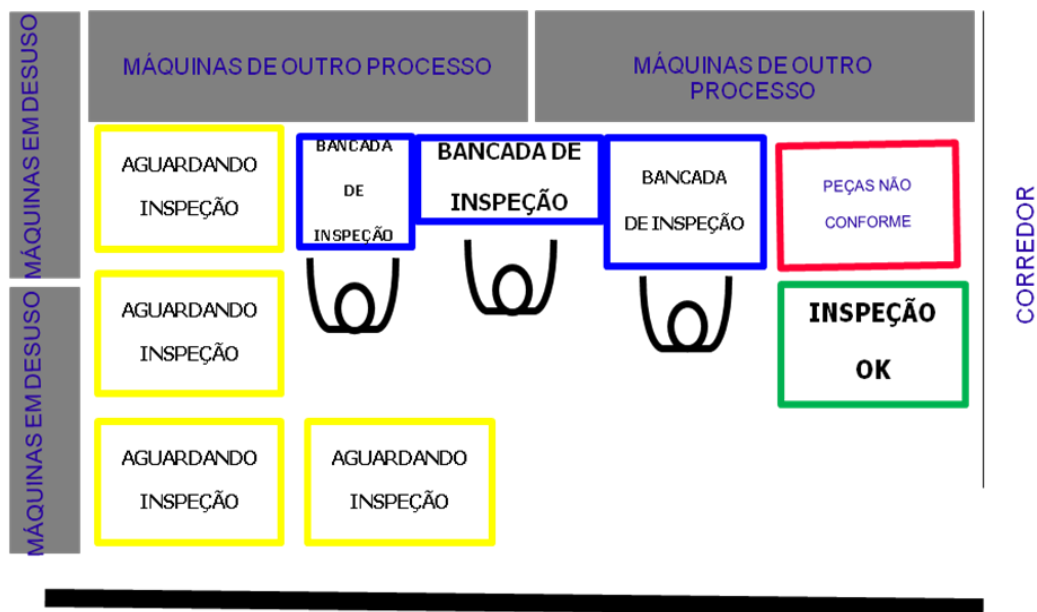


FIGURA 7 - LAYOUT ECN1 ANTERIOR AS AÇÕES DE MELHORIA  
FONTE: As autoras (2012)

Para melhorar as condições de inspeção foi definido um novo local para inspeção. Uma sala fechada, com ar condicionado e fora do processo. Realizou-se demarcação da área, direcionando o fluxo a ser seguido. Agora ao entrar na sala, fica clara a situação de cada lote de peça, como podemos observar na figura 8.

Para não gerar acúmulo de peças na bancada, as mesmas foram demarcadas para que cada peça seguisse uma sequência de inspeção. Cada bancada recebeu sua própria iluminação, além da iluminação da sala.

A quantidade de inspetores foi reduzida de seis para dois por turno. Para melhorar o entendimento dos inspetores, com relação às características a serem verificadas, o auxílio visual foi atualizado de acordo com a sequência correta de inspeção, deixando claro quais as tolerâncias de cada critério.

Para diminuir a rotatividade de pessoal foi substituída a empresa prestadora de serviço pela mesma empresa que realizava o ECN2. Uma vez que esta tinha uma base salarial maior que a empresa anterior o que gerava maior comprometimento por parte do colaborador.

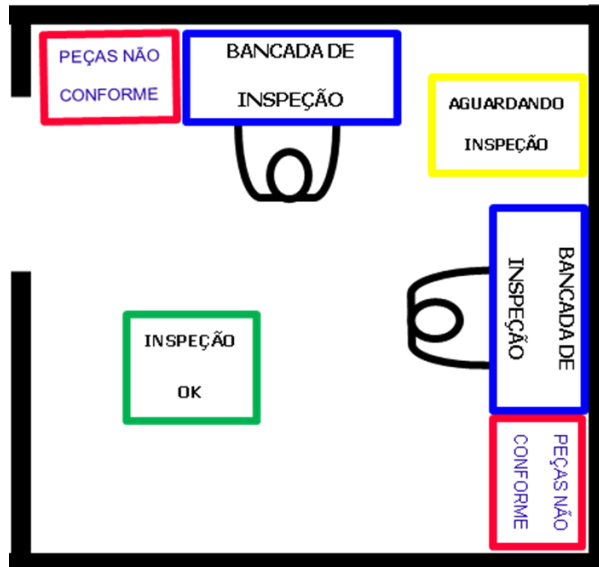


FIGURA 8 - LAYOUT ECN1 APÓS AÇÕES DE MELHORIA  
FONTE: As autoras (2012)

### 3.2.2 Metodologia Zero defeito

Para evitar detecções no ECN2 e diminuir a quantidade de peças não conforme no ECN1, foi adotada a metodologia zero defeito.

Segundo esta metodologia, caso fosse encontrado alguma peça não conforme, todo o lote deveria ser devolvido à operação anterior para realização de contenção. O fluxo mostrado na figura 9 ilustra melhor esta metodologia.

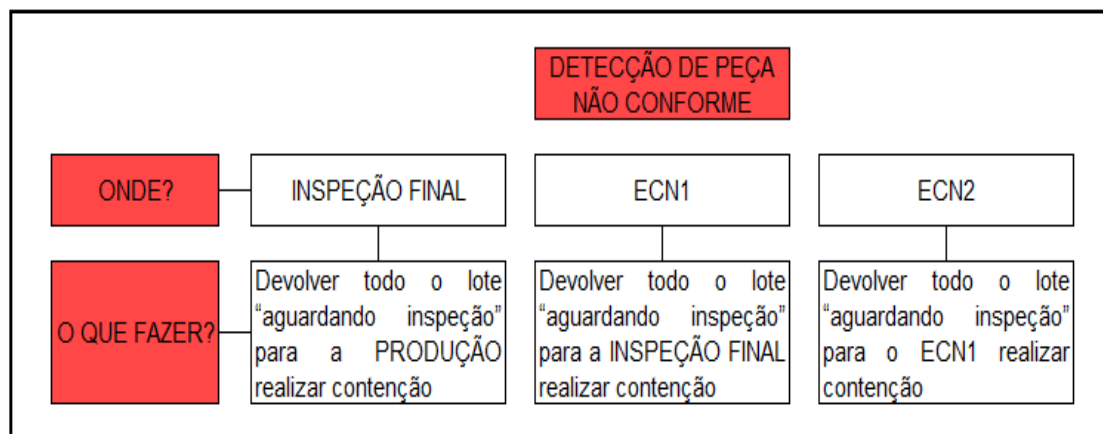


FIGURA 9 - FLUXO PARA METODOLOGIA ZERO DEFEITO  
FONTE: As autoras (2012)



### 3.3.3 Criação do dispositivo de medição

O dispositivo foi confeccionado com o intuito de medir seis cotas críticas da capa de mancal, isso acarretaria na redução dos dispositivos já utilizados na Inspeção Final e redução de um inspetor na Inspeção Final.

## 3.4 PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Como vimos nas bibliografias utilizadas neste estudo, percebe-se que existem modelos com etapas a serem seguidas para o processo de desenvolvimento. Na empresa estudada, não conseguimos identificar um modelo específico de gestão do desenvolvimento de processo.

Na situação inicial, a empresa seguia como referência o APQP. Assim, concluíam as etapas, atendiam as exigências normativas, a legislação e normas específicas do cliente. Porém, os meios para isso não eram considerados importantes. Ou seja, era utilizado apenas para cumprir os requisitos.

O processo de desenvolvimento inicia-se pelo departamento de vendas. O cliente entra em contato com a organização solicitando um determinado produto. A seguir, o departamento de vendas passa o pedido para o departamento de engenharia, solicitando o orçamento. O departamento de engenharia, então, realiza a cotação do produto e do processo, reencaminhando na sequência para o departamento de vendas. Este por sua vez encaminha a proposta para o cliente. Após o aceite do cliente, dá-se início ao processo de desenvolvimento.

Primeiramente, é realizada uma reunião de análise crítica em relação ao produto, é onde o cliente deixa claro o que ele quer e o que precisa. A partir desse momento é realizada a reunião de *kick off initial*<sup>6</sup>, onde se define todos os insumos de entrada que serão utilizados no processo produtivo, bem como os critérios de aceitação do produto, esses pontos são em seguida discutidos com o cliente. O desenvolvimento então começa a sair do papel e criar forma. Máquinas, ferramentas e dispositivos são adquiridos e instalados, é estabelecida a mão de obra necessária para realizar a atividade e atender ao volume programado, definição de *layout*.

---

<sup>6</sup> Pontapé inicial

Simultaneamente a isso é desenvolvida a parte documental do produto, pastas APQP, PPAP, FMEA.

As etapas do desenvolvimento de produto e processo, ficam melhor exemplificadas no fluxograma a seguir:

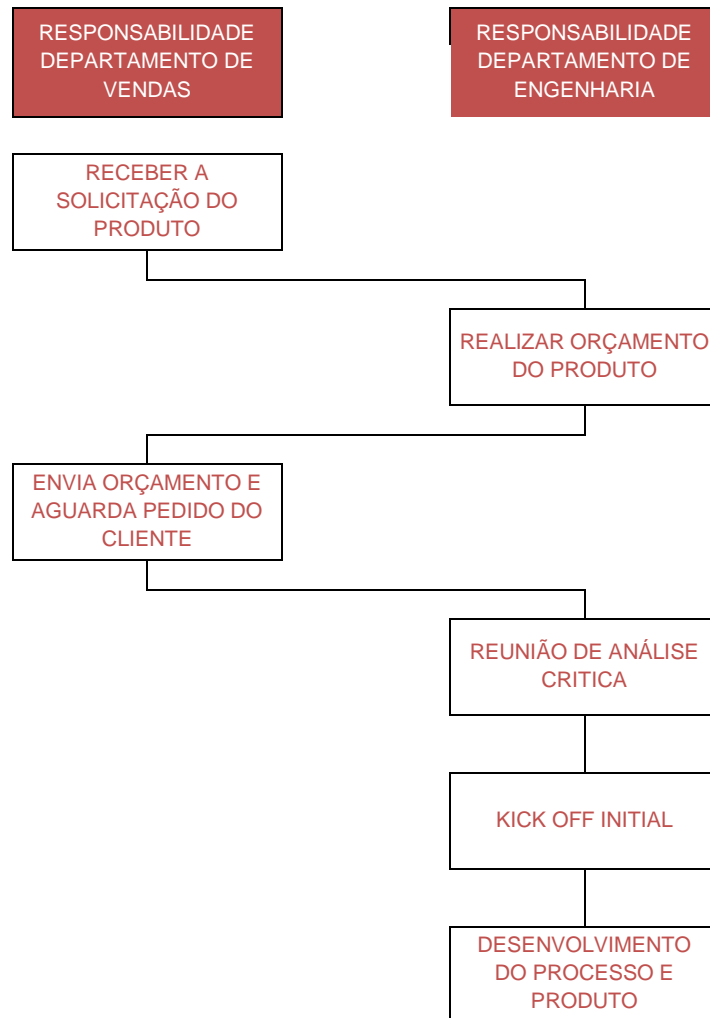


FIGURA 10 - FLUXO INICIAL DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO  
FONTE: As autoras (2012)

Dentro desse processo detectaram-se algumas falhas sistêmicas que interferiam diretamente no fluxo acima descrito. Uma das falhas estava relacionada aos prazos de entrega após o aceite do cliente, que na maioria das vezes eram insuficientes para que produto fosse desenvolvido adequadamente.

No produto utilizado como base para esse estudo, foi verificado que após o aval do cliente para início do desenvolvimento, a empresa dispunha de apenas quatro meses para início das entregas, visto que as datas eram pré-determinadas

independentemente de quanto tempo o cliente ou o departamento de vendas demorassem a repassar o projeto para o departamento de engenharia.

Outro ponto observado foi que não havia etapas bem definidas, ou verificações para garantir que o processo estivesse sendo respeitado de acordo com o estipulado. A falta de padronização e gerenciamento das etapas do projeto permitiam lacunas, e muitas vezes atividades importantes eram negligenciadas ou para atividades secundárias era despendido um tempo desnecessário.

Diante da urgência em atender prazos, o documento FMEA era criado para atender a exigência do cliente, sem englobar todas as possíveis não conformidades pertinentes ao produto e processo. As seguintes ações foram propostas para amenizar as deficiências do processo de desenvolvimento:

- Minimizar as lacunas que existiam entre os departamentos de vendas e engenharia – a falta de entrosamento e comunicação entre estes departamentos, gerava um transtorno imenso com relação aos prazos de entregas a serem cumpridos. Isso afetava diretamente a qualidade do produto final, visto que todo o processo de desenvolvimento era acelerado para atender aos prazos estipulados entre o departamento de vendas e o cliente.
- Estabelecer a data para início do projeto de desenvolvimento do produto/processo a partir do aceite do cliente – A partir do prazo estipulado entre o departamento de vendas e o cliente, o departamento de engenharia tinha poucos meses para desenvolver todo o processo produtivo. Sendo assim, ficou estipulado que a partir do momento em que o cliente aceita as condições propostas, inicia-se o prazo que foi previamente definido pela engenharia, toda essa alteração no processo de desenvolvimento foi consentida pelo cliente.
- Criar um fluxograma para a gestão de projetos, para acompanhamento do mesmo em todas as suas fases – É preciso ter um guia, um rumo a ser seguido. Cabem as questões: onde estou? Pra onde quero ir? Se você não sabe em qual etapa do desenvolvimento está e o que falta ser feito, provavelmente algumas etapas serão deixadas para trás.
- Estabelecer atualizações periódicas de FMEA – Estas atualizações deverão assegurar a eficácia e efetividade da ferramenta. A organização deve ter total conhecimento sobre o produto que está ofertando ao mercado.

- Estabelecer um cronograma de atividades – Este cronograma deve ser baseado no *kaizen* e na manufatura enxuta – todo o processo de desenvolvimento deverá seguir os pressupostos dessas ferramentas.

## 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 REDUÇÃO DO REFUGO

Após a implantação das ações citadas no capítulo anterior, obtivemos êxito nos resultados esperados.

Quando começamos o estudo tínhamos uma meta de reduzir o refugo de aproximadamente 12% para 0,7%. Conforme gráfico 4, percebemos que ao longo dos meses, as ações tomadas geraram uma queda significativa nos índices.

E, apesar de ainda não atingirmos plenamente o nosso objetivo, analisando a linha de tendência prevemos que isso ocorra na sua totalidade em meados do mês de março de 2013.

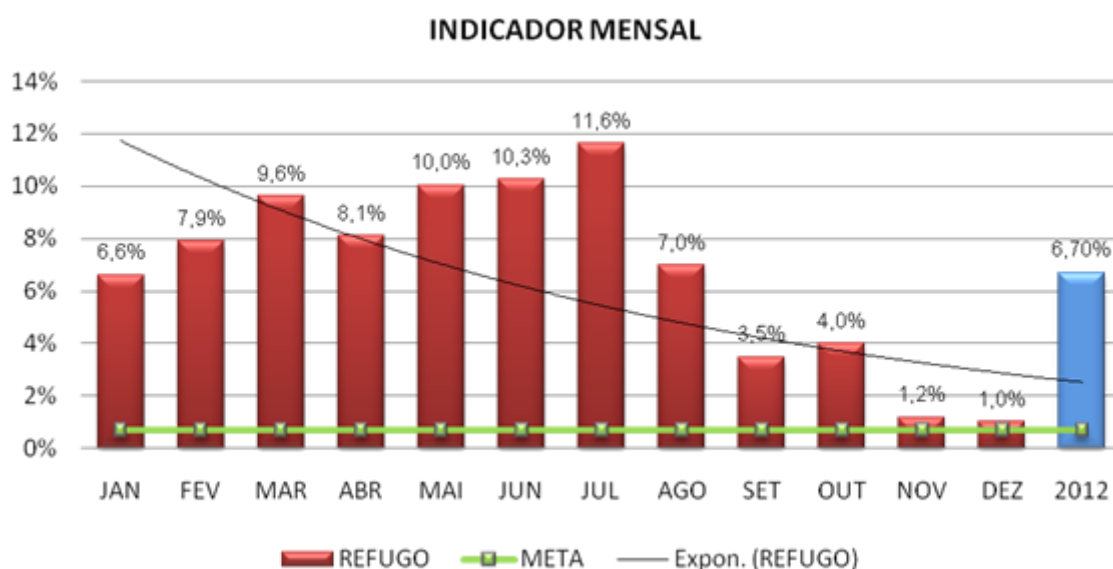


GRÁFICO 4 - ÍNDICE MENSAL DE REFUGO

FONTE: As autoras (2013)

### 4.2 EMBARQUE CONTROLADO

Após a evolução das ações descritas na metodologia, percebeu-se uma baixa no número de reclamações do cliente, mostrado no gráfico 5 e também uma melhora gradativa nos indicadores de não conformidade no ECN1.

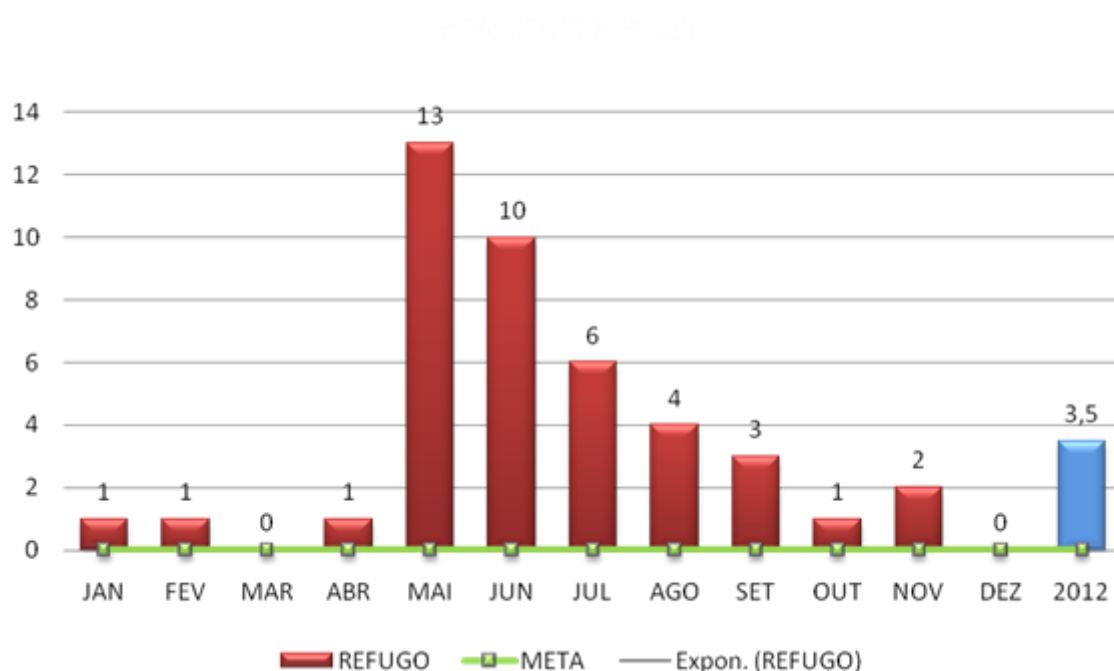


GRÁFICO 5 - RECLAMAÇÕES DO CLIENTE

FONTE: As autoras (2013)

Para o objetivo de retirado do embarque controlado nível 1 e 2, os resultados foram definitivamente alcançados.

Ao final do mês de janeiro o cliente oficializou a retirada dos mesmos, após constatação dos critérios para retirada, os quais haviam sido estipulados na carta de notificação.

#### 4.3 PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Analisando as falhas relativas ao processo de desenvolvimento e observando que as mesmas eram sistêmicas, ou seja, comum a todos os novos produtos, propusemos à empresa estudada um método por etapas, visando uma padronização para gestão de desenvolvimento.

O objetivo da empresa estudada é realizar qualquer atividade no menor tempo, com a qualidade esperada, pelo menor custo e atendendo o volume necessário para assim atingir o máximo de lucro possível. Com todo esse dinamismo a empresa apresenta uma estrutura de gestão sobre conflitos, fazendo com que os departamentos se choquem, atingindo assim o resultado esperado. Portanto, não

podemos deixar de levar em consideração esses princípios durante o processo de desenvolvimento.

Para tanto, foi estipulado o projeto Melhoria Continua, durante este processo todos os departamentos precisariam estar envolvidos, já que uma dificuldade da engenharia era conseguir com que cada departamento cumprisse com a parte que lhe cabia. Participam deste projeto principalmente os departamentos de produção, engenharia, logística, qualidade de processo e qualidade fornecedores. Porém vemos a necessidade de participação também para os departamentos de manutenção, recursos humanos, sistemas da qualidade, segurança do trabalho e compras. Além dos departamentos internos à empresa, propomos a participação do fornecedor da matéria-prima, para que assim possam ser previstas todas as possíveis falhas que poderíamos ter com relação ao produto bruto.

A seguir apresentaremos a metodologia com mais detalhes, apresentando as etapas a serem seguidas e pontos importantes que devem ser levados em consideração.

#### 4.3.1 Metodologia do projeto Melhoria Continua

O projeto sugerido é uma metodologia de desenvolvimento rápido que busca a melhoria contínua baseada no trabalho de equipe. Utilizamos para tanto, conceitos do Sistema de Manufatura Enxuta (*lean manufacturing*) focando no *Kaizen*, a junção dessas duas ferramentas para o desenvolvimento de novos produtos e processos é uma ótima maneira para ganhar e sustentar uma vantagem competitiva perante o mercado, aumentando as vendas e os lucros.

O primeiro passo é ter um guia, ou seja, um fluxo a ser seguido. Por isso temos o fluxograma ideal melhor detalhado no apêndice C. O fluxograma em questão foi elaborado levando em conta o tempo e qualidade do desenvolvimento, por isso faz-se importante seguir todas as etapas.

A parte principal desta metodologia consiste em uma semana que chamamos de Semana do Desenvolvimento. Participam desta semana todos os setores citados anteriormente, cada um com um cronograma de atividades e ações a serem cumpridas.

TABELA 3 - SEQUENCIAMENTO DA SEMANA DO DESENVOLVIMENTO

REQUISITOS PARA O INÍCIO DA SEMANA		
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Orçamento (Engenharia)</li> <li>* Análise Crítica comercial / Pedido Interno <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Datas Chaves</li> <li>&gt; Índices de Qualidade</li> <li>&gt; Tipo de Embalagem</li> <li>&gt; Prazos do Projeto</li> </ul> </li> <li>* Desenhos</li> <li>* Normas</li> <li>* Requisitos específicos</li> <li>* Ata da Reunião de <i>kick off</i> no cliente</li> <li>* Critérios de Aceitação</li> <li>* Realização de <i>Benchmarking</i><sup>7</sup> interno e externo</li> <li>* Peça de Amostra</li> <li>* Equipe do projeto</li> <li>* Desenho boletado com planilha</li> <li>* Apresentação inicial do projeto</li> </ul>		
Dia	Atividade	Responsável
<b>Segunda-feira</b>	Descreve tipo de embalagem e transporte.	Logística
	Preencher matriz de correlação para definir em que operação cada característica críticas e significativas vai ser usinada	Engenharia
	Preencher lista de características críticas e significativas de produto e processo	Engenharia Qualidade
<b>Terça-feira</b>	Estudo de tempos de Máquinas para definir quantidade de máquinas, ferramentas e estudo preliminar de dispositivos para atender custo e demanda	Engenharia Produção Ferramentas Manutenção
	Definir meios de medição para cada uma das características	Engenharia
<b>Quarta-feira</b>	Definição do <i>Layout</i> ( <i>Layout</i> com posição definitiva; <i>Layout</i> com fluxo de material; <i>Layout</i> com <i>espaghetti</i> operador	Engenharia Produção Manutenção Logística
	Estudo da mão de obra para avaliar quantos operadores serão necessário e definir o passo a passo de cada um na linha	Engenharia Produção
<b>Quinta-feira</b>	Elaborar FMEA com participação ativa do cliente	Engenharia Produção Qualidade
	Definir Macro Fluxo do Processo	Engenharia
	Simular todo o processo	Engenharia
	Realizar melhorias necessárias, identificadas na simulação do processo	Engenharia
	Elaborar FMEA com participação ativa do cliente	Engenharia Produção Qualidade
<b>Sexta-feira</b>	Definir plano de controle Pré Série e Operação padrão	Engenharia Qualidade
	Detalhar o Cronograma	Líder do Projeto Engenharia
	Montar Pasta APQP	Líder do Projeto
	Comparar custo do projeto com orçado	Controladoria
	Preencher lista de pendências	Líder e equipe

FONTE: As autoras

<sup>7</sup> Método sistemático de procurar os melhores processos



As atividades previstas para a semana foram elaboradas levando em consideração as necessidades da organização. Vale ressaltar que uma etapa extremamente importante é a elaboração do FMEA, pois é a partir deste documento que a organização irá se resguardar quanto a potenciais falhas. A utilização correta desta ferramenta também proporciona maior conhecimento do produto em questão.

Para uma melhor eficácia desta, propomos a participação efetiva do cliente, onde o mesmo irá relatar quais as falhas potenciais do seu produto final que podem ser ocasionadas por um defeito no componente ou no caso a peça em questão. A participação do cliente também é importante à medida que pode mostrar oportunidades de melhorias durante o processo e também facilitar o processo para concessão de desvios, já que o mesmo conhecerá as restrições do processo. A tabela 3 detalha melhor o sequenciamento da semana de desenvolvimento.

Dentro dessa estrutura, foi elaborado um *check list*<sup>8</sup> para verificação das etapas e sua evolução ao longo do projeto. Uma etapa só pode iniciar se as etapas consideradas imprescindíveis forem completamente concluídas, pelos departamentos. Chamamos este *check list* de prontidão de processo e pode ser analisado no apêndice D.

Também foi elaborado um *check list* de critérios de aceitação, para as reuniões de *kick off* para assegurar que todos os itens seriam discutidos e definidos antes do envio dos primeiros lotes piloto. Este check list encontra-se no apêndice E.

#### 4.3.2 Equipe multifuncional e gestão de pessoas

Vale ressaltar que nenhum trabalho será bem executado se não levarmos em consideração as pessoas. As pessoas são essenciais para o sistema funcionar perfeitamente. Então, a equipe multidisciplinar do desenvolvimento deve ser bem planejada e pensada.

É necessário identificar o perfil das pessoas para trabalhar com o desenvolvimento. A equipe multidisciplinar deve ter sinergia, comprometimento e principalmente inteligência emocional.

---

<sup>8</sup> Lista de verificação

**Sinergia** – a cooperação deve ser lema da equipe, todos os membros devem agir de maneira a atingir um único objetivo, o de realizar um bom desenvolvimento, evitando impactos desagradáveis e imprevisíveis.

**Comprometimento/Motivação** – o líder do projeto deve manter sua equipe comprometida com o trabalho, isso não leva em conta apenas o salário. Existem muitas coisas e situações que fazem com que a pessoa se sinta comprometida e motivada, uma delas é qualidade de vida.

**Inteligência emocional** – os membros da equipe do projeto e principalmente o líder, devem ter a capacidade de demonstrar e administrar as emoções para alcançar os objetivos. Os conflitos durante a fase de desenvolvimento irão surgir, por isso, a inteligência emocional é de considerável importância.

Todo projeto deve ter um responsável, uma pessoa para servir de guia, assim, o papel do líder é de suma importância, é ele quem dará as diretrizes para a equipe e irá motivá-los. No caso de ausência do responsável principal, uma segunda pessoa terá que assumir as responsabilidades e conduzir o projeto. Esta segunda pessoa deve estar por dentro de todos os assuntos pertinentes ao projeto.

A estrutura sugerida para a equipe de projeto é a descrita na figura 11.

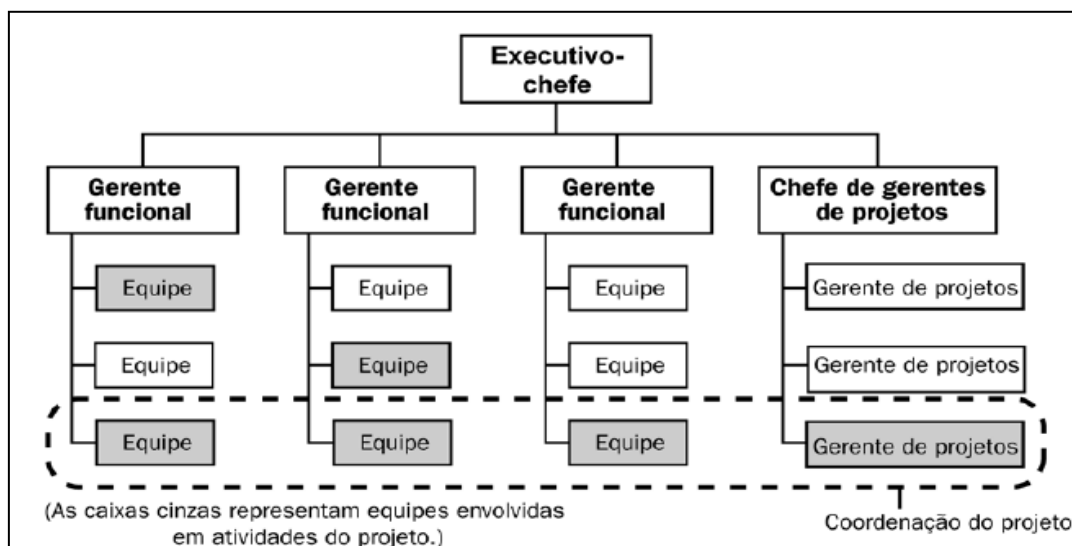


FIGURA 11 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO PROJETO - MATRICIAL FORTE  
FONTE: VARGAS (2007)

#### 4.3.3 Melhorias previstas com o modelo proposto

Partindo do pressuposto que a capa de mancal fosse redeseenhada dentro dos padrões apresentados, poderíamos obter diversas vantagens. Entre elas:

✓ Melhoria na qualidade do produto – Atuando preventivamente nas potenciais falhas e criando métodos de controle eficazes, garantindo as características dimensionais do produto.

✓ Melhoria na qualidade do processo – Estabelecendo máquinas e dispositivos estáveis, garantindo a capacidade do processo.

✓ Redução dos custos - Supondo que o refugo se mantivesse dentro da meta que é de 0,7% e levando em consideração a produção real de janeiro a dezembro de 2012, teríamos um total gasto de apenas R\$ 40.090,25, porém se o processo se manter estável e o índice de refugo ficar dentro de 1%, porcentagem atual, o total gasto será de R\$ 57.271,78 ao invés dos R\$ 1.350.914,89 gastos anteriormente com refugo, quebras de qualidade, contenções e embarque controlado. O gráfico abaixo demonstra melhor a diferença entre estes valores

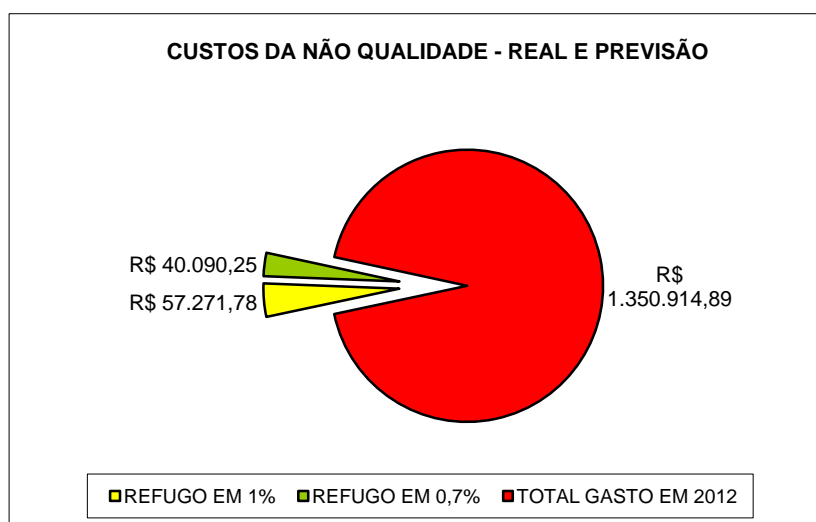


GRÁFICO 6 - CUSTOS DA NÃO QUALIDADE

FONTE: As autoras

✓ Melhoria na imagem da empresa – Aumentando a confiabilidade perante o cliente, pois ao constatar que o seu produto está sendo bem desenvolvido ele terá a certeza de que receberá um produto de qualidade em sua planta. Expandindo a possibilidade de novos negócios e também ajudando na concessão junto ao cliente para desvios que não afetem o produto.

✓ Motivação dos colaboradores – Elevando a vontade de permanecer e/ou ingressar em uma empresa que é referencia no setor de atuação, tanto pela qualidade e preço quanto pelo prazo de entrega. Os benefícios gerados também são uma motivação.

## 5. CONCLUSÃO

A adoção de procedimentos padronizados dentro de uma organização passou a ser cada vez mais importante, devido às exigências e competitividade encontradas no mercado. As ferramentas da qualidade quando utilizadas corretamente, mostram a preocupação da empresa em satisfazer o cliente e não apenas atender requisitos.

A grande importância de padronizar e sistematizar a organização com modelos de referência no mercado são vistos com bons olhos pelos clientes e fornecedores, porém, a organização devem atentar-se as características individuais de cada cliente ou fornecedor, pois a autenticidade ainda é um fator essencial para a sobrevivência num mercado onde a diversidade é grande e a melhoria continua deve andar junto com o padrão adotado.

A empresa estudada vem buscando a melhoria continua e padronização em seus produtos e processos, tanto que aceitou nossas considerações e sugestões, avaliando também a possibilidade de implantação do modelo de desenvolvimento proposto.

Vale frisar que nenhuma das propostas descritas acima será eficaz se não tivermos as pessoas certas e comprometidas. No caso apresentado, percebe-se que além de todas as melhorias no processo, precisamos mudar a cultura da empresa, e esta mudança está nas pessoas. Claro que não estamos propondo uma reengenharia de toda a organização, pois os métodos utilizados podem não ser tão eficazes, mas estão sustentando a empresa. Pretendemos apenas realizar uma mudança no comportamento das pessoas.

Esperamos com este estudo, ter auxiliado a empresa a alavancar seus resultados, diminuindo seus custos e elevando seu nível de qualidade.

Afinal, não basta fazer o esperado. A qualidade hoje existe não só para suprir necessidades, mas sim superar expectativas. Obtendo um diferencial competitivo e aumentando a lucratividade.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, T. P. de, **MANUFATURA ENXUTA**: Dificuldades identificadas para implantação em indústrias de manufatura. Dissertação (Mestrado em Administração) - Escola de Administração, UFBA, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9000:2005 - Sistemas de Gestão da Qualidade** – Fundamentos e vocabulário. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **Potential Failure Mode and Effects Analysis – FMEA**. 4.ed. 2008.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 3.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

CERYNO P.; POMASSAI O. **Como considerar os princípios do lean manufacturing no processo de desenvolvimento de produtos**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.

CORRÊA NETTO, O. J.; MARINS E. **Melhoria contínua de produtividade no chão de fábrica utilizando metodologia kaizen** - estudo de caso em indústria cosmética. Anais do XIII Simpósio de Administração da produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI, 2010.

CUNHA, G. D. da. **A Evolução dos Modos de Gestão do Desenvolvimento de Produtos**. Revista Produto & Produção, Porto Alegre, vol. 9, n. 2, p. 71-90, 2008.

ECHEVESTE, M. E. **Uma abordagem para estruturação e controle do processo de desenvolvimento de produto**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

GOLDRATT, E. M. **A meta**: um processo de melhoria continua. 2.ed. São Paulo: Editora Nobel, 2002.

HUTCHINS, G. **ISO 9000**: Um guia completo para o registro, as diretrizes da auditoria e a certificação bem-sucedida. 1.ed. Editora Makron Books do Brasil, 1994.

KAMINSKI, P.C **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade**. Rio de Janeiro: CTC, 2000.

LAURENTI, R. **Sistematização de problemas e práticas da análise de falhas potenciais no processo de desenvolvimento de produtos**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção e área de concentração em Gestão de projetos e gerenciamento de produtos) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.

MARANHÃO, M. **ISO série 9000**: Manual de Implementação. 6.ed. Editora QualityMark, 2001.

**NOVO DICIONÁRIO AURÉLIO.** 3.ed. Rio de Janeiro: Cultura, 2004.

PENTTI, H.; ATTE, H. **Failure mode and effects analysis of software - based automation systems.** STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority. Helsinki. 2002.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006

SILVA, D. C. H. da **APQP – Planejamento avançado da qualidade do produto.** Itajubá: UNIFEI, 2007.

SIMÕES, A. L. P. **Desenvolvimento de produto, processo e produção e suas interfaces:** um estudo de caso em indústria de autopeças. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution.** ASQC Quality Press, 2003. E-book. Disponível em: [http://books.google.com.br/books?id=T9TxNHWJZmIC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.br/books?id=T9TxNHWJZmIC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r#v=onepage&q&f=false) Acesso em: 04/01/2013

VARGAS, R. V. **Manual prático do plano de projeto utilizando o PMBOK guide.** 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Cronograma de Atividades.....	55
APÊNDICE B – Check list para início de embarque.....	56
APÊNDICE C – Fluxograma do processo de desenvolvimento.....	57
APÊNDICE D – Check list de prontidão.....	62
APÊNDICE E – Check list para critérios de aceitação.....	63

## APÊNDICE A - Cronograma de Atividades

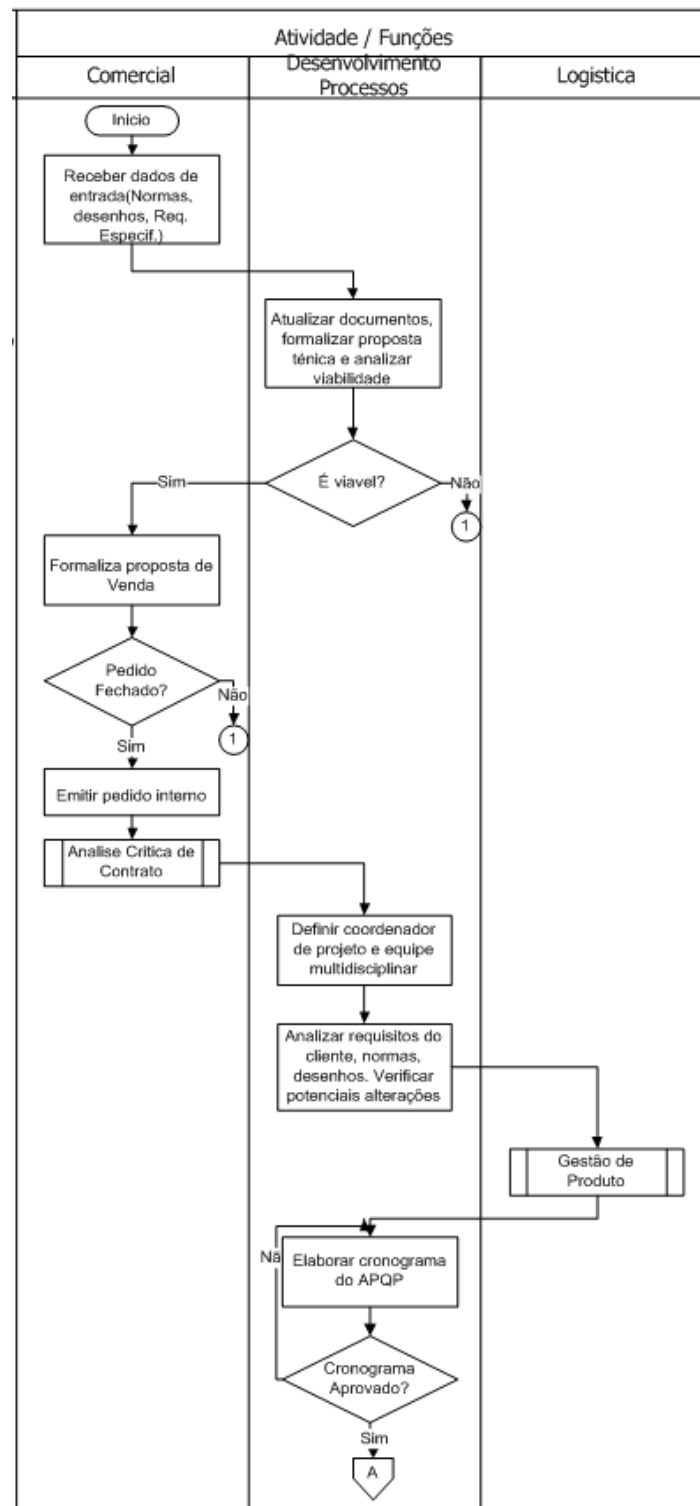
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO												
PROJETO DA QUALIDADE												
Problema/Melhoria		FALHAS NO DESENVOLVIMENTO										
Título completo do Projeto de		REDUÇÃO DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DA CAPA DE MANCAL E PROPOSTA DE MELHORIA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO										
Data de Abertura		01/05/2012										
		Data Encerramento										
		24/01/2013										
Angélica Alves Sousa		Grupo de Melhoria:										
Eliete Thallita da Mata		GRR 2010 0519										
Priscila Farias Roks		GRR 2010 1523										
		GRR 2010 4402										
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES - GERAL												
Período de Atuação Grupo:		Data de atualização do Cronograma: 05/02/2013										
		2012										
		2013										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										
		Março										
		Fevereiro										
		Janeiro										
		Dezembro										
		Novembro										
		Outubro										
		Setembro										
		Agosto										
		Julho										
		Junho										
		Maio										
		Abril										

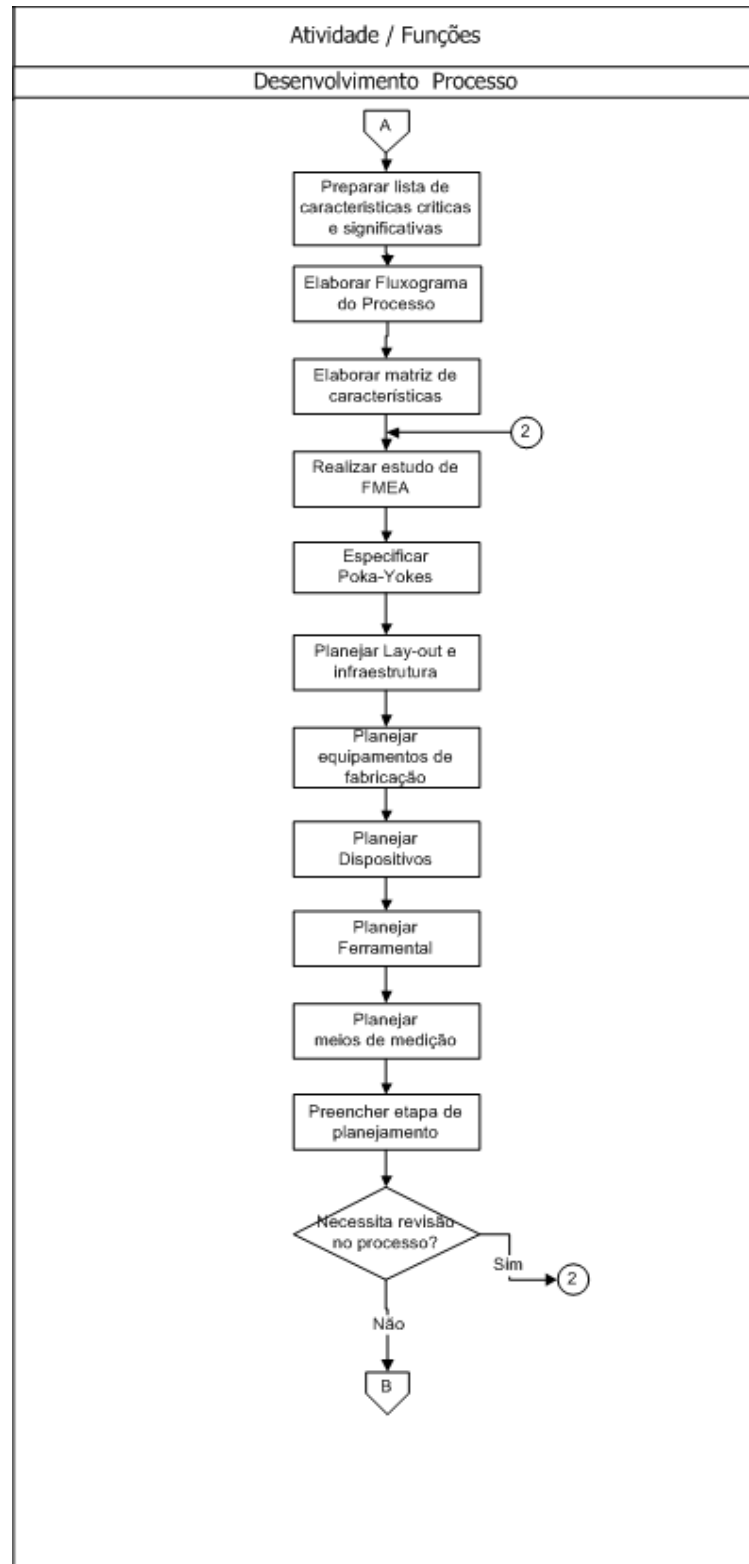


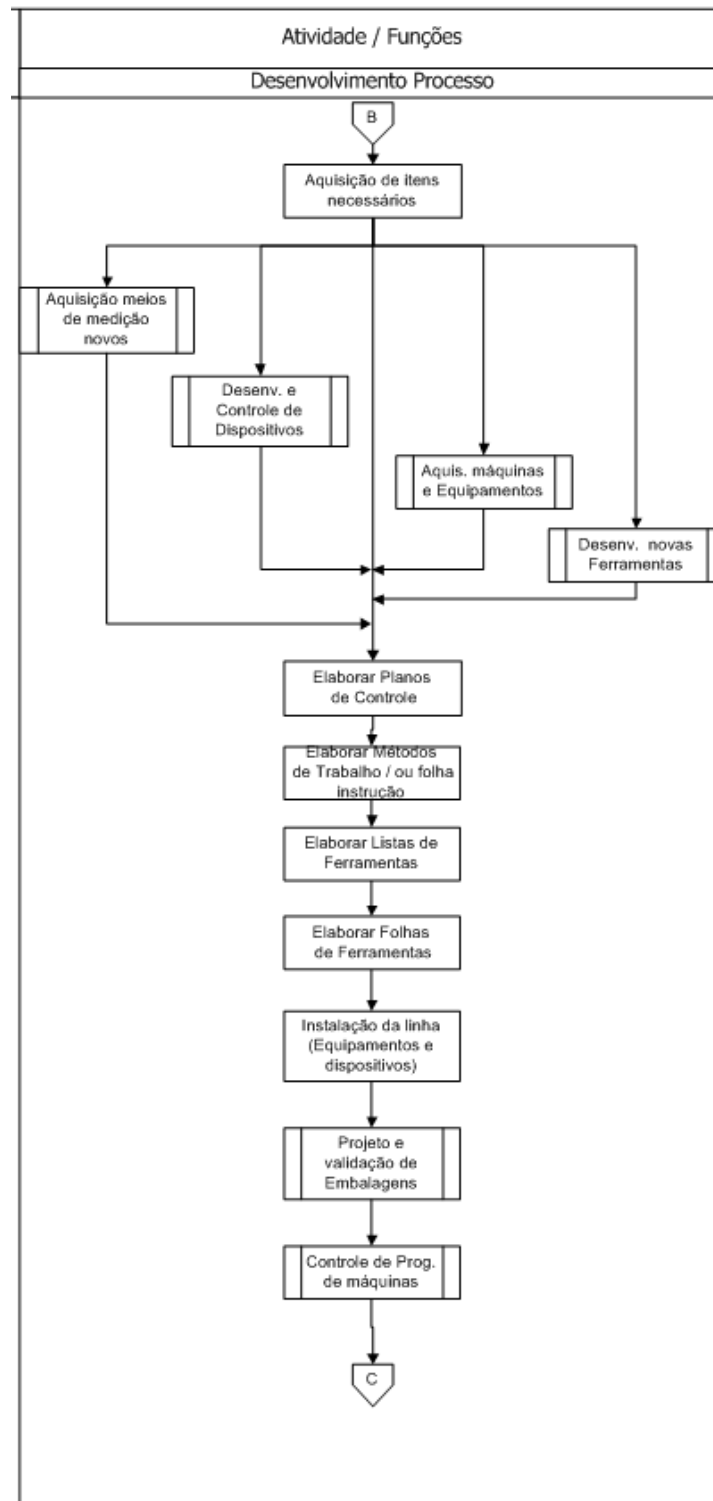
## APÊNDICE B - Check list para início de embarque controlado

CHECK LIST DE INÍCIO DE EMBARQUE CONTROLADO			LOGO DA EMPRESA
Prestadora de serviço:			
Fornecedor:			
Data de início do embarque:			
SIM	NÃO	REQUISITO	OBSERVAÇÃO
		Local específico e identificado para a atividade de Embarque Controlado?	
		Lay out definido com fluxo de entrada e saída de produto?	
		A área é adequada para a realização da atividade? (tamanho, bancada de inspeção, iluminação, armazenagem de documentos...)	
		As folhas de apontamento de refugo/ check list de não- conformes estão disponíveis no posto?	
		O embarque controlado é realizado fora do fluxo do processo produtivo?	
		Existem embalagens e áreas definidas para produto OK/ N OK?	
		Produtos OK/ N OK possuem identificação unitária definida?	
		Há auxílio visual das não- conformidades e / ou peça padrão disponível?	
		A gama de controle está validada pelo cliente e disponível no posto?	
		Os operadores estão treinados na gama de controle? (Necessário registro de treinamento).	
		Todos os meios de controle estão disponíveis no posto e com status de calibração garantido?	
		A área possui painel orientativo com os descritivos das características a serem controladas?	
		A lista de e-mail de distribuição dos indicadores aos responsáveis por parte do cliente está disponível?	
<b>Prestadora de serviço do Embarque controlado:</b>			
Data:		Nome:	Assinatura:
<b>Fornecedor (cliente):</b>			
Data:		Nome:	Assinatura:

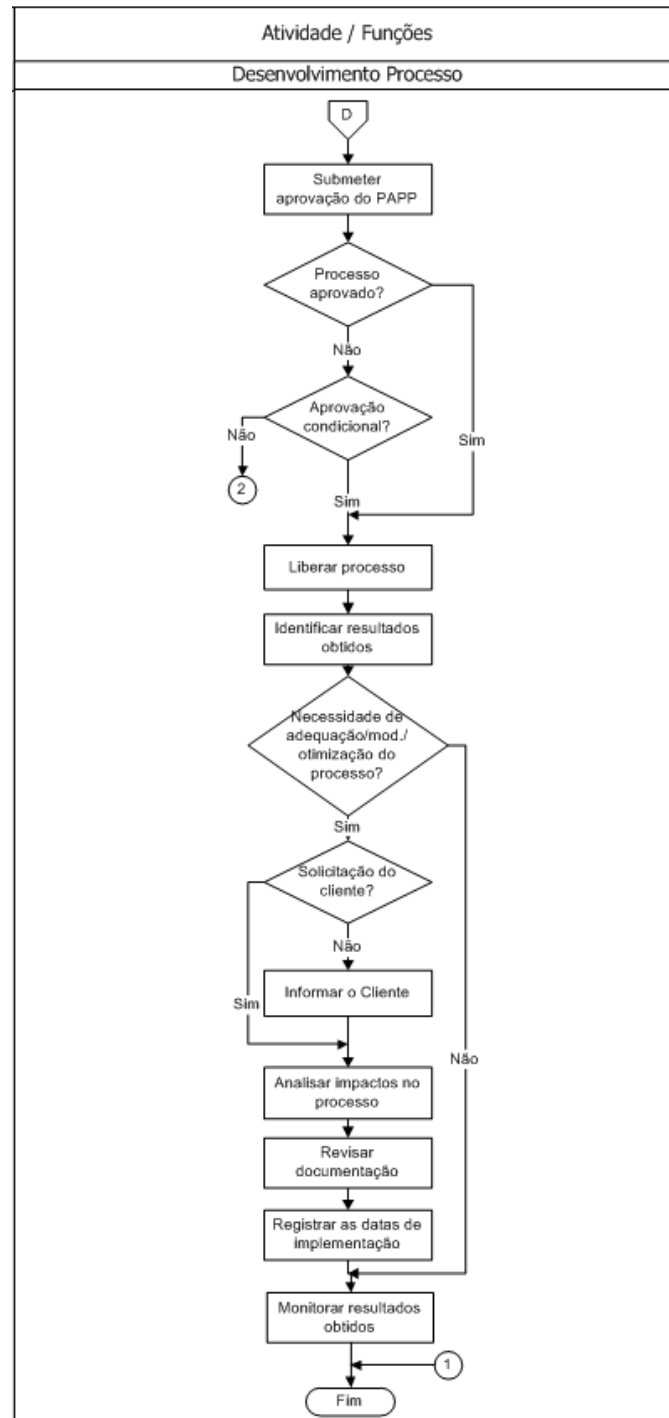
# APÊNDICE C - Fluxograma do processo de desenvolvimento

















#### LEGENDA

-  Início / Fim
-  Processo
-  Processo
-  Decisão
-  Conector fora da página
-  Conector

## APÊNDICE D - Check list de prontidão

LOGO DA EMPRESA	<b>Check-list prontidão do processo</b>									
<b>Produto:</b>								<b>S.O.P</b>		
<b>Num. Desenho:</b>								<b>Cliente:</b>		
<b>Fase:</b>		<b>PPAP:</b>		<b>2DP (Pilot):</b>		<b>SOP:</b>		<b>Emissão:</b>		
<b>Nº</b>	<b>Fase</b>	<b>Data</b>	<b>Qtd</b>	<b>Descrição do componente envolvido</b>				<b>Desenho</b>	<b>Horário</b>	
<b>Status dos Protótipos</b>								<b>Resp.</b>	<b>Sim/Não</b>	<b>Status</b>
01. Existem itens críticos identificados na fase prototipo que ainda estão pendentes?										
02. Ocorreram modificações de peças após o prototipo ? Afeta Piloto?										
<b>Prontidão do processo</b>								<b>Resp.</b>	<b>Sim/Não</b>	<b>Status</b>
03. PFMEA foi devidamente revisado/ atualizado? Existem ações definidas para redução do NPR?										
04. Plano de Controle e documentação de processo contém as características críticas?										
05. Plano de Controle contempla os itens de controle reforçado (pre-serie)?										
06. As documentações operacionais estão dispostas na linha? Contemplam os itens de controle reforçado e características chave?										
07. As características críticas possuem controle 100% (manual, automático) ou estatística aplicada (processo capaz)?										
08. O PPAP de componentes de terceiros (subfornecedores) está em elaboração?										
09. Peças novas/ modificadas possuem PPAP? Anexar à este relatório a lista com evidência do PPAP.										
10. Foi realizado controle 100% dos componentes de terceiros definidas pelo time de projeto?										
11. Existem SCs pendentes?										
12. Existem PCs pendentes?										
13. Está definida a condição de manuseio e embalagem das peças lado linha?										
14. Existe alguma pendência quanto a condição de manuseio e embalagem das peças lado linha?										
15. A Mão de obra está disponível?										
16. Os operadores estão devidamente treinados? A Matriz de versatilidade foi realizada?										
18. Os Poka-Yoke existentes estão aptos para os novos componentes? E estão inseridos no sistema da qualidade?										
19. Demais equipamentos de controle estão devidamente aprovados?										
20. Todos os equipamentos, ferramentas e dispositivos necessários estão disponíveis e funcionam adequadamente?										
21. Bancadas, armários para inspeção e instrumentos de medição estão disponíveis?										
22. Plataformas, para-peitos, para-choques estão adequados e instalados?										
23. Existe algum ponto de interferência do novo produto com a linha (Inclui alocação de equipamentos e dispositivos)?										
24. As condições de limpeza do posto de trabalho e dispositivos é adequada?										
25. O plano de manutenção das máquinas e equipamentos estão definidos? As peças de reposição estão disponíveis?										
26. Os testes (prova de estanqueidade, apertadeiras, fornos, prensas) estão aptos para o novo produto?										
27. A documentação do CARE/Quality Gate contempla o novo produto?										
28. Os volumes, mix e curva de ramp-up estão claros?										
<b>Itens de análise durante as usinagens/montagens</b>								<b>Resp.</b>	<b>Sim/Não</b>	<b>Status</b>
29. As peças necessárias para a montagem estão dispostas ao lado da linha, conforme definido?										
30. Os operadores e coordenadores estão devidamente informados da montagem e variações existentes?										
31. As operações ocorreram conforme previsto em documentação?										
32. Existe ainda alguma pendência no processo?										
33. Os dispositivos e poka yoke apresentaram-se eficazes?										
34. Existem pontos de vazamentos de água, óleo, ar pela máquinas e instalações?										
35. Os resultados qualitativos encontrados durante as usinagens e pontos de controle foram adequados?										
36. Acondição de limpeza das peças, posto de trabalho e dispositivos está adequada?										
37. A condição de acondicionamento e manuseio de peças está adequada?										
38. A documentação operacional contém todas as informações necessárias para a operação?										
<b>Ocorrências e planos de ações</b>										
<b>Item</b>	<b>Fase</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Causa</b>	<b>Plano ação</b>				<b>Resp.</b>	<b>Data</b>	<b>Status</b>
<b>Lista de participação do time</b>										
<b>Nome / Setor</b>	<b>Assinatura</b>			<b>Prontidão do processo</b>			<b>Usinagens/montagens</b>			
	<b>PPAP</b>	<b>2DP</b>	<b>SOP</b>	<b>PPAP</b>	<b>2DP</b>	<b>SOP</b>	<b>PPAP</b>	<b>2DP</b>	<b>SOP</b>	
<b>Legenda:</b> <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Item concluído <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></span> Item com pendências <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-left: 20px; margin-right: 5px;"></span> Item não realizado										

## APÊNDICE E - Check list para critérios de aceitação

Cliente: _____		Data Pedido Interno: _____	
Plantas para onde serão fornecidas as peças:			
Processos Internos para Fabricação do Produto:			
Nome do Projeto: _____			
Qual a aplicação para a Peça ?:			
A peça substitui alguma peça atual?			
Qual a vida útil do Projeto?:			
Quais são os concorrentes para fornecimento			
Qual a participação (%) da empresa no volume			
Qual o atual fornecedor?:			
Foi fornecido protótipo pelo Cliente?:			
Peça é de Segurança?:			
<b>EQUIPE</b>			
Gerente do Projeto:			
Email:		Fone:	
Gerente de Engenharia:			
Email:		Fone:	
Chefe do Projeto:			
Email:		Fone:	
Responsável Vendas:			
Email:		Fone:	
Responsável Qualidade:			
Email:		Fone:	
Responsável Logística:			
Email:		Fone:	
Responsável Ferramentas:			
Email:		Fone:	
Contato Compras Cliente:			
Email:		Fone:	
Contato Engenharia no Cliente:			
Email:		Fone:	
Contato Qualidade no Cliente:			
Email:		Fone:	
Contato Testes Cliente:			
Email:		Fone:	
Contato Logística Cliente:			
Email:		Fone:	
Quais são as peças?	Número do Desenho	Qte peças por ano	Material
Desenho mostra pontos de Fixação?:			
Desenho mostra características críticas?:			
Quais normas serão atendidas?:			
Tem tratamento térmico? Qual?:			
Tem tratamento superficial?Qual?			
Tem proteção superficial?Qual?			
Qual o valor do Cp e Cpk p/ aprovação?:		Tamanho do Lote	
Quais auditorias estão previstas?			
Qual previsão de Ramp-up?:			
Tem Testes de Validação? Quais?		Quem Paga?	
EVENTO		Data	Qtde
Prazo solicitado pelo cliente para			
Prazo estipulado pela empresa para			
Recebimento de Brutos para Try out			Qtde
Recebimento de bruto para Try out amostra D			Qtde
Try out e usinagem amostra D			Qtde
Envio da amostra D para o cliente			Qtde
Recebimento dos brutos amostra EMPB			Qtde
Usinagem das amostras EMPB			Qtde
Envio da amostra EMPB para o Cliente			Qtde
Validação da amostra EMPB pelo cliente			Qtde
Início do Ramp Up (SOP)			Qtde
Tem Componentes? Quais?		Comprado ou	Responsável
Valor do Ferramental pago pelo Cliente:			
Etapas do pagamento do ferramental:			
Quem paga a Embalagem?		Quanto (R\$)?	
Vida útil do Ferramental/Data para Repor:			
Preço total vendido da peça Sem/Imp			
Preço vendido do Bruto Sem/Imp			
Preço vendido do Usinado Sem/Imp			
Quantidade de Mão de Obra:			
Area prevista para a Célula (m2):			
Quais máquinas serão utilizadas?			
Quais equipamentos de Controle ?			
O retorno do projeto atende à expectativa da			
Nome: _____			
Aprovação: _____			
Gerente projeto		Gerente qualidade	
		Gerente de contas	