

**FERNANDO FERRARESI**

**INCORPORAÇÃO DO PROJETO DE EMBALAGEM NA FERRAMENTA  
APQP**

Universidade Federal de Goiás  
Regional Catalão  
Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional  
Catalão 2015

**FERNANDO FERRARESI**

INCORPORAÇÃO DO PROJETO DE EMBALAGEM NA FERRAMENTA  
APQP

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de Mestre em Gestão  
Organizacional, à comissão examinadora do  
Programa de Pós-Graduação em Gestão da  
Universidade Federal de Goiás/Regional Catalão.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Yochihiro Fuchigami

Linha de Pesquisa: Inovação, Desenvolvimento e  
Tecnologia

CATALÃO/2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Ferraresi, Fernando  
Incorporação do projeto de embalagem na ferramenta APQP  
[manuscrito] / Fernando Ferraresi. - 2015. 116 f.  
116 f.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Yochihiro Fuchigami.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Regional  
Catalão, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Gestão  
Organizacional (profissional), Catalão, 2015.

**Bibliografia.**

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de  
figuras, lista de tabelas.

1. Embalagem. 2. Planejamento avançado da qualidade do produto.  
3. Automobilística. I. Yochihiro Fuchigami, Hélio, orient. II. Título.

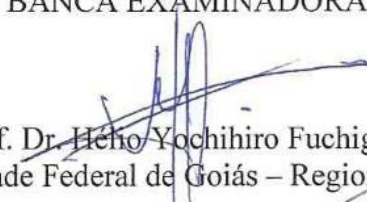
FERNANDO FERRARESI

**“INCORPORAÇÃO DO PROJETO DE EMBALAGEM NA FERRAMENTA  
APQP”**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Gestão Organizacional, da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão Organizacional, área de concentração: Gestão Organizacional.

Aprovado em **15 de janeiro de 2015.**

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Hélio Yochihiro Fuchigami  
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão



Prof. Dr. Maico Roris Severino  
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão



Prof. Dr. André Carlos Silva  
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão

Por mais que desastres naturais, inveja, ambição, culminem com tudo que  
for material e te derrube, o aprendizado familiar, escolar, profissional,  
ao longo da vida te acompanhará e este passará  
a ser seu maior bem material, e com ele  
te reerguerá novamente.

## AGRADECIMENTOS

Após um período determinado no tempo com começo, meio e fim, se passaram inúmeras experiências, aprendizados, trocas de conhecimentos, ideias, novidades, no entanto é chegada a hora de agradecer às pessoas que contribuíram para que ele se materializasse.

A uma pessoa especial, amiga, companheira, incentivadora, que me deu força, conselhos, dicas, puxão de orelha, foi amável nas horas certas, minha esposa Andrea, obrigado por ser essa pessoa que está a meu lado sempre me apoiando nos momentos bons e ruins ao longo dessa nossa convivência.

Agradeço aos meus pais: minha mãe Philomena, meu pai Antonio, pela educação, ensinamentos, conselhos, que me prepararam e proporcionaram encarar a vida pessoal, refletindo na vida acadêmica, profissional e principalmente na pessoal, meu enorme carinho, amor, respeito, sou muito feliz por ter vocês como MEUS PAIS!

Aos meus irmãos Almir e Reinaldo, pelas nossas longas conversas, nos momentos certos, a força desprendida. À minha cunhada Simone, aos meus sobrinhos, Giuliana, Lucas e Luana, meu muito obrigado.

A meu fiel amigo Ricco, que nas horas, dias de escritas, leituras, me acompanhou nesta jornada.

Agradeço de modo especial ao meu Orientador Professor Doutor Hélio Yochihiro Fuchigami, mestre e amigo, que me permitiu realizar esse trabalho, mesmo não estando na sua linha de pesquisa, contribuiu imensamente para que ele se tornasse realidade. Agradeço ainda pelo profissionalismo, compromisso, paciência, compreensão e dedicação dispensados a mim.

Aos membros da banca, Prof. Dr. André Carlos Silva e Prof. Dr. Maico Roris Severino, agradeço primeiramente pela disponibilidade, argumentação, colocações e sugestões prestadas a este trabalho.

Aos colegas do mestrado, agradeço por compartilharmos conhecimentos, vivências, experiências, angústias, desafios, leituras, sonhos, conhecimentos, desencontros e vitórias!

Aos colegas de trabalho, que sem o apoio e longas conversas esse trabalho não seria possível.

A Deus, por tudo que tem me proporcionado, como provas, expiação, e com isso me dando a força necessária para transpassar e superar cada desafio.

## RESUMO

Com a contínua expansão do mercado automobilístico no Brasil as indústrias produzem, movimentam e armazenam um grande número de componentes, tanto nacionais quanto importados, fazendo uso de diversos tipos de embalagens. As tratativas para o desenvolvimento das embalagens que são utilizadas no acondicionamento das peças não passam pelo mesmo rigor apresentado, aos processos produtivos, qualidade e produtos, tendo assim a geração de custo de não conformidade nas peças recebidas pela empresa. Este trabalho investiga de que forma se pode obter uma redução dos custos, gerados pela implementação da embalagem adequada e definitiva para o transporte e armazenamento das peças na empresa analisada. Para a verificação da redução desse custo se fez a incorporação do desenvolvimento da embalagem aplicando a ferramenta APQP, a qual é utilizada pela empresa para o acompanhamento do desenvolvimento de peça, o que evidencia que esse trabalho contribui com uma lacuna da aplicação da ferramenta, até então não utilizada e analisada no acompanhamento e desenvolvimento da embalagem. A metodologia da pesquisa se apoia na abordagem quantitativa, obtendo dados coletados de uma empresa automobilística, portanto, trata-se de um estudo de caso, com a natureza de uma pesquisa aplicada, em que a análise dos dados demonstram que a utilização da ferramenta APQP na embalagem contribui para redução dos custos de não conformidade das peças. Para evidenciar a relação entre os projetos e a redução de não conformidade, foram utilizados gráfico e análise de variância ANOVA. O estudo demonstra que a utilização da ferramenta APQP, bem como a flexibilidade de adicionar e realocar tarefas entre as etapas da ferramenta, permite um maior controle e acompanhamento do desenvolvimento da embalagem, fazendo com que o custo de não conformidade fosse reduzido sensivelmente na amostra que fez uso da ferramenta APQP.

**Palavras-chave:** Embalagem. Planejamento Avançado da Qualidade do Produto. Automobilística.

## **ABSTRACT**

With the continuous expansion of the automobile market in Brazil industries produce, move and store a large number of components, both domestic and imported, making use of different types of packaging. The negotiations for the development of packages used in the packaging of the pieces do not go through the same rigor presented, to production processes, quality and products, thus having the generation cost of non-compliance in the pieces received by the company. This work investigates how one can get a reduction in costs generated by the implementation of appropriate and final packaging for shipping and storing parts in the analyzed company. To check the cost reduction that became the embodiment of the packaging development applying the APQP tool, which is used by the company to monitor the development of piece, which shows that this work contributes with a tool application gap until then not used and analyzed in the monitoring and development of packaging. The research methodology is based on a quantitative approach, obtaining data collected from a car company, so it is a case study, the nature of an applied research in the analysis of the data demonstrate that the use of APQP tool the packaging contributes to reducing the costs of non-compliance of the parts. For demonstrating the link between the projects and the reduction of non-compliance, were used graphic and using ANOVA. The study demonstrates that the use of APQP tool as well as the flexibility to add and reallocate tasks among the steps of the tool, allows greater control and monitoring of the development of the packaging, so that the cost of non-compliance was significantly reduced in the sample made use of APQP tool.

**Keywords:** Packaging. Advanced Product Quality Planning. Automotive.

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ABPO</b>	Associação Brasileira do Papelão Ondulado
<b>AIAG</b>	Automotive Industry Action Group
<b>ANFAVEA</b>	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
<b>ANOVA</b>	Análise de Variância
<b>APQP</b>	Advanced Product Quality Planning
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>BOM</b>	Bill of Material
<b>CAD</b>	Desenho Assistido por Computador
<b>CAE</b>	Engenharia Auxiliada por Computador
<b>CSPP</b>	Certificado de Submissão de Peça para Produção
<b>DFMEA</b>	Análise da Modalidade e do Efeito de Falha do Projeto
<b>DQF</b>	Desenvolvimento da Qualidade de Fornecedores
<b>EOM</b>	Original Equipment Manufacturer
<b>ISO</b>	Organização Internacional para Padronização
<b>MAS</b>	Análise de Sistemas de Medições
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>PFMEA</b>	Processo de Análise e Modalidade do Efeito de Falha
<b>RNCP</b>	Relatório de Não Conformidade de Peça.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 – Média e desvio padrão entre os projetos</b>	100
<b>Gráfico 2 – Análise de variância</b>	105
<b>Gráfico 3 – ANOVA – Minitab</b>	106
<b>Gráfico 4 – Teste “T” para 2 amostras para %NC – Minitab</b>	107

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Embalagem de madeira</b>	34
<b>Figura 2 – Elementos da estrutura do papelão ondulado</b>	35
<b>Figura 3 – Composição dos tipos de estrutura do papelão ondulado</b>	36
<b>Figura 4 – Embalagem de papel ondulado ou papelão</b>	37
<b>Figura 5 – Embalagem de folha de flandres</b>	38
<b>Figura 6 – Embalagem caixa plástica</b>	39
<b>Figura 7 – Fluxograma de desenvolvimento de peças</b>	59
<b>Figura 8 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP</b>	63
<b>Figura 9 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 1º Estágio</b>	66
<b>Figura 10 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 2º Estágio</b>	68
<b>Figura 11 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 3º Estágio</b>	71
<b>Figura 12 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 4º Estágio</b>	73
<b>Figura 13 – Fluxograma de desenvolvimento de peças junto com a embalagem na ferramenta APQP</b>	76
<b>Figura 14 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 2º Estágio modificado</b>	80
<b>Figura 15 – Planejamento avançado da qualidade do produto – APQP – 3º Estágio modificado</b>	83
<b>Figura 16 – Embalagem danificada</b>	90
<b>Figura 17 – Embalagem intacta</b>	91
<b>Figura 18 – Análise de variância – Hipótese</b>	103

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Cronograma de fase do programa</b>	84
<b>Tabela 2 – Dados dos projetos</b>	88
<b>Tabela 3 – Datas da coleta de dados</b>	89
<b>Tabela 4 – Valores de não conformidade projeto A</b>	93
<b>Tabela 5 – Valores de não conformidade projeto B</b>	94
<b>Tabela 6 – Valores de não conformidade projeto C</b>	94
<b>Tabela 7 – Valores de não conformidade projeto A (1º trimestre)</b>	96
<b>Tabela 8 – Valores de não conformidade projeto B (1º trimestre)</b>	96
<b>Tabela 9 – Valores de não conformidade projeto C (1º trimestre)</b>	97
<b>Tabela 10 – Valores das médias</b>	99
<b>Tabela 11 – Valores dos desvios</b>	99
<b>Tabela 12 – Formato da ANOVA</b>	102
<b>Tabela 13 – Anova Minitab – Fatores</b>	106
<b>Tabela 14 – Anova Minitab – Variância</b>	107
<b>Tabela 15 – Teste “T” para 2 amostras para %NC média - Minitab</b>	108
<b>Tabela 16 – Teste “T” para 2 amostras para %NC - Minitab</b>	108

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	15
1.1 Contextualização	15
1.2 Metodologia da pesquisa	20
<b>2. EMBALAGEM: HISTÓRICO, CONCEITO E MATERIAL</b>	23
2.1 Histórico	23
2.2 Conceitos	27
2.3 Funções da embalagem	29
2.4 Objetivos da embalagem	30
2.5 Características	31
2.6 Embalagem na indústria automobilística	32
2.7 Material da embalagem utilizado na indústria automobilística	33
2.7.1 Madeira	34
2.7.2 Papelão ondulado – papelão	35
2.7.3 Liga metálica	37
2.7.4 Polímero	38
2.8 Aplicação da embalagem na indústria automobilística	39
<b>3. ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING (PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO) – APQP</b>	41
3.1 Panorama	41
3.2 Fundamentos do planejamento da qualidade do produto	43
3.2.1 Estágio 1 – Plano e definição do programa	43
3.2.2 Estágio 2 – <i>Desing</i> e desenvolvimento	44
3.2.3 Estágio 3 – Processo de desenvolvimento e projeto	46
3.2.4 Estágio 4 – Produto e processo de validação	47
3.2.5 Estágio 5 – <i>Feedback</i> , avaliação e ação corretiva	48
3.3 Colocações sobre o APQP	49
3.4 Passo a passo do APQP	50
3.5 Aplicação	54
<b>4. INCORPORAÇÃO DO PROJETO DE EMBALAGENS NA FERRAMENTA APQP</b>	57
4.1 Fluxograma anterior	57
4.2 Aplicação da ferramenta APQP	62
4.2.1 Estágio 1 – Planejamento	64
4.2.2 Estágio 2 – Desenho e desenvolvimento do produto	67
4.2.3 Estágio 3 – Desenho e desenvolvimento do processo	69
4.2.4 Estágio 4 – Validação do produto e processo	71

<b>4.3 Fluxograma proposto</b>	74
<b>4.4 Inclusão e alteração de tarefas nos estágios do APQP</b>	78
4.4.1 Estágio 2 – Desenho e desenvolvimento do produto	78
4.4.2 Estágio 3 – Desenho e desenvolvimento do processo	81
<b>4.5 Fases do programa</b>	84
4.5.1 Fase CFP – <i>Concept Freezing Point</i>	85
4.5.2 Fase F Try – <i>Function Try</i>	85
4.5.3 Fase Jig Try	86
4.5.4 Fase PJ – <i>Parts &amp; Jig Trial</i>	86
4.5.5 Fase PL – <i>Process &amp; Line Trial</i>	86
4.5.6 Fase PT – <i>Production &amp; Time Trial</i>	87
4.5.7 Fase PP – <i>Pilot Production</i>	87
4.5.8 Fase MP – <i>Mass Production</i>	87
<b>4.6 Datas da fase de projeto</b>	88
<b>4.7 Datas para coleta de dados</b>	88
<b>4.8 Não conformidade das peças</b>	89
4.8.1 Custo da não conformidade das peças – qualidade de recebimento	89
4.8.2 Custo da não conformidade das peças – <i>Scrap</i>	91
<b>4.9 Dados de não conformidade</b>	92
<b>5. ANÁLISES DOS RESULTADOS</b>	95
5.1 Análises do relatório de não conformidade da peça	95
5.2 Média e desvio padrão	98
5.3 ANOVA e MINITAB - Análise de variância dos projetos	101
5.3.1 Resultados estatísticos	104
<b>6. COCLUSÕES</b>	106
<b>REFERÊNCIAS</b>	113

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Com uma ampla extensão territorial e inúmeros incentivos fiscais, o Brasil se tornou promissor para as indústrias automotivas que pretendem se instalar no território e para as que já se encontram instaladas.

Atualmente são quatorze fabricantes de motocicletas e trinta e sete de automóveis, já considerando a segunda fábrica da Honda na cidade de Itirapina, estado de São Paulo, as primeiras fábricas da Jaguar-Land Rover na cidade de Itatiaia, no estado do Rio de Janeiro, a BMW na cidade de Araquari, em Santa Catarina e a Mercedes Benz na cidade de Itacemópolis, em São Paulo, de acordo com dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA (2014).

Continuando para a indústria de transportes e máquinas pesadas, há onze fabricantes de caminhões, dez fabricantes de tratores, cinco fabricantes de ônibus e dez fabricantes de máquinas.

Os números apresentados ausentaram suas subsidiárias que possam pertencer a cada uma das montadoras, sendo fábricas de motores, estampados, centros de distribuição e logísticas.

Seguindo com essa distinção de montadoras instaladas no país, os fornecedores que no exterior já fazem parte da cadeia produtiva de algumas dessas montadoras, acabam realizando a mesma trajetória e vindo abrir filiais, com isso, tendo essa diversidade de fornecedores que, se somados, passam facilmente pela casa da centena.

A diversidade de fornecedores faz com que as empresas envolvidas na cadeia produtiva do ramo automobilístico produzam, movimentem e armazenem um grande número de componentes, subconjuntos montados, tanto nacionais quanto importados. Para isso, o cuidado e a conservação ao estocar ou transportar esses itens sofrem uma grande influência do tipo de embalagem aplicada ou desenvolvida para tal fim.

Ressalta-se que as tratativas para o desenvolvimento das embalagens não passam pelo mesmo rigor apresentado aos processos produtivos, qualidade e produtos. A falta de acompanhamento empregado no processo de desenvolvimento deste item, pode ter um alto custo para as indústrias automobilísticas.

É fato que a embalagem como conteúdo externo no dia a dia se tornou algo corriqueiro, que não é dado muito valor, o que realmente interessa é o produto embalado, a marca ou talvez a preocupação com a data de validade.

Para embalagem amassada, rasgada, danificada, em alguns casos, basta substituí-la por outra intacta, muitas vezes disposta na prateleira mais próxima, uma vez que, o que interessa ao consumidor é o conteúdo interno, podendo ser uma bolacha, aparelho eletrônico, vestuário.

Além do uso cotidiano, atualmente as embalagens apresentam e trazem inúmeras informações. No setor eletrônico/informática, por exemplo, elas especificam o tipo de conexão, a compatibilidade com outros aparelhos etc.

No setor de linha branca, como geladeiras e fogões, trazem informações sobre o cuidado com o produto no armazenamento nos centros de distribuição e lojas, disponibilidade de tensão, avisos para o manuseio correto ao transportar.

Para o setor de brinquedos, recomenda-se na embalagem a faixa etária, alerta sobre o tamanho das peças. Já as embalagens do setor alimentício estão entre as que mais apresentam informações: trazem a validade, data de fabricação, lote de produção, quantidade de produto, a composição, os valores nutricionais, indicam se o produto é *diet*, *light*, entre outras especificações.

No entanto, ao adquirir um produto e levá-lo para casa, pode-se ter algumas tratativas com as embalagens, umas delas seria daqueles itens em que a embalagem só serve para proteção e transporte, como da linha branca, informática, que ao final do processo de desembale é encaminhada, ou ao menos deveria ser, para a reciclagem.

Outra situação seriam as embalagens do setor alimentício, que em alguns casos se tem duas embalagens, a primeira com as informações do produto, servindo também de proteção, sendo descartada após sua utilização; a outra situação teria a mesma finalidade da anterior, porém, a segunda embalagem ficaria mais tempo com o produto, pois esta irá servir para conservar e aquecer o alimento, como por exemplo as inúmeras variedades de pratos oferecidos como alimentos prontos.

Conceitualmente, as embalagens são invólucros, recipientes ou qualquer forma de acondicionamento removível, ou não, destinados a cobrir, empacotar, envasar, proteger, manter os produtos, ou facilitar a sua comercialização (GURGEL, 2007, p. 1).

Elas possuem duas funções essenciais: conter e proteger os produtos que nelas são acondicionados. Outro fator importante é que as embalagens têm um elevado potencial de desempenhar um papel logístico estratégico.

Desenvolvidas sob essa perspectiva, elas podem ser facilitadoras das etapas de manuseio, movimentação, armazenagem e até de exposição dos produtos. O fato é que as embalagens estão sendo cada vez mais reconhecidas como agentes de melhoria da logística de distribuição de bens, conforme aponta Pereira (2007).

Além de facilitar o uso e o manuseio dos produtos as embalagens seguem uma normatização, em que se define os termos técnicos referentes à acondicionamento e embalagem de materiais ou equipamentos de forma geral e abrangente, e também orienta a obtenção de definições em normas específicas de cada setor. A primeira norma para embalagem foi elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A norma ABNT/TB 77 de 1970 foi substituída pela ABNT NBR 9188 de 1972, que posteriormente foi substituída pela ABNT NBR 9198 de 1985 e tem sua atual versão na ABNT NBR 9198 de 2010 de título: *Embalagem e acondicionamento – Terminologia*.

Em se tratando da embalagem no setor automobilístico, os veículos prontos não possuem qualquer proteção, tanto na armazenagem nos pátios das montadoras ou, nas concessionárias.

O processo de transporte dos automóveis é feito por caminhões cegonha e, em sua maioria dos casos, os veículos acabam ficando expostos ao tempo, à mercê do sol, chuva e vento.

Para este setor são raras as ocasiões de ter uma proteção por completo, isso pode ocorrer com os novos lançamentos ainda não apresentados à imprensa, em que, veículos de marcas conhecidas com alto valor agregado, podem receber em sua armazenagem uma capa ou até mesmo um adesivo protetor em partes passíveis de danos, já no transporte, o caminhão pode ser todo fechado.

No entanto, antes do produto final, os veículos automotores são compostos de uma infinidade de componentes. A movimentação desses componentes é realizada utilizando embalagens que servem para acondicionar as peças durante o processo de transporte, que pode ser rodoviário, ferroviário, marítimo ou aéreo.

As embalagens desses componentes podem vir a ter três utilizações, a primeira mencionado acima, em uma segunda etapa servindo para o processo de armazenamento no centro de distribuição e a compor o estoque de segurança que fica alocado internamente na indústria.

A terceira etapa diz respeito ao efetuar o abastecimento da linha de produção utilizando diretamente a mesma embalagem das outras duas etapas. Caso isso não seja

possível, será necessário a realização do transbordo, que seria a mudança do componente para uma outra embalagem específica, a fim de efetuar o abastecimento da produção.

Para esses fins existem diversos tipos e tamanhos de embalagens, que comportam desde pequenas peças, como parafusos e presilhas, a peças médias, como bancos e vidros e até mesmo grandes componentes, como a lateral estampada do automóvel ou o chassi, a maior peça que o compõe.

Para os vários componentes que fazem parte da estrutura do veículo, a embalagem tem que ser adequada e ao mesmo tempo, sendo fiel a sua finalidade, que é a de garantir a proteção e a integridade da peça em todo o processo.

Caso isso não seja atendido, o conceito de embalagem passa a não ser respeitado e o que acontece é uma tentativa de adequação, um uso paliativo, uma alternativa ao transporte e armazenamento que, por vezes, não garante a integridade da peça, o que ressalta o quanto a embalagem é importante para a cadeia automotiva.

No entanto, o processo de desenvolvimento ou adequação da embalagem à peça é lento, tal situação causa uma série de transtornos para a indústria automobilística, como aumento de inspeções por parte do departamento de qualidade, retrabalhos para recuperar a peça, atrasos na sequência da produção, etc.

No caso da empresa automobilística onde esta pesquisa foi realizada, foram observados dois custos de não conformidade que podem ser mensurados financeiramente: o primeiro no recebimento e o segundo na linha de montagem.

O custo levantado junto ao departamento de qualidade no ato do recebimento se divide em outros dois: o primeiro com embalagens danificadas durante o transporte e que não resistiram ao trajeto, por vezes, devido ao peso da peça, no entanto, só é possível perceber o montante de peças com problema ao realizar uma auditoria em todo o lote recebido.

O segundo, é feito aleatoriamente em um lote específico mesmo que a embalagem não apresente avarias externas, porém internamente pode ter ocorrido algum meio de contato entre as peças, por conta das sobreposições de camadas ou de colmeias que não resistiram ao trajeto do transporte.

Devido ao volume de itens recebidos ao longo da jornada de trabalho, essas inspeções realizadas aleatoriamente não são suficientes para conter as não conformidades, vindo a armazenar peças que podem apresentar possíveis danos.

Diante disso, o segundo custo se dá na linha de produção, mais precisamente no ponto de uso da peça, que é quando pode ser detectado, cujo termo mais conhecido

utilizado para identificar essa peça vem do inglês *scrap*, que tem como significado: peça danificada, quebrada, faltando partes e que será sucateada, dispensada.

Essa ocorrência na linha de produção pode encaminhar para duas situações. A primeira acarreta a não montagem da peça, isto significa que a mesma será separada em local apropriado e será utilizada na montagem uma peça sem defeito.

A segunda situação difere da anterior, há casos em que todo o lote que está na produção apresenta danos e não pode ser montado, isso faz com que a montagem seja concluída posteriormente, no entanto, em alguns itens isso representará a não montagem de vários outros, ocasionando um efeito cascata nas operações seguintes ou até mesmo uma parada na linha de produção.

Para que não aconteça esses empecilhos, é necessário que haja o desenvolvimento da embalagem para o transporte e armazenagem, e este deveria seguir o mesmo padrão que se aplica para a peça.

No caso da empresa analisada, para o desenvolvimento da peça é utilizada a ferramenta APQP - *Advanced Product Quality Planning*, traduzida como Planejamento Avançado da Qualidade do Produto, em que é feito todo o processo de acompanhamento do fluxo de desenvolvimento.

Segundo Chrysler *et al.* (1995) esta ferramenta foi criada pelas indústrias automobilísticas americanas para facilitar o controle de informação entre montadoras e fornecedores, visando ter um mesmo nível de acompanhamento de todo o processo de desenvolvimento da peça.

Esta ferramenta se demonstra maleável ao deixar incluir ou realizar trocas de tarefas entre as fases dos processos para melhor atender o que se espera, que é o de ter controle sobre o processo de desenvolvimento.

Diante das observações constatadas, este trabalho se propôs a investigar de que forma se pode obter uma redução dos custos, gerados pela implementação da embalagem adequada e definitiva para o transporte e armazenamento das peças na empresa.

O objetivo geral dessa pesquisa é demonstrar que se faz necessário incorporar a utilização da ferramenta APQP no desenvolvimento da embalagem juntamente com o da peça, para que estes custos possam ser minimizados.

Para compreender melhor as situações levantadas, a pesquisa iniciou com a análise do fluxo de desenvolvimento da peça desde a demanda, até o recebimento final na empresa.

Também foi identificada a utilização da ferramenta APQP para o acompanhamento do desenvolvimento da peça, as datas e fases de programas, bem como a coleta dos dados nas duas situações dos custos de não conformidade.

A coleta de dados é finalizada com as análises dos dados levantados quando foi necessária uma reformulação no modo de utilização e aplicação da APQP, adicionando etapas para que o desenvolvimento da embalagem tivesse o mesmo acompanhamento que o da peça.

Em resumo os objetivos específicos visam: descrever o que propõe a ferramenta APQP; conceituar o que é embalagem, desde sua concepção histórica aos materiais utilizados na indústria automobilística e, por fim, analisar a redução de custos obtidos através do uso da embalagem desenvolvida de acordo com o planejado para a empresa.

Para esmiuçar esses dados, foram utilizados recursos gráficos e análise de variância como a estatística ANOVA, no intuito de comprovar que as mudanças realizadas junto à concepção da embalagem utilizando a ferramenta APQP tiveram efeitos positivos em relação à redução de custos deste processo.

## **1.2 Metodologia da Pesquisa**

Segundo Marconi e Lakatos (2011) a pesquisa pode ser considerada um procedimento formal com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui como o caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. Significa muito mais do que apenas procurar a verdade, trata-se de encontrar respostas para questões propostas, utilizando métodos científicos.

Diante dessas observações, a metodologia de pesquisa é de extrema valia para o trabalho, pois será a partir desse entendimento que envolve realidade, verdades, lógicas, propostas, que se tem a diretriz de como estudar o que se pretende e quais as ferramentas serão corretas para esse estudo.

Com isso, essa pesquisa traz contribuições da abordagem qualitativa utilização da forma escrita de descrever o que ocorre, no entanto, como abordagem principal é utilizada a abordagem quantitativa, visto que, o norte principal da pesquisa se ancora na coleta de dados, formulação de tabelas e gráficos, voltados para explicar o caso estudado, que se aplica à uma empresa automobilística.

Reforçando o que foi descrito, a abordagem para esse trabalho, segundo Gerhardt e Silveira (2009 apud Fonseca, 2002, p. 20), se dá:

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.

Para a abordagem quantitativa os dados coletados precisam ser organizados, é preciso preservar o objeto de estudo, ter fronteiras, pois comumente estão inseridos dentro de um contexto real da vida e podem ser aplicados em um ou mais objetos de estudo.

De acordo com o que é apresentado nesta dissertação, o procedimento adotado também tem por base o estudo de caso, em que se tem a natureza empírica de investigar um determinado fenômeno, dentro de um contexto real.

Este contexto acontece numa empresa automobilística, situada fora do estado de São Paulo, em que apresenta os dados quantitativos levantados, descritos e analisados. Para evidenciar que trata-se de um estudo de caso, é necessário considerar que:

O método do estudo de caso consiste na investigação de casos isolados ou de pequenos grupos, com o propósito básico de entender fatos, fenômenos sociais. Trata-se de uma técnica utilizada em pesquisas de campo que se caracteriza por ser o estudo de uma unidade, ou seja, de um grupo social, uma família, uma instituição, uma situação específica, uma empresa, um programa, um processo, uma situação de crise, entre outros, com o objetivo de compreendê-los em seus próprios termos, ou seja, no seu próprio contexto. (MICHEL, 2009, p. 53).

Segundo Yin (2001), o estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir estudos de único caso ou de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa. No entanto, conclui-se que a melhor opção de abordagem para este trabalho é o estudo de caso, comparado com a abordagem de pesquisa-ação. Para esta comparação, a abordagem pesquisa-ação, segundo Gerhardt e Silveira (2009 apud Fonseca, 2002, p. 35):

O objeto da pesquisa-ação é uma situação social situada em conjunto e não um conjunto de variáveis isoladas que se poderiam analisar independentemente do resto. Os dados recolhidos no decurso do trabalho não têm valor significativo em si, interessando enquanto elementos de um processo de mudança social. O investigador abandona o papel de observador em proveito de uma atitude

participativa e de uma relação sujeito a sujeito com os outros parceiros. O pesquisador quando participa na ação traz consigo uma série de conhecimentos que serão o substrato para a realização da sua análise reflexiva sobre a realidade e os elementos que a integram. A reflexão sobre a prática implica em modificações no conhecimento do pesquisador.

Pode-se mencionar algumas diferenças principais entre o estudo de caso e a pesquisa-ação:

1. Estudo de caso – o pesquisador aprofunda seus conhecimentos, estimula a compreensão, esclarece o motivo pelo qual uma decisão foi tomada, como foram implementadas e quais resultados alcançados.
2. Pesquisa-ação – o pesquisador utiliza de seus conhecimentos adquiridos, requer um vasto pré-entendimento do ambiente, requer critérios próprios de qualidade para sua avaliação.

Segundo Miguel (2007), o estudo de caso é uma espécie de histórico de um fenômeno, extraído de múltiplas fontes de evidências em que qualquer fato relevante à corrente de eventos que descrevem o fenômeno é um dado potencial para análise.

Diante das principais diferenças traçadas entre o estudo de caso e a pesquisa-ação, fica evidente que para este trabalho, deve ser utilizado o estudo de caso.

Como dito, o levantamento dos dados ocorre numa empresa automobilística e os dados analisados são provenientes de três projetos distintos denominados A, B e C e que são verificados de acordo com suas especificidades, mas de modo a chegar a um consenso entre as estatísticas levantadas e analisadas com o recorte de três meses, período comum aos projetos.

Ao final do estudo, pretende-se demonstrar a redução de custos de embalagem entre os projetos analisados, demonstrando a redução de custo no projeto C, em que a inserção da ferramenta APQP aconteceu desde o início do projeto.

Para compreender o processo de concepção das embalagens, a seguir é apresentado um histórico, os conceitos e materiais que compõe este produto.

## 2. EMBALAGEM: HISTÓRICO, CONCEITO E MATERIAL

### 2.1 Histórico

Embalagens sempre estiveram presentes e acompanharam a humanidade ao longo dos tempos servindo para atender as necessidades humanas como transporte, armazenamento, guardar água em época de seca, conservar a comida depois de preparada. Percebe-se que o intuito sempre foi o de proteger o que estará contido naquele envoltório criado especificamente, ou não, para proteger o que se quer. Conforme Moura e Banzato (1990, p.1):

Vivemos num mundo de produtos embalados. Praticamente, todos os produtos vendidos são embalados, seja na sua forma final, seja nas fases intermediárias de fabricação e transporte. Nossa economia tem uma estrutura muito complexa, e a importância da embalagem dentro desse sistema está se tornando, cada vez mais significativa. Ela contribui tanto para a diminuição das perdas de produtos primários, quanto para a preservação e distribuição de produtos industrializados, a embalagem é essencial para manutenção do padrão de vida do homem moderno.

E ainda:

As embalagens apresentam uma ampla variedade de formas, modelos e materiais, e fazem parte de nossa vida diária de diversas maneiras, algumas reconhecidas conscientemente, outras de influência bem sutil, todas, porém, proporcionando benefícios que justificam a sua existência. O produto e a embalagem estão se tornando tão inter-relacionados que já não podemos considerar um sem o outro. (MOURA e BANZATO, 1990, p. 1).

Como explorador, o homem passa a desbravar territórios de adversidade climática onde não bastava mais caçar ou colher para alimentar-se imediatamente, sendo preciso armazenar e transportar.

A necessidade da embalagem começou a aparecer à medida que a vida do homem tornou-se gradativamente mais complexa; quando amadureceu a consciência de que passou a ser preciso armazenar; quando aumentou a distância entre sua moradia permanente ou semipermanente – provavelmente a caverna – e suas fontes de abastecimento; quando surgiram as primeiras divisões de trabalho, dentro do próprio núcleo familiar [...] à medida que o homem foi se especializando e tornando-se caçador, pastor, plantador de sementes, pescador, guerreiro [...] (TOGA, 1985, p. 25).

É possível mencionar que, a embalagem, ao longo da sua existência vem se tornando tão essencial ao ponto de que já não se consegue trabalhar com o foco somente no produto, pois se a embalagem não for funcional, atrativa, o produto está destinado ao desinteresse. Para Chagas e Cavalcanti (2006, p. 13):

Embalagens acompanham a humanidade desde o dia em que se descobriu a necessidade de transportar e proteger mercadorias. Em seu sentido mais amplo, cestos, samburás, ânforas, caixas, potes, odres, barris, barricas, tonéis, bolsas, surrões, jacás, balaios, baús, garrafas, tambores e bujões, bolsas e sacolas, são todos embalagens. Já houve quem apontasse a própria natureza como a inventora das embalagens, providenciando a vagem para proteger o feijão e a ervilha, palha para envolver a espiga de milho, a casca do ovo e da noz.

Os autores complementam ainda que,

O homem começou por lançar mão das folhas de plantas, do couro, do chifre e da bexiga dos animais, passou para a cerâmica, o vidro, para os tecidos e a madeira, chegou ao papel, ao papelão e a folha de flandres, até atingir a atualidade do alumínio e do plástico nas suas várias modalidades. (CHAGAS e CAVALCANTI, 2006, p. 13).

Diante disso, a necessidade de ter a embalagem adequada ao produto vem se aperfeiçoando ao longo dos tempos, as tecnologias dos materiais empregados na sua construção vão evoluindo de acordo com a necessidade ou com a descoberta de novos materiais. Segundo Moura e Banzato (1990), o panorama histórico das embalagens pode ser dividido em três fases.

A primeira fase compreende ao período que vai desde o surgimento do homem até aproximadamente 4000 a.C.. Essa fase apresenta uma época onde inicialmente as embalagens não eram confeccionadas, isto é, os primitivos usavam por exemplo, objetos oferecidos pela natureza, como chifres, peles ou bexigas de animais.

Conforme os autores, esta primeira fase surge da necessidade de transportar, guardar e conservar os alimentos para que pudessem ser consumidos posteriormente, vindo a ser definido como o início da civilização.

O homem não tinha o hábito de cultivar o solo, pois era nômade; caçava, explorava o que a área tinha para oferecer e depois se mudava, mas entre uma mudança e outra as pequenas coisas tinham que ser transportadas, principalmente a água, para isso passou a utilizar então crânios de animais, chifres ocos e grandes conchas.

Na segunda fase, os autores observam que as necessidades humanas continuavam sendo as mesmas, porém as embalagens passaram a ser mais elaboradas, como vasos

grandes com a presença de alças para facilitar o manuseio. Mais tarde surgiu a técnica de sopro para confeccionar artigos de vidro, com isso, mais importante do que apenas um facilitador de transporte, o desejo era que o recipiente evitasse derramamento e contaminação, por isso a humanidade passou a priorizar os recipientes fechados, como barris e a criação de tampas para selar.

Ainda nesta fase, que compreende deste 4000 a.C. até aproximadamente 1760 d.C., observa-se o surgimento das embalagens propriamente ditas, inicialmente usadas no intercâmbio de mercadorias entre o Egito e a Mesopotâmia, como é o caso de recipientes de argila e alabastro, um mineral ou rocha calcária pouco dura.

A mudança de fase está relacionada com a evolução da espécie, quando o homem passou a utilizar fibras vegetais para confeccionar cestos, posteriormente utilizou a argila para fazer vasos e mais tarde passou a cultivar o solo e esses utensílios serviram para armazenar e guardar os frutos da colheita.

De acordo com os autores, na terceira fase de 1760 d.C. até os tempos atuais, verifica-se a caracterização das embalagens às funções de proteção, ilustração e venda, o exemplo mais simples seria as garrafas de vidro.

Ainda de acordo com os autores, essa terceira fase diz respeito a revolução na fabricação de embalagem de vidro em larga escala, substituindo largamente o couro e as louças de barro, as inovações estavam relacionadas principalmente em melhorar a proteção de produtos por longos períodos.

A embalagem não era considerada como unidade de venda de produtos de consumo desde o princípio, no início dessa fase o foco eram os varejistas, que ainda estocavam a maioria dos alimentos em recipientes a granel.

Os consumidores levavam para casa chá, café, especiarias, arroz, feijão, açúcar, farinha, manteiga e muitos outros produtos e objetos em sacos de papel, deixando claro que a preocupação era atingir as prateleiras dos varejistas e não de fazer chegar aos consumidores.

As embalagens a granel eram melhores do ponto de vista dos produtores, visto o grande volume de produtos fabricados, no entanto, o mercado fácil e os métodos de distribuição da época ainda não se preocupavam com qualquer benefício em ter uma embalagem atraente ao consumidor.

Com a evolução das máquinas, o sistema de produção foi aperfeiçoado, bem como foi ampliada a concorrência, a consequência foi uma alta produção, com isso os produtos não mais eram consumidos na mesma velocidade, gerando uma revolução nos

compradores que passaram a se preocupar com a segurança, pois não desejavam ser envenenados por uma adulteração ou contaminação. Posteriormente, com a fabricação do produto, percebeu-se que este precisava ser bem feito e sua qualidade protegida da deterioração, conforme explicam Moura e Banzato (1990).

Até este momento, proteger e transportar ainda eram as únicas finalidades da embalagem, no entanto,

Desenvolveram-se as civilizações, veio o Mercantilismo e, com ele, a busca frenética das especiarias, as longas viagens e as grandes descobertas: A Rota do Cabo para as Índias e as Américas, um Novo Mundo, do outro lado do Mundo. Mas, a rigor, foi particularmente com a Revolução Industrial, após a invenção da máquina a vapor, que a embalagem adquiriu complexidade. Mais do que as distâncias, foi a velocidade de circulação das mercadorias que mais exigiu proteção e cuidado no transporte e na distribuição de alimentos, tecidos, máquinas, bens de uso. (TOGA, 1985, p. 25).

O progresso industrial teve seu valor e marcou época, já suas consequências neste caso foi a necessidade de se ter um controle maior de fabricação do produto e de se ter uma embalagem adequada para acondicionar e guardar, aumentando assim sua vida útil.

Após a II Grande Guerra, os supermercados concentram-se nos grandes centros urbanos e passam a exigir adaptações das embalagens, as quais permitam manter os produtos em perfeitas condições de consumo após serem transportados por distâncias maiores e estocados por períodos mais longos. (NEGRÃO, 2008, p. 26).

Surge assim a necessidade da embalagem unitária, para dar maior proteção ao produto, isso levou a criação de legislações para controlar o saneamento e pureza dos alimentos, medicamentos e cosméticos, segurança na manufatura e transporte destes no comércio.

Nesse momento a embalagem passa ser utilizada principalmente para levar o produto até o consumidor e, conseqüentemente, à marca, pois por meio dela a imagem da empresa é transferida diretamente ao consumidor, como explicam Moura e Banzato (1990).

Esses apontamentos são seguidos até os dias atuais, principalmente na indústria alimentícia e farmacêutica, onde há leis mais severas de controle em seus processos de fabricação e armazenagem.

Atualmente, a maioria dos artigos de consumo é embalada e pode-se dizer que, uma das maiores forças persuasivas para vender esses produtos é a embalagem, afirmação dada

por Moura e Banzato (1990) que é válida e vista nas campanhas promocionais de marketing que a orientam.

## 2.2 Conceitos e definições

Aqui será apresentado alguns conceitos e definições de embalagens de alguns autores, passando por pontos de vista de algumas áreas.

Para Pedelhes (2005) o conceito de embalagem é bastante amplo e variado, dependendo do foco em que está sendo analisado. Sob o ponto de vista de um profissional da área de distribuição, por exemplo, a embalagem pode ser classificada como uma forma de proteger o produto durante sua movimentação. Já para um profissional de marketing, a embalagem é muito mais que uma forma de proteger o produto, é uma forma de apresentá-lo, podendo atrair os clientes e aumentar as vendas.

De acordo com Ehsni (2008), embalagem pode ser definida como todos os produtos feitos de quaisquer materiais, de qualquer natureza a serem utilizados para conter, proteger, movimentar, entregar e preservar os bens, do produtor para o usuário ou consumidor.

A embalagem pode ser definida como sendo um conjunto de componentes, feitos a partir de um ou de vários tipos de materiais que têm como finalidade conter, proteger, manusear, identificar e preservar bens materiais, desde o fabricante até ao consumidor, como afirmam Kord e Pazirandeh (2008). Para Gourdin (2001) a visão tradicional da embalagem é que o seu foco e objetivo é proteger o produto enquanto ele está sendo transportado e armazenado.

Diante das definições expostas, é perfeitamente perceptível que a embalagem possui conceitos definidos, assim como sua real importância no meio corporativo em que está inserida, atendendo assim aos seus requisitos. Moura e Banzato (1990) descrevem o conceito de embalagem para cada área de uma empresa, que pode ser variado nos seguintes setores:

- a) Marketing: a embalagem protege, identifica e, principalmente, atrai a atenção com o intuito de vender o produto;
- b) Distribuição física: é um meio de proteger o produto na movimentação, na armazenagem e no transporte;
- c) Vendas: possui uma visão igual ao setor de marketing, ou seja, a embalagem tem a finalidade de atrair o consumidor e vender o produto;

- d) Finanças: para a área de finanças, o objetivo da embalagem é o de proteger e distribuir produtos ao menor custo possível, além de promover as vendas aumentando o lucro;
- e) Compras: a embalagem é definida a partir de um consenso dos objetivos das áreas de produção e marketing, para que o produto alcance os melhores resultados em relação à utilidade e custo mais baixos possíveis;
- f) Design: a embalagem pode ser definida como o material ou meio protetor, que permite que uma mercadoria chegue ao consumidor final em ótimas condições e, em alguns casos, garanta o seu estado de conservação e apresentação no momento de uso;
- g) Engenharia logística: é idêntica à distribuição física, pois a embalagem é caracterizada como sendo uma forma de proteger produtos durante sua movimentação, transporte e armazenagem;
- h) Jurídica: é o conjunto de ciências, artes e técnicas utilizadas na preparação das mercadorias, com o intuito de criar as melhores condições para seu transporte, armazenagem, distribuição, venda e consumo ou de assegurar de uma melhor forma que a entrega de um produto seja realizada ao menor custo possível, porém sem perder a segurança de que o produto chegue em boas condições ao destino final. Ainda leva-se em conta que a embalagem é um meio de informar características do produto, por exemplo, o grau de perigo etc;
- i) Fornecedores: embalagem é o elemento que protege, acondiciona e que vende, além de vender o que protege. Embalar não é apenas envolver o conteúdo de forma segura, mas também dosá-lo e levá-lo ao consumidor em uma unidade prática. A embalagem de um produto é considerada como a "face", o "vestuário" e, por conseguinte, todos identificam o conteúdo através dela;
- j) Produção: embalagem é quase sempre definida como a técnica de preparar as mercadorias para distribuição e pode incluir a limpeza, secagem, empacotamento, preservação, marcação e unitização. Ou, ainda, pode ser considerada como a seleção ou construção de um contêiner para a montagem de itens ou expedição e/ou pacotes no seu interior, incluindo qualquer bloqueio, escoramento ou amortecimento, à prova das condições do tempo, reforços externos necessários para a identificação do conteúdo;

- k) Engenharia de produto: é uma consequência da integração de ciência e arte, que exige conhecimentos de resistência de materiais, logística, movimentação de materiais, fluxogramas, fabricação, *design* e mercado, além de uma dose de bom senso e criatividade;
- l) Garantia da qualidade: a embalagem é um elemento que faz com que o produto chegue ao consumidor, no mesmo estado de conservação em que saiu da indústria, sem ter sofrido perda de qualidade. A embalagem é uma forma de garantir que o produto não sofra nenhum tipo de avaria em toda a movimentação, independente dos locais e distâncias percorridas e necessárias.

Para a NBR - Norma Brasileira – referência *International Organization for Standardization* - ISO 9001:2008, conforme o item 7.5.5, que rege sobre a preservação do produto, a organização deve preservar o produto durante o processamento interno e a entrega no destino pretendido, a fim de manter a conformidade com os requisitos.

Quando aplicável, a preservação deve incluir identificação, manuseio, embalagem, armazenamento e proteção. A preservação também deve ser aplicada às partes constituintes de um produto.

O conceito de embalagem é abrangente, mas para a indústria automobilística os pontos principais são: de preservação do material transportado, garantindo assim sua integridade, identificação para fácil visualização, controle e manuseio, pois será movimentada com muita frequência.

Além disso, a embalagem deve ser robusta, para suportar os impactos dos meios de transportes, empilhamento e contato com o solo, não deixando de lado a segurança do operador com a ergonomia, peso, pontos de manuseio, acabamento sem pontos cortantes, contemplando ainda a preocupação ambiental com o descarte, tipo de material empregado e uso retornável.

### **2.3 Funções da embalagem**

Segundo Moura (1997) as embalagens devem exercer quatro funções básicas: contenção do produto, proteção dos materiais embalados, comunicação e utilidade. Contenção do produto refere-se ao envoltório onde a peça irá ficar contida, armazenada, podendo ser uma caixa de papelão, caixa plástica ou metálico, sendo a embalagem externa.

A proteção dos materiais está ligada diretamente à contenção do produto, pois de acordo com o tipo de peça que será acondicionada, utilizará um determinado tipo de embalagem que melhor se adapta e que deverá proteger seu conteúdo de avarias durante as operações logísticas, movimentação de transporte e armazenagem.

A comunicação não necessariamente precisa ser realizada por uma etiqueta com várias informações, sendo fixada em uma determinada posição da embalagem para melhor visualização, pode ser através de código de cores, para saber qual item está acondicionado na embalagem, ou através de serigrafia com o próprio código da peça na embalagem, outra informação importante para a logística são os símbolos de quantidade máxima de empilhamento e peso total.

As funções descritas acima não precisam estar todas numa mesma embalagem, podem ser utilizadas separadamente, como por exemplo uma peça robusta, em que se pode utilizar como contenção uma caixa de madeira, com o objetivo principal de movimentação e não de proteção do material, tendo como comunicação somente seu código, com isso se define o que seria a função de utilidade.

Para Negrão (2008) o formato da embalagem deve prever a manipulação do produto, ou seja, os aspectos ergonômicos e funcionais. É importante que a forma do envase favoreça a utilização de seu conteúdo, preservando as características químicas e físicas durante o uso continuado.

Com isso, é possível dizer que existe uma quinta função, a de manipulação, que se refere à movimentação e o fácil acesso ao conteúdo dentro da embalagem.

## **2.4 Objetivos da embalagem**

Para Moura (1997) há alguns objetivos ao utilizar uma embalagem como facilidade no manuseio, estocagem e transporte, isso representa que as embalagens devem ter pontos de pega e alças para facilitar seu deslocamento manual ou através de dispositivos, possuir aberturas para equipamentos como empilhadeira, paleteira (similar a anterior, porém manual), ponto de travamento para que se possa empilhar e ser acondicionado em porta pallet, que são estruturas metálicas com divisões para verticalizar a armazenagem, no caso do estoque ou no transporte.

Outros objetivos são a preservação do produto na armazenagem, transporte e ponto de uso, para que isso seja possível, a embalagem deverá ter resistência para suportar empilhamento, vibrações, choques durante o transporte, apresentar um bom

acondicionamento interno da peça, podendo apresentar divisórias ou ser uma embalagem individual, para que, ao chegar ao destino final, não tenha avarias no produto embalado.

Deve haver uma grande interação entre as qualidades técnica, ergonômica e estética do produto e sempre que possível devem ser solucionadas de forma integrada e não é somente o manuseio ou estocagem da embalagem que devem ser pensados, há o aspecto da ergonomia, a qualidade do produto, devendo esses aspectos andarem sempre juntos (Iida, (1990).

## 2.5 Características

Conforme Moura e Banzato (1990) os requisitos que preenchem as características mais empregadas para as embalagens são os que se destinam a possibilitar uma melhor acomodação do produto, ser mais leve e resistente possível; essa resistência deve ser a choques e vibrações, possuir uma fácil identificação do que se encontra acondicionado, possibilitar movimentação manual, tendo sua distribuição de peso uniforme e de acordo com o limite permitido ou através de equipamentos, onde as alças auxiliam no trabalho operacional.

Para a indústria essas são as principais características que uma embalagem pode apresentar, pois serão as mesmas que garantirão a integridade do produto que será acondicionado, podendo ser descartável ou retornável. Segundo Moura (1998), a embalagem descartável ou não retornável geralmente é construída em madeira, papelão ondulado, plástico, sacos multifolhados de papel, tambores de fibra, entre outros.

De uma forma geral, o *design* da embalagem tem influência nos custos, transporte, armazenamento, manuseio e também após a sua utilização na recolha e reciclagem, como explica Chan (2007).

No entendimento de Nhan *et al.* (2003) atualmente a utilização de embalagens retornáveis é uma tendência praticada por diversas empresas no mundo. Estas embalagens, também conhecidas por embalagens de múltiplas viagens, têm por característica retornar diversas vezes, proporcionando um uso prolongado e contínuo. Esta condição consegue reduzir alguns desperdícios como, por exemplo, os riscos ao meio ambiente pela reutilização e reciclagem de materiais para confecção de novas embalagens.

Segundo Leite (2003) três aspectos que devem ser considerados em decisões sobre embalagens: (i) os sistemas de produção de alta velocidade de resposta (*just-in-time*), nos quais há a exigência de rápida alimentação das linhas de montagem, alta frequência de

entregas e tempos de atravessamento curtos favorecem o uso de embalagens retornáveis; (ii) a crescente consciência ecológica empresarial pelo impacto de seus produtos, embalagens e acessórios no meio ambiente; e (iii) o desenvolvimento de empresas prestadoras de serviço de locação de embalagens e acessórios, que permitem reduções de custo aos utilizadores.

As colocações dão uma ideia ou servem de base para direcionar a escolha da melhor embalagem, bem como se esta será descartável ou retornável, porém o que decidirá é o produto que nela será transportado. A etiqueta, por exemplo, que traz as informações sobre o produto e a embalagem pode explicitar se a embalagem é retornável ou se é descartável.

Um exemplo de embalagem usada na indústria automobilística é o cinto de segurança que utiliza como embalagem a caixa plástica retornável; o volume transportado da peça na embalagem é reduzido, visto que é um item de segurança do veículo, se utilizasse embalagem descartável o custo seria muito alto, por se tratar de uma embalagem cuja característica principal é a de garantir a integridade da peça.

Para que a indústria automobilística considere uma embalagem como boa, esta terá de criar um impacto positivo no manuseio dos materiais correspondentes ao seu conteúdo. Uma embalagem torna-se um mau exemplo quando, sua dimensão é excessivamente grande e acaba por causar problemas na movimentação do produto.

Se uma embalagem não for corretamente concebida, pode reduzir a eficiência dos sistemas logísticos. A capacidade de dispor informação é também uma grande vantagem, pois sua disponibilidade permite aos operadores de armazém realizar mais facilmente tarefas de localização e quantificação, conforme explicam Hassel e Tobias (2006).

## **2.6 Embalagens na Indústria Automobilística**

No setor automobilístico, as embalagens possuem um papel fundamental para a minimização de custos gerais, de transporte, padronização da quantidade, eliminação de recebimento de lotes quebrados, ou seja, a embalagem pode além de facilitar o manuseio, a organização e o empilhamento, contribuir para a segurança do trabalhador, com o meio ambiente e ainda reduzir custos para a empresa.

Outro fator importante é a garantia de receber as peças na fábrica com qualidade, visto que este transporte, em sua maioria, é realizado por meio rodoviário. Uma vez

recebidas, as peças defeituosas causam prejuízo e até mesmo podem provocar uma parada na linha de produção, o que gera despesas extras para a empresa.

Cardoso (2000) explica que as embalagens são de extrema importância no gerenciamento logístico. O novo conceito de armazenamento de material está totalmente ligado à embalagem do item, uma vez que o tipo de embalagem é que conduz a velocidade de deslocamento do item até o abastecimento da produção.

Cada peça a ser fornecida deve ter a embalagem definida. Esta definição traz muitos ganhos às empresas que a aplicam, tanto aos clientes quanto aos fornecedores. Com isso, é possível ter ganhos como os descritos abaixo:

Melhor apresentação do produto: isso é possível tanto externamente, com padrões de caixas ou mesmo que elas se encaixem para um acondicionamento perfeito e internamente, para uma melhor ergonomia de retirada, não estando uma peça sobre a outra.

Redução do tempo de descarregamento e demais movimentações: possibilita o apanhe de maior quantidade de embalagens em um único movimento.

Melhor acomodação de carga no transporte: isso se deve à padronização de dimensões das embalagens em que, se adequadas às características dos veículos que compõem a frota, pode-se também ganhar em volume transportado.

Possibilita maior agilidade e precisão na conferência da carga: isso é possível devido ao posicionamento do material ou o seu modo de agrupamento ser feito de forma ordenada, propiciando a gestão visual.

Para a indústria automobilística compor e finalizar a montagem do produto final se faz necessário a movimentação, tanto interna (produção), como externa (transporte), de um grande número de peças e, respectivamente, das suas embalagens.

Com isso, para toda a cadeia de fornecedores e prestadores de transporte, a definição adequada da embalagem para cada peça evita inúmeros transtornos e custos ao longo do tempo de permanência de fornecimento.

## **2.7 Material da Embalagem utilizado na Indústria Automobilística**

De acordo com Mano (1991) os materiais de engenharia estão classificados em dois grandes grupos: os clássicos ou tradicionais e os não-clássicos, mais modernos. Materiais clássicos abrangem o grupo de madeiras, cerâmicas, vidros e metais. Os não-clássicos são os polímeros (plásticos maleáveis), material mais recente do final da década de 1920, que vem se tornando amplamente conhecido e utilizado atualmente.

Neste trabalho será apresentado como opção de utilização de embalagem para a indústria automobilística a madeira, o papel ondulado e as ligas metálicas, como materiais clássicos; e o polímero, como não-clássico. Esses materiais foram selecionados para esse estudo, pois apresentam maior recorrência nas embalagens utilizadas na indústria automobilística.

### 2.7.1 Madeira

De acordo com Moura e Banzato (1990) a madeira, durante séculos, tem sido o material tradicional para embalagens. No entanto, devido à devastação das matas e ao aparecimento de materiais concorrentes, como o plástico, além da derivação em papelão ondulado, ela perdeu terreno.

Com a conscientização ambiental, a escassez de alto volume e de local em que se tinha fácil acesso para se extrair a madeira, e o longo período entre o plantio e o corte, foi necessário procurar outras fontes para suprir essa necessidade, levando a modernização do processo produtivo do papel ondulado e o desenvolvimento do plástico.

Contudo, a madeira tem boa empregabilidade, resistência ao choque, dificilmente racha quando pregada, aceita marcação para identificação, é utilizada para confecção de pallets, engradados, tonéis, caixas, além de outros tipos específicos de embalagem, conforme mostra a figura 1 que acondiciona escapamentos.

**Figura 1:** Embalagem de Madeira



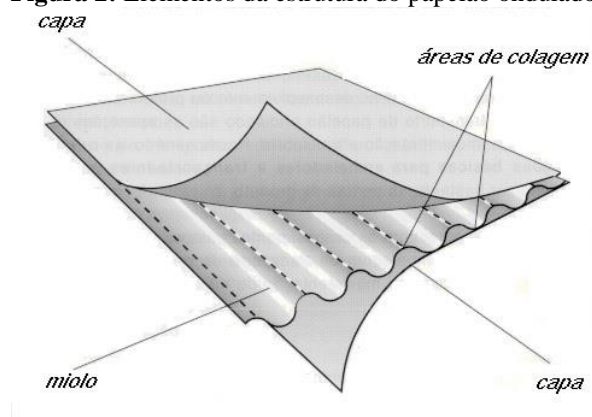
Fonte: Autor da pesquisa.

## 2.7.2 Papelão ondulado

Para Moura e Banzato (1990) a embalagem de transporte mais comumente usada é a de papelão ondulado, isso se deve ao fato de ser um material versátil, que aceita qualquer forma e tamanho, de fácil processamento, um dos mais econômicos e, isto se deve ao processo de reciclagem em que se reutiliza papéis já utilizados em sua composição, tendo associado um baixo peso e, com isso, sendo amplamente aplicado na indústria.

De acordo com a ABPO - Associação Brasileira de Papelão Ondulado, o papelão ondulado é uma estrutura formada por um ou mais elementos ondulados, chamados de miolo, fixados a um ou mais elementos planos, chamados de capa, por meio de adesivo aplicado no topo das ondas, conforme ilustra a figura 2.

**Figura 2:** Elementos da estrutura do papelão ondulado



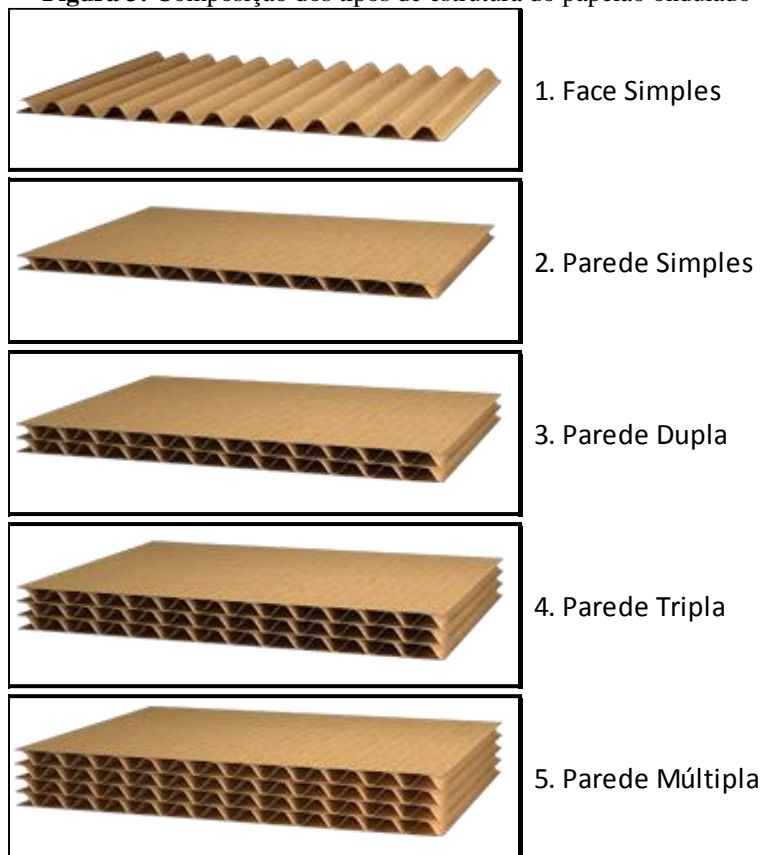
Fonte: ABPO. (2014)

A ABPO adota as diferentes estruturas do papelão ondulado, de acordo com a ABNT NBR 5985 de 1962, substituída pela ABNT NBR 5985, de 1983, substituída posteriormente pela ABNT NBR 5985, de 2008, sendo esta última válida atualmente.

A definição dessa estrutura influi principalmente na proteção e absorção a choques, na maior resistência ao esmagamento ou compressão entre extremidades topo-base, dificuldade de dobrar ou vincar, bem como maior resistência à punção e ao rasgo.

De acordo com a ABNT NBR 5985, as estruturas do papelão ondulado podem ter as seguintes composições de faces conforme figura 3 abaixo:

**Figura 3:** Composição dos tipos de estrutura do papelão ondulado



Fonte: ABPO. (2014)

1. Face simples: estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado em um elemento plano (capa).

2. Parede simples: estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado, em ambos os lados a elementos planos (capas).

3. Parede dupla: estrutura formada por três elementos planos (capas), colados a dois elementos ondulados (miolos) intercalados.

4. Parede tripla: estrutura formada por quatro elementos (capas) colados a três elementos ondulados (miolos) intercalados.

5. Parede múltipla: estrutura formada por cinco ou mais elementos planos (capas) colados a quatro ou mais elementos ondulados (miolos) intercalados.

As características físicas do produto a ser acondicionado determinam na maioria das vezes, o tipo de papel ondulado ou papelão a ser usado, bem como, se tiver as especificações das condições logísticas de movimentação, armazenagem e transporte, influenciando diretamente na escolha de qual a melhor opção para o bom desempenho da embalagem de papelão ondulado. A figura 4 mostra como o papel ondulado pode ser utilizado enquanto embalagem na indústria automobilística transportando alternadores.

**Figura 4:** Embalagem de papel ondulado ou papelão



Fonte: Autor da pesquisa.

### **2.7.3 Liga metálica**

Outro tipo muito utilizado para embalagens é a lata de folha de flandres (chapa de aço laminado à frio de espessura bem fina) que caracteriza-se por resistir a altas temperaturas, o que permite, conforme Moura e Banzato (1990) a esterilização do produto e sua conservação a vácuo.

O formato cilíndrico com extremidade plana é o mais empregado, pelas facilidades de manuseio, melhor resistência à pressão e fabricação, enchimento, fechamento e rotulagem mais eficientes. Oferecem a vantagem de resistência a golpes, corrosão e impermeabilidade, além de fechamento hermético, tendo maior uso na indústria alimentícia.

Para a cadeia de produtos não alimentícios, o problema encontrado é a não resistência aos ácidos, sendo convenientes para embalagem de produtos não-agressivos, como tintas, óleos vegetais e combustíveis, graxas, ceras, produtos de beleza, talco, pós diversos e vários produtos secos.

A folha-de-flandres pode ser dobrada e estampada, sem risco de ruptura, devido a ductilidade (capacidade dos materiais de se deformarem sem se romperem) da folha de aço doce. A resistência é alta e apresenta uma grande variedade de têmperas (dureza).

Estas qualidades, ligadas ao baixo custo, alta resistência, impermeabilidade e resistência ao calor, fizeram da folha-de-flandres um dos materiais mais utilizados nas indústrias de embalagem, formando embalagens das mais variadas, tais como latas, tubos,

potes, caixas, tampas, conforme ilustra a figura 5 que armazena resina para uso na estamperia.

**Figura 5:** Embalagem de folha de flandres



Fonte: Autor da pesquisa.

#### **2.7.4 Polímero**

Para Blass (1988) materiais plásticos são materiais artificiais, geralmente de origem orgânica sintética, que em algum estágio de sua fabricação adquiriram condição plástica, ou seja, capacidade de ser moldado, geralmente com a ajuda de calor e pressão ou muitas vezes, com o emprego de moldes.

A matéria prima aplicada no processo de fabricação dos materiais artificiais é de origem orgânica simples, a partir de processos químicos, sínteses, reações e misturas se tornam materiais orgânicos sintéticos, como resina ou blenda (uma mistura de polímeros), sendo a constituição básica dos materiais plásticos.

Para a fabricação do plástico é preciso atingir algumas condições definidas, para que possa amolecer e escoar o material, adquirindo assim características de moldabilidade, podendo ser realizado através de um desses processos industriais: extrusão, injeção, sopro e moldagem.

Os materiais fabricados através desses processos industriais podem ser sacos plásticos, chapas de polionda, caixas plásticas, que são amplamente aplicadas em toda a cadeia produtiva como embalagem, pois são materiais leves, aceitam as mais variadas geometrias de produção, são imunes à oxidação, apodrecimento ou corrosão e aceitam pigmentação.

Por outro lado, esses materiais não são muito resistentes, riscam fácil, ressecam se expostos ao ambiente externo, diante disso pode ocorrer a quebra, ou racha, sendo que, nesse caso, a substituição é o mais recomendado. Na figura 6, exemplo desse tipo de embalagem que transporta chicote elétrico.

**Figura 6:** Embalagem caixa plástica



Fonte: Autor da pesquisa.

## 2.8 Aplicação da Embalagem na Indústria Automobilística

As embalagens são amplamente utilizadas em todas as etapas dos processos nas indústrias automobilísticas, tendo duas tratativas, uma descartável após utilização final, e a segunda retornável, está tendo o ciclo se repetindo até o final de sua vida útil.

Após o levantamento realizado sobre os tipos de materiais mais utilizados para embalagens no setor da indústria automobilística e sua cadeia, será apresentado a seguir, alguns trabalhos em que houve a sua aplicação.

De Lima Nunes *et al.* (2014) apresentam a substituição de embalagens descartáveis, papelão e madeira por embalagens reutilizáveis de polímeros no fluxo internacional de materiais em uma indústria de autopeças no Mercosul.

As mudanças apresentadas pelos pesquisadores se deram devido aos problemas ergonômicos de funcionários, riscos de qualidade das peças no manuseio, geração de resíduos para o meio ambiente, baixo número de peças por volume, maior ocupação de espaço para armazenagem, perdas de embalagens e peças por avarias na movimentação, maior número de movimentações entre almoxarifado e produção.

O trabalho realizado por Peixoto *et al.* (2010) propôs de que forma o processo de logística reversa permite agregar valor, de acordo com o tripé; econômico, ecológico e

logístico, às empresas multinacionais do setor automobilístico situadas na microrregião do sul de Minas Gerais.

A pesquisa demonstra que as empresas que passaram a fazer o uso desse tripé e em utilizar as embalagens retornáveis como ligas metálicas e polímeros conseguem um valor agregado significativo em seu processo logístico.

O trabalho realizado por Pereira (2010) apresenta a utilização da madeira, papelão, ligas metálicas e polímeros em diferentes tipos dos sistemas logísticos como descarte, reciclagem e recuperação, com o foco na logística reversa.

A pesquisa indica que, se a maioria das empresas tivessem uma política de aproveitamento dos materiais utilizados como embalagens em sua logística, estas poderiam ter o custo reduzido e até mesmo gerar e ter algum retorno financeiro.

Adlmaier e Sellitto (2007) apresentam a substituição de embalagem descartável de papelão por embalagem reutilizável de polímeros no transporte internacional de peças para motores a diesel como uma estratégia economicamente viável.

O que se pode verificar de acordo com as pesquisas citadas é que, as mudanças a partir dos estudos ocorreram devido aos problemas com resíduos, melhor aproveitamento do contêiner e com isso o aumento na capacidade de transporte, redução no custo da embalagem por viagem, reciclagem das embalagens danificadas ou em fase final da sua vida útil.

Desse modo, fica evidente que a utilização ou a troca do tipo da embalagem está cada vez mais associada a logística reversa, com a preocupação do meio ambiente, melhor aproveitamento de espaço e perdas por avarias no manuseio.

As pesquisas ainda demonstram que, para o setor automobilístico, tanto no transporte nacional como internacional a utilização de embalagens retornáveis representam ganhos e evitam prejuízos ao longo da vida útil da peça.

Através das pesquisas, é possível observar a crescente preocupação da indústria automobilística com relação às embalagens. Diante disso, esse trabalho segue explicitando no próximo capítulo, a utilização da ferramenta APQP para o acompanhamento da fabricação da peça, passando por um breve histórico, as fases, o levantamento das necessidades, a confecção do protótipo, até a chegada ao produto final e sua entrega.

### **3. ADVANCED PRODUCT QUALITY PLANNING (PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO) - APQP**

#### **3.1 Panorama**

O APQP é uma ferramenta de acompanhamento para o desenvolvimento de peças junto aos fornecedores, ela visa redução de custos, melhoria da qualidade final do produto, acompanhamento dos relatórios do produto, para que haja maior controle durante o processo de desenvolvimento da peça, sempre com o intuito de melhorar a qualidade e reduzir custos.

Conforme a tradução livre feita a partir do manual da APQP, o mesmo informa que este é um manual de referência em formato de declaração, que foi sancionado por uma força tarefa realizada entre as indústrias automotivas americanas: Chrysler, Ford e General Motors, para o desenvolvimento do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP), bem como do plano de controle e requisitos de qualidade exigidos aos fornecedores.

O papel dessa força tarefa foi no sentido de padronizar os manuais de referência, procedimentos, formatos de relatórios e nomenclaturas técnicas utilizadas pela Chrysler, Ford e General Motors em seus respectivos sistemas de qualidade do fornecedor.

Assim, este manual foi aprovado e apoiado por essas empresas, que repassaram a seus fornecedores as normas estabelecidas na aplicação de técnicas APQP e que deveriam ser utilizadas em seus processos de concepção/fabricação.

No passado, Chrysler, Ford e General Motors, cada uma em separado, tinha suas próprias diretrizes e formatos para garantir o cumprimento do APQP pelo fornecedor.

As diferenças entre estas diretrizes e formatos resultou em demandas adicionais sobre os recursos dos fornecedores. Para melhorar esta situação, as três indústrias se uniram e concordaram em desenvolver e distribuir este manual.

O manual elaborado fornece diretrizes gerais para a elaboração de planos e listas de verificação, para garantir que o Planejamento Avançado da Qualidade do Produto seja na realidade utilizado pelo fornecedor.

O manual não dá instruções específicas sobre como chegar em cada APQP ou entrada no plano de controle, ele deixa a cargo de cada equipe de revisão encontrar a melhor forma de realizar a tarefa do componente.

Embora essas diretrizes se destinem a cobrir todas as situações que ocorrem normalmente no planejamento inicial da peça, na fase de *design* ou no processo de análise, sempre há perguntas que surgem.

De acordo com a tradução livre de Chrysler *et al.* (1995) o objetivo do manual é comunicar aos fornecedores (internos e externos) e subcontratados, um Planejamento de Produto de Qualidade e diretrizes do Plano de Controle.

A título de informação, cabe observar que o termo produto utilizado no manual diz respeito ao produto ou serviço prestado. O termo fornecedor também é usado para se referir aos fornecedores diretos e aos subcontratados.

Com a adoção da ferramenta APQP, as três empresas objetivavam a redução na complexidade do planejamento de qualidade do produto para os clientes e fornecedores; um modo para que os fornecedores se comunicassem facilmente no que diz respeito ao planejamento da qualidade do produto para os subcontratantes, com o objetivo de ajudar a equipe de Planejamento da Qualidade do Produto no desenvolvimento das formas de comunicação apropriadas, para apoiar, atender aos requisitos dos clientes, necessidades e expectativas.

O manual considera que as palavras: *deverá*, *irá* e *tem de*, indicam requisitos obrigatórios. A palavra "*deverá*" indica uma abordagem preferida e explica que, os fornecedores que escolhem outras abordagens devem ser capazes de demonstrar que a abordagem escolhida segue as normas do manual em questão.

As palavras "*típicos*" e "*exemplos*" são usadas como uma alternativa adequada para o produto ou processo que deve ser escolhido.

O manual estabelece um ciclo de planejamento da qualidade que possui várias fases sequenciadas, para representar um calendário previsto para execução das funções descritas. O objetivo do Ciclo de Qualidade do produto é enfatizar:

- a) Planejamento para frente: os três primeiros trimestres do ciclo de produção são dedicados ao planejamento prévio e a qualidade do produto, por meio da validação do produto/processo;
- b) O ato de implementação: no quarto trimestre da produção ocorre a fase em que é avaliado o resultado da produção, medido pela satisfação do cliente e pela busca da melhoria contínua.

Em linhas gerais, o planejamento da qualidade do produto pode ser ilustrado como um ciclo que busca incessantemente a melhoria contínua, melhoria esta que pode ser

alcançada tendo a experiência de um programa de produção, para assim aplicar esse conhecimento adquirido nos próximos programas.

### **3.2 Fundamentos do planejamento da qualidade do produto**

O manual da APQP apresenta uma sequência lógica de análise para as práticas do trabalho, ferramentas e técnicas para torná-lo fácil de seguir. No entanto, cada plano de qualidade do produto é único, o momento atual e sequência de execução dependem das necessidades, expectativas e/ou outras questões práticas do cliente.

O que se pode considerar é que quanto mais cedo a prática de trabalho, ferramenta e/ou técnica analítica for implementada, poderá ocasionar em redução de custos, material e tempo de trabalho.

No entanto, o planejamento eficaz da qualidade do produto depende de comprometimento da alta direção da empresa, para que o esforço seja disseminado a toda cadeia produtiva a fim de alcançar a satisfação do cliente.

Alguns dos benefícios do planejamento da qualidade do produto são: direcionar os recursos para satisfazer o cliente, promover a identificação precoce de alterações necessárias, evitar alterações de última hora e fornecer um produto de qualidade no tempo adequado e com o menor custo.

A seguir estão os estágios apresentados como orientação para o desenvolvimento dessa ferramenta de acordo com o manual.

#### **3.2.1 Estágio 1 – Plano e definição do programa**

Este estágio Chrysler *et al.* (1995, p. 14) descrevem como determinar as necessidades e expectativas dos clientes a fim de planejar e definir um programa de qualidade.

O trabalho deve ser feito com o cliente em mente, oferecendo produtos e serviços melhores do que a concorrência. Na fase inicial do processo de planejamento da qualidade do produto é realizada uma projeção para assegurar que as necessidades dos clientes e as expectativas sejam claramente compreendidas, desde a concepção do produto até a entrega ao cliente.

As entradas e saídas do produto para os processos aplicáveis podem variar de acordo com o processo do produto e as necessidades e expectativas dos clientes. Algumas recomendações quanto às entradas são:

1. Voz do Cliente:
  - a) Pesquisa de Mercado;
  - b) Garantia, histórico e qualidade da informação;
  - c) *Team Experience*.
2. Estratégia e Plano de Negócios/Marketing.
3. Dados do Produto/Processo de Referência.
4. Hipóteses Relacionadas ao Produto/Processo.
5. Estudos de Confiabilidade do Produto.
6. Entradas de Clientes.

Quanto às saídas do produto (espera-se que se tornem insumos para o estágio 2) são:

1. Metas do Projeto.
2. Confiabilidade, Qualidade, Objetivos Cumpridos.
3. Lista Preliminar de Materiais.
4. Fluxo Preliminar do Processo Gráfico.
5. Listagem Preliminar do Produto e Características do Processo.
6. Plano de Garantia de Produtos.
7. Apoio à Gestão.

### **3.2.2 Estágio 2 – *Design* e desenvolvimento**

Nesta etapa Chrysler *et al.* (1995) descrevem os elementos do processo de planejamento, durante o qual os recursos de *design* e características são desenvolvidos em uma forma próxima ao que se espera como resultado final.

A equipe de Planejamento da Qualidade do Produto deve considerar todos os fatores de *design* no processo de planejamento, mesmo que o projeto seja de propriedade do cliente ou compartilhado.

As etapas incluem um protótipo de construção para verificar se o produto ou serviço atende aos objetivos da voz do cliente.

Um projeto viável deve permitir atender volumes de produção e programações e ser coerente com a capacidade para atender aos requisitos de engenharia, juntamente com

objetivos de qualidade, confiabilidade, custos de investimento, peso, custo unitário e de cronometragem.

Embora os estudos de viabilidade e planos de controle sejam principalmente baseados em desenhos de engenharia e requisitos de especificação, trazem informações valiosas que podem ser obtidas a partir das ferramentas analíticas descritas nesta etapa e utilizadas para definir e priorizar as características que podem precisar a concepção do produto final, seus controles e processo.

Nesta etapa, o APQP é projetado para assegurar uma revisão abrangente e crítica dos requisitos de engenharia e outras informações técnicas relacionadas.

Nesta fase do processo, uma análise preliminar de viabilidade é realizada para avaliar os potenciais problemas que poderiam ocorrer durante a fabricação.

Ainda de acordo com Chrysler *et al.* (1995) as entradas e saídas aplicáveis a esta etapa são as seguintes:

Entradas (derivadas das saídas da etapa 1):

1. *Design*, Metas.
2. Confiabilidade, Qualidade e Cumprimento dos Objetivos.
3. Lista Preliminar de Materiais.
4. Fluxo Preliminar do Processo Gráfico.
5. Listagem Preliminar do Produto e Características do Processo.
6. Plano de Garantia de Produtos.
7. Apoio à Gestão.

Saídas de projeto: atividade responsável (tornem-se insumos para a etapa 3.0):

1. Projeto Modo de Falha e Análise de Efeitos (DFMEA).
2. *Design* para a Manufatura e Montagem.
3. Verificação de Projeto.
4. Projeto e Comentários.
5. Protótipo e Construção - Plano de Controle.
6. Desenhos de Engenharia (incluindo dados de matemática).
7. Especificações de Engenharia.
8. Especificações de Materiais.
9. Desenho e Mudanças de Especificação.

Saídas de Qualidade do Produto e Planejamento da Equipe (tornam-se entradas para a etapa 3.0):

1. Novos Equipamentos, Ferramentas e Requisitos de Instalações.

2. Produto e Processo: Características Especiais.
3. Requisitos Medidores/Equipamentos de Teste.
4. Equipe de Viabilidade Compromisso e Apoio à Gestão.

### **3.2.3 Estágio 3 – Processo de desenvolvimento e projeto**

Nesta etapa, Chrysler *et al.* (1995) discutem as principais características do desenvolvimento de um sistema de produção e, os seus planos de controle relacionados para conseguir produtos de qualidade.

As tarefas realizadas nesta etapa do processo de planejamento da qualidade do produto dependem da conclusão bem sucedida das etapas anteriores, contidas nas duas primeiras etapas.

O próximo passo é projetado para garantir o desenvolvimento integral de um sistema de produção eficiente. O sistema de produção deve assegurar que os requisitos do cliente, necessidades e expectativas sejam atendidos.

As entradas e saídas aplicáveis para o passo do processo nesta etapa são as seguintes:

Entradas (derivadas das saídas da etapa 2.0.):

1. Projeto Modo de Falha e Análise de Efeitos (DFMEA).
2. Design para a Manufatura e Montagem.
3. Verificação de Projeto.
4. Projeto e Comentários.
5. Protótipo Construção - Plano de Controle.
6. Desenhos de Engenharia (incluindo dados matemáticos).
7. Especificações de Engenharia.
8. Especificações de Materiais.
9. Desenho e mudanças de especificação.
10. Novos Equipamentos, Ferramentas e Requisitos de Instalações.
11. Produto e Processo, Características Especiais.
12. Requisitos Medidores/Equipamentos de Teste.
13. Equipe de Viabilidade, Compromisso e Apoio à Gestão.

Saídas (tornem-se insumos para a etapa 4.0.):

1. Padrões de Empacotamento.
2. Revisão do Sistema Qualidade do Produto/Processo.

3. Fluxo de Processo Gráfico.
4. Layout de Planta.
5. Características Matriz.
6. Processo de Modo de Falha e Análise de Efeitos (PFMEA).
7. Plano de Controle de Pré-Lançamento.
8. Instruções de Processo.
9. Plano de Análise de Sistemas de Medição.
10. Plano de Capacidade de Estudo do Processo Preliminar.
11. Especificações da Embalagem.
12. Apoio à Gestão.

### **3.2.4 Estágio 4 – Produto e processo de validação**

Nesta etapa, Chrysler *et al.* (1995) discutem as principais características para validar o processo de fabricação de uma peça/embalagem, através de uma avaliação de um teste de produção.

Durante um teste de produção, a Equipe de Planejamento da Qualidade do Produto deve validar esse processo para que o plano de controle e processo contemplados no fluxograma seja seguido, para que os produtos atendam aos requisitos do cliente.

Preocupações adicionais devem ser identificadas para investigação e resolução antes de ocorrida a produção regular. As entradas e saídas aplicáveis para essas etapas do processo são:

Entradas (derivadas das saídas da etapa 3.0.):

1. Padrões de Empacotamento.
2. Revisão do Sistema Qualidade do Produto/Processo.
3. Fluxo de Processo Gráfico.
4. Layout de Planta.
5. Características Matriz.
6. Processo de Modo de Falha e Análise de Efeitos (PFMEA).
7. Plano de Controle Pré-Lançamento.
8. Instruções de Processo.
9. Plano de Análise de Sistemas de Medição.
10. Plano de Capacidade de Estudo do Processo Preliminar.
11. Especificações da Embalagem.

## 12. Apoio à Gestão.

Saídas (tornem-se insumos para a etapa 5.0):

1. Produção Teste-Corrída.
2. Avaliação de Sistemas de Medição.
3. Processo Preliminar - Capacidade Estudo.
4. Aprovação de Peça de Produção.
5. Teste de Validação de Produção.
6. Avaliação de Embalagem.
7. Plano de Controle de Produção.
8. Planejamento da Qualidade Fora de Sinal e de Apoio à Gestão.

### **3.2.5 Estágio 5 – *Feedback*, avaliação e ação corretiva**

O planejamento da qualidade não termina com a validação e instalação do processo. É a fase de fabricação do componente em que a produção pode ser avaliada, quando todas as causas especiais e comuns de variação estarão presentes. Este é também o momento de avaliar a eficácia do esforço de planejamento da qualidade do produto.

O Plano de Controle de Produção é a base para a avaliação do produto ou serviço nesta fase. É obrigação dos fornecedores atender às exigências dos clientes sobre todas as características requeridas. Características especiais devem satisfazer os índices especificados pelo cliente (CHRYSLER, 1995).

As entradas e saídas aplicáveis para o passo do processo nesta etapa são:

Entradas (derivadas das saídas da etapa 4.0.):

1. Produção Teste Corrída.
2. Avaliação de Sistemas de Medição.
3. Processo Preliminar Capacidade Estudo.
4. Aprovação de Peça de Produção.
5. Teste de Validação de Produção.
6. Avaliação de Embalagem.
7. Plano de Controle de Produção.
8. Planejamento da Qualidade Fora de Sinal e de Apoio à Gestão.

Saídas:

1. Variação Reduzida.
2. Satisfação do Cliente.

### 3. Entrega e Serviço.

Como exposto, verifica-se que o APQP tem como função realizar ou direcionar sua utilização para o desenvolvimento do produto ou serviço, demonstrando suas etapas com as tarefas que cabem a cada fase para que se tenha um resultado positivo.

### 3.3 Colocações sobre o APQP

O APQP para alguns autores, representa muitas vantagens de competitividade, melhora de resultados, estabelece etapas e responsabilidades definidas, visando a redução de custo, prazo e possíveis problemas de desenvolvimento e de qualidade do produto.

Para Torres Jr. e Miyake (2002) o APQP proporciona muitas vantagens, a principal compreende a identificação dos riscos inerentes às etapas de desenvolvimento, que por sua vez garante o desenvolvimento dentro do prazo, evitando assim custos e contratempos, além de manter a metodologia clara a todos os envolvidos.

Diante disso, ao mencionar que tempo é dinheiro, dinheiro é desenvolvimento, desenvolvimento é vantagem competitiva, vantagem competitiva é uma metodologia, metodologia é uma ferramenta, ferramenta é tudo aquilo que se faz aplicado à pesquisa, que deve ser clara e envolver a todos, assim como propõe o APQP.

Sobre o APQP, Pimenta (2009) salienta ser uma nova forma de gestão, em que se utilizam todas as ferramentas da qualidade, proporcionando uma análise detalhada das fases de compatibilidade do processo para fabricação de determinado produto, propiciando uma comunicação entre as áreas e pessoas das equipes. Isso faz com que todo o planejamento seja cumprido dentro do prazo determinado, bem como garante a qualidade esperada.

Cheng et al. (1995) expressa que isto deve proporcionar uma melhora de resultados nas mais diferentes esferas da sociedade, seja resultado positivo em quem consome ou participa deste processo produtivo, ou dentro da organização que aplica tais procedimentos.

Essa melhoria e os resultados positivos podem ser percebidos pelas organizações que fazem a utilização do APQP, desde a coleta de dados junto à sociedade, passando por todas as etapas, até a previsão de descontinuidade do produto.

Para Kaminski (2000) todas as etapas de desenvolvimento passam por estudo de viabilidade técnica, projeto básico, projeto executivo, planejamento da produção e execução, planejamento da disposição ao cliente, planejamento conceitual, planejamento do consumo ou utilização do produto e planejamento do abandono do produto.

Segundo este pesquisador, cada etapa requer um planejamento com entradas e saídas de dados, informações que serão usadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento do produto.

Já para Rozenfeld et al. (2006) o desenvolvimento do produto é dividido em três etapas. A primeira é o pré-desenvolvimento, que se constitui no planejamento estratégico do produto. A segunda etapa é o desenvolvimento, que abrange o planejamento do projeto, o projeto informacional, o projeto conceitual, o projeto detalhado, a preparação da produção e o lançamento do produto. A terceira etapa é o pós-desenvolvimento, que se caracteriza pelo acompanhamento do produto e processo, finalizado pela descontinuidade do produto.

Pode-se dizer que, independente de quantas etapas o processo de desenvolvimento possa ser dividido entre a sua concepção até o produto final, o nível de informação, envolvimento e controle deve ser o mesmo.

As etapas de desenvolvimento de produtos compreendem o planejamento do sistema, projeto, especificações e desenvolvimento do produto, projeto e desenvolvimento do processo de fabricação, validação do produto e processo, planejamento dos recursos e tempo, produção do lote piloto para certificar o atendimento dos requisitos de projeto e produto, análise de retroalimentação dos objetivos do projeto e ação corretiva.

### **3.4 Passo a passo do APQP**

Conforme descrito, o APQP é dividido em cinco fases: Planejamento e definição do programa, verificação do projeto e desenvolvimento do produto, verificação do projeto e desenvolvimento do processo, validação do produto e processo, análise da retroalimentação e ação corretiva.

Para cada uma dessas fases são geradas saídas, sendo as entradas para a próxima fase, este ciclo acontece em forma de linha de tempo única, iniciando com o planejamento e terminando com a avaliação e ação corretiva.

O primeiro passo é reunir uma equipe multifuncional com representantes da engenharia, manufatura, qualidade, controle de materiais, compras, garantia, vendas, subcontratados e clientes, designando responsabilidades bem definidas.

Após a formação dessa equipe, um líder deve ser nomeado. Tal líder será responsável por definir regras e responsabilidades para cada um dos representantes dos

vários setores envolvidos, devendo monitorar todo o processo de planejamento, identificar possíveis clientes externos e internos ao longo do desenvolvimento.

Com isso, o início do projeto se dá com a entrada de dados cedidos pelos representantes de cada área, baseados em relatórios as necessidades são levantadas, informando o alvo do projeto, objetivo, concorrência, preço estimado e negócios.

Para a engenharia, as análises desses dados dimensionarão o tamanho da equipe que fará parte do projeto, a fim de atender as necessidades do desenvolvimento. Com a definição da equipe e a identificação do escopo do trabalho, o desenvolvimento do APQP pode ser iniciado de acordo com as cinco fases:

- 1° – Planejar e definir o programa;
- 2° – Projeto e desenvolvimento de produto;
- 3° – Projeto e desenvolvimento do processo;
- 4° – Validação do produto e do processo;
- 5° – Retroalimentação, avaliação e ação corretiva.

Na primeira fase, ao iniciar o desenvolvimento, o cliente principal pode iniciar o processo de planejamento da qualidade como fazendo uso de uma organização terceira, em que se tem a obrigação de estabelecer uma equipe multifuncional para gerenciar o processo de planejamento da qualidade do produto.

Neste início de estágio, em que acontece o desenvolvimento, é necessário assegurar e deixar claro, as necessidades e expectativas do cliente, bem como, as organizações que devem esperar o mesmo envolvimento e desempenho dos seus fornecedores.

Como primeira prioridade de trabalho dessa equipe de APQP, deve ser o desenvolvimento de um cronograma contendo, o tipo de produto, complexidade e expectativas do cliente. A seleção desses elementos deve ser planejada e registrada.

Um cronograma bem organizado deve listar tarefas, responsabilidades e/ou outros eventos e todos os membros da equipe devem concordar com cada evento, ação e prazo.

Cada evento deve ter uma data de “início” e “término”, com o ponto real de progresso registrado neste cronograma, gerando um relatório para facilitar o acompanhamento, em um formato consistente para rastrear o progresso e determinar as agendas de reunião, que darão suporte ao monitoramento do programa com enfoque dos itens identificados que requerem atenção especial.

Com base nessas necessidades e requisitos, todas as especificações e metas do produto são determinadas e documentadas com o envolvimento do cliente e das pessoas da

equipe, sendo de primordial importância para garantir a qualidade das especificações do produto.

Para Rozenfeld et al. (2006) o desenvolvimento parte das informações geradas pela macrofase de pré-desenvolvimento e documentadas no plano do projeto. O plano do projeto é constituído por: escopo do projeto, escopo do produto (conceito do produto), orçamento, prazos, atividades e sua duração, pessoal responsável, recursos necessários para realizar o projeto, especificação dos critérios e procedimentos para avaliação da qualidade (assim como possíveis normas que precisam ser atendidas), análise de riscos e indicadores de desempenho.

É possível confirmar que todo o sucesso do desenvolvimento depende das informações coletadas neste início e de como serão analisadas, chegando a uma definição final sobre o problema, o que se pretende atingir e/ou resolver com o produto, seguindo durante o ciclo de vida do mesmo.

Segundo Rozenfeld et al. (2006), ao iniciar a fase de projetar, construir, testar e aperfeiçoar o produto em ciclos de detalhamento e otimização, até a fase de homologação, além de realizar todos os cálculos e desenhos detalhados, o time planeja como o produto vai ser produzido e lançado no mercado.

Neste momento é importante lembrar os manuais de clientes, técnico e para o pessoal de assistência técnica, assim como possíveis sistemas de apoio a vendas.

Paralelamente, os protótipos são produzidos e testados e assim o produto é homologado. O protótipo servirá para verificar se todos os requisitos anteriormente definidos e/ou padrões específicos da indústria serão atendidos.

Para o APQP isto representa a segunda e a terceira fase juntas, quando se inicia o projetar e o desenvolver do produto, juntamente com o processo em que é realizada a construção de protótipos para verificar se o produto atinge os objetivos do cliente, garantindo os requisitos de engenharia, juntamente com os objetivos da qualidade, confiabilidade, custos de investimento e prazos.

Sendo idealizada para assegurar uma análise mais ampla e crítica dos requisitos de engenharia e de outras informações técnicas relacionadas, inicia-se o desenvolvimento do sistema de manufatura do produto e seus respectivos planos de controle para obter produtos de qualidade.

Com isso, são especificadas ferramentas após a construção do protótipo, adquirindo todos os equipamentos necessários para a produção, pois, caso contrário, os prazos propostos podem ser comprometidos e haver necessidade de serem alongados.

Ao longo dessas duas fases, vão sendo recebidos os equipamentos e todos são testados junto com o uso das novas ferramentas, que ao longo do processo vão ficando prontas para a produção; no entanto, na ausência de algum equipamento, as novas ferramentas podem ser testadas em equipamentos já instalados.

O sistema de manufatura deve assegurar que os requisitos, necessidades e expectativas do cliente sejam atendidos, desde custos, processos, projetos, controle e capacidade produtiva.

Para a quarta fase do APQP são discutidas as principais características sobre validação do processo de manufatura através da avaliação de uma corrida de lote piloto de produção.

Durante esta fase, a equipe do planejamento da qualidade deve assegurar que seja respeitado o fluxograma do processo e que o plano de controle do produto seja seguido. Desta forma, o objetivo é assegurar que sejam respeitados os requisitos do cliente.

Os processos de manufatura são finalizados contendo a sequência de fabricação, as especificações das máquinas e das ferramentas, os métodos de produção, enfim, todos os documentos que são necessários para se produzir o produto com qualidade.

Com isso realiza-se a produção inicial de um lote piloto, que é avaliado para provar que a empresa consegue obter produtos com as mesmas características do protótipo ou ainda melhores.

Segundo Rozenfeld et al. (2006) em muitas empresas o término da macrofase de desenvolvimento representa o final do processo de desenvolvimento de produtos, pois é o momento em que a “engenharia passa o bastão para a produção”.

O que se pode entender é que durante todo o ciclo de vida útil do produto, o acompanhamento sistemático e a documentação correspondente das melhorias do mesmo, ocorridas durante o seu ciclo de vida, são atividades centrais da produção.

Este acompanhamento e registro com todas as informações do produto podem ser realizados com: monitoramento dos resultados do produto no mercado, produção e distribuição do produto, atendimento ao cliente e assistência técnica.

Conforme Rozenfeld et al. (2006), após o término do desenvolvimento é formada a equipe de acompanhamento do produto, composta por membros do time de desenvolvimento acrescida de pessoas responsáveis pela produção e assistência técnica do produto.

Esse time tem o conhecimento profundo de todos os aspectos do produto e realiza um planejamento do acompanhamento do mesmo no pós-desenvolvimento. Neste

momento são definidas as principais atividades e os responsáveis para atendimento do produto em eventuais falhas no mercado.

A fase do acompanhamento possui duas atividades operacionais: a avaliação da satisfação do cliente e o monitoramento do desempenho técnico do produto e, outras três que ocorrem esporadicamente: as auditorias, o acompanhamento das modificações do produto e o registro das lições aprendidas.

Para a última fase ou a quinta fase do APQP, do pós-desenvolvimento a retroalimentação, a satisfação do cliente é ponto importante a ser considerado após o término e a homologação do produto final.

Este é o momento de avaliar a efetividade dos esforços do planejamento da qualidade do produto junto à manufatura, engenharia, qualidade, produção, fornecedores e principalmente o cliente.

O planejamento da qualidade não termina com a validação do processo e a finalização da instalação, entrega do produto.

O acompanhamento após o produto ser inserido no mercado, deve ser continuado, para que se garanta que produtos em conformidade sejam entregues ao cliente e que melhorias contínuas possam ser efetuadas durante o seu fornecimento.

### **3.5 Aplicação**

O APQP é uma metodologia criada para atender montadoras da linha automotiva americana, posteriormente outras organizações começaram a fazer uso destes conceitos, mesmo com outra formatação e princípios, como descreve Rocha (2009).

Diante disso, a ferramenta APQP não é mais exclusivamente da indústria automobilística, passando a ser utilizada por outros tipos de segmentos das indústrias, como observado nos trabalhos mencionados a seguir.

Kach *et al.* (2013) utilizou a ferramenta para desenvolver uma proposta de aplicação de um sistema de gestão para engenharia de processos, em uma empresa de médio porte de produção de ferro fundido, para inúmeros clientes do mercado agrícola.

Conseguindo a partir daí a definição de métodos de gestão e monitoramento de desenvolvimento dos processos de acordo com documentos norteadores e atuando nas melhorias identificadas com a implantação e aplicação desse método de gerenciamento.

Klein *et al.* (2012) apresentaram a implementação do APQP em uma indústria de metal mecânica, mapeando os riscos inerentes a cada etapa do APQP, definindo

indicadores para o gerenciamento de riscos e propôs melhorias no desenvolvimento de produtos OEM - Original Equipment Manufacturer traduzindo fica Fabricante Original do Equipamento.

O que a ferramenta APQP, demonstrou para este estudo foi que é possível monitorar os riscos de uma forma ordenada, facilitando a tomada de decisão ou ação preventivamente evitando com isso o uso indevido dos recursos e tornando os projetos confiáveis para atingir os objetivos de prazo e requisitos do fornecedor.

Silva (2011) propôs a reestruturação do modelo de desenvolvimento de produtos em uma indústria de borracha, utilizando o conceito de modelagem de processo e modelo de desenvolvimento utilizando o APQP.

O que se percebeu foi a diminuição do retrabalho de algumas áreas, o tempo de resposta, precisão nas informações, monitoramento dos resultados, divulgação e o cumprimento do prazo de cada projeto.

De Souza (2010) apresentou a implantação da metodologia APQP na área de desenvolvimento de produtos em uma empresa do ramo de plásticos que está buscando a certificação ISO/TS 16949.

Essa implantação conseguiu estruturar todas as etapas do desenvolvimento de produtos automotivos da empresa em que foram verificados na prática os conceitos e, apresentado ao final uma lista de benefícios conseguidos com a implantação.

Aiex e Canciglieri (2005) realizaram em uma multinacional pertencente ao setor automobilístico a abordagem do uso da metodologia APQP, em que incluem também a utilização das ferramentas de trabalho com FMEA, PPAP, Engenharia Simultânea para o problema detectado, em que era justamente na incorreta aplicação deste método, suas ferramentas e na participação dos envolvidos no projeto.

Ao final da abordagem houve o acréscimo de informações importantes em relação à gestão do desenvolvimento de produtos, dando significado à adoção de estratégias, eliminação dos desperdícios, melhoria contínua e fatores relevantes na produtividade que vão influenciar diretamente no mercado.

Da Silva (2014) demonstrou a aplicação do programa APQP na área de desenvolvimento de produtos de uma empresa do ramo de chicotes elétricos. O resultado ao produzir um plano da qualidade do produto para suporte de todo o processo de desenvolvimento de produtos.

O projeto visou às necessidades dos clientes, facilitou a comunicação entre todos os envolvidos e assegurou que todos os passos necessários ao desenvolvimento fossem completados dentro do prazo estipulado.

Dos Santos Ferreira (2001) tratou do desenvolvimento do projeto de um novo produto em uma empresa do ramo automobilístico, cujos enfoques são a questão do planejamento avançado da qualidade deste produto e também seu controle.

Este projeto trouxe como benefício um resultado extremamente recompensador, com a diminuição dos prazos, diminuição dos custos e ainda com o aumento dos níveis de qualidade, ganhos significantes, mas no entanto, difíceis de serem mensurados.

Ao realizar essa pesquisa específica sobre a utilização do APQP para descobrir em quais outras áreas se poderia aplicar a ferramenta, foi feita uma busca utilizando as palavras-chave APQP e Embalagem.

Em ambos os casos os resultados não mencionaram qualquer utilização direta sobre a aplicação na APQP para o desenvolvimento de embalagem, somente mencionando como uma etapa em uma fase específica da sua utilização.

No entanto, a maioria das pesquisas faz uso da ferramenta para o desenvolvimento do produto, melhora em seu processo produtivo, na qualidade, na troca de informações, este podendo ser utilizado junto com outra ferramenta já existente na empresa ou não.

A pesquisa mostrou ainda que, em alguns casos esse era a sua primeira vez que seria realizado o uso da APQP, isso para atender às normas ou exigências do fornecedor, porém sua utilização na maioria sendo para o desenvolvimento do produto, adequação ao processo produtivo e qualidade.

Diante da negativa em que não foram localizados artigos com o propósito específico de utilizar a ferramenta como auxílio ou como foco específico para o desenvolvimento da embalagem.

Desse modo a proposta dessa dissertação, vem preencher uma lacuna referente ao uso da ferramenta APQP para o acompanhamento do desenvolvimento da embalagem.

Visto que o tópico “desenvolvimento da embalagem” é uma tarefa realizada junto com outras inserido em uma das fases que contempla o APQP e que passa despercebido, pois o foco principal é a qualidade, o produto.

Diante da fundamentação exposta sobre embalagem e a ferramenta APQP, inicia-se a seguir o levantamento dos dados que compõe este estudo de caso.

## 4. INCORPORAÇÃO DO PROJETO DE EMBALAGENS NA FERRAMENTA APQP

A partir do objetivo geral dessa pesquisa, que é demonstrar que se faz necessário incluir a utilização da ferramenta APQP no desenvolvimento da embalagem, juntamente com a peça, para que os custos possam ser minimizados, foi realizada uma análise, através dos dados obtidos na empresa automobilística.

O estudo de caso deste trabalho é realizado em uma empresa automobilística cuja atividade industrial é o de produção e nacionalização de veículos automotores, portanto as conclusões são válidas para todo o segmento de montadoras, fornecedores e subfornecedores da cadeia automotiva.

Para melhor entendimento foi elaborado um roteiro que passa pelas fases do levantamento dos dados:

1. Fluxograma anterior;
2. Aplicação da ferramenta APQP;
3. Fluxograma proposto;
4. Inclusão e alteração de tarefas nos estágios do APQP;
5. Fases do programa;
6. Datas da fase de projeto;
7. Datas para coletas de dados;
8. Não conformidade das peças;
  - a. Custos de recebimento e
  - b. *Scrap*;
9. Dados de não conformidade dos projetos.

### 4.1 Fluxograma anterior

O fluxograma é um tipo de diagrama com símbolos que através de representação gráfica demonstra o esquema de um processo que pode ser aplicado na cadeia produtiva, logística, qualidade, no universo corporativo ou não.

Fluxogramas são formas de representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência dos passos de um trabalho para facilitar sua análise. O fluxograma é um recurso visual utilizado por gerentes de produção para analisar sistemas produtivos, buscando identificar

oportunidades de melhorar a eficiência dos processos, conforme explica Peinado e Graeml (2007).

Com os recursos de figuras geométricas e setas, que representam os caminhos percorridos, é possível compreender de forma rápida e fácil a transição e a sequência de acontecimentos e de informação ou documentos entre os elementos que participam do processo.

Para Oliveira (2009) fluxograma é uma técnica de representação gráfica que se utiliza de símbolos previamente convencionados, permitindo a descrição clara e precisa do fluxo ou sequência de um processo, bem como sua análise e redesenho.

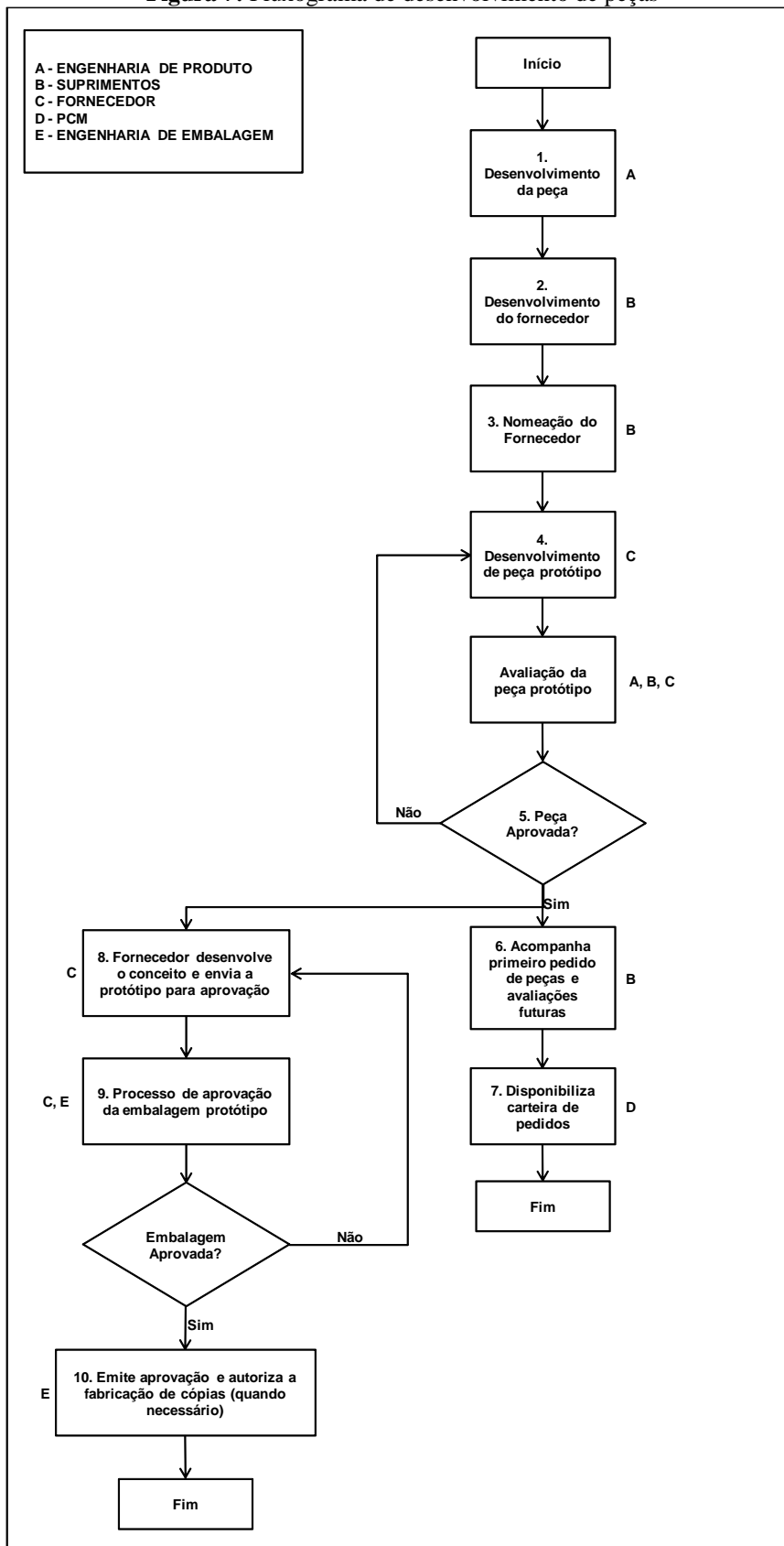
Pode-se extrair de um fluxograma bem elaborado, a representação do passo a passo, ou seja, do caminho pelo qual se chega à solução de um problema ou situação, sendo que o mesmo fluxograma poderá elucidar a resolução de um problema.

Abaixo, segue o fluxograma de desenvolvimento de peças apresentado pela figura 7, em que o mesmo foi aplicado à técnica de recursos de figuras para uma melhor descrição das suas etapas.

O levantamento dos dados para compor as etapas proporcionou uma clara visualização sobre qual ponto a empresa começa a ter a preocupação com o desenvolvimento da embalagem.

Esta situação acabou sendo validada através do APQP, e será exposto na sequência, cujo o qual era utilizado antes da incorporação do desenvolvimento da embalagem junto com a peça.

**Figura 7:** Fluxograma de desenvolvimento de peças



Fonte: Empresa

Baseado no fluxograma, pode-se dizer que o departamento de engenharia de produto é o primeiro a realizar a verificação e avaliação dos dados levantados em reunião, em que peças ou itens devem ter seu desenvolvimento nacionalizados.

Detalhes do fluxograma representado pela figura 7:

**O processo 1:** Quanto aos itens nacionalizados há duas situações, a primeira se refere ao desenvolvimento feito a partir da necessidade, como peças novas, por exemplo: roda, sistema flex ou bicomustível ou *snorkel*. A segunda situação diz respeito às peças que já existem, como para-choque, vidros, tubulações, sistema de iluminação; peças que são importadas e sofrem influência do mercado financeiro, pois sua importação é atrelada à moeda americana.

Para ambas as situações, alguns requisitos devem ser seguidos, incluindo especificação de material, tolerância na construção, desenho, lista de testes (que deverá ser aplicado), nomeação do código da peça nacional e modelo de veículo que será aplicado.

**O processo 2:** Após esse levantamento de dados, o mesmo é liberado para o departamento de suprimentos, que realiza junto aos fornecedores já homologados (ou outros fornecedores que possam vir a fazer parte da cadeia de suprimentos) as informações recebidas da engenharia.

O retorno dos fornecedores pode ser recebido de duas maneiras. Uma delas seria a avaliação negativa, a declinação de fornecimento, podendo ser justificada por custo ou prazo. A outra seria a avaliação positiva apresentando uma proposta de fornecimento contendo valores de investimento em ferramenta, preço unitário, lote mínimo de entrega, frequência de entrega e condições de pagamento.

Caso mais de um fornecedor expresse o interesse em fornecer, suprimentos realiza-se o confronto entre os principais pontos: valores de investimento em ferramenta e preço unitário da peça. Caso necessário avalia-se demais itens como: qualidade do produto, capacidade de produção, treinamento dos colaboradores, controles específicos, normas e certificados.

**O processo 3:** ao final desta verificação é feita a homologação oficial do fornecedor, através de uma comunicação por carta de nomeação. Com a nomeação do fornecedor, ambas as empresas passam a trabalhar com as diretrizes do APQP, em que formam o grupo multifuncional, passam pelas suas fases e tarefas, gerando todo o acompanhamento do fluxo de desenvolvimento da peça. Lembrando que no APQP é preciso trabalhar com algumas datas pré-determinadas, que são marcos para apresentação da evolução do desenvolvimento até a liberação de fornecimento.

**O processo 4:** no desenvolvimento da peça protótipo o fornecedor realiza a primeira entrega para a engenharia de produto que faz a avaliação, medições e testes, quando estes forem necessários, servindo também para avaliações de fluxos de produção, *layout* de produção, ferramental, utilidades e mão de obra.

**O processo 5:** avaliação e aprovação dos requisitos de acordo com as normas estabelecidas no início do desenvolvimento, caso algum requisito não seja atendido, a peça volta para o fabricante para ser corrigida e submetida novamente à avaliação. Ao final deste ciclo de aprovação, o fornecedor recebe um aceite de aprovação para fabricação.

**O processo 6:** para que ocorra a finalização e o encerramento dessa etapa de desenvolvimento, a área de suprimentos realiza o primeiro pedido de compra e acompanha o embarque do primeiro lote de peças para a produção, concluindo o fechamento das pendências de entregas, dos aceites e documentação que não foram finalizados durante o processo.

Depois de todo esse processo finalizado, a equipe de suprimentos passa a acompanhar o desenvolvimento do item através de visitas ao fornecedor, atualizando documentos e negociações que possam vir a acontecer durante este período, como por exemplo, o aumento da matéria-prima, um novo ferramental, novos testes.

**O processo 7:** a partir do segundo pedido e dos sucessivos até o final do fornecimento, que pode ocorrer por substituição ou encerramento de utilização da peça na produção, o item passa a ser de responsabilidade do departamento de planejamento de compras de materiais.

Este, realiza de acordo com a necessidade da produção ou demanda, os pedidos de peças e informa as programações de entregas futuras ao longo de um determinado período de tempo, essa entrega pode sofrer variação devido ao mercado, levando em conta o tempo para fabricação, lote mínimo de entrega e frequência de entrega.

**O processo 8:** após a finalização do desenvolvimento e aprovação da peça tem-se o início do processo de desenvolvimento de embalagem com apresentação de croqui, foto do conceito estimado que será utilizado. Constrói-se o protótipo da embalagem e o mesmo é disponibilizado e enviado para avaliação.

**O processo 9:** avaliação e aprovação do protótipo para verificação das condições de transporte, qualidade, segurança, manuseio e possíveis melhorias na embalagem são realizadas. Caso algum requisito não atenda a integridade da peça, a embalagem volta para o fabricante para ser corrigida e submetida novamente à avaliação.

**O processo 10:** ao final deste ciclo de aprovação, o fornecedor recebe um aceite de aprovação para fabricação total de embalagem necessária para o fluxo logístico.

O que foi descrito acima com base no fluxograma, tem a contribuição dos principais departamentos que direta ou indiretamente passam ou sofrem alguma influência no desenvolvimento de uma nova peça, seja por necessidade ou por ter que disponibilizar informação, observando ainda, que todo processo tem uma data de início e finalização do projeto.

Nesse sentido, o APQP demonstra e confirma em qual fase a preocupação em ter uma embalagem definitiva para o produto realmente começa.

#### **4.2 Aplicação da ferramenta APQP**

O APQP possui uma estrutura básica que pode ser adaptada de forma que cada empresa possa a vir utilizar e viabilizar seu sistema de acompanhamento do desenvolvimento de seu produto, o que significa que as nomenclaturas, sistema de monitoramento, tratativas, reuniões, entre outros, são particulares de cada empresa.

O exposto a seguir na figura 8, representa uma adaptação realizada do APQP para os moldes que a empresa utiliza para trabalhar com a sua cadeia de fornecedores. O que se pode observar é que para a mesma tarefa há duas linhas, “planejado” e “concluído”; o “planejado” é definido em reunião realizada em conjunto, montadora e fornecedor; o “concluído” é preenchido ao longo do tempo.

Figura 8: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto – APQP

**PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO - APQP**

Fornecedor:		Planta:				Programa								
Nome	Fone	Fone	Email	Email	Descrição	Quant. Pcs	Data Embarque	Quant. Pcs	Data Embarque	Quant. Pcs	Data Embarque	Quant. Pcs	Data Embarque	Status (C, Y, R)
Setor	Comercial	Engenharia	Qualidade	Respons	Part Number	Ultima revisão do desenho - Data:	Eventos	Quant. Pcs	Data Embarque	Eventos	Quant. Pcs	Data Embarque	Quant. Pcs	
DOF	Fone	E-mail			Produto									
1	N.A													
2	Atividades Planejadas													
3	Inputs da Montadora													
4	Fechamento da ACV													
5	Desenhos / Especificações													
6	Lista de materiais - BOM													
7	APQP dos sub-fornecedores													
8	DFMEA - Fornecedor													
9	Confeção de Protótipos do Fornecedor													
10	Dimensional do Protótipo do Fornecedor													
11	<b>GATE 1</b>													
12	Confeção de ferramenta / molde													
13	Confeção de dispositivos													
14	Try-out Ferramental / Dispositivos													
15	Dimensional do Try-out													
16	<b>GATE 2</b>													
17	Fluxograma de processo													
18	Layout das instalações													
19	DFMEA - Fornecedor													
20	Plano de controle													
21	Instruções de controle e processo													
22	Testes específicos													
23	<b>GATE 3</b>													
24	Validação de embalagem													
25	Try-out Final													
26	Análise do sistema de medição													
27	Estudo de Capacidade do processo													
28	Dimensional do produto													
29	Homologação do RAA													
30	Monitoramento de embarque - Montadora													
31	Submissão do PPAP													
32	<b>GATE 4</b>													

Fonte: Empresa

### 4.2.1 Estágio 1 - Planejamento

A figura 9 abaixo, representa as tarefas deste estágio que consiste em determinar as necessidades entre a montadora e o fornecedor, como cotação, requisitos de engenharia, lista de peças, datas dos eventos, matriz de responsabilidade, relatório, formulário, buscando assim planejar o programa de desenvolvimento do produto. Para tal, algumas atividades devem ser desenvolvidas nesta etapa, são elas:

1. *Inputs* da Montadora - (Requisitos de entrada) - são os critérios de projeto e os requisitos de programa necessários para iniciar o processo de APQP:
  - a. Pedido (Protótipo / Peça / Ferramental / Dispositivo / Embalagem);
  - b. Data de Embarque de peças / Eventos;
  - c. Matriz de Responsabilidade;
  - d. Volumes de produção, pesquisa de mercado, dados históricos de garantia e de qualidade).
2. Fechamento da ACV – Análise Crítica de Viabilidade:
  - a. Formulário ACV, preenchido e enviado à Montadora com *status* de viável, sem restrições e/ou comentários adicionais.
  - b. Este formulário está junto ao formulário de cotação e deve ser respondido juntamente com a cotação do componente e/ou conjunto.
3. Desenhos / Especificações:
  - a. Todos os desenhos de engenharia;
  - b. Dados de CAD – Desenho Assistido por Computador / CAE – Engenharia Auxiliada por Computador;
  - c. Especificações de material;
  - d. Especificações de engenharia e/ou Normas;
  - e. Requisitos de Rastreabilidade.
4. Lista de Materiais – BOM, abreviatura de *Bill of Material*, que é a estrutura do produto: Listagem de todos os componentes diretos envolvidos na confecção do produto a ser desenvolvido.
5. APQP dos subfornecedores:
  - a. É necessário que os fornecedores distribuam os requisitos de APQP aos seus subfornecedores ou subcontratados e conduzam revisões de APQP conforme adequado;

- b. Questões e/ou inibidores importantes quanto aos subcontratados, que possam criar um risco impossível de ser contido, no momento presente ou em um futuro próximo, devem ser comunicados imediatamente à montadora.
6. Análise da Modalidade e do Efeito de Falha do Projeto – DFMEA. Fornecedor: um DFMEA de Projeto é uma abordagem sistemática utilizada por uma equipe responsável pelo projeto, a fim de assegurar que os modos de falha potenciais do projeto e suas causas associadas tenham sido consideradas e estudadas. É importante considerar as interfaces do item em desenvolvimento com os demais.
7. Confecção de Protótipos do Fornecedor: quando aplicável, assegura que os protótipos atendem condições mínimas de montabilidade em cada evento que for requisitado.
8. Dimensional do Protótipo do Fornecedor: relatório dimensional conforme manual *Automotive Industry Action Group* - AIAG ou Grupo de Ação da Indústria Automotiva.

Figura 9: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto - APQP - 1º Estágio

# PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO - APQP

Origem:	1-jan-12
Revisão:	
Datas	

Fornecedor:		Planta:		Programa	
Sector	Nome	Fone	E-mail	Última revisão do desenho - Data:	
Comercial				Data Embarque	Quant. Pcs
Engenharia				Eventos	Quant. Pcs
Qualidade				Eventos	Quant. Pcs

Fornecedor:		Planta:	
Sector	Nome	Fone	E-mail
Comercial			
Engenharia			
Qualidade			

DOF	
Fone	
E-mail	

Item	Atividades Paralelas	Data	Status
1	Inputs da Montadora	1-jan-12	(G, Y, R)
2	Fechamento da ACV	8-jan-12	
3	Desenhos / Especificações	15-jan-12	
4	Lista de materiais - BOM	22-jan-12	
5	APQP dos sub-fornecedores	29-jan-12	
6	DFMEA - Fornecedor	5-fev-12	
7	Conexão de Protótipos do Fornecedor	12-fev-12	
8	Dimensional do Protótipo do Fornecedor	19-fev-12	
<b>GATE 1</b>			
		26-fev-12	
		4-mar-12	
		11-mar-12	
		18-mar-12	
		25-mar-12	
		1-abr-12	
		8-abr-12	
		15-abr-12	
		22-abr-12	
		29-abr-12	
		6-mai-12	
		13-mai-12	
		20-mai-12	
		27-mai-12	
		3-jun-12	
		10-jun-12	
		17-jun-12	
		24-jun-12	
		1-jul-12	
		8-jul-12	
		15-jul-12	
		22-jul-12	
		29-jul-12	
		5-ago-12	
		12-ago-12	
		19-ago-12	
		26-ago-12	
		2-ago-12	
		9-set-12	
		16-set-12	
		23-set-12	
		30-set-12	
		7-out-12	
		14-out-12	
		21-out-12	
		28-out-12	
		4-nov-12	
		11-nov-12	
		18-nov-12	
		25-nov-12	
		2-dez-12	
		9-dez-12	
		16-dez-12	
		23-dez-12	

Fonte: Empresa

#### 4.2.2 Estágio 2 – Desenho e desenvolvimento do produto

Na figura 10 abaixo, traz neste estágio as características do projeto que são mais especificadas e começa a construção de ferramentas, protótipos, a fim de verificar se o produto está alinhado com as expectativas do cliente e se o projeto segue as exigências deste último através de acompanhamento e relatórios. As atividades a serem realizadas são:

1. Confecção de ferramental e/ou molde: providenciar como se evidencia o cronograma do desenvolvimento do ferramental e/ou molde.
2. Confecção de dispositivos: providenciar como ocorre o cronograma do desenvolvimento dos dispositivos.
3. *Try-out* – Primeira Injetada no Molde - Ferramental / Dispositivos: evidencia como ordem de produção e quando possível acompanhamento do *Readiness* – Nomenclatura utilizada para a pessoa do departamento de suprimentos que realiza a homologação, acompanhamento, é um facilitador entre empresa e fornecedor.
4. Dimensional do *Try-out*: Relatório dimensional conforme manual AIAG.



### 4.2.3 Estágio 3 – Desenho e desenvolvimento do processo

A figura 11 a seguir, apresenta o estágio em que envolve o desenvolvimento do processo produtivo que assegura que as necessidades e exigências dos clientes estejam atendidas e que garantam sua produção durante todo o fornecimento com a mesma qualidade. Atividades:

1. Fluxograma de processo: o Fluxo do Processo de Manufatura é uma representação gráfica da sequência atual ou proposta do processo de manufatura (Desejável ASM 194 – Norma para processo de representação gráfica de fluxo).
2. *Layout* das instalações: Quando necessário adequar o *Lay-out* para produção do produto.
3. Processo de Análise e Modalidade do Efeito de Falha – PFMEA – Fornecedor:
  - a. O FMEA de Processo é uma abordagem sistemática usada por uma equipe responsável pela manufatura a fim de assegurar que, modos de falha potenciais relacionados ao processo e suas causas associadas, tenham sido definidos e solucionados.
  - b. Os diagramas de Fluxo do Processo de Manufatura são usados para assegurar que o processo seja analisado na sequência, com todos os modos de falha definidos.
4. Plano de controle:
  - a. O Plano de Controle de Produção é uma descrição documentada dos sistemas de controle das peças e dos processos durante a produção. Este documento baseia-se no Plano de Controle do Protótipo.
  - b. O Plano de Controle está relacionado ao Fluxograma e PFMEA.
5. Instruções de controle e processo: as Instruções do Processo do Operador descrevem os detalhes dos controles e ações que o pessoal operacional deve desempenhar para produzir produtos de qualidade.
6. Testes específicos:
  - a. Os testes previstos serão feitos internamente ou externamente.
  - b. Testes específicos incluem:
    - i. Durabilidade;
    - ii. Performance;
    - iii. Validação.

7. É anexado o cronograma de realização dos testes.

Figura 11: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto - APQP - 3º Estágio

Criação: 1-jan-12	
Revisão:	
Datas	

# PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO - APQP

Item	NA	Atividades Planejadas	Data	Fornecedor:			Planta:			Descrição		Programa		Status	
				Sector	Nome	Fone	E-mail	Part Number:	Última revisão do desemo - Data:	Eventos	Data Embarque	Quant. Pcs	Eventos		Data Embarque
15	P	Fluxograma de processo	1-jan-12	Comercial										23-dez-12	(G, V, R)
	C		2-jan-12	Engenharia										16-dez-12	
16	P	Layout das instalações	15-jan-12	Qualidade										9-dez-12	
	C		8-jan-12											2-dez-12	
17	P	PFMEA- Fornecedor	15-jan-12											25-nov-12	
	C		22-jan-12											18-nov-12	
18	P	Plano de controle	15-jan-12											11-nov-12	
	C		29-jan-12											4-nov-12	
19	P	Instruções de controle e processo	15-jan-12											21-out-12	
	C		22-jan-12											14-out-12	
20	P	Testes específicos	15-jan-12											7-out-12	
	C		29-jan-12											30-set-12	
			15-jan-12											23-set-12	
			22-jan-12											16-set-12	
			15-jan-12											9-set-12	
			29-jan-12											2-set-12	
			15-jan-12											26-ago-12	
			22-jan-12											19-ago-12	
			15-jan-12											12-ago-12	
			29-jan-12											5-ago-12	
			15-jan-12											29-jul-12	
			22-jan-12											22-jul-12	
			15-jan-12											15-jul-12	
			29-jan-12											8-jul-12	
			15-jan-12											1-jul-12	
			22-jan-12											24-jun-12	
			15-jan-12											17-jun-12	
			29-jan-12											10-jun-12	
			15-jan-12											3-jun-12	
			22-jan-12											27-mai-12	
			15-jan-12											20-mai-12	
			29-jan-12											13-mai-12	
			15-jan-12											6-mai-12	
			22-jan-12											29-abr-12	
			15-jan-12											22-abr-12	
			29-jan-12											15-abr-12	
			15-jan-12											8-abr-12	
			22-jan-12											1-abr-12	
			15-jan-12											25-mar-12	
			29-jan-12											18-mar-12	
			15-jan-12											11-mar-12	
			22-jan-12											4-mar-12	
			15-jan-12											26-fev-12	
			29-jan-12											19-fev-12	
			15-jan-12											12-fev-12	
			22-jan-12											5-fev-12	
			15-jan-12											29-jan-12	
			22-jan-12											22-jan-12	
			15-jan-12											15-jan-12	
			29-jan-12											8-jan-12	
			15-jan-12											1-jan-12	

Fonte: Empresa.

#### 4.2.4 Estágio 4 – Validação do produto e processo

Na figura 12 que representa este estágio, ocorre a validação do produto e processo de produção. O objetivo é assegurar que todas as atividades precedentes estejam realizadas de acordo com o planejamento, fornecendo os produtos conforme as exigências do cliente (especificações, volume da produção etc.). As atividades desenvolvidas são:

1. Validação de embalagem: formulário de aprovação de embalagem enviado ao departamento da empresa.
2. *Try-out* Final: documenta com ordem da produção, quando é possível o acompanhamento do *Readiness*.
3. Análise do sistema de medição – MSA avalia a variação do sistema de medição e determina se este sistema é aceitável ou não para o monitoramento do processo.
4. Estudo de Capacidade do processo: o estudo de capacidade preliminar do processo é uma avaliação estatística da capacidade do processo em produzir as peças dentro das especificações.
5. Dimensional do produto: relatório dimensional conforme manual AIAG.
6. Homologação do Relatório de Amostra de Aparência – RAA: o relatório de aparência deve ser preenchido e encaminhado juntamente com amostras do Desenvolvimento da Qualidade de Fornecedores – DQF.
7. Monitoramento de embarque – a empresa faz o acompanhamento obrigatório do *Readiness* no embarque de cada evento;
8. Submissão do PPAP: o nível de submissão do Certificado de Submissão de Peça de Produção – CSP , requerido pelo DQF.



Pode-se verificar nas figuras que, ao preencher o campo “P”, referente a planejado, a visualização das datas de cada evento e limites de prazos são bem definidos, visíveis e de fácil consulta.

Passada essa etapa, que fica a cargo de duas pessoas nomeadas, sendo uma da empresa e outra do fornecedor, esses profissionais devem ao longo do desenvolvimento atualizar o preenchimento do campo “C”, referente a concluído.

Ao divulgar o controle preenchido, pode comparar o andamento e acompanhar como o desenvolvimento está sendo realizado, se está de acordo com o planejamento no início do projeto ou se tem algum ponto em atraso, necessitando de atenção.

Isto fornece um bom comparativo visual da real situação, sendo possível saber, prever e tomar algumas atitudes para que não comprometa o projeto.

Diante disso, pode-se liberar uma ou mais tarefas para inicializar, sem ter ocorrido a finalização da anterior, com o objetivo de reduzir os prazos das tarefas que ainda estão por acontecer, para que não ultrapasse a data limite, sendo esses acertos feitos em conjunto entre a empresa e o fornecedor.

Toda nova atualização da APQP é salva com um novo número de revisão, para que se mantenha um histórico dos acontecimentos juntamente com todos os documentos pertinentes ao projeto e são arquivados em uma pasta no sistema, exclusiva para o projeto.

O acesso para visualização dessas informações é liberado somente aos envolvidos, ao realizar o encerramento, altera-se o nome da pasta de “andamento” para “finalizado”, demonstrando que todos os documentos pertinentes a este projeto foram concluídos.

### **4.3 Fluxograma proposto**

Diante do que foi apresentado no fluxograma e na APQP, o modo que a empresa fazia tinha a utilização da ferramenta voltada exclusivamente para o desenvolvimento do produto dentro das suas principais áreas na empresa.

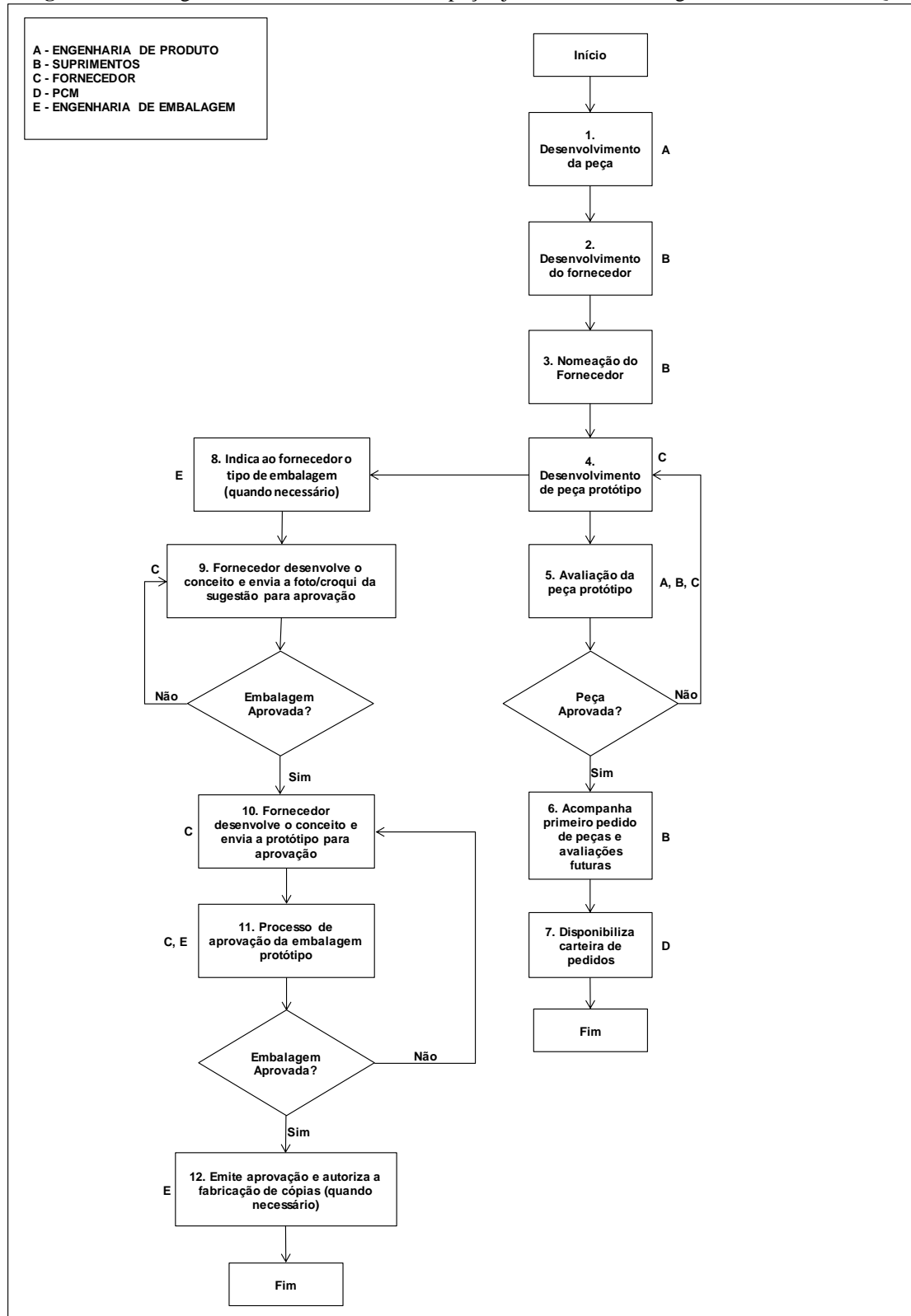
Para alcançar a redução do custo de não conformidade, foi feita a mudança e inclusão de uma nova tarefa dentro da APQP para o acompanhamento do desenvolvimento da embalagem.

Lembrando que a APQP aceita modificações e adaptações de acordo com o que a empresa espera obter de resultados, não deixando de lado os seus limites que devem ser respeitados.

Com essas alterações realizadas na APQP, o fluxograma também teve que passar por modificações para se adequar, ficando assim mais fácil o seu entendimento.

A seguir, na figura 13 está representado o novo fluxograma proposto.

**Figura 13:** Fluxograma de desenvolvimento de peças junto com a embalagem na ferramenta APQP



Fonte: Autor da pesquisa

O fluxograma proposto é parecido com o apresentado anteriormente, o que difere é a inclusão do fluxo de aprovação da embalagem efetuada através da área de engenharia de embalagem.

O que ocorre é que passa-se a pensar na embalagem na mesma fase em que o fornecedor está desenvolvendo a peça. Quando se dá o desmembramento das fases de desenvolvimento de embalagem, ficam com três novas etapas, tendo com isso um fluxo paralelo para este item.

**O processo 8:** após a nomeação do fornecedor, inicia-se o contato com o mesmo para a proposta de desenvolvimento da embalagem e para troca de informações sobre qual será o melhor conceito de embalagem a ser aplicada para essa peça.

**O processo 9:** após a definição do conceito, ocorre a apresentação do croqui ou foto, estimando o que será utilizado na fabricação do protótipo de embalagem. Ao apresentar esta definição ocorre a avaliação e aprovação para a fabricação do protótipo da embalagem.

**O processo 10:** a etapa seguinte consiste em transformar o conceito definido da embalagem em um protótipo de embalagem, que é a construção física e que passará por avaliação.

**O processo 11:** avaliação e aprovação do protótipo para verificação das condições de transporte, qualidade, segurança, manuseio e possíveis melhorias na embalagem.

Essa avaliação consiste em colocar peças em condição final na embalagem protótipo, para inclusive realizar o trajeto rodoviário de transporte até a montadora, para que possa ser avaliado como a estrutura da embalagem se comportou no trajeto e, o principal, que é a integridade da peça.

Caso algum requisito não atenda a integridade da peça, a embalagem volta para o fabricante para ser corrigida e submetida novamente à avaliação.

**O processo 12:** ao final deste ciclo de aprovação, o fornecedor recebe um aceite de aprovação para fabricação total de embalagem necessária para o fluxo logístico, bem como este passou a ser um documento do APQP.

Neste novo fluxograma, ao ocorrer os desmembramentos das fases de desenvolvimento de embalagem, tendo seu início juntamente com a peça, minimizam-se os riscos de danos às peças, que podem chegar a ser nulo.

Os testes ao se desenvolver a embalagem, foram realizados ao longo do processo de desenvolvimento da peça, não começam juntamente com a aprovação da peça final, como apresentado no fluxograma anterior.

#### **4.4. Inclusão e alteração de tarefas nos estágios do APQP**

Essa inclusão e alteração na APQP vem apresentar as modificações realizadas nos estágios em que já se tem o desenvolvimento da peça, pois a partir deste, é possível planejar como será a embalagem.

Como a APQP é uma ferramenta que aceita modificações e inclusões, foi proposta a inclusão de uma nova tarefa no segundo estágio que não havia e a alteração da tarefa que estava no último estágio (quarto estágio) para o terceiro estágio.

Essas adaptações e alterações foram incorporadas para que se pudesse seguir o desenvolvimento, juntamente com o novo fluxo proposto. A seguir são apresentadas as modificações.

##### **4.4.1 Estágio 2 – Desenho e desenvolvimento do produto**

Faz-se necessário dizer que, as informações iniciam no segundo estágio, porque o primeiro trata de atividades de acertos de necessidades comerciais, requisitos de engenharia, matriz de responsabilidade, ou seja, é toda a parte documental entre a empresa e o fornecedor.

No segundo estágio apresentado anteriormente, haviam quatro atividades, com a nova proposta foi criada e incluída uma quinta atividade, que se refere ao primeiro contato com o desenvolvimento de embalagem, período em que se iniciaria as discussões de conceitos e trocas de informações entre a montadora e o fornecedor, conforme figura 14 a seguir.

As atividades a serem realizadas passaram a ser as seguintes:

1. Confecção de ferramental e/ou molde: providenciar como evidência o cronograma do desenvolvimento do ferramental e/ou molde.
2. Confecção de dispositivos: providenciar como evidência o cronograma do desenvolvimento dos dispositivos.
3. *Try-out* Ferramental / Dispositivos: evidenciar com ordem de produção e quando possível acompanhamento do *Readiness*.

4. Dimensional do *Try-out*: relatório dimensional conforme manual AIAG.
5. Definição de embalagem: definir embalagem, informando através de reunião junto ao departamento responsável da empresa ou pela FAE as propostas de embalagens.



#### 4.4.2 Estágio 3 – Desenho e desenvolvimento do processo

Para este estágio houve uma antecipação de uma tarefa que existia e era a única tarefa que mencionava a questão da embalagem, mas estava inserida no quarto estágio, quando o processo de desenvolvimento da peça estava se encerrando, conforme figura 15 a seguir.

Essa tarefa consiste em validar a proposta que melhor se adaptou à peça e formalizar, através de documentação, o que seria o formulário de aprovação de embalagem.

As atividades desse estágio passaram de seis para sete etapas:

1. Validação de embalagem: Formulário Aprovação de Embalagem enviado ao departamento da empresa.
2. Fluxograma de processo: o Fluxo do Processo de Manufatura é uma representação gráfica da sequência atual ou proposta do processo de manufatura (Desejável ASM 194).
3. *Lay-out* das instalações: Quando necessário adequar *lay-out* para produção do produto.
4. PFMEA – Fornecedor:
  - a. O FMEA de Processo é uma abordagem sistemática, usada por uma equipe responsável pela manufatura, a fim de assegurar que modos de falha potenciais relacionados ao processo e suas causas associadas tenham sido definidos e solucionados.
  - b. Os diagramas de Fluxo do Processo de Manufatura são usados para assegurar que o processo seja analisado na sequência, com todos os modos de falha definidos;
5. Plano de controle:
  - a. O Plano de Controle de Produção é uma descrição documentada dos sistemas de controle das peças e dos processos durante a produção. Este documento baseia-se no Plano de Controle do Protótipo.
  - b. O Plano de Controle está relacionado ao Fluxograma e PFMEA.
6. Instruções de controle e processo: As Instruções do Processo do Operador descrevem os detalhes dos controles e ações que o pessoal operacional deve desempenhar para produzir produtos de qualidade.

7. Testes específicos:
  - a. Os testes previstos serão feitos internamente ou externamente.
  - b. Testes específicos incluem:
    - i. Durabilidade;
    - ii. Performance;
    - iii. Validação.
  - c. É anexado o cronograma de realização dos testes.

Figura 15: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto - APQP - 3º Estágio modificado

Criação: 23-abr-14 Revisão:
--------------------------------

# PLANEJAMENTO AVANÇADO DA QUALIDADE DO PRODUTO - APQP

Fornecedor:		Perfil:	
Setor:	Nome:	Fone:	E-mail:
Comercial:			
Engenharia:			
Qualidade:			

DUF:	
Fone:	
E-mail:	

Descrição:	Programa:
Part Number:	Última revisão do desenho - Data:
Eventos:	Data Embalagem:
Quant. Pcs:	Eventos:
Data Embalagem:	Quant. Pcs:
Eventos:	Data Embalagem:
Quant. Pcs:	Eventos:
Data Embalagem:	Quant. Pcs:

Item	NA	Atividades Planejadas	Data	Respons.	Status
14	P	Validação de embalagem	23-abr-14		(G, Y, R)
	C		30-abr-14		
15	P	Fluograma de processo	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
16	P	Layout das instalações	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
17	P	PFMEA- Fornecedor	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
18	P	Plano de controle	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
19	P	Instruções de controle e processo	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
20	P	Testes específicos	23-abr-14		
	C		30-abr-14		
	P		01-mai-14		
	C		08-mai-14		
	P		14-mai-14		
	C		21-mai-14		
	P		28-mai-14		
	C		04-jun-14		
	P		11-jun-14		
	C		18-jun-14		
	P		25-jun-14		
	C		02-jul-14		
	P		09-jul-14		
	C		16-jul-14		
	P		23-jul-14		
	C		30-jul-14		
	P		06-ago-14		
	C		13-ago-14		
	P		20-ago-14		
	C		27-ago-14		
	P		03-set-14		
	C		10-set-14		
	P		17-set-14		
	C		24-set-14		
	P		01-out-14		
	C		08-out-14		
	P		15-out-14		
	C		22-out-14		
	P		29-out-14		
	C		05-nov-14		
	P		12-nov-14		
	C		19-nov-14		
	P		26-nov-14		
	C		03-dez-14		
	P		10-dez-14		
	C		17-dez-14		
	P		24-dez-14		
	C		31-dez-14		
	P		07-jan-15		
	C		14-jan-15		
	P		21-jan-15		
	C		28-jan-15		
	P		04-fev-15		
	C		11-fev-15		
	P		18-fev-15		
	C		25-fev-15		
	P		04-mar-15		
	C		11-mar-15		
	P		18-mar-15		
	C		25-mar-15		
	P		01-abr-15		
	C		08-abr-15		
	P		15-abr-15		

Fonte: Autor da pesquisa

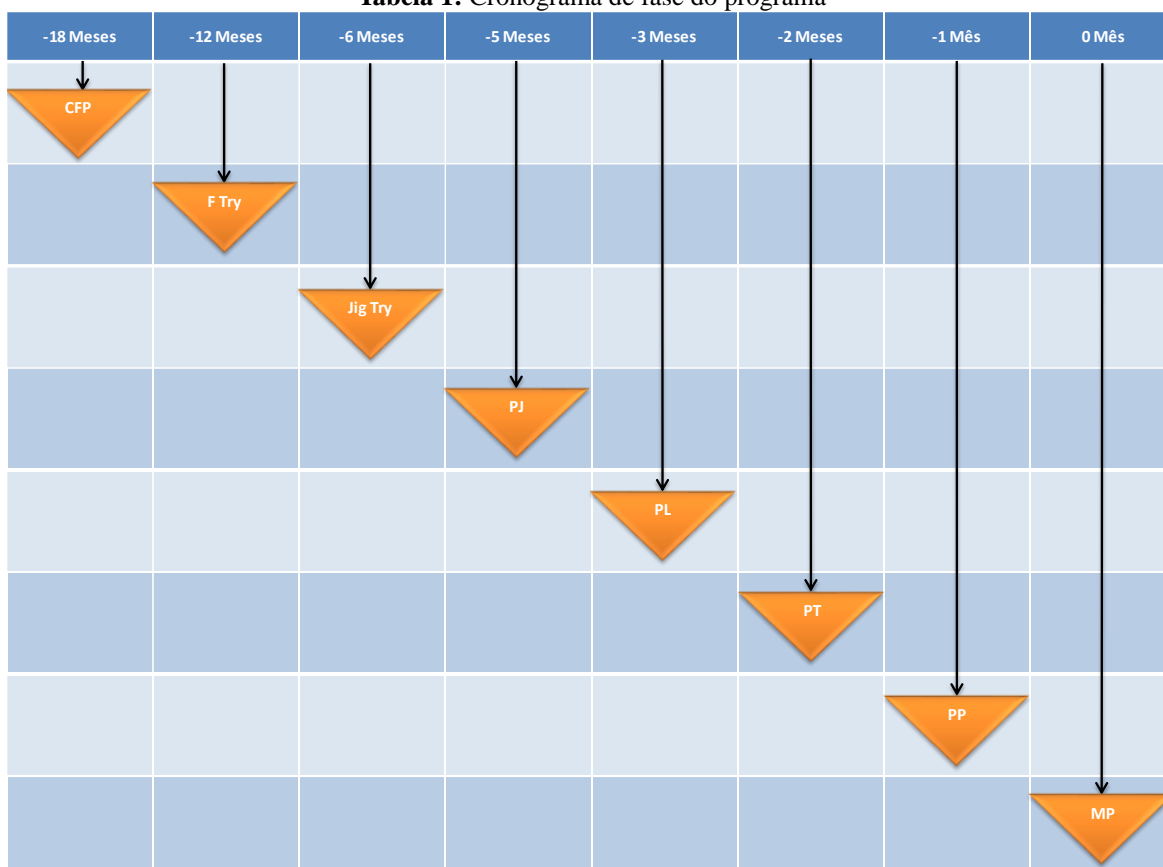
## 4.5 Fases do programa

O APQP utiliza datas para saber se o que foi planejado está sendo cumprido ou se precisa de atenção. As datas definidas para os eventos representam os marcos no desenvolvimento do projeto, essas datas são estabelecidas de acordo com as fases do programa.

Cada fase tem um período de duração definido, ao todo são oito fases de desenvolvimento em que, na sua somatória total, compreendem dezoito meses corridos.

Cada fase tem suas tarefas definidas para a realização, durante o período estabelecido de duração que o compreende. Na tabela a seguir, são apresentadas essas fases e o que cada uma representa.

**Tabela 1:** Cronograma de fase do programa



Fonte: Autor da pesquisa

#### **4.5.1 Fase CFP – *Concept Freezing Point***

A fase *Concept Freezing Point* - CFP que em tradução livre significa Ponto de Congelamento do Programa ou Congelamento do Escopo do Programa, é trabalhada em duas situações.

A primeira se refere às eventuais mudanças no projeto ou revisões, devem ser discutidas entre as áreas de engenharia, suprimentos e manufatura antes de serem oficializadas, isso ocorre devido ao grau de entendimento e necessidades levantadas por cada área, a fim de garantir o projeto.

Na segunda parte do programa ainda não existem peças físicas, o trabalho é realizado a partir de desenhos, especificações técnicas e documentos. Na sequência, o departamento de engenharia trabalha no projeto do produto emitindo ordens de engenharia, nessa etapa se tem todas as informações para o item, como lista de peças, desenhos, tolerância e material aplicado.

#### **4.5.2 Fase F TRY – *Function Try***

A fase *Function Try*, que em tradução livre significa Função Experimental ou Validação do Projeto, ocorre em três situações.

Primeiro, o protótipo de engenharia é obtido por meios provisórios, isto é, a construção da peça se dará por moldes feitos a partir de desenhos e documentos.

Segundo, é feita a verificação de *lay-out*, quando é observado o dimensional e encaixe, comparando com o obtido no protótipo.

Terceiro, a etapa da verificação de funcionamento é a mais aguardada, pois nesta fase será testado o protótipo após verificação do *lay-out*.

Para que esta fase tenha sucesso, a responsabilidade da engenharia de produto é de colocar o pedido de compra de peças protótipo, através do departamento de planejamento compras de materiais, para obter os componentes para a fabricação e montagem interna do protótipo.

#### **4.5.3 Fase *Jig Try***

Na fase *Jig Try*, que traduzindo livremente significa Gabarito Experimental, são realizados ajustes e validações dos *Jig's*, os gabaritos, em que as principais peças trabalhadas são as da carroceria.

Nesta fase, há duas situações. A primeira é que esse evento é realizado pela engenharia de manufatura, com o acompanhamento da engenharia de componentes. A segunda é que em conjunto definem se haverá necessidade de alterar ou incluir algum reforço no gabarito, antes que este passe a ser definitivo.

Para este teste as peças de carroceria devem ser cem por cento representativas do *design*, mesmo sendo feito em processo de fabricação provisório, isso significa que o dimensional e formato devem estar no último nível, não aceitando alterações ou modificações.

Nesta fase há duas áreas responsáveis; a primeira é a engenharia de programas, que realiza as importações das primeiras peças para que se possa realizar o comparativo no gabarito. A segunda é a engenharia de produto, que continua com a incumbência da compra de componentes e fabricação de protótipos.

#### **4.5.4 Fase PJ – *Parts & Jig Trial***

A fase *Parts & Jig Trial*, que em tradução livre significa Peças e Gabarito, Julgamento ou Certificação do kit do Veículo, tem somente a verificação e acuracidade da documentação, que seria a conferência entre as peças físicas recebidas que fazem parte do veículo, com a documentação gerada. Essas peças não precisam ser cem por cento representativas de *design* e processo de fabricação.

#### **4.5.5 Fase PL – *Process & Line Trial***

Na fase *Process & Line Trial*, que traduzindo livremente corresponde a Processos e Linha de Julgamento ou Testes na linha de montagem, abastecimento e dispositivos, as peças devem ser cem por cento representativas de *design* e processo produtivo, visto que serão utilizadas para a montagem dos primeiros veículos na linha de produção, para que desse modo se comece a familiarizar com as peças, dispositivos e procedimentos.

#### **4.5.6 Fase PT – *Production & Time Trial***

Nesta fase, *Production & Time Trial*, ou seja, Produção e Tempo Julgamento ou Testar o ciclo de operação e ciclo de montagem, as peças devem ser cem por cento representativas de *design* e processo produtivo, porém o objetivo não mais é familiarizar-se com as peças, dispositivos e procedimentos, mas começar a realização de testes de abastecimento e montagem, com a definição de tempos para cada operação.

#### **4.5.7 Fase PP – *Pilot Production***

Nesta fase tem-se o *Pilot Production*, que traduzindo significa Produção Piloto ou Certificação Final do Processo. São três situações. Primeiro, as peças têm que estar cem por cento definidas em *design* e processo produtivo. Segundo, a APQP das mesmas deve estar finalizada.

Posteriormente, ao contrário dos veículos montados nas outras duas fases anteriores, que são para teste de produção, logística, tomada de tempo, estes que saem dessa fase podem ser comercializados.

A responsabilidade de passar o primeiro pedido de peças, cem por cento finalizadas, de seu desenvolvimento para o início da montagem ao fornecedor, fica a cargo da equipe de suprimentos. Também cabe a essa equipe informar o encerramento da APQP para cada peça desenvolvida.

#### **4.5.8 Fase MP – *Mass Production***

Na fase *Mass Production*, que significa Produção em Massa, as situações citadas na fase anterior não mudam. Primeiro, as peças têm que ser cem por cento definidas em *design* e processo produtivo e a APQP das mesmas deve estar finalizada.

Ao contrário dos veículos montados nas outras duas fases, PL - Produção e Tempo Julgamento e PT - Produção e Tempo Julgamento, em que foram realizados testes de produção, logística, tomada de tempo, os veículos dessa fase podem ser comercializados.

A responsabilidade pelo pedido das peças passa a ser da equipe de planejamento de compra de materiais, com a colocação dos pedidos para produção, programação de

entregas, quantidades de peças e informação sobre o planejamento da produção e programação dos veículos.

#### 4.6 Datas da fase de projeto

Como explicado acima, cada fase tem uma tarefa principal e uma data limite para que aconteça o evento determinado. Foi partindo das datas de início e término do projeto que foi realizado o levantamento do período que é utilizado para a coleta de dados dessa pesquisa.

A tabela 2 a seguir, representa as datas das fases dos três últimos veículos que entraram em produção na empresa. Todos tiveram seus desenvolvimentos realizados em dezoito meses e já estão consolidados em sua linha de montagem.

**Tabela 2:** Datas dos projetos

FASE	DATA		
	PROJETO A	PROJETO B	PROJETOC
CFP	25/09/2009	05/12/2011	28/01/2013
F TRY	19/03/2010	25/06/2012	26/07/2013
JIG TRY	16/09/2010	21/12/2012	27/01/2014
PJ	21/10/2010	01/02/2013	28/03/2014
PL	17/12/2010	01/03/2013	30/04/2014
PT	21/01/2011	01/04/2013	09/06/2014
PP	25/02/2011	03/05/2013	04/08/2014
MP	28/03/2011	02/06/2013	04/09/2014

Fonte: Empresa

O projeto C foi utilizado como o piloto para a implementação desse novo fluxograma e a nova configuração de aplicação do APQP, proposta para a inclusão do acompanhamento no desenvolvimento da embalagem junto com a peça.

#### 4.7 Datas para coleta de dados

De posse das datas em que o projeto teve seu desenvolvimento finalizado e entregue para fabricação, optou-se por ter dois períodos de recorte para que compusesse as informações, conforme a tabela 3 a seguir.

**Tabela 3:** Datas da coleta de dados

	DATA		
FASE	PROJETO A	PROJETO B	PROJETO C
MP	28/03/2011	02/06/2013	04/09/2014
DADOS	28/02/2012	02/05/2014	28/11/2014

Fonte: Autor da pesquisa

Os projetos A e B já estão consolidados junto a empresa, possuindo mais de doze meses que foram entregues para a produção em massa, diante disso, optou-se por coletar os dados dos primeiros doze meses de cada projeto.

O projeto C, que é o objeto do estudo de caso, teve sua entrega para a fábrica efetuada no mês de setembro de 2014, tendo um período de três meses de fabricação em massa, que foi utilizado para a coleta de dados, uma vez que é no início da implementação do projeto que as adequações ainda são feitas.

#### **4.8 Não conformidade das peças**

A não conformidade das peças se refere ao não atendimento a um requisito, este, por sua vez, pode ser tratado como necessidade ou expectativa, que é expressa geralmente de forma implícita ou obrigatória.

Este quesito pode ser tratado também como não conformidade, um fato que contraria um requisito, sendo comprovado por evidências.

As evidências são claras, visto que as embalagens utilizadas no transporte das peças são embalagens provisórias e a mesma não consegue garantir a integridade da peça durante a movimentação ou por conta do peso, vindo a danificar o que está contido na embalagem.

##### **4.8.1 Custo da não conformidade das peças – Qualidade de recebimento**

Este custo foi levantado junto a área da qualidade de recebimento, onde são realizadas inspeções nas peças recebidas, esse procedimento pode ser efetuado em duas situações diferentes: por amostragem, em que se escolhe uma determinada peça e analisa o lote inteiro ou, através da visualização no ato do recebimento, em que a embalagem está danificada e conseqüentemente a peça ou as peças contidas também podem apresentar algum tipo de avaria.

A inspeção realizada com avaria na embalagem é mais fácil de detectar e apresenta um maior volume de peças danificadas. Esta situação pode ser observada no recebimento da embalagem, ao começar a movimentação de retirada das embalagens do caminhão que as transportaram. Observa-se na figura 16 a seguir, um exemplo: são quatro embalagens confeccionadas em madeira, onde eram transportados suportes de tanques de combustíveis.

**Figura 16:** Embalagem danificada



Fonte: Autor da pesquisa

Com a movimentação no transporte, os suportes se deslocaram, com isso, uma das embalagens cedeu, não resistindo ao peso da que estava em cima. A embalagem ao lado teve a tampa deslocada junto com a que estava em cima.

Aparentemente não houve maiores danos, no entanto, como uma das embalagens não resistiu, algumas peças, com o balançar no trajeto rodoviário, ficaram debaixo das próprias embalagens. Diante disso todas passaram por inspeção.

Já para a inspeção realizada por amostragem, pode vir a detectar alguma falha interna na embalagem, que através da observação externa não se consegue identificar, pois externamente a embalagem não aparenta avarias ou danos provocados durante o transporte ou movimentação.

No entanto, isto pode mascarar ou até mesmo esconder algum problema interno na embalagem, como mostra a figura 17 a seguir, que comporta semieixos, os quais sofreram avarias internas por conta do peso, no entanto, a caixa de papelão que os transportava está intacta, não apresentando avarias externas durante o transporte ou na movimentação.

**Figura 17:** Embalagem intacta



Fonte: Autor da pesquisa

Somente ao realizar uma inspeção por amostragem observou-se que as divisórias internas, que também são de papelão, não resistiram ao peso e a vibração durante a movimentação, vindo a ceder, deixando em contato as peças do nível superior com as do inferior, ocasionando atrito entre elas, danificando-as.

Em ambos os casos, as peças são avaliadas e inspecionadas, sendo que algumas são liberadas novamente para voltar ao processo produtivo, sem apresentar problema de montagem ou visual. Já as que foram encontradas avarias são segregadas e contabilizadas, para que ocorra sua baixa no estoque e posterior descarte.

#### **4.8.2 Custo da não conformidade das peças – *Scrap***

*Scrap* é uma palavra em inglês utilizada na indústria automobilística para indicar que uma peça está danificada, quebrada, faltando partes e que será sucateada, dispensada, com isso o custo desta peça é levantado junto a área da produção.

Esta ocorrência se dá na produção devido a peça não ter sido inspecionada na qualidade de recebimento, ou acabou ficando de fora da amostragem realizada e também pelo fato da embalagem não apresentar avarias.

Com isso, o processo de recebimento ocorre normalmente, a nota fiscal é conferida, as etiquetas são postas e a peça é armazenada no estoque, sendo um processo feito de transferência direto do recebimento para o estoque e, conseqüentemente, para a linha de produção.

Caso alguma dessas peças sejam utilizadas na linha de produção, os custos com o retrabalho para substituição são altos, pois envolve mão de obra e local apropriado para montagem.

Na empresa onde esta pesquisa foi realizada, a substituição e montagem da nova peça geralmente se realizam após o horário de expediente normal ou aos sábados, quando são somados aos custos de transporte, refeição e hora-extra.

Cabe observar que esse procedimento acontece com as peças que foram encontradas na linha de produção, podendo vir a ocorrer com uma série de outras peças que deixam de ser montadas, aumentando os custos mencionados acima ou até mesmo uma parada de linha.

#### **4.9 Dados de não conformidade dos projetos**

Os dados apurados para cada projeto, tem informações como: o período, total de peça recebida em cada mês e o total de não conformidade de cada período, este subdividido em quatro sub itens de não conformidade. A última coluna apresenta o valor total de não conformidade. Abaixo segue uma breve explanação sobre cada um deles.

O período representa o mês que foi utilizado para a coleta de dados em cada projeto, tendo como início a data que foi entregue para a fábrica ou seja o início da produção em massa.

O total de peça recebido, representa o volume total de peças que foram recebidas durante o respectivo mês, independente se apresentaram algum dano na embalagem ou na peça.

Os valores de não conformidade estão divididos em quatro subgrupos: recebimento, que são os apontamentos contábeis da área da qualidade de recebimento das peças com avarias. Os valores para o *scrap*, que são os que a área de produção realiza em seus apontamentos, os quais são contabilizados, utilizando o mesmo formato para o levantamento da qualidade.

A peça que foi alvo de *scrap* tem o agravante de, em alguns casos, não permitir que se continue a sequência de montagem, no entanto, nesse trabalho, tomou-se o cuidado de trazer para análise, somente os valores das peças que chegaram danificadas na linha de produção.

O campo total RNCP, que significa relatório de não conformidade de peça, representa a somatória das peças encontradas no recebimento e produção com algum dano que impossibilitou a sua montagem.

O valor total representa o custo apontado pela não conformidade ao longo dos meses das peças do RNCP que tiveram algum tipo de avaria, não havendo como ser aproveitada na produção.

No projeto A, os dados foram levantados entre os meses de março de 2011 até fevereiro de 2012, fechando um ciclo de doze meses conforme tabela 4 a seguir.

**Tabela 4:** Valores de não conformidade projeto A

PROJETO A						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
28/03/2011	6298	215	15	230	3,7	R\$ 13.640,43
28/04/2011	14913	1118	669	1787	12,0	R\$ 80.946,60
28/05/2011	23872	473	461	934	3,9	R\$ 45.137,22
28/06/2011	268508	2351	589	2940	1,1	R\$ 139.195,68
28/07/2011	101154	1346	195	1541	1,5	R\$ 81.899,37
28/08/2011	32572	894	98	992	3,0	R\$ 33.766,30
28/09/2011	25698	721	102	823	3,2	R\$ 38.466,07
28/10/2011	38181	2399	45	2444	6,4	R\$ 271.028,61
28/11/2011	39630	1331	27	1358	3,4	R\$ 59.667,00
28/12/2011	21574	648	10	658	3,0	R\$ 49.886,97
28/01/2012	2389	101	15	116	4,9	R\$ 6.841,22
28/02/2012	22798	258	7	265	1,2	R\$ 10.150,58

Fonte: Empresa

O projeto B, os dados foram levantados entre os meses de junho de 2013 até maio de 2014, fechando um ciclo de doze meses conforme tabela 5 a seguir.

**Tabela 5:** Valores de não conformidade projeto B

PROJETO B						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
02/06/2013	24440	3890	21	3911	16,0	R\$ 57.526,83
02/07/2013	21960	599	59	658	3,0	R\$ 23.248,54
02/08/2013	16016	1187	109	1296	8,1	R\$ 17.144,87
02/09/2013	17313	731	53	784	4,5	R\$ 63.005,82
02/10/2013	8761	555	10	565	6,4	R\$ 66.815,47
02/11/2013	17639	827	16	843	4,8	R\$ 75.268,95
02/12/2013	18971	394	19	413	2,2	R\$ 26.709,43
02/01/2014	12476	3659	7	3666	29,4	R\$ 39.141,58
02/02/2014	23044	4506	25	4531	19,7	R\$ 42.058,78
02/03/2014	15239	682	18	700	4,6	R\$ 39.587,56
02/04/2014	26644	1471	20	1491	5,6	R\$ 12.587,41
02/05/2014	4828	151	6	157	3,3	R\$ 7.406,70

Fonte: Empresa

O projeto C, os dados foram levantados entre os meses de setembro de 2014 até novembro de 2014, fechando um ciclo de três meses conforme tabela 6 a seguir.

**Tabela 6:** Valores de não conformidade projeto C

PROJETO C						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
04/09/2014	20444	522	48	570	2,8	R\$ 22.712,40
04/10/2014	27592	211	92	303	1,1	R\$ 15.954,60
28/11/2014	6045	112	15	127	2,1	R\$ 9.926,19

Fonte: Empresa

No capítulo 5 é apresentado as análises dos dados coletados para verificação e validação do que foi proposto de alterações na utilização da ferramenta APQP, bem como analisa a redução de custos entre os projetos.

## 5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

### 5.1 Análises do relatório de não conformidade da peça

Para um melhor entendimento dos dados apurados, são apresentados através de tabelas e de um gráfico de média e desvio padrão as análises feitas, para que se possa confirmar que a inclusão do desenvolvimento da embalagem na ferramenta APQP teve resultado positivo.

Os dados coletados para os três projetos diferem em tamanho de amostra, porque dois deles possuem doze meses de coleta, o terceiro, apenas três meses, devido a data de entrada do projeto ser entregue à produção no final do período estipulado por essa pesquisa para a coleta dos dados.

Esta primeira análise é composta de dois tipos, sendo que a primeira efetua comparativos entre os dados levantados de cada projeto, a segunda utiliza a média aritmética simples e do desvio padrão dos valores coletados.

Diante disso, os projetos tiveram que ter seus dados igualados, assim todas as amostras passam a ter o mesmo número de meses, conseqüentemente o mesmo período para o recorte dos dados, período esse que foi estipulado em três meses, para os três projetos.

Para facilitar uma primeira análise, foi adicionada uma nova linha ao final da tabela, em que se tem a somatória dos valores encontrados em cada coluna para facilitar a comparação dos valores.

A tabela 7 abaixo, apresenta os dados do projeto A na nova configuração, que apresenta os dados dos três primeiros meses de produção, mais a somatória dos valores de cada dado.

Iniciando com as análises das principais colunas, as informações extraídas começam com o valor de total das peças recebidas no trimestre, que foi de 45.083 peças, observando a coluna do total de RNCP o valor foi de 2.951 peças.

Analisando a porcentagem apresentada na coluna % PÇ NOK (porcentagem de peças não okey) para os três meses foi de 19,5 % do total de peças recebidas, o custo total levantado para esse percentual atingiu o valor de R\$ 139.724,25.

**Tabela 7:** Valores de não conformidade projeto A (1º trimestre)

PROJETO A						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
28/03/2011	6298	215	15	230	3,7	R\$ 13.640,43
28/04/2011	14913	1118	669	1787	12,0	R\$ 80.946,60
28/05/2011	23872	473	461	934	3,9	R\$ 45.137,22
<b>TOTAL</b>	<b>45083</b>	<b>1806</b>	<b>1145</b>	<b>2951</b>	<b>19,5</b>	<b>R\$ 139.724,25</b>

Fonte: Autor da pesquisa

A tabela 8 exposta logo abaixo, apresenta os dados do projeto B em que as informações são expostas a seguir.

Analisando da mesma forma que o projeto A, fazendo uso das principais colunas em que o valor total das peças recebidas no trimestre foi de 62.416 peças, observando a coluna do total de RNCP o valor foi de 5.865 peças.

A porcentagem apresentada na coluna % PÇ NOK para os três meses foi de 27,1% do total de peças recebidas, o custo total levantado para esse percentual atingiu o valor de R\$ 97.920,24.

**Tabela 8:** Valores de não conformidade projeto B (1º trimestre)

PROJETO B						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
02/06/2013	24440	3890	21	3911	16,0	R\$ 57.526,83
02/07/2013	21960	599	59	658	3,0	R\$ 23.248,54
02/08/2013	16016	1187	109	1296	8,1	R\$ 17.144,87
<b>TOTAL</b>	<b>62416</b>	<b>5676</b>	<b>189</b>	<b>5865</b>	<b>27,1</b>	<b>R\$ 97.920,24</b>

Fonte: Autor da pesquisa

A tabela 9 a seguir, apresenta os dados coletados para o projeto C, e que expõe os valores no qual há a aplicação e a utilização da APQP para o desenvolvimento da embalagem.

Seguindo a mesma análise dos projetos anteriores, as informações extraídas começam com o valor total das peças recebidas no trimestre, que foi de 54.081 peças, observando a coluna do total de RNCP o valor foi de 1.000 peças.

Verificando a porcentagem apresentada na coluna % PÇ NOK para os três meses, o valor obtido foi de 6% do total de peças recebidas e o custo total levantado para esse percentual atingiu o valor de R\$ 48.593,19.

**Tabela 9:** Valores de não conformidade projeto C (1º trimestre)

PROJETO C						
Período	TOTAL PEÇA RECEBIDO	NÃO CONFORMIDADE				VALOR TOTAL
		RECEBIMENTO	SCRAP	TOTAL - RNCP	% PÇ NOK	
04/09/2014	20444	522	48	570	2,8	R\$ 22.712,40
04/10/2014	27592	211	92	303	1,1	R\$ 15.954,60
28/11/2014	6045	112	15	127	2,1	R\$ 9.926,19
<b>TOTAL</b>	<b>54081</b>	<b>845</b>	<b>155</b>	<b>1000</b>	<b>6,0</b>	<b>R\$ 48.593,19</b>

Fonte: Autor da pesquisa

Realizando um comparativo no total de peças recebidas entre os projetos A, B e C, foi possível identificar que o projeto A apresentou o menor recebimento de volume de peças no 1ª trimestre, após o início do projeto, com 45.083 peças.

O Projeto B obteve como resultado maior volume de peças recebidas no período em análise, com 62.416 peças. No projeto C resultaram em 54.081 peças recebidas, com um quantitativo intermediário entre os projetos.

Analisando a coluna total de RNCP que representa o somatório entre as peças não conformes identificadas no recebimento e *scrap*, foi possível identificar que o projeto A possui o valor intermediário de não conformidade, com o total de 2.951 peças. O projeto B possui um total de 5.865 peças não conformes, o que em relação aos demais projetos, foi o que obteve maior quantitativo.

O projeto C, que aborda a utilização da aplicação da APQP para o desenvolvimento de embalagem juntamente com a peça, resultou em uma redução de peças não conformes, no total de 1.000 peças no trimestre.

Esses comparativos foram feitos confrontando os valores da coluna valor total, utilizando porcentagem ao invés dos valores da moeda corrente, e travando a comparação entre o projeto C para com os outros dois projetos A e B.

Iniciando a relação de porcentagem entre o projeto A e o projeto C, foi encontrado o valor de 34,78%, equivalendo ao custo de peças não conformes, a diferença do valor que é de 65,22% representa a redução do custo de não conformidade nas peças, demonstrando com dados quantitativos que a utilização da ferramenta APQP garante uma significativa redução de peça não conformes e, por conseguinte, nos custos do projeto.

Analisando o projeto B em relação ao projeto C, a equivalência encontrada em porcentagem para peças não conformes foi de 49,62%, diante disso obteve-se o valor de

50,38%, sendo essa diferença representada em relação a redução do custo de não conformidade nas peças.

Diante do exposto, o projeto C, que é o que faz uso da incorporação da ferramenta APQP para o desenvolvimento da embalagem junto a peça, demonstra dados positivos no seu propósito que é de gerar a redução de peças com não conformidade e seu custo.

Para que fosse possível essa afirmação a coluna com os valores de % PÇ NOK é analisada utilizando a média e o desvio padrão.

## 5.2 Média e desvio padrão

Como mencionado acima, para uma nova verificação fez-se o uso da média e do desvio padrão para os valores de %PÇ NOK através de gráfico, para auxiliar na comprovação de que o projeto C apresenta uma redução de custo de não conformidade.

Para o cálculo da média, é utilizada a aritmética simples, em que se relaciona a soma dos valores, que neste caso se refere aos de %PÇ NOK, dividindo o resultado dessa soma pelo número de %PÇ NOK.

A equação abaixo representa o cálculo foi descrito acima.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

O valor de  $\bar{x}$  é o resultado da equação, apresentando a média encontrada dos valores calculados. O símbolo  $\Sigma$ , representa a somatória do conjunto de valores que será utilizado para compor a média.

O valor de  $x$  é efetivamente o valor individual de cada dado da amostra. A letra  $n$ , é a somatória da quantidade de amostras que compõe a média ou o número de valores da quantidade de amostra.

A tabela 10 abaixo representa a média calculada para cada projeto, de acordo com a equação apresentada acima.

**Tabela 10:** Valores das médias

Projeto	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	Média % PÇ NOK
A	$(3,7 + 12,0 + 3,9) / 3$	6,5
B	$(16,0 + 3,0 + 8,1) / 3$	9,0
C	$(2,8 + 1,1 + 2,1) / 3$	2,0

Fonte: Autor da pesquisa

O desvio padrão é uma medida de dispersão usada com a média. Mede a variabilidade dos valores à volta da média. O valor mínimo do desvio padrão é 0 (zero) indicando que não há variabilidade, ou seja, que todos os valores são iguais à média.

A equação abaixo representa o que foi descrito acima.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

O símbolo  $\sigma$ , representa o desvio padrão da população. O valor de  $\bar{x}$ , é o resultado da equação da média dos valores, conforme cálculo feito na tabela 10 para cada projeto.

O valor de  $x$  é o valor de cada dado individual da amostra. O significado da letra  $n$ , é o mesmo da média, somatória da quantidade de amostras, que compõe a média ou o número de valores da quantidade de amostra.

A tabela 11 abaixo representa o desvio padrão calculado para cada projeto de acordo com a equação apresentada acima.

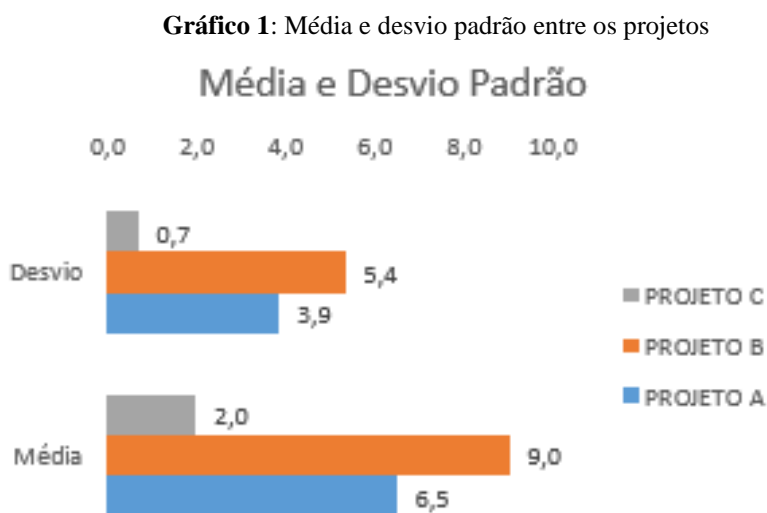
**Tabela 11:** Valores dos desvios

Projeto	$\sigma$	Desvio - % PÇ NOK
A	$\sqrt{\frac{(3,7 - 6,5)^2 + (12 - 6,5)^2 + (3,9 + 6,5)^2}{3}}$	3,9
B	$\sqrt{\frac{(16 - 9)^2 + (3 - 9)^2 + (8,1 + 9)^2}{3}}$	5,4
C	$\sqrt{\frac{(2,8 - 2)^2 + (1,1 - 2)^2 + (2,1 + 2)^2}{3}}$	0,7

Fonte: Autor da pesquisa

Para realizar um comparativo entre os dados levantados sobre a média e o desvio padrão, o que melhor faz essa representação e auxilia na análise dos dados, é o uso do recurso gráfico.

O gráfico 1 abaixo está disposto da seguinte forma: em seu eixo horizontal segue as informações dos valores encontrados através da média e desvio padrão, no eixo vertical do lado esquerdo, sendo agrupado por ordem de grandeza, na parte superior estão os valores referentes ao desvio, na parte inferior está a média encontrada nos três projetos.



Fonte: Autor da pesquisa.

Confrontando os valores entre os projetos B e C, é possível perceber através do gráfico, que os valores são bem distantes entre eles. Passando para os valores, o projeto B obteve a média de 9,0 pontos, incluindo o desvio a seus valores, sua escala fica entre  $9,0 \pm 5,4$  pontos. Com isso os valores desse projeto estão entre o intervalo de 14,4 máximo e 3,6 de mínimo.

Analisando os valores levantados para o projeto C, a média foi de 2,0 pontos juntando com o encontrado de desvio, a escala apresentada fica entre  $2,0 \pm 0,7$ , em que os valores podem estar entre o intervalo de 2,7 máximo e 1,3 de mínimo, lembrando que este projeto utiliza a APQP para o desenvolvimento da embalagem.

Verificando os valores dos projetos A e C, é possível confirmar o que se percebe visualmente no gráfico 1, atentando para aos números percebe-se que houve a redução do custo de não conformidade nas peças.

Fazendo o comparativo dos projetos A e C, que apresentam valores mais próximos entre eles, o projeto A tem a sua média de 6,5 pontos e seu desvio padrão de 3,9, ficando

com a escala de  $6,5 \pm 3,9$ . Com isso os valores desse projeto podem estar entre o intervalo de 10,4 máximo e 2,6 de mínimo.

Comparando os números da análise do projeto A e do projeto C apresentado, os valores calculados apontam que, diferença representada demonstra a relação de redução do custo de não conformidade nas peças.

Analisando somente os dados do desvio para o projeto A, observa-se uma escala muito alta ao aplicar o desvio padrão, indicando que os dados estão espalhados por uma gama de valores.

Fazendo o comparativo para o projeto C utilizando os valores encontrados de média e aplicando o desvio padrão, percebe-se que tem um baixo valor de desvio padrão, indicando que os dados tendem a estar próximos da média.

Com essa comparação entre os valores dos projetos A e C para o desvio padrão, demonstra que o projeto C apresenta um resultado menor de não conformidade, com isso a incorporação do desenvolvimento da embalagem na ferramenta APQP trouxe um resultado positivo na sua aplicação.

Para uma melhor análise dos dados apresentados através do gráfico de média e desvio para cada projeto e, para validar as mudanças realizadas utilizando a APQP, houve a necessidade de utilizar um modelo de análise estatística de variância conhecido como ANOVA.

### **5.3 – ANOVA e MINITAB – Análise de variância dos projetos**

ANOVA foi desenvolvida pelo estatístico Inglês RA Fisher que viveu entre 1890-1962. Embora inicialmente lidasse com dados agrícolas, esta metodologia foi aplicada a uma vasta gama de outros campos para análise de dados. Apesar de seu uso generalizado, alguns profissionais não conseguem reconhecer a necessidade de verificar a validade de vários pressupostos fundamentais antes de aplicar uma ANOVA para seus dados (FISHER,1925).

Para Da Silva Filho (2012), a principal aplicação da ANOVA (*analise of variance*) é a comparação de médias oriundas de grupos diferentes, também chamados tratamentos.

Pode-se dizer que a análise de variância da ANOVA se refere ao tratamento e a verificação dos dados coletados, bem como a comparação de suas médias vindo de diferentes grupos.

Segundo Casella (2010), em sua forma mais simples, a ANOVA é um método de estimativa das médias de diversas populações, frequentemente assumidas como normalmente distribuídas. No entanto, o foco central da ANOVA está no tópico planejamento estatístico.

Por utilizar a estatística como ferramenta e por aceitar uma diversidade nas populações, suas aplicações podem ser associadas a um processo, produto ou serviço.

A ANOVA pode ter dois efeitos de população sendo fixos e efeitos aleatórios, em que a aleatoriedade determina a questão do problema, pois na grande maioria dos casos trata-se de níveis fixos, afinal o segundo tipo de problema (aleatório) somente surgirá quando ocorrer um estudo envolvendo uma escolha aleatória de fatores.

A tabela 12 abaixo, representa o formato em que os dados da ANOVA são dispostos para que haja uma melhor análise.

**Tabela 12:** Formato da ANOVA.

Fonte de Variação	<i>SQ</i>	<i>GDL</i>	<i>MQ</i>	<i>Teste F</i>	<i>P</i>
Entre Grupos	<i>SQG</i>	$K - 1$	<i>MQG</i>	<i>MQG/MQR</i>	
Dentro dos Grupos	<i>SQR</i>	$N - K$	<i>MQR</i>		
Total	<i>SQT</i>	$N - 1$			

Fonte: Autor da pesquisa.

Descrição do que são esses dados na tabela 12, começando com a linha superior em que temos o cabeçalho:

1. Fonte de variação ou causas de variação.
2. *SQ* – Soma dos quadrados
3. *GDL* – Grau de liberdade
4. *MQ* – Quadrados médios
5. Teste *F* – *F* calculado

Se o teste *F* indicar diferenças entre as médias e os níveis forem fixos, haverá interesse em identificar quais as médias que diferem entre si.

Entre Grupos:

1. *SQG* – soma dos quadrados dos grupos (tratamentos), associada exclusivamente a um efeito dos grupos.
2.  $K - 1$  – grupos de amostra menos 1.
3. *MQG* = Média quadrada dos grupos.

Dentro dos grupos:

1. SQR soma dos quadrados dos resíduos, devidos exclusivamente ao erro aleatório, medida dentro dos grupos.
2. MQR = Média quadrada dos resíduos (entre os grupos).

Total:

1. A SQT também é chamada de variação Entre, que é a variação existente entre os diferentes tratamentos, em que é a soma dos quadrados totais.  $SQT = SQG + SQR$
2.  $SQT = SQG + SQR$  (mede a variação geral de todas as observações).
3. SQG e MQG: medem a variação total entre as médias
4. SQR e MQR: medem a variação das observações de cada grupo
5.  $F = \frac{MQG}{MQR}$
6.  $N - 1 = (K - 1) + (N - K)$
7.  $MQG = SQG (K - 1)$

Se  $F$  calculado  $>$   $F$  tabelado, rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, existem evidências de diferença significativa entre pelo menos um par de médias de tratamentos, ao nível  $\alpha$  de significância escolhido. Caso contrário, não se rejeita a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, não há evidências de diferença significativa entre tratamentos, ao nível  $\alpha$  de significância escolhido.

**Figura 18:** Análise de variância - Hipótese



Fonte: Autor da pesquisa.

Conforme figura 18, outra maneira de avaliar a significância da estatística  $F$  é utilizando o p-valor. Se o p-valor  $<$  0,10, rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ . Caso contrário, não rejeitamos a hipótese de nulidade  $H_0$ , ou seja, não há evidências de diferenças significativas entre os tratamentos ao nível  $\alpha$  de significância escolhido.

Para a realização da ANOVA, foi utilizado o software Minitab versão 17.

O programa foi desenvolvido em 1972, é um programa de computador voltado para fins estatísticos, sendo muito utilizado nas universidades, nos cursos introdutórios de estatística.

Também é aplicada em empresas num nível mais avançado de utilização, tendo funções mais específicas voltadas para gerenciamento em que é utilizado em conjunto com o Seis Sigma, que é uma forma de aperfeiçoar processos rotineiros.

Sua interface é parecida com a de uma planilha eletrônica como Microsoft Excel, porém com a capacidade de executar análises estatísticas complexas.

O software Minitab no Brasil desde 2010 é representado pela Líder Softwares, a autorizada do Minitab no Brasil. Várias informações do software estão disponíveis no site da empresa, bem como suporte de instalação. Outra opção do Minitab é a de que ele salva as estatísticas em Word podendo imprimi-la em formato PDF. Em 2014 foi lançado o Minitab 17 também na versão em português e com novos recursos.

### **5.3.1 Resultados estatísticos**

Para Da Silva Filho (2012) a análise de variância é um teste estatístico amplamente difundido entre os analistas e visa fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente. Os fatores propostos podem ser de origem qualitativa ou quantitativa, mas a variável dependente necessariamente deverá ser contínua.

Diante do exposto dos projetos A, B e C, utilizando os valores de todos os meses da coleta de dados das tabelas 4, 5 e 6, dos campos TOTAL DE PEÇA RECEBIDO e NÃO CONFORMIDADE DE RECEBIMENTO, os cálculos foram realizados com o objetivo de verificar se existe diferença entre as médias encontradas nos projetos devido à disparidade de datas na inclusão da embalagem definitiva.

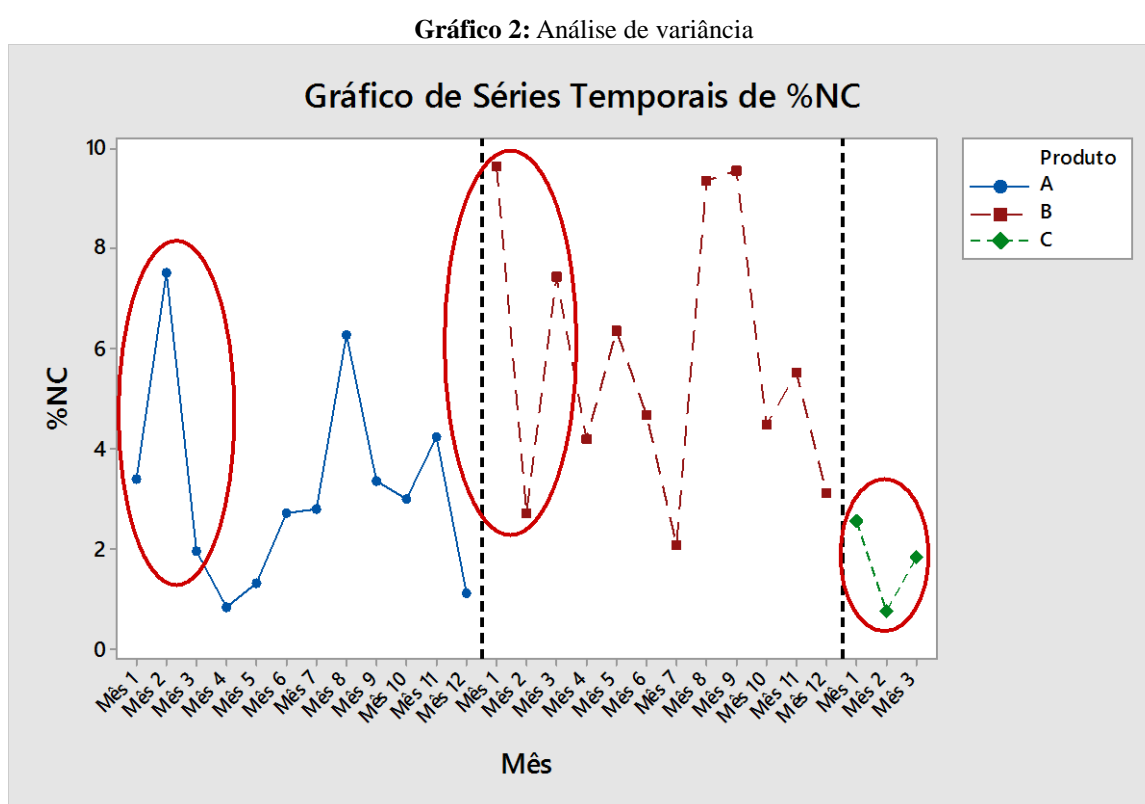
Para isso, os dados foram analisados em dois cenários, no primeiro estão os projetos A e B, em que as embalagens foram desenvolvidas quando as peças já estavam em produção em massa.

No segundo cenário está o projeto C, em que as embalagens foram desenvolvidas juntamente com a peça e essas entrando junto com a produção em massa.

O gráfico 2 a seguir, mostra o comportamento da porcentagem de não conformidade por projeto, em que é possível observar que o melhor resultado foi obtido para o projeto C.

Para esta colocação foi levado em conta a comparação dos primeiros três meses, devido ao recorte proposto, em que o início da implantação dos projetos apresentam maior índice de não conformidade.

Na verificação entre os projetos, o projeto C evidencia o seu melhor comportamento quanto a não conformidade.



Fonte: Autor da pesquisa.

Para confirmar se a diferença encontrada no gráfico 2 é significativa, e que o projeto C obteve o melhor comportamento, foi efetuada análise através da ANOVA.

Utilizando o software Minitab e fazendo o teste da análise de variância da ANOVA com os dados dos três projetos, ficou evidente que o melhor resultado apresentado para as não conformidades, foi o projeto C, conforme o gráfico 3 a seguir.

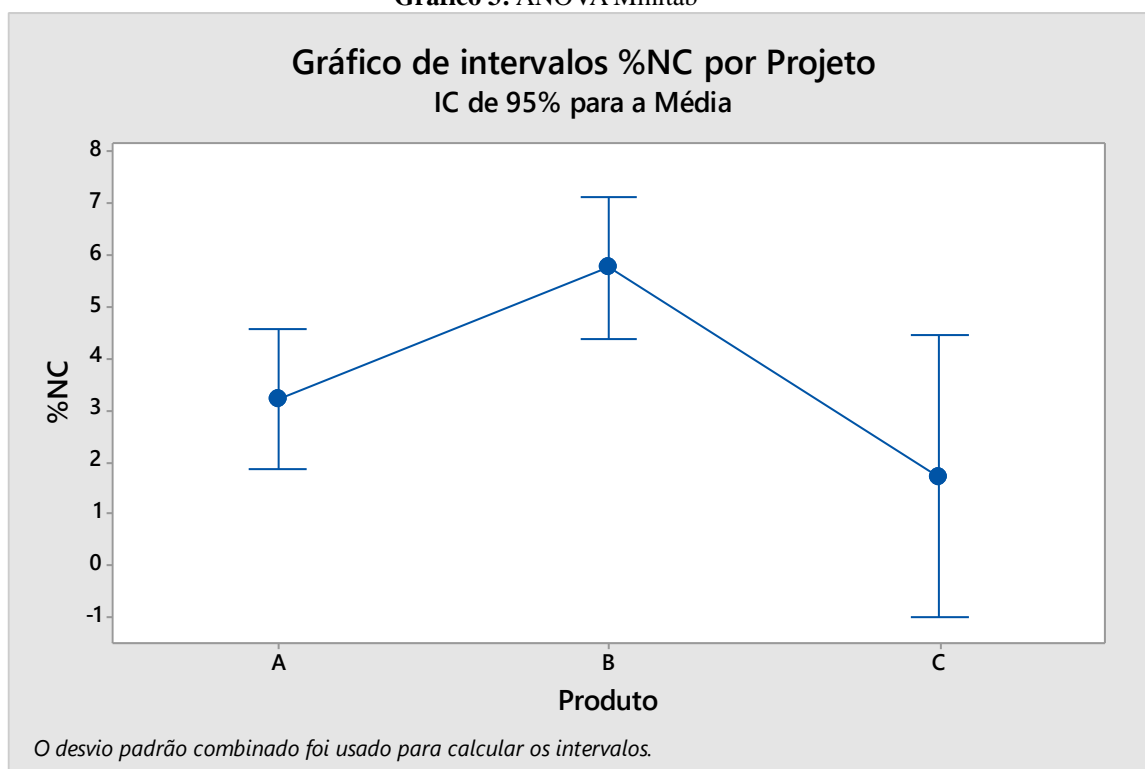
Para isso temos abaixo algumas considerações referentes a ANOVA:

1. Porcentagem de não conformidade (% NC) por Projeto.
2. Hipótese nula: Todos os meios são iguais.

3. Hipótese alternativa: Pelo menos um é significativamente diferente.
4. Nível de significância  $\alpha = 0,05$
5. Assumiu-se igualdade de variâncias para a análise.

Resultados via software Minitab versão 17.

**Gráfico 3:** ANOVA Minitab



Fonte: Autor da pesquisa

A tabela 13 a seguir, demonstra as informações sobre os fatores que o software Minitab retorna como um primeiro resultado, nessa tabela é possível observar que há três níveis de produto, referentes aos valores dos projetos A, B, C.

**Tabela 13:** ANOVA Minitab - Fatores

Fator	Níveis	Valores
Produto	3	A; B; C

Fonte: Autor da pesquisa.

A tabela 14 apresenta os dados da análise de variância da ANOVA que o software Minitab retorna com os cálculos resolvidos. Dentre os dados, o mais relevante é resultado de P, que representa o valor da hipótese nula.

**Tabela 14:** ANOVA Minitab - Variância

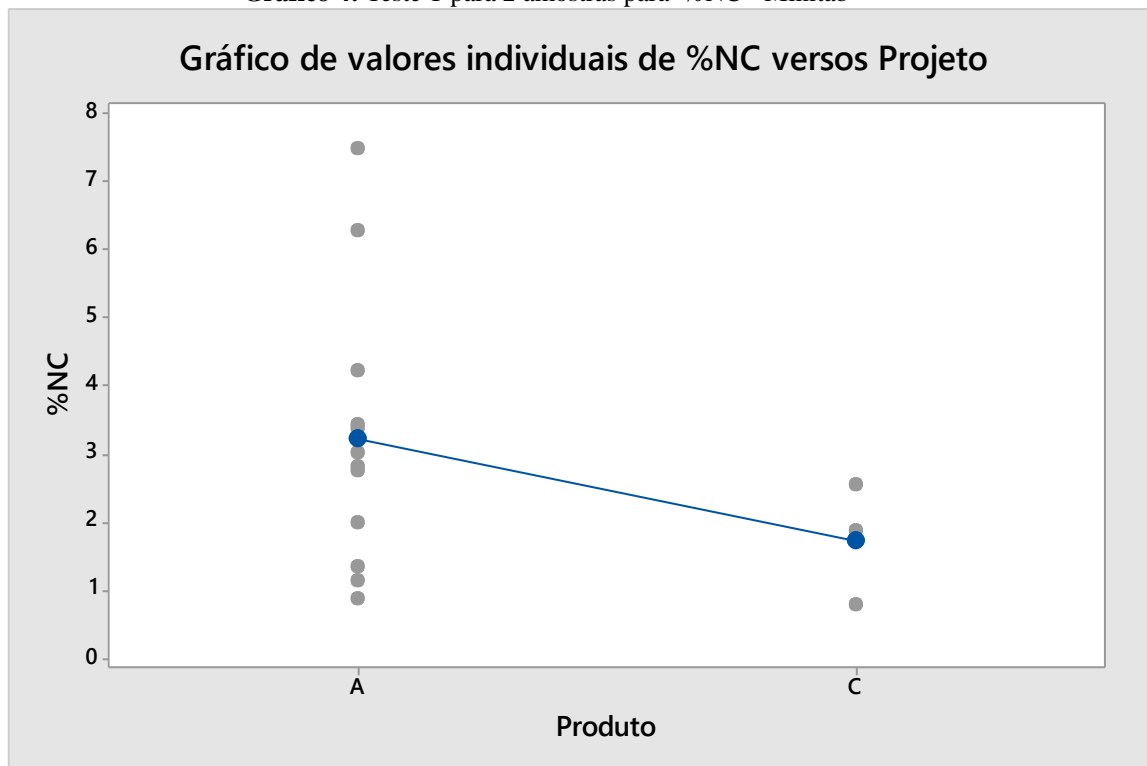
Fonte de Variação	<i>SQ</i>	<i>GDL</i>	<i>MQ</i>	<i>Teste F</i>	<i>P</i>
Entre Grupos	59,05	2	29,523	5,63	<b>0,010</b>
Dentro dos Grupos	125,91	24	5,246		
Total	184,95	26			

Fonte: Autor da pesquisa.

O P-valor é 0,010, que é menor que 0,10, sendo assim é possível rejeitar a hipótese nula. A hipótese nula é de que as médias dos três projetos são as mesmas, que foram rejeitadas, os resultados demonstram que pelo menos uma das médias difere das demais, ou seja, é necessário, nesse caso, outro cálculo que evidencie a diferença de média.

Como observado no gráfico 3, os resultados dos projetos A e C ficaram próximos, então houve a necessidade da realização do teste “t” para as duas amostras, com o intuito de verificar se essa diferença seria significativa ou não.

A seguir o gráfico 4 apresenta a realização do teste “t” para os dois projetos A e C utilizando o software minitab.

**Gráfico 4:** Teste T para 2 amostras para %NC - Minitab

Fonte: Autor da pesquisa

Com o teste “t” demonstrado na tabela 15, observa-se que a diferença entre os projetos A e C é significativa, ou seja, existe diferença entre as médias de não conformidades. Nesse caso a %NC para o produto C é menor que a do A e como consequência do B, sendo que a porcentagem de A para B fica em torno de 1,5%, um número significado ao ser transportado para a economia com a não conformidade.

Se a escala fosse repetida ao longo dos próximos três trimestres, a redução chegaria a 6% de economia com não conformidade, no entanto, cabe observar que, ao passar do tempo, os projetos A e B foram reduzindo custos de não conformidade devido a entrada da embalagem definitiva no processo.

**Tabela 15:** Teste T para 2 amostras para %NC média - Minitab

Produto	N	Média	DesvioPadrão	EP Média
A	12	3,22	2,00	0,58
C	3	1,724	0,901	0,52

Fonte: Autor da pesquisa.

Conforme a tabela 16, rejeita-se a hipótese H0 novamente, ou seja, existe diferença entre as médias e como consequência a comprovação de que o Projeto C é o que apresenta o menor valor, pois o valor de P ficou abaixo de 0,10.

**Tabela 16:** Teste T para 2 amostras para %NC - Minitab

Diferença =	$\mu ( A ) - \mu ( C )$
Estimativa para a diferença	1,498
IC de 95% para a diferença	(-0,342; 3,337)
Teste T de diferença =	0 (versus $\neq$ )
Valor T =	1,92
Valor-P =	<b>0,096</b>
GL =	7

Fonte: Autor da pesquisa.

Feito as análises de variância e as análises pelo gráfico percebe-se que o projeto C foi o que melhor resultado mostrou, indicando ser viável o desenvolvimento da embalagem junto com a peça.

O projeto A teve um custo de não conformidade de 34,78%, o projeto B apresentou os custos do mesmo item em torno de 49,62%. Em ambos os casos a concepção da embalagem foi acontecendo quando o projeto estava em linha de produção.

No projeto C, a redução de custo de não conformidade foi equivalente a média de 57,8 %, pois a embalagem foi concebida junto a peça, antes da entrada na linha de produção.

O que se pode concluir é que sem o acompanhamento de uma ferramenta de controle para o desenvolvimento da embalagem como o realizado para a peça, os custos de não conformidade serão altos.

Com a incorporação da utilização da APQP para o desenvolvimento da embalagem, e sendo essa ferramenta já utilizada para o desenvolvimento de peça, o controle fica mais confiável visto que a APQP é de conhecimento tanto da empresa como dos seus fornecedores.

Evidenciando assim que o desenvolvimento de embalagem pode ser inicializado junto com o da peça, utilizando a mesma ferramenta APQP como forma de meio de controle para isso.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo central demonstrar que se faz necessário incorporar a utilização da ferramenta APQP no desenvolvimento da embalagem juntamente com o da peça, para que estes custos possam ser minimizados. Diante disso, para embasar a pesquisa, o trabalho apresentou um panorama sobre embalagem, os conceitos, funções, materiais, aplicação e histórico. Também apresentou conhecimentos explanados sobre a ferramenta APQP com seu panorama, histórico, fundamento, as descrições dos estágios e as tarefas inerentes à ferramenta.

A metodologia se aportou no estudo de caso de uma indústria automobilística localizada fora do eixo do estado de São Paulo. Os dados quantitativos resultaram de três projetos analisados.

O dado mais importante trabalhado nessa pesquisa foram os custos de não conformidade das peças, que puderam ser observados nos três projetos. Os custos de não conformidade levantados dos projetos A e B, cujo o intervalo analisado foi um período de três meses aplicados aos três projetos, pode-se verificar que há um maior custo de não conformidade quando a embalagem não é concebida junto a peça sem a utilização da ferramenta APQP.

A análise do projeto C para as situações aplicadas à não conformidade, apontou dados positivos quanto a redução de não conformidade durante o primeiro trimestre de produção.

Para uma melhor verificação dos dados, optou-se por realizar uma análise de variância, que um teste estatístico para verificar se houve uma diferença significativa entre as médias dos valores encontradas.

Como dito, os dados foram limitados aos três primeiros meses de cada projeto, para que tivesse um padrão na amostra. O resultado evidenciou um melhor comportamento quanto às médias de não conformidade para o projeto C.

Para uma segunda verificação do teste estatístico de variância fez se uso da ANOVA, que se trata de uma coleção de modelos estatísticos no qual a variância amostral é particionada em diversos componentes, fazendo uma comparação de médias oriundas de grupos diferentes.

Utilizando a estatística ANOVA, o valor encontrado após o teste também demonstrou que as médias entre os projetos não são iguais, apontando para uma diferença de valores entre as amostras.

Para ter a constatação de qual valor se diferenciava, foi necessário realizar o teste “t” que é utilizado para determinar se duas médias da população são iguais. Com o teste “t” observou-se que a diferença entre os produtos A e C foi significativa, ou seja, apresentou uma diferença entre as médias de não conformidades. No caso a porcentagem de não conformidade “%NC” para o produto C é menor que a do A e como consequência do B.

O Projeto A apresentou um total de 34,78% de custo com não conformidade no trimestre, o projeto B apresentou 49,62%, comparando ao projeto C, que faz uso da ferramenta da APQP no desenvolvimento da embalagem.

Quanto a redução do custo ao se aplicar a utilização no acompanhamento do desenvolvimento da embalagem junto a APQP, comparando com o projeto C em que a ferramenta foi aplicada, o projeto A teria uma redução de 65,22%, o projeto B de 50,38%, em sua não conformidade de peças.

Consolidando os dois tipos de resultados, primeiro o gráfico e segundo a análise estatística, deixam evidente que possuir uma ferramenta de controle no desenvolvimento da embalagem junto com a peça, evita e diminui os custos com a não conformidade.

A opção de ter uma ferramenta com a flexibilidade de inclusão, alteração de tarefas entre as fases, expressa a garantia da mesma e deixa a empresa no controle da situação, retornando assim com o grau de informação que melhor se adapte a ela.

O projeto para uma embalagem específica como foi verificado, não é rápido, demanda tempo, bem como dinheiro, pois envolve os testes de avaliação e construção do protótipo para chegar a uma embalagem que garanta a integridade da peça contida.

No entanto, a redução de custos de não conformidade evidenciam que conceber a embalagem junto a peça, além de reduzir custos para a empresa, impede que ela seja onerada durante o processo fabril, pois há riscos menores de paralisação das linhas em virtude de problemas com as peças.

O projeto C na média dos três meses, os quais utilizamos para os cálculos comparativos, apresentou o menor custo entre os três, observando a tabela de valores a tendência é de queda, vindo a demonstrar que essa diferença entre eles pode ficar maior, o que se deve a maior atenção dada a embalagem depois da incorporação do projeto na ferramenta APQP.

Para estudos futuros e aproveitando da versatilidade da ferramenta APQP, poderia ser incluído o estudo de fluxo logístico, como o cálculo de quantas embalagens são necessárias para preencher esse fluxo, frequência de entrega, estufagem da carreta, entre outras análises.

Pensando em melhorar o que foi conseguido com a incorporação do desenvolvimento da embalagem no APQP, internamente na empresa seria necessário criar uma equipe multifuncional para avaliação da embalagem, envolvendo áreas como segurança do trabalho, ambiental, produção e outras que se fizerem necessárias.

Outra ação que pode ser incorporada, é criar um documento interno para controle de aprovação de cada embalagem, e que o mesmo possa ser transformado num documento oficial entre a empresa e o fornecedor, transmitindo maior garantia para ambos de que o fornecimento estaria aceito para determinada peça.

Diante da relevância de demonstrar que a utilização da incorporação da ferramenta APQP no desenvolvimento das embalagens resulta na redução dos custos de não conformidade com as peças, fica evidente que este trabalho cumpriu seu objetivo, o de demonstrar a importância da utilização da ferramenta adequada ao processo produtivo.

Através do levantamento bibliográfico, foi constatado que havia uma lacuna existente nas pesquisas que utilizam a ferramenta APQP no desenvolvimento da embalagem, diante disso, essa pesquisa contribui diretamente com essa lacuna.

Outra contribuição dada pela presente pesquisa é que os dados poderão ser aplicados a outras empresas, contribuindo assim com a redução de custo de não conformidade em peças.

## REFERÊNCIAS

ADLMAIER, D.; SELBITTO, M. A. **Embalagens retornáveis para transporte de bens manufacturados: um estudo de caso em logística reversa**. Revista Produção, v. 17, n. 2, p. 395-406, 2007.

AIEX, V. M.; CANGILIERI, JR. O. **A Influência do APQP no Desing de Novos Produtos**. ENEGEP. XXV, 2005, Porto Alegre.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário da Automobilística Brasileira**, 2014.

BLASS, A. **Processamento de polímeros**. 2. ed. Florianópolis-SC: UFSC, 1988.

CARDOSO, F. **Indústria automobilística padroniza suas embalagens**. Tecnológica, São Paulo, Columbia Sistemas Integrados de Logística, n. 56, jul. 2000, p. 06-11.

CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Inferência Estatística**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CHAGAS, C.; CAVALCANTI, P. **História da embalagem no Brasil**. Associação Brasileira de Embalagens. São Paulo, 2006.

CHAN, F. T. S. **A pro-active and collaborative approach to reverse logistics: a case study**. Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, 2007.

CHENG, L. C. et al. **QFD: Planejamento Qualidade**. 1. ed. Minas Gerais: Editora Littera Maciel Ltda., 1995.

CHRYSLER, C.; FORD MOTOR, C.; GENERAL MOTORS, C. **Advanced Product Quality Planning and Control Plan APQP**. 1995.

DA SILVA FILHO, A. S. **Estudo sobre a aplicação da Análise de Variância**. Revista Pensar Gestão e Administração, Vol. 2, n.1, jul, 2012.

DA SILVA, D. C. H. **APQP: Planejamento Avançado da Qualidade do Produto**. 2014.

DE LIMA NUNES, F.; ROCHA, M. V.; SELBITTO, M. A. **Implantação de embalagens reutilizáveis na indústria automotiva: estudo de caso**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 2, 2014.

DE SOUZA, L. F. **Implantação da Metodologia APQP na Área de Desenvolvimento de Produtos de uma Empresa de Plásticos**. Monografia Engenharia – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2010.

DOS SANTOS FERREIRA, A. **Aplicação dos Conceitos de Planejamento e Controle de Projetos para o Desenvolvimento de Um Novo Produto–Estudo de Caso: APQP**. Tese de Doutorado. Universidade de Taubaté, 2001.

EHSNI. Disponível em: <[http://www.ehsni.gov.uk/waste/regulation-andlegislation/regulations\\_packaging.htm](http://www.ehsni.gov.uk/waste/regulation-andlegislation/regulations_packaging.htm)>. Acesso em 15 nov. 2014.

FISHER, R. A. **Statistical methods for research workers**. Genesis Publishing Pvt Ltd, 1925.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.. **Métodos de pesquisa**. PLAGEDER, 2009.

GOURDIN, K. N. **Global logistics management: a competitive advantage for the new millennium**. Blackwell Publishers Ltd, Oxford UK, ISBN 1-55786-882-4 – First edition, 2001.

GURGEL, F. A. **Administração da embalagem**. Thomson Learning, 2007.

HASSEL, J.; TOBIAS, L. **Packaging Effects on Logistics Activities**. Jonkoping International Business School, 2006.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

KACH, S. C. et al. **Proposta de Aplicação de um Sistema de Gestão com Base no APQP para Engenharia de Processos de um Empresa de Médio Porte**. FIA. XIII, 2013, Gramado.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade**. Editora S.A., 2000.

KLEIN, Leonir dos Santos; SILVA, Ana Paula da; TAVARES, Valquíria de Lima. **O Gerenciamento de Risco na Aplicação do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto em Projeto OEM**. ENANGRAD. XXIV, 2012, Florianópolis. GPQ - Gestão de Processos e Qualidade.

KORD, H. K.; PAZIRANDEH, A. **Comparison of Different Packaging Materials and Solutions on a Cost Basis for Volvo Logistic Corporation**. Institutionen Ingenjorshogskolan, 2008.

LEITE, P. **Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. Atlas, 2011.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Revista Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MOURA, R. A.; BANZATO, J. M. Embalagem: acondicionamento, unitização & containerização. **Manual de movimentação de materiais**. São Paulo, IMAM, 1990, v. 2.

MOURA, R. A. **Armazenagem e distribuição física**. IMAM, 1997.

\_\_\_\_\_. **Sistemas e técnicas de movimentação e armazenagem de materiais**. 4. ed. São Paulo: IMAM, 1998.

NEGRÃO, C. **Design de embalagem: do marketing à produção**. São Paulo: Novatec, 2008.

NHAN, A.; SOUZA, C.; AGUIAR, R. **Logística reversa no Brasil: a visão dos especialistas**. Ouro Preto-MG, Anais do XXIII ENEGEP, 2003.

OLIVEIRA, Wagner Jorge de. **Sistema de Informação**. 2009. Disponível em: <<http://xa.yimg.com/kq/groups/22755187/1481008806/name/Proc.Neg.Atividade.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2014.

PEDELHES, Gabriela Juppá. **Embalagem: Funções e Valores na Logística**. Disponível em: <<http://www.geelog.ufsc.br/>>. Acesso em 07 set. 2012.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PEIXOTO, M. G. M. et al. **Logística reversa no setor automobilístico: um estudo em empresas multinacionais do sul de minas gerais**. São Carlos-SP, Anais do XXX ENEGEP, 2010.

PEREIRA, G. R. **Aplicação da gestão baseada em distribuição urbana de bebidas**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

PEREIRA, P. L. **Logística reversa na Mercedes-Benz – Juiz de Fora evolução e oportunidades**. Monografia Engenharia – Universidade Federal de Juiz de Fora Estado de Minas Gerais, Juiz de Fora, 2010.

PIMENTA, L. C. N. **APQP: Caracterização da Aplicação da Metodologia de Gestão do Desenvolvimento de Produto em Fornecedores de Setores da Linha Branca e Automotiva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção), Universidade Federal de São Carlos Centro de ciências Exatas e de Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, São Paulo, 2009.

ROCHA, J. R. P. **A gestão do desenvolvimento de produto via APQP na indústria automobilística.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2009.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos:** Uma Referência para a Melhoria do Processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILVA, Carlos Eduardo da. **Proposta de Reestruturação de um Modelo de Desenvolvimento de Produtos em uma Indústria de Borracha.** Monografia. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2011.

TOGA. **Embalagem, arte e técnica de um povo.** São Paulo: Toga, 1985.

TORRES Jr., N.; MIYAKE, I. D. **A Inserção da Aprendizagem de “Loop Duplo” no Processo de Desenvolvimento de Produtos:** Uma Análise Crítica da Abordagem do Planejamento Avançado da Qualidade do Produto (APQP). Revista Produto & Produção, v. 7, n. 2, p. 13-26, out. 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.