

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Leandro Sperandio Rodrigues

**MODELO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO
LONGO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Porto Alegre

2008

Leandro Sperandio Rodrigues

**MODELO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO
LONGO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área Sistemas da Qualidade.

Orientador: Professor Istefani Carísio de Paula, Dr.

Porto Alegre

2008

Leandro Sperandio Rodrigues

**MODELO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO
LONGO DAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Istefani Carísio de Paula, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.*

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Ângela de Moura Danilevicz, Dr. (Faculdade de Engenharia/PUCRS)

Professora Liane Werner, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Vilson João Batista, Dr. (DEMEC/UFRGS)

Dedicatória

Aos meus pais Darci e Zulmira aos meus irmãos

Andréia e Flávio e minha esposa Jocelei.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores do curso de especialização em engenharia de produção, ênfase em gestão do desenvolvimento de produtos que proporcionaram o início do conhecimento para a realização desta dissertação.

Agradeço a professora Marcia Echeveste e a minha orientadora Istefani Carísio de Paula pelos conselhos e ensinamentos transmitidos.

À minha esposa Joicei pelo apoio, confiança, incentivo e dedicação.

A empresa Indústria Mecânica FDL Ltda, que proporcionou a aplicação dos conhecimentos obtidos, tornando realidade a aplicação do modelo apresentado nesta dissertação.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um modelo de aplicação de ferramentas de projeto integradas ao longo das fases de desenvolvimento de produto, neste caso, aplicadas na melhoria do produto suporte para fixação de cilindro de gás natural veicular. O foco do trabalho é apresentar a integração de ferramentas nas fases de Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Entende-se por integração a escolha de ferramentas que permitam conduzir o fluxo de informação ao longo das fases de desenvolvimento de produtos, de tal forma que a informação de saída de uma ferramenta seja a informação de entrada da ferramenta subsequente. As ferramentas integradas a partir da fase de Projeto Informacional foram a Pesquisas de Mercado Qualitativa e Quantitativa, com a finalidade de identificar as demandas dos clientes. As demandas dos clientes foram os dados de entrada da Matriz da Qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*), resultando nos requisitos do produto e suas respectivas especificações-meta. A partir dos requisitos do produto, diferentes conceitos (configurações) foram gerados, apoiados pela Matriz Morfológica no Projeto Conceitual. Na seqüência utilizou-se a ferramenta de Projeto de Experimentos (*Design of Experiments - DOE*) para avaliar a estimativa de preço frente às possíveis configurações do produto. Com a Matriz de Pugh, alternativas de conceito de produto foram avaliadas possibilitando a escolha do melhor conceito de produto. No Projeto Detalhado, foi aplicada ferramenta de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*), utilizado de forma integrada com o QFD, para identificar as falhas atuais e potenciais e seus efeitos em sistemas e processo. Em função das demandas identificadas, foram definidas e implementadas melhorias no produto. Observou-se a adequabilidade destas ferramentas de projeto para aplicação de forma integrada, garantindo um fluxo contínuo de informações rastreáveis e que tendem a levar à uma reduzida chance de perdas ao longo do processo.

Palavras-chave: Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), Pesquisa Qualitativa e Quantitativa, Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Projeto de Experimentos (DOE), FMEA; Gás Natural Veicular (GNV).

ABSTRACT

There are few examples in literature about the integration of project tools along the product development phases. The main research objective in thesis is to integrate some tools that facilitate the information flow along the product development phases, more specifically in Informational Project, Conceptual Project and Detailed Project phases. The product improvement “support for Vehicular Natural Gas” was the object of study in thesis. The main idea is that the information output from one tool is the input information of the subsequent tool. Starting from the Informational Project phase it was performed qualitative and quantitative market researches with the purpose of identifying the customers' demands for the studied product. The customers' demands were the entrance data of the QFD (Quality Function Deployment) tool resulting in the product requirements and their respective specifications-goal. In Concept Project the product requirements were converted in functions and further different concepts were generated through the Morphologic Analysis. In the sequence, it was used the DOE (Design for experiments) tool to evaluate the estimate price to the possible products' configurations. The Pugh Matrix tool was used for concepts evaluation and choice. The FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) tool integrated with QFD was useful for current and potential failures identification and impact analysis in the system and process. With the application of these five tools the users' demands were identified and improvements to the product were performed. The chosen tools proved to be adequate for integration, assuring that a continuous trackable information flow was attained with presumable reduced information loss, along the Product Development Process phases.

Key words: Product Development Process (PDP), Qualitative and Quantitative Research, Quality Function Deployment (QFD), Design of Experiments (DOE), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA); Vehicular Natural Gas (VNG) support.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo referencial de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006).....	25
Figura 2 - Atividades do projeto informacional e ferramentas utilizadas	27
Figura 3 - Atividades do projeto conceitual e ferramentas utilizadas	28
Figura 4 - Atividades do projeto detalhado e ferramentas utilizadas	29
Figura 5 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa.....	31
Figura 6 - Representação simplificada do método QFD	37
Figura 7 - As quatro fases para o desenvolvimento do QFD	38
Figura 8 – Modelo conceitual de QFD para manufatura.....	39
Figura 9 – Parâmetros e Características do Sistema.....	41
Figura 10 - Fases do Projeto de Experimentos.....	42
Figura 11 – Relação entre a demanda de qualidade (cliente) e as variáveis de resposta (engenheiro).....	42
Figura 12 – Modelo de Matriz de Pugh.....	45
Figura 13 – Escore dos critérios utilizados na matriz de Pugh.....	45
Figura 14 – FMEA - Causa, Modo e Efeito de uma falha.....	46
Figura 15 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a ocorrência da falha.....	47
Figura 16 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a severidade dos efeitos da falha Fonte: Ford Motor Company (1988) ³ apud Leal et al. (2006).....	48
Figura 17 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a detecção da causa da falha.....	48
Figura 18 – “Diagrama V”.....	50
Figura 19– Modelo teórico de ferramentas e fases do PDP	53
Figura 20 – Modelo conceitual de aplicação de ferramentas integradas as fases do PDP	55
Figura 21 – Cenário da empresa e oportunidade identificada (Doc001).....	57
Figura 22 – Ferramentas utilizadas na fase informacional.....	57
Figura 23 – Planilha com análise das demandas identificadas da pesquisa qualitativa não estimulada	61
Figura 24 - Árvore da Qualidade Demandada.....	62
Figura 25 – Pesos dos itens da Qualidade Demandada	63

Figura 26 – Valores para Avaliação Competitiva (Mi)	63
Figura 27 – Valores para Avaliação Estratégica (Ei)	64
Figura 28 – Valores para o inter-relacionamento	64
Figura 29 – Valores para Dificuldade de Atuação (Dj).....	65
Figura 30 – Valores para Análise Competitiva (Bj).....	65
Figura 31 – Matriz da Qualidade.....	67
Figura 32 – Qualidade demandada do produto (requisitos do produto) (Doc002).....	68
Figura 33 – Ferramentas utilizadas na fase conceitual	69
Figura 34 – Matriz morfológica para os requisitos do produto suporte para cilindro GNV	70
Figura 35 – Alternativas de solução	70
Figura 36 - Conceitos para a matriz de Pugh	71
Figura 37 - Matriz de seleção de Pugh	71
Figura 38 – Conceito de produto selecionado (Doc003).....	72
Figura 39 – Ferramentas utilizadas na fase conceitual	73
Figura 40 – Desdobramento das etapas do processo de fabricação do suporte de fixação de cilindro GNV	73
Figura 41 – Valores para a Facilidade de Desenvolvimento (Fi).....	74
Figura 42 – Valores para o Tempo de Desenvolvimento (Ti).....	75
Figura 43 – Matriz do Produto	75
Figura 44 – Valores do relacionamento característica / parte	76
Figura 45 – Matriz das Características das Partes	76
Figura 46 – Valores para a Facilidade de Alteração da Etapa (Fi).....	77
Figura 47 – Valores para o Tempo de Implantação da Alteração (Ti).....	78
Figura 48 – Matriz do Processo.....	78
Figura 49 – Perguntas para identificação dos modos potenciais de falha	79
Figura 50 – Escala de Severidade do Efeito.....	80
Figura 51 – Escala do índice de Ocorrência do Efeito	80
Figura 52 – Escala do índice de Detecção da falha	81
Figura 53 – Cabeçalho do formulário do FMEA de projeto.....	81
Figura 54 – Cabeçalho do formulário do FMEA de processo.....	82
Figura 55 – Plano de melhorias e alterações a realizar (Doc004)	82

Figura 56 – Homologação de melhorias e ações realizadas (Doc005).....	84
Figura 57 - Organograma da empresa	86
Figura 58 – Parte da cadeia do GNV	87
Figura 59 – Cenário da empresa e oportunidades identificadas	90
Figura 60 – Questão formulada para a pesquisa qualitativa com método não estimulado.....	92
Figura 61 – Hierarquização dos itens da pesquisa qualitativa não estimulada.....	97
Figura 62 - Árvore da Qualidade Demandada.....	98
Figura 63 - Priorização dos itens de demanda da qualidade.....	103
Figura 64 - Priorização das Características de qualidade.....	104
Figura 65 – Descrição dos Requisitos do produto.....	104
Figura 66 – Qualidade demandada do produto (requisitos do produto).....	105
Figura 67 – Fatores que determinam o valor dos suportes de cilindros	106
Figura 68 – Questões do projeto de experimento	106
Figura 69 – Cálculo de teste entre efeitos.....	107
Figura 70 - Tabelas dos fatores	108
Figura 71 – Gráfico dos fatores	108
Figura 72 – Matriz de requisitos do produto suporte para cilindro GNV (adaptação da matriz morfológica).....	110
Figura 73 – Alternativas de solução	111
Figura 74 – Conceito de Referência	111
Figura 75 - Conceitos para a matriz de Pugh	112
Figura 76 – Conceito de produto selecionado	114
Figura 77 – Conceito de produto selecionado	114
Figura 78 – Desdobramento das etapas do processo de fabricação do suporte de fixação de cilindro GNV	116
Figura 79 – Itens do produto antes das modificações.....	117
Figura 80 - Priorização das Partes do Produto IPI*	119
Figura 81 - Priorização das características das partes para o suporte de Cilindro GNV	120
Figura 83 - Priorização das etapas do processo para o suporte de Cilindro GNV	124
Figura 83 – Plano de melhorias e alterações a realizar.....	129
Figura 84 – Desenho da ferramenta para furação da cantoneira de ligação	130

Figura 85 – Desenho da ferramenta para estampo traseiro da base de apoio.....	130
Figura 86 – Base do Suporte (modelo original)	132
Figura 87 - Base do suporte (modelo alterado)	132
Figura 88 – Cinta do suporte (Alterada).....	132
Figura 89 – Suporte para fixação de cilindro GNV	133
Figura 90 – Homologação de melhorias e ações realizadas	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planilha com análise das demandas identificadas da pesquisa qualitativa não estimulada	96
Tabela 3 - Matriz da Qualidade para o suporte de Cilindro GNV	101
Tabela 2 - Hierarquização dos requisitos	102
Tabela 4 – Média paga em relação ao custo de fabricação e a intenção de venda	109
Tabela 5 - Matriz de seleção de Pugh.....	113
Tabela 6 - Matriz do produto para o suporte de Cilindro GNV	118
Tabela 7 - Matriz das características das partes para o suporte de Cilindro GNV	121
Tabela 8 - Matriz do processo para o suporte de Cilindro GNV	122
Tabela 9 - FMEA de Projeto para o suporte de cilindro GNV	126
Tabela 10 - FMEA de Processo para o suporte de cilindro GNV	127

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 Tema.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.4 Justificativa do tema.....	16
1.5 Método de pesquisa.....	18
1.6 Limitações do trabalho.....	19
1.7 Estrutura.....	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 Definição de conceitos.....	22
2.2 Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP).....	23
2.3 Relacionamento entre fases do desenvolvimento de produtos e ferramentas.....	26
2.3.1 Ferramentas utilizadas na fase de projeto informacional.....	27
2.3.2 Ferramentas utilizadas na fase de projeto conceitual.....	28
2.3.3 Ferramentas utilizadas na fase de projeto detalhado.....	28
2.4 Pesquisa de mercado – Métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa.....	29
2.4.1 Etapas da pesquisa de mercado.....	31
2.4.2 Procedimento de amostragem.....	33
2.5 Desdobramento da função qualidade (QFD).....	35
2.6 Projeto de experimentos (DOE).....	39
2.7 Matriz Morfológica.....	43
2.8 Matriz de Pugh.....	44
2.9 Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).....	46
2.10 Gestão de parâmetros críticos (CPM).....	49
2.11 Mercado do gás natural veicular – Ambiente competitivo do gás natural veicular.....	51
2.12 Considerações sobre o referencial teórico.....	52
3 MODELO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO LONGO DAS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	54
3.1 Diagnóstico inicial.....	56

3.2 Projeto informacional.....	56
3.2.1 Pesquisa de mercado qualitativa	58
3.2.2 Pesquisa quantitativa.....	62
3.3 Projeto conceitual.....	68
3.3.1 Projeto de experimentos (DOE).....	69
3.3.2 Matriz Morfológica.....	69
3.3.3 Matriz de Pugh.....	70
3.4 Projeto detalhado.....	73
3.4.1 Desdobramento das partes do produto - matriz do produto.....	74
3.4.2 Planejamento do processo – matriz das características das partes.....	76
3.4.3 Planejamento da produção – matriz do processo.....	77
3.4.4 FMEA para homologação do produto ou processo.....	79
3.5 Execução do plano de melhorias e alterações realizadas e homologação dos ganhos obtidos	83
3.5.1 Melhorias a serem realizadas.....	83
3.5.2 Ganhos obtidos	83
4 APLICAÇÃO DO MODELO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO LONGO DAS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	85
4.1 Diagnóstico inicial	85
4.1.1 Levantamento do cenário da empresa.....	85
4.1.2 Oportunidade de melhoria.....	86
4.1.3 Exploração do tema.....	87
4.1.4 Características e oportunidades do mercado de gás natural veicular.....	88
4.2 Projeto informacional.....	91
4.2.1 Pesquisa qualitativa.....	91
4.2.2 Elaboração da árvore da qualidade demandada.....	98
4.2.3 Pesquisa quantitativa.....	99
4.2.4 Análise da pesquisa quantitativa.....	99
4.3 Projeto conceitual.....	105
4.3.1 Projeto de Experimentos (DOE).....	105
4.3.2 Matriz Morfológica.....	109

4.3.3 Matriz de Pugh.....	112
4.4 Projeto detalhado.....	114
4.4.1 Desdobramento das partes do produto - matriz do produto.....	115
4.4.2 Planejamento do processo – matriz das características das partes.....	119
4.4.3 Planejamento da produção – matriz do processo.....	120
4.4.4 FMEA para homologação do produto ou processo.....	123
4.5 Execução do plano de melhorias e alterações realizadas e homologação dos ganhos obtidos	129
3.5.1 Melhorias realizadas	130
4.5.2 Ganhos obtidos	131
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A	141
APÊNDICE B.....	142
APÊNDICE C.....	143
APÊNDICE D	144
APÊNDICE E.....	145

1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de gás natural é relativamente recente, sendo que, até os anos 90, estava concentrado nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia, onde o gás natural estava mais associado à complementação da produção de petróleo do que propriamente para suprir o mercado de gás natural. A partir da construção do gasoduto Brasil-Bolívia (Gasbol) no ano de 2000, a complementação da produção nacional foi liberada em grandes volumes. Da mesma forma, a descoberta de reservas de gás natural não-associadas à Bolívia em território brasileiro, como a da Bacia de Santos, proporcionaram expectativas de crescimento de oferta deste produto. Devido a isto, observa-se uma crescente demanda pelo consumo de gás natural (SULGÁS, 2007).

A empresa atualmente responsável pela extração e distribuição do gás natural no Brasil é a Petrobrás cuja demanda de gás natural deverá crescer 17% ao ano, saindo do atual patamar de 38,8 milhões de m³/dia para 99,2 milhões de m³/dia em 2011 (PETROBRAS, 2007). Para garantir esta oferta, a empresa pretende investir US\$ 17,9 bilhões no período de 2007-2011, valor este que, segundo a companhia, significará a independência energética brasileira na área do gás.

No Rio Grande do Sul, a Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul (Sulgás) é a empresa responsável pela comercialização e distribuição de gás natural canalizado no Estado. Criada em 1993, atua como uma sociedade de economia mista, tendo como acionistas o Estado do Rio Grande do Sul e a Petrobrás Gás S/A – Gaspetro. A comercialização de gás natural iniciou a partir de 2000 com a conclusão do gasoduto Bolívia-Brasil. A Sulgás distribui o gás natural para os seguintes segmentos: industrial, comercial, residencial e veicular. Dentro do segmento veicular, existem 38 postos para distribuição do Gás Natural Veicular (GNV) no Rio Grande do Sul, sendo três deles atendidos através do transporte de Gás Natural Comprimido – dois em Osório e um em Lajeado (SULGÁS, 2007).

Em face desse cenário para o GNV e estando o mesmo este atrelado à adaptação de carros movidos à gasolina e/ou álcool, um dos componentes utilizados para esta transformação é o suporte do cilindro, o qual é instalado ao carro durante a sua conversão. O suporte do cilindro é um componente atualmente fabricado por dezoito empresas no Brasil, sendo que três destas estão

localizadas no Rio Grande do Sul (INMETRO, 2007). O projeto deste componente deve atender a requisitos para que cumpra adequadamente a função de suporte, proporcionando segurança para o usuário final e intermediário.

1.2 Tema

O tema deste trabalho consiste da integração de ferramentas de projeto que facilitem a conversão de requisitos do cliente em funções, sistemas e subsistemas ao longo das fases de projeto de produto, durante o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP).

1.3 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um método que integre ferramentas de projeto que permitam a conversão de requisitos de produto em soluções de projeto, durante as fases de projeto informacional, conceitual e detalhado do PDP.

Como objetivos secundários:

- aplicar o método desenvolvido a um caso real de desenvolvimento de produto;
- definir os usuários atuais do produto a fim de identificar as demandas, visando a fidelização dos mesmos e de futuros usuários;
- definir as prioridades de melhoria do produto em função das limitações da empresa fabricante do mesmo.

1.4 Justificativa do tema

Segundo Rozenfeld et al. (2006), qualquer empresa que cria produtos já pratica o desenvolvimento de produtos. Um Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) está

ocorrendo na empresa foco deste trabalho, entretanto, este não é conhecido pelos funcionários, por não existir sistematização e padrões. O resultado é que muitas vezes são gerados produtos sem qualidade, pois cada produto é desenvolvido de maneira diferente. Devido à falta da sistemática no PDP, as melhores práticas já utilizadas em outros desenvolvimentos não são reutilizadas, e ferramentas consagradas no PDP não são empregadas. Além disso, não existe uma visão comum do PDP.

A utilização de métodos e ferramentas como a Matriz da Qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*), Projeto de Experimentos (*Design of Experiments - DOE*) e Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*) podem contribuir com a consolidação de um PDP estruturado, além de aumentar o nível de maturidade dentro do processo de desenvolvimento de produtos (ROZENFELD et al., 2006). Creveling (2002) sugere o emprego de tais ferramentas de forma integrada, mas não apresenta um modelo completo que exemplifique a utilização das mesmas. A conversão das demandas do cliente em funções, sistemas, subsistemas e componentes é realizada através da gestão dos parâmetros críticos (*Critical Parameters Management – CPM*) e operacionalizada através do emprego de métodos e ferramentas integradas.

Os métodos e ferramentas de projeto de produto, historicamente, têm comprovado serem úteis armas competitivas para as empresas, uma vez que suas aplicações resultam em redução de custo de produtos, aumento da qualidade percebida pelo cliente e redução de prazo de entrega (CARNEVALLI, 2004; DORO, 2004; ZILLI, 2003).

Sob o ponto de vista acadêmico, pode-se dizer que o método de integração das ferramentas dentro das etapas do PDP servirá como exemplo de aplicação prática, auxiliando no desenvolvimento e aprimoramento dos produtos. Será uma oportunidade de apresentação da integração de ferramentas para o tratamento do fluxo de informações entre as fases de projeto informacional, conceitual e detalhado.

A principal justificativa para escolha do exemplo de aplicação no estudo do componente para GNV está relacionada com o acesso à empresa fabricante do dispositivo e a crescente demanda desta forma de combustível. Isto se nota através do plano de investimentos da Petrobrás, o qual considera o crescimento anual da demanda de 17% ao ano até 2011

(PETROBRAS, 2006). Neste contexto tem aumentado o número de empresas que trabalham com produtos para GNV, especialmente no RS.

1.5 Método de pesquisa

Em relação ao método científico o mesmo trata de uma pesquisa de natureza aplicada (SILVA & MENEZES, 2000), sendo dirigida ao desenvolvimento de melhorias no produto suporte para fixação de cilindro GNV. Quanto ao ponto de vista de procedimentos, será utilizado o método da pesquisa-ação onde ocorrerá a interação entre sujeitos representativos da situação e pesquisador, proporcionando uma transformação participativa ao produto e aos processos da empresa (FRANCO, 2005; THIOLENT, 1996).

Em relação ao método de trabalho, será gerado o modelo de integração das ferramentas de projeto durante as fases de projeto integradas ao longo das fases de desenvolvimento de produtos, onde:

- primeiramente será realizado um levantamento de cenário da empresa, procurando identificar as oportunidades de melhoria e crescimento do mesmo;

- na segunda etapa, dentro do projeto informacional, serão utilizadas as pesquisas de mercado qualitativa estimulada e não estimulada, com o objetivo de identificar as principais demandas do mercado. A partir dos resultados obtidos da pesquisa qualitativa, será estruturada e aplicada a pesquisa quantitativa. Da análise dos dados da pesquisa qualitativa serão priorizados os itens de qualidade demandada dos clientes, os quais serão hierarquizados. Também será montada a primeira matriz do QFD, abordando a fase do planejamento do produto segundo Echeveste e Danilevicz (2006); Creveling (2002) e Rozenfeld et al. (2006), onde serão definidas as especificações meta do produto;

- na terceira etapa, dentro do projeto conceitual, depois de obtidas as especificações meta do produto e escolhidos os conceitos do produto, será aplicada a ferramenta de projeto de experimentos (DOE) para definir o valor (preço) pelo qual os conceitos de produto poderão ser ofertados no mercado. Através da matriz de Pugh (PAHL e BEITZ, 2006; PAHL e BEITZ,

1996), serão definidas as possíveis características do produto e escolhidas as melhores, as quais deverão fazer parte da definição das especificações finais do produto;

- na continuação da terceira etapa, no projeto detalhado, a partir das especificações finais do produto, serão realizadas as outras fases do QFD (fase 2-Desdobramento dos componentes, fase 3-Planejamento do processo e fase 4-Planejamento da produção). Também será realizado nesta etapa o FMEA de produto e processo, sendo útil também para identificar as falhas atuais e potenciais e seus efeitos nos sistemas e processos, definindo ações que virão reduzir o risco associado a cada falha. Na finalização desta etapa ocorrerá a indicação e a realização das modificações do produto e processo em função das etapas anteriores e seguidas pela discussão dos resultados obtidos.

Após a apresentação do modelo este será aplicado na melhoria do produto suporte para fixação de cilindro para gás natural veicular em uma empresa de pequeno porte.

1.6 Limitações do trabalho

O trabalho contemplará o mercado de suporte para cilindro GNV no estado do RS, abrangendo a Grande Porto-Alegre e a Serra Gaúcha, que são as regiões onde estão concentradas as instaladoras que realizam a conversão dos veículos para GNV.

A pesquisa qualitativa será realizada com clientes finais (usuários dos veículos movidos a GNV) e clientes intermediários que adquirem o suporte do fabricante (instaladoras do GNV no veículo). A pesquisa quantitativa será realizada somente com o cliente intermediário (instaladoras). Este procedimento se justifica devido ao cliente intermediário ser o responsável pela compra efetiva do produto, ou seja, as características de qualidade e comerciais percebidas por esse, definem a compra do produto.

O presente trabalho será executado em uma microempresa composta de cinco pessoas, dois sócios e três funcionários. A empresa é de pequeno porte e não dispõe de departamentos estruturados. Há acúmulo de funções e, por esta razão, alguns processos não são formalizados. Devido a esta estrutura de gestão algumas matrizes do QFD utilizadas apresentam serviços associados ao produto.

Dentro do processo de desenvolvimento, o presente trabalho abordará as fases de projeto informacional, conceitual e detalhado. As ferramentas e métodos integrados no exemplo prático desenvolvido neste trabalho são originários da proposta de Creveling (2002) e Rozenfeld et al. (2006). Outras ferramentas e métodos não foram testados em relação à sua integração para fins de conversão de demandas de clientes em componentes e partes de produto.

1.7 Estrutura

O trabalho está estruturado em cinco capítulos. No capítulo inicial são realizadas as considerações iniciais, com uma introdução sobre o gás natural e uma breve apresentação da empresa. Também é citado o tema, objetivo e método de pesquisa aplicada, a estrutura e a limitação do trabalho.

No segundo capítulo é realizada uma revisão bibliográfica abordando as fases do PDP e suas ferramentas, o ambiente competitivo do gás natural, a pesquisa de mercado com suas etapas e método de amostragem, o desdobramento da função qualidade (QFD), o planejamento de experimentos (DOE) e a análise do modo de efeito e falha (FMEA).

O terceiro capítulo apresenta a descrição do modelo de ferramentas de projeto integradas ao longo das fases de desenvolvimento do PDP, o qual estará dividido em cinco fases. Na primeira fase, estará o levantamento do cenário da empresa com a identificação da oportunidade de melhoria. As fases seguintes são relacionadas com o processo de desenvolvimento de produto (PDP), sendo que, na segunda fase, é apresentado o projeto informacional com as Pesquisas de mercado Qualitativas, Quantitativas e o QFD de produto. Na terceira fase, é apresentado o projeto conceitual com a escolha do conceito de produto, a aplicação de Projeto de Experimentos, a Matriz Morfológica e a Matriz de Pugh. Na quarta fase, é apresentado o projeto detalhado com a aplicação das demais matrizes do QFD (componentes, processo e produção), para priorizar as partes do produto a serem modificadas. A seguir o FMEA de produto e processo é utilizado para tratar e evitar a recorrência de falhas. Na quinta fase em função das prioridades definidas durante a aplicação das matrizes do QFD e do FMEA o plano de melhorias é definido, executado e os ganhos obtidos são apresentados.

No quarto capítulo é realizada a aplicação prática do modelo descrito que integra as ferramentas de projeto que permitem a conversão de requisitos do produto em soluções de projeto, durante as fases de projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado do PDP. Este modelo é aplicado na melhoria do produto suporte para fixação de cilindro para gás natural veicular na empresa de pequeno porte Indústria Mecânica FDL Ltda.

No quinto capítulo são resgatados os objetivos do trabalho, apresentadas as conclusões obtidas e as limitações encontradas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo inicia com a definição de métodos e ferramentas de desenvolvimento. A seguir é apresentado o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), sendo focado o modelo de referência proposto por Rozenfeld et al. (2006). Apresenta-se o ambiente competitivo do gás natural, mostrando onde o objeto em estudo (suporte para fixação de cilindro para GNV) está inserido nesta cadeia. Com base nas fases de projeto informacional, conceitual e detalhado, de acordo com modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006), localizam-se e utilizam-se as ferramentas: Pesquisa de Mercado, QFD, DOE, Análise Morfológica, Matriz de Pugh e FMEA, as quais são utilizadas no próximo capítulo. Rozenfeld et al. (2006) cita outras ferramentas que podem ser utilizadas nas fases do PDP. As ferramentas anteriormente citadas foram escolhidas pela possibilidade de serem utilizadas de forma integrada, possibilitando a apresentação de um exemplo real de integração, baseado no modelo proposto por Creveling (2002) e Rozenfeld et al. (2006).

2.1 Definição de conceitos

Para um melhor entendimento do tema abordado neste trabalho é importante que sejam revisados os conceitos de técnicas, métodos e ferramentas, os quais geram uma certa confusão na literatura de desenvolvimento de produtos. Os pesquisadores do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA, 2007), por consenso, definiram técnica e método como sinônimos, que significam conhecimentos não tão abrangentes e normalmente estruturados em passos, ou relacionados com algo específico, para atingir um determinado objetivo. Muitas vezes as técnicas e métodos se relacionam com conceitos e filosofias, podendo até ser classificados como tal. Dentre as técnicas ou métodos podem ser citados: *Benchmarking*, o Projeto de experimentos do inglês *Design of Experiment (DOE)*, o Desdobramento da Função Qualidade do inglês *Quality Function Deployment (QFD)* e a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos do inglês (*Failure Mode and Effect Analysis(FMEA)*).

Para a equipe do NUMA, ferramentas e sistemas são conhecimentos relacionados com produtos comerciais, que podem ser utilizados no processo de desenvolvimento de produtos ou em outros processos. Geralmente uma ferramenta está associada a um conceito e/ou método.

Neste caso, quando um tipo de ferramenta/sistema for apresentado, os conceitos e/ou métodos relacionados são também discutidos. Podem ser citados como exemplo o Projeto Assistido por Computador do inglês *Computer Aided Design (CAD)* a Manufatura Assistida por Computador do inglês *Computer Aided Manufacturing (CAM)* e o Gerenciamento Eletrônico de Documentos do inglês *Electronic Document Management (EDM)*.

Baxter (2000), por outro lado, define como ferramenta de projeto os principais conceitos e métodos para o desenvolvimento de produtos. HUSTAD (1996) apud Ferreira e Toledo (2001) ¹, seguindo a mesma linha, classifica as ‘ferramentas’ que suportam o DP em três categorias: ferramentas de pesquisa de mercado (grupos focados, QFD, pré-teste de mercado, Análise conjunta); ferramentas de projeto de engenharia (CAD, FMEA) e ferramentas de desenvolvimento organizacional (equipes autogerenciáveis, organização matricial, etc). Desta forma, Hustad (1996) e Baxter (2000) denominam indiscriminadamente todas as práticas como “ferramenta”, facilitando a comunicação em torno do tema de desenvolvimento de produto. Assim como eles, será adotada a denominação ferramenta ao longo deste texto.

2.2 Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)

Desenvolver produtos consiste em executar atividades que levam as especificações de projeto de um produto e do seu processo de produção, a partir das necessidades do mercado e através das restrições tecnológicas, para que a manufatura seja capaz de produzir. Também envolve o acompanhamento do produto após o seu lançamento, para execução de eventuais mudanças, planejamento de descontinuidade e a incorporação de lições aprendidas durante o

¹ FERREIRA, H.S.R.; TOLEDO, J.C. *Metodologias e ferramentas de suporte à gestão do PDP na indústria Brasileira de auto-peças*. 3º Congresso Brasileiro De Gestão Do Desenvolvimento De Produtos. Florianópolis, setembro 2001.

processo. O PDP está situado entre a empresa e o mercado, devendo a empresa identificar ou, até mesmo, se antecipar às necessidades do mercado propondo soluções (ROZENFELD et al., 2006).

Para Clark & Fujimoto (1991), o desenvolvimento de produtos consiste na fabricação de um produto através de um processo onde é realizada a organização das informações de oportunidades do mercado através de possibilidades técnicas. Como resultado do PDP, deve-se obter um conjunto de definições que permitam a produção do produto e que simultaneamente criem os valores desejados para os *stakeholders* ou envolvidos (MACHADO, 2006).

Segundo Rozenfeld et al. (2006), o processo de Desenvolvimento de Produtos se constitui num dos processos-chave de qualquer empresa que se proponha a competir por meio da criação de produtos próprios e da busca de liderança tecnológica. É preciso identificar a premissa de criação de valor que garantirá, no mercado, o êxito com os clientes e realizá-la em tempo adequado para aproveitar ao máximo a oportunidade que se apresenta. O sucesso será obtido pelas empresas que produzirem o valor de mercado, aquelas que poderem entregar o que as pessoas desejam. O PDP deve ser abrangente, iniciando-se no entendimento das necessidades de mercado e terminando no final do ciclo de vida do produto.

Iragaray (2007) cita que o processo de desenvolvimento de novos produtos inicia com a identificação clara das necessidades dos clientes. Os novos produtos originam-se das idéias dos clientes, onde diversas empresas utilizam com freqüência seus próprios clientes na descrição de seus problemas e suas necessidades.

Vários modelos referenciais de PDP são abordados na literatura. Além dos modelos clássicos de desenvolvimento de produtos de Clark e Wheelwright (1993), Pahl e Beitz (1996), Crawford e Benedetto (2000), Paula (2004) apresenta uma proposta de modelo de referência específico para o desenvolvimento de produtos farmacêuticos. Echeveste (2003) propõe um modelo para a organização do procedimento de desenvolvimento de produto em ambientes empresariais. Rozenfeld et al. (2006) propõe um modelo referencial baseado em experiências e conhecimentos em desenvolvimento de produtos acumulados pelos autores do livro desde a década de 1990. Através de grupos de pesquisa de universidades brasileiras e de seus trabalhos, incluindo teses, assessorias e coordenação de projetos, foi possível propor um modelo dividido em macrofases de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento (Figura 1). Este modelo contém uma coleção de práticas em desenvolvimento de produtos, que podem servir

como referência para as empresas criarem os seus processos de desenvolvimento de produto. Uma descrição sucinta do modelo de Rozenfeld et al. (2006) é apresentada a seguir.

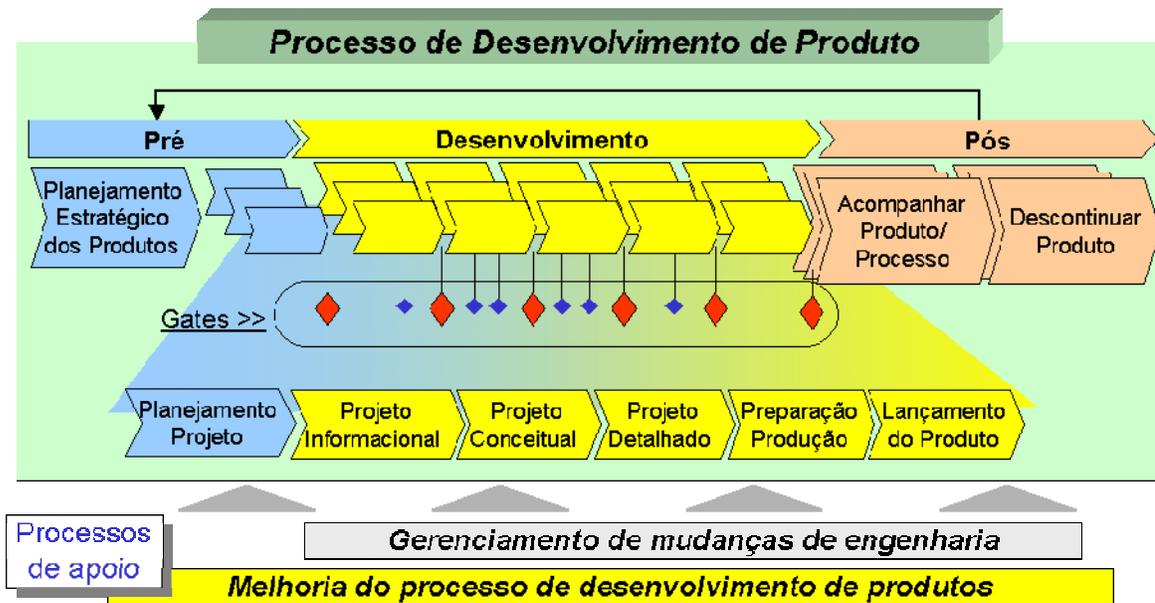


Figura 1 - Modelo referencial de PDP proposto por Rozenfeld et al. (2006)

Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

De uma forma geral, os modelos da década de 1990 em diante apresentam atividades desenvolvidas no modelo de Rozenfeld et al.(2006) da macro etapa de pré-desenvolvimento.

A macrofase de **pré-desenvolvimento** tem como entrada o planejamento corporativo estratégico da empresa, no qual a empresa deve definir a sua posição de mercado e metas de onde quer chegar e como alcançá-las, verificando a capacidade para realizar as metas e definir os parâmetros de controle para que estas metas sejam alcançadas. Definidas as metas da corporação, a empresa deve realizar o planejamento estratégico de produtos, em que tendências de mercado, riscos de implementação, cronogramas, recursos humanos e financeiros são analisados. O resultado desta macrofase é o projeto aprovado e o plano de projeto realizado com as informações relevantes para a execução do projeto. O plano de projeto contém a minuta dos produtos que serão desenvolvidos na macrofase de desenvolvimento.

A macrofase de **desenvolvimento** inicia pela fase de **projeto informacional**, na qual, a partir da minuta dos produtos, são definidos os requisitos, os valores e as metas que o produto deve atender para satisfazer as necessidades dos clientes. Na fase seguinte, de **projeto conceitual**, serão definidas as alternativas e especificações do produto, tendo início o

desenvolvimento de croquis, desenhos, possíveis processos de fabricação para a avaliação financeira das alternativas de conceito de produto.

A partir da definição da melhor alternativa de produto, é iniciada a fase de **projeto detalhado**, em que são fabricados protótipos, alocados recursos humanos, físicos, financeiros, confeccionados desenhos com tolerâncias, realizadas as especificações de sistemas e subsistemas, definido o plano de fim de vida e avaliada a viabilidade econômico-financeira do projeto. A partir disso, inicia-se a fase de preparação da produção, onde é fabricado o lote piloto. O processo de fabricação é homologado e otimizado, o produto é certificado, o recurso humano é treinado e novamente a viabilidade econômico-financeira é monitorada, além de ser gerado o plano de marketing.

Na próxima fase ocorre o **lançamento do produto** onde são definidas as especificações de venda, são finalizados os processos de distribuição, de atendimento ao cliente, de assistência técnica e o plano de marketing de lançamento. Ao final da fase de lançamento, o plano de fim de vida do produto é avaliado.

Na seqüência, na macrofase de **pós-desenvolvimento**, ocorre o acompanhamento e a documentação dos problemas e das melhorias do produto durante o seu ciclo de vida. Quando necessário, são acionados processos de apoio para o gerenciamento de mudanças de engenharia, ou de melhoria do PDP. É realizado o gerenciamento sistemático do produto no mercado, gerando uma avaliação do seu ciclo de vida até a sua descontinuidade no mercado. Esta macrofase garante, através da documentação, que os conhecimentos acumulados fiquem à disposição da empresa, proporcionando a sua reutilização em projetos futuros.

2.3 Relacionamento entre fases do desenvolvimento de produtos e ferramentas

Nesta revisão será dada ênfase ao relacionamento das ferramentas com a macrofase de desenvolvimento de produto, conforme proposto pelo modelo de Rozenfeld et al. (2006), mais especificamente às fases de projeto informacional, conceitual e detalhado. Nestas fases é iniciada a concepção das opções de projetos de produtos, os quais deverão possuir características que supram as necessidades dos clientes. Para atingir os objetivos destas fases, as seguintes ferramentas mencionadas na seqüência do texto, são as indicadas.

2.3.1 Ferramentas utilizadas na fase de projeto informacional

Segundo Rozenfeld et al. (2006), na fase do **projeto informacional** são definidos os requisitos, os valores e as metas que o produto deve atender para satisfazer as necessidades dos clientes, culminando com a concepção do produto. Os requisitos do produto são obtidos através de estudo de características técnicas e econômicas e de resultados de pesquisa junto aos consumidores.

Nesta etapa, as especificações-meta do produto são criadas, obtidas através das informações qualitativas do produto. Rozenfeld et al. (2006) define especificações-meta como os parâmetros quantitativos mensuráveis que o produto projetado deverá possuir. As características incorporadas ao produto deverão ser obtidas em função da avaliação do consumidor e do mercado (CREVELING, 2002).

As especificações do produto, identificadas através de informações colhidas com os consumidores, devem conter detalhes suficientes para fornecer as diretrizes para o desenvolvimento do mesmo (BAXTER, 2000).

Dentre as atividades do projeto informacional estão a identificação dos requisitos dos clientes do produto, a definição dos requisitos do produto e a definição das especificações-meta do produto, as quais podem ser obtidas através de ferramentas mostradas na Figura 2.

Fase	Objetivo da Fase	Atividade	Entradas para atividade	Saídas da atividade	Ferramentas possíveis de serem utilizadas	
Proj. Informacional	Identificar e definir os requisitos, valores e metas que o produto deve apresentar para satisfazer as necessidades dos clientes	Identificar os requisitos dos clientes do produto	Declaração do escopo do produto Ciclo de vida do produto Clientes do produto	Requisitos dos clientes	Pesquisa qualitativa Brainstorming Diagrama de afinidades Diagrama de Mudge	
		Definir requisitos do produto	Requisitos dos clientes	Requisitos do produto	Pesquisa de mercado quantitativa Análise paramétrica Análise matricial Diagrama de mudge	
		Definir especificações meta do produto	Requisitos do produto	Especificações-meta do produto	Matriz de atributos QFD (Matriz de planejamento do produto) Análise paramétrica Análise matricial Diagrama de mudge	

Figura 2 - Atividades do projeto informacional e ferramentas utilizadas

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002)

2.3.2 Ferramentas utilizadas na fase de projeto conceitual

Diferente da fase de projeto informacional, que trata de aquisição e transformação de informações, na fase de **projeto conceitual** estão relacionadas as atividades da equipe de projeto, de criação, representação e seleção de soluções para as especificações-meta do produto (ROZENLFELD et al., 2006).

Segundo Baxter (2000), o segredo para o sucesso do projeto conceitual está em gerar o maior número possível de conceitos para o produto e ter a capacidade de selecionar o melhor deles. O projeto conceitual deve propiciar a seleção da melhor concepção do produto, através da análise das possíveis soluções de projeto, criadas em função das especificações-meta do produto. Nesta fase a equipe de desenvolvimento busca a transformação das informações em soluções, as quais podem ser realizadas por desenhos, esquemas ou descrição textual (CREVELING, 2002). A Figura 3 apresenta as atividades desta fase com as possíveis ferramentas utilizadas.

Fase	Objetivo da Fase	Atividade	Entradas para atividade	Saídas da atividade	Ferramentas possíveis de serem utilizadas
Proj. Conceitual	Definir as alternativas e especificações do produto	Desenvolver as alternativas de solução para o produto	Especificações-meta do produto	Princípios de solução para o produto (alternativas de projeto ou de solução)	Matriz morfológica
		Definir arquitetura para o produto	Alternativas de solução	Concepções para o produto	Catálogo de solução Métodos de criatividade Matriz indicadora de módulos Matriz morfológica
		Escolha do melhor conceito de produto	Concepções geradas	Concepção escolhida	Método de Pugh

Figura 3 - Atividades do projeto conceitual e ferramentas utilizadas

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002)

2.3.3 Ferramentas utilizadas na fase de projeto detalhado

A fase de **projeto detalhado** tem o objetivo de desenvolver e finalizar todas as especificações do produto a serem encaminhadas para a manufatura. As informações sobre a concepção do produto são detalhadas em informações técnicas, com a definição de sistemas e componentes do produto. Nesta fase são definidos os processos de fabricação e a montagem dos conjuntos e subconjuntos dos componentes, em que são considerados os recursos de fabricação e o projeto de fábrica (ROZENLFELD et al., 2006; CREVELING, 2002).

Segundo Baxter (2000), o projeto detalhado inicia pela geração de idéias, explorando as possíveis formas de fabricar o produto, passando pela análise das possibilidades de falhas e seus efeitos, finalizando com a construção e teste do protótipo para a sua aprovação. A Figura 4 apresenta as atividades desta fase com as possíveis ferramentas utilizadas.

Fase	Objetivo da Fase	Atividade	Entradas para atividade	Saídas da atividade	Ferramentas possíveis de serem utilizadas
Proj. Detalhado	Definir as alternativas e especificações do produto tendo início o desenvolvimento de croquis, desenhos de projeto, possíveis processos de fabricação para a avaliação econômico financeira do projeto.	Detalhar as partes do Sistema, Subsistema e Componentes (SSC)	Concepção do produto	Especificações dos SSCs; Desenhos finais com tolerâncias; Estrutura do produto (BOM); Planos de processo; Protótipo funcional	Matriz de etapas do processo QFD (Matriz de desdobramento dos componentes) CPM (Critical path method) Especificação de tolerâncias G&DT (Geometric and Dimensioning Tolerancing) Métodos de cálculo e normas Sistemas CSM (Componet and Supplier Management) Sistemas CAD/CAE/CAM/CAOO Sistemas PDM/EDM (GED) Sistemas PLM (Product life-cycle management)
		Planejar o processo de fabricação e montagem	Plano macro (proposta); Desenhos com tolerâncias; BOM	Planos de processo de fabricação e montagem	Sistemas CAPP (Computer Aided Process Planning) QFD (Matriz do planejamento do processo) Carta de tolerâncias
		Homologar o Produto/Processo identificando suas falhas potenciais e seus efeitos	Especificações dos SSCs; Desenhos finais com tolerâncias; Estrutura do produto (BOM); Planos de processo	Especificações dos SSCs (atualizadas); Desenhos finais com tolerâncias (atualizadas); Estrutura do produto (BOM) (atualizadas); Planos de processo (atualizadas)	FMEA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) FTA (Fault Tree Analysis) DOE (Design Of Experiments) Análise de cadeia dimensional Projeto robusto Protótipos e modelos Sistemas CAD/CAE/CAT

Figura 4 - Atividades do projeto detalhado e ferramentas utilizadas

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002)

A seguir as ferramentas utilizadas neste trabalho serão apresentadas iniciando pela pesquisa de mercado.

2.4 Pesquisa de mercado – Métodos de pesquisa qualitativa e quantitativa

A pesquisa das necessidades de mercado usa um conjunto de métodos para descobrir o que os consumidores esperam de um tipo particular de produto, identificar o benefício que o produto deverá oferecer frente a uma necessidade. Procuram-se métodos para determinar como os consumidores percebem uma necessidade que não é atendida pelos produtos atualmente existentes no mercado. É necessário pensar bem nas questões a serem formuladas, as quais devem ser colocadas em um questionário estruturado, a fim de perguntar e analisar as reações dos consumidores. Ela fornece a evidência de uma necessidade de mercado ou a ausência dela. Atua como um filtro, analisando criticamente a viabilidade do novo produto proposto (BAXTER, 2000).

O planejamento da pesquisa de mercado baseia-se nas suposições das suas necessidades, mas também é focalizado nas áreas críticas de incertezas, das quais depende o

sucesso do novo produto. Na seqüência, determina-se o tipo de pesquisa: qualitativa ou quantitativa. Escolhe-se uma amostra representativa dos consumidores (idade, sexo, nível de renda, nível sócio-cultural, distribuição geográfica) e o tamanho da amostra. Os métodos de medida determinam como as questões serão apresentadas (pessoalmente ou por telefone), e a análise de dados deve decidir como os resultados serão interpretados e transformados em decisão (BAXTER, 2000; MALHOTA, 2001).

Para determinar os objetivos da pesquisa, deve-se saber quais são as informações que se deseja extrair do mercado. Estas devem ser focalizadas nas oportunidades percebidas e nas ameaças que podem determinar o sucesso ou fracasso do novo produto. Considerando que a utilidade da pesquisa de mercado é fornecer subsídios à decisão, seus objetivos devem ser descritos de modo a informar, apoiar ou refutar tais decisões. Após identificar os requisitos da pesquisa de mercado, deve-se escolher o tipo de pesquisa mais adequado para o caso. A pesquisa qualitativa pode cobrir uma ampla gama de assuntos e pode estudar mais a fundo as percepções dos consumidores sobre os produtos existentes no mercado. Entretanto, ela é baseada em amostras pequenas, utilizando grupos de foco e associações de palavras (pedir que os entrevistados indiquem suas primeiras respostas a palavras de estímulo). Na pesquisa quantitativa realiza-se um pequeno número de perguntas a um grande número de pessoas, fornecendo respostas objetivas (MALHOTRA, 2001).

Segundo Malhotra (2001), a pesquisa qualitativa proporciona a compreensão fundamental da linguagem, das percepções e dos valores das pessoas. É essa pesquisa que mais frequentemente capacita a decidir quanto às informações que se deve obter para resolver o problema de pesquisa e saber interpretar adequadamente a informação.

A pesquisa qualitativa proporciona melhor visão e compreensão do contexto do problema, enquanto a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplica alguma forma da análise estatística. É um princípio fundamental da pesquisa de marketing entender as pesquisas qualitativas e quantitativas como complementares, ao invés de mutuamente concorrentes (MALHOTRA, 2001). A Figura 5 mostra as diferenças básicas entre as duas pesquisas.

	Pesquisa qualitativa	Pesquisa quantitativa
Objetivo	Alcançar uma compreensão qualitativa das razões e motivações subjacentes	Quantificar os dados e generalizar os resultados da amostra para a população-alvo.
Amostra	Pequeno número de casos não-representativos	Grande número de casos representativos
Coleta de dados	Não-estruturada	Estruturada
Análise dos dados	Não-estatística	Estatística
Resultado	Desenvolve uma compreensão inicial	Recomenda um curso final de ação

Figura 5 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

Fonte: Malhotra, 2001

Qualquer questionário tem três objetivos específicos. Em primeiro lugar, deve traduzir a informação desejada em um conjunto de questões específicas que os entrevistados tenham condições de responder. Em segundo lugar, um questionário precisa motivar e incentivar o entrevistado a se deixar envolver pelo assunto, cooperando e completando a entrevista. Em terceiro, um questionário deve sempre minimizar o erro na resposta (MALHOTRA, 2001).

Segundo Polignano (2001), o papel da pesquisa de mercado durante o desenvolvimento de produtos é imprescindível para empresas que almejam um desempenho diferenciado, com o aperfeiçoamento contínuo dos processos associados à compreensão do mercado e ao planejamento da linha de produtos.

2.4.1 Etapas da pesquisa de mercado

As etapas de pesquisa de mercado são divididas em identificação do problema, objetivos da pesquisa e planejamento da pesquisa (RIBEIRO et al., 2001, MALHOTRA, 2001).

A **identificação do problema** e objetivos da pesquisa inicia pela formulação do problema que poderá envolver: conversa com especialistas, reuniões com grupos de consumidores, consulta a livros, revistas, jornais e artigos científicos. Os **objetivos da pesquisa** são as informações a serem levantadas, as quais devem contribuir para a solução do problema. No estabelecimento dos objetivos, deverá ser considerado: o tempo disponível, os recursos físicos,

humanos, financeiros, tecnológicos e a acessibilidade aos detentores dos dados, bem como a disponibilidade dos meios de captação de dados, como exemplos.

Para **planejar a pesquisa**, se faz necessária a determinação da fonte dos dados, existindo dois tipos: fontes primárias e secundárias. As fontes primárias são os dados brutos que nunca foram coletados, envolvendo o acesso direto a consumidores, telespectadores, intermediários, leitores, etc. Enquanto que, as fontes secundárias são aquelas disponíveis para a consulta em relatórios, bancos de dados, catálogos, livros e outros.

Para a coleta dos dados, podem ser utilizados **métodos e técnicas** individualmente ou de forma combinada, tais como: levantamentos bibliográficos, documentais, estatísticas publicadas, entrevistas com especialistas, entrevistas focalizadas de grupo, observação direta, entrevistas pessoais, entrevistas por telefone, questionário enviados pelo correio ou distribuídos pessoalmente, estudos em laboratório, estudo de casos e outros.

Uma pesquisa contempla como elementos básicos a determinação da população da pesquisa, o planejamento amostral e o tamanho da amostra, que depende de características básicas da população, do tipo de informação exigida na pesquisa e do custo envolvido. O primeiro passo é a estratificação da população através da identificação de características relevantes para uma determinada pesquisa, ou seja, se uma população tem certas características homogêneas, uma pequena amostra poderia ser estudada, no entanto, se a população apresenta muita heterogeneidade, então será necessária uma amostra maior. Quando há informações numéricas referentes à variabilidade, é possível calcular matematicamente o tamanho da amostra associado a um determinado grau de precisão (MALHOTRA, 2001).

Ribeiro et al. (2001) propõe que o planejamento de uma pesquisa percorra as seguintes etapas: Etapa 1 – organização do questionário aberto; Etapa 2 – elaboração da árvore de qualidade demandada; Etapa 3 – elaboração do questionário fechado; Etapa 4 – atribuição dos pesos dos itens de qualidade demandada. Os autores desenvolveram essa metodologia de aplicação específica de pesquisa de mercado para aplicação no QFD. Sendo a seguir descritas as etapas mencionadas.

No **questionário aberto** deverão ser definidas questões amplas que atenderão aos objetivos principais e secundários. Ele é aplicado a um número de pessoas com o objetivo de

obter um levantamento de possíveis alternativas para o questionário fechado. Neste momento serão levantados os itens de qualidade demandada.

A partir dos resultados do questionário aberto, os dados serão organizados usando uma estrutura de árvore (**árvore da qualidade demandada**), no nível primário estarão os aspectos perguntados no questionário aberto, enquanto que o nível secundário será formado pela análise das respostas obtidas.

O **questionário fechado** é a etapa quantitativa, em que os pesos poderão ser atribuídos para os itens de qualidade demandada, geralmente sendo formado por cinco elementos:

- a) dados de identificação do questionário;
- b) solicitação para cooperação e agradecimento antecipado;
- c) instruções para sua utilização;
- d) perguntas, questões e forma de registrar as respostas;
- e) dados para classificar sócio-economicamente o respondente.

O questionário fechado levantará a **importância que o cliente atribui a cada item do nível secundário da árvore da qualidade demandada**. Além disso, dentro de cada item do nível secundário, o questionário fechado irá avaliar a importância atribuída aos desdobramentos terciários. Ressalta-se a importância de que, antes da aplicação definitiva, é importante submeter o questionário fechado à avaliação e sugestão de outros indivíduos (pré-teste), que podem identificar problemas de estrutura e interpretação. Ele não deve ser extenso, sendo as perguntas objetivas e neutras.

2.4.2 Procedimento de amostragem

A maioria dos projetos de pesquisa tem como objetivo obter informação sobre as características ou parâmetros de uma população. Uma população é o agregado de todos os elementos que compartilham algum conjunto de características comuns, conformando o universo para o problema de pesquisa de marketing. Uma informação sobre os parâmetros populacionais pode ser obtida fazendo-se um censo ou extraindo-se uma amostra. Um censo envolve a

enumeração completa dos elementos de uma população. Já a amostra é um subgrupo de uma população, selecionado para participação no estudo (MALHOTRA, 2001).

A idéia básica de amostragem está em que a coleta de dados em alguns elementos da população e sua análise podem proporcionar relevantes informações de toda a população. Quando se pretende conhecer alguns aspectos de uma população, há dois caminhos a seguir, ou se pesquisam todos os seus elementos, e neste caso o estudo é chamado de censo, ou apenas uma amostra deles, a partir da qual se estimam os dados a respeito de toda a população. Realizam-se censos das populações ao invés de apenas pesquisá-las quando: a população for pequena, quando os dados a respeito da população forem facilmente obtíveis, se os requisitos do problema em estudo impõem obtenção de dados específicos de cada elemento da população ou por imposição legal (MATTAR, 2001).

A amostragem simples ao acaso, também conhecida por ocasional, acidental, casual ou randômica, se destaca por um processo de seleção bastante fácil e muito usado. Neste todos os elementos da população tem igual probabilidade de serem escolhidos, não só antes de ser iniciado, como também até completar o processo de coleta. Seu uso consiste na numeração dos elementos da população. Se, por exemplo, a população tem 5000 elementos, deve-se numerá-los de 0 a 4999, após deve-se efetuar sucessivos sorteios com reposição até completar o tamanho da amostra (FONSECA, 1992).

Ribeiro et al. (2001) apresenta uma metodologia baseada em conceitos estatísticos e na experiência dos autores para o cálculo do tamanho da amostra. A mesma é realizada na seguinte ordem:

- inicia pela definição das variáveis de estratificação;
- em seguida é definido o número de classes;
- pelo produto do número de classes de cada variável é obtido o número de estratos;
- com a multiplicação das duas variáveis com maior número de classes é definido o número de agrupamentos;
- em seguida é calculado o número de questionários por agrupamento. Este cálculo é baseado na utilização de formulário da distribuição normal. Os autores citam que as respostas de um questionário estarão baseadas em uma escala discreta. Contudo, pode-se trabalhar com somas

e médias que tendem ao modelo de distribuição normal. Sendo assim, consideram esta aproximação da normal satisfatória para o dimensionamento do tamanho de amostras.

2.5 Desdobramento da função qualidade (QFD)

O QFD teve início no Japão na década de 60 e sua utilização era centrada no uso de cartas e matrizes que revelavam os parâmetros críticos para garantia da qualidade. Estes parâmetros eram transferidos ao longo de todas as etapas do projeto e manufatura. Para isto, foi necessário vincular matrizes, a fim de permitir que as informações fossem transmitidas de uma matriz para outra. Os ocidentais tiveram seu primeiro contato com o QFD nos Estados Unidos, durante a visita do Dr. Ishikawa a Ford Motors Co. Em função do interesse que o QFD despertou, várias missões técnicas foram enviadas ao Japão. Desde a primeira publicação Japonesa, realizada em 1978, muitas mudanças foram realizadas do método inicial até o atualmente utilizado, contribuindo para melhorá-lo (RIBEIRO et al., 2001).

Segundo Akao (1990), o QFD é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado, através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos do consumidor e as características do produto. Esses desdobramentos iniciam-se com cada mecanismo e se estendem para cada componente ou processo. A qualidade global do produto será formada através desta rede de relações.

Podem ser tecidas breves considerações para o QFD. É uma técnica de gestão, pois auxilia no gerenciamento de projetos simples ou complexos. É um método de Planejamento, onde os esforços de engenharia são deslocados para a fase de planejamento. É um método de solução de problemas, listando ‘O QUÊ’ precisa ser feito e ‘COMO’ pode ser feito. Facilita a modelagem do conhecimento, descobrindo o conhecimento técnico da equipe. Facilita o transporte de informações, pois as matrizes relacionam-se de forma seqüencial e usa-se uma linguagem e uma lógica comum no seu preenchimento. Fornece abertura à criatividade e inovações através de discussões multisetoriais em um ambiente de Engenharia Simultânea (RIBEIRO et Al., 2001).

Para Irigaray et al. (2007), o QFD é a tradução das necessidades identificadas dos clientes, transformadas em atributos dos produtos, que devem ser incorporados na especificação destes. Segundo estes autores, o QFD tem servido como uma contribuição para melhoria da comunicação entre os profissionais de marketing, engenharia e produção, em que as decisões quanto às especificações do produto estão pautadas nesta ferramenta, em função das necessidades identificadas.

Segundo Sassi (2002), o QFD começou a ser utilizado no Brasil nos anos 90. Dentre as empresas que utilizam o QFD, encontram-se empresas de diversos tamanhos, pertencentes a diferentes setores da indústria e de prestação de serviços. As primeiras aplicações foram realizadas por empresas do ramo da alimentação. Entretanto, atualmente as que mais utilizam o QFD no Brasil são as do ramo automotivo como, por exemplo, a FIAT Automóveis S/A, que o utilizou na linha de motores FIRE, para assegurar sua qualidade (NOGUEIRA et al., 1999); e a empresa AGRALE S/A, que utilizou o QFD no sistema de freios do caminhão AGRALE 4000D, adicionando uma matriz ao modelo de Macabe, focando a assistência técnica (VIEIRA E STANGE, 1996). Segundo Fragoso (1999), a Volkswagen do Brasil utilizou o QFD no desenvolvimento de ônibus e caminhões e, por meio deste, transformando a voz do cliente em características técnicas ao produto. Cheng (2007), apresenta uma visão da base conceitual do método QFD na gestão de desenvolvimento de produtos, além de exemplos práticos de aplicações nas organizações brasileiras através de um programa de pesquisa-ação em implementação do método.

Em comum em todas as definições dos autores sobre QFD, está a preocupação, através de pesquisas, em traduzir as necessidades/requisitos dos clientes/consumidores para transformá-las em requisitos do produto e conduzir estas informações ao longo do processo produtivo, através de equipes multifuncionais, para ao final entregar ao cliente o produto/serviço o mais próximo possível do desejo do cliente. Uma descrição simplificada do QFD será apresentada a seguir.

O QFD foi um método criado para operacionalizar o processo de planejamento da qualidade na forma de uma série de relações causa e efeito por meio de matrizes. Em cada ciclo de QFD, relacionam-se as necessidades da qualidade, ‘o que se espera’ com os requisitos da qualidade, ‘como se pretende fazer’, identificando-se, na matriz de relações, a intensidade do

relacionamento entre eles por meio de ‘símbolos de relações’ (Figura 6). Cada símbolo tem um peso numérico representando esta intensidade. A importância relativa é uma classificação, priorização de cada necessidade da qualidade ‘o que se espera’. Essas necessidades são ponderadas segundo o grau de importância para o cliente, atribuindo-se a cada uma um valor numérico (FERNANDES e REBELATO, 2006).

Na parte superior da Figura 6, identificam-se os relacionamentos entre os requisitos da qualidade matriz de correlações. Estes relacionamentos identificam o grau de correlação entre os requisitos, auxiliando na priorização e identificação de ‘soluções de compromisso’ entre eles. As especificações do projeto ‘quanto’ representam uma quantificação de cada requisito da qualidade. Os requisitos priorizados são calculados pelo produto do peso atribuído ao símbolo de relações forte, moderado ou fraco, pelo grau de importância relativa (BERK e BERK, 1997).



Figura 6 - Representação simplificada do método QFD

Fonte: Berk (1997)² Apud Fernandes (2006)

Existem diversas abordagens para o desenvolvimento de QFD. Fernandes e Rebelato (2006), em seu trabalho ‘Proposta de um Método para Integração entre QFD e FMEA’, utilizam a abordagem das quatro fases, em que Sullivan (1986) classifica as fases da seguinte forma (Figura 7):

² BERK, J; Berk, S. Administração da Qualidade Total: O Aperfeiçoamento contínuo. São Paulo - Ibrava, 1997.

- a) planejamento do produto - que transforma ou traduz 'voz do cliente' em requisitos do produto;
- b) desdobramento das partes – que transforma as características do produto em requisitos dos componentes;
- c) planejamento do processo – que transforma as características dos componentes em requisitos do processo;
- d) planejamento da produção – que transforma as características do processo em requisitos da produção.

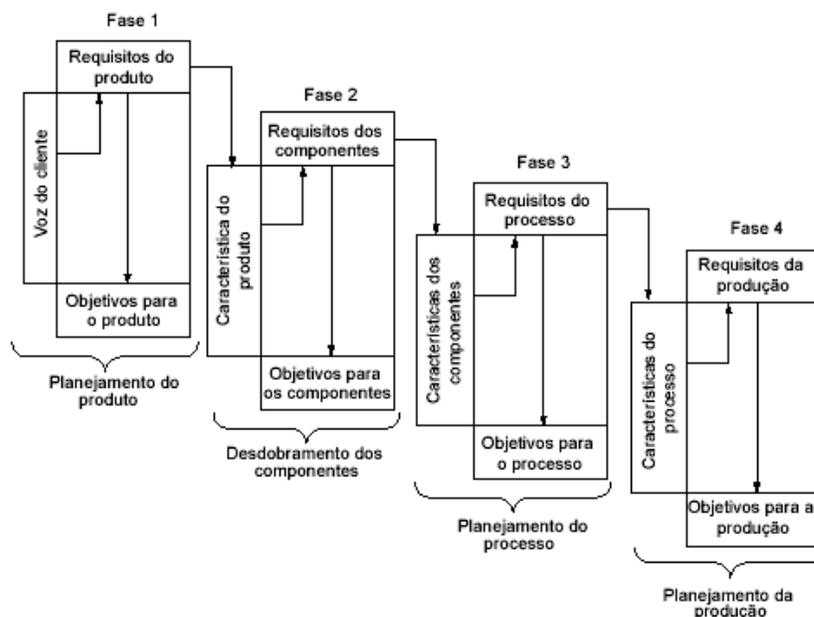


Figura 7 - As quatro fases para o desenvolvimento do QFD

Fonte: Berk (1997) Apud Fernandes (2006)

Ribeiro et al. (2001) apresenta um método para realizar o desdobramento e o planejamento da qualidade na manufatura. Neste método são utilizadas quatro matrizes principais para identificar as relações que existem entre a qualidade demandada pelos clientes e o chão de fábrica, como mostra a Figura 8. As matrizes principais são compostas por:

- matriz da qualidade, construída do desdobramento da qualidade demandada e das características da qualidade;

- matriz do produto, que é construída do desdobramento do produto em suas partes constituintes;
- matriz dos processos, construída do desdobramento dos processos e;
- matriz dos recursos, obtida dos desdobramentos dos itens de pessoal e infra-estrutura.

Este método dá ênfase para o planejamento da qualidade das partes e dos processos, o que visa assegurar vantagens competitivas em relação a outras empresas do setor.

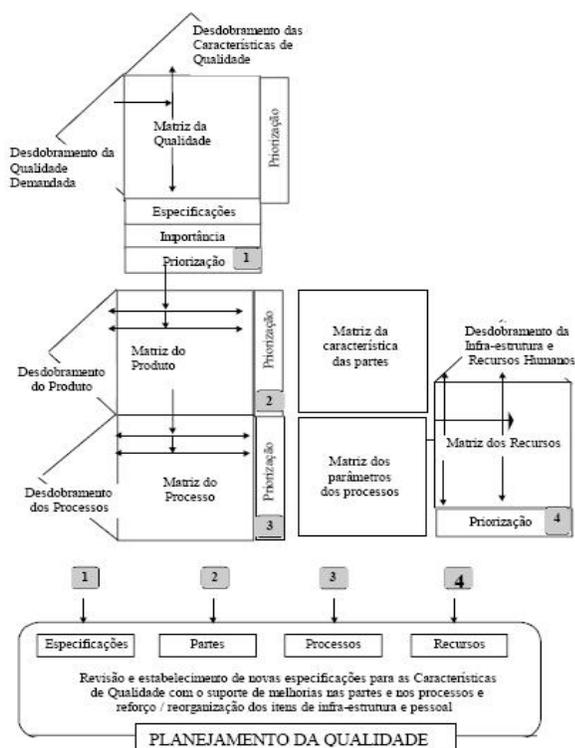


Figura 8 – Modelo conceitual de QFD para manufatura

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

2.6 Projeto de experimentos (DOE)

O DOE foi desenvolvido na primeira metade do século XX. Segundo Montgomery (1997), o responsável pela utilização da estatística em projeto experimental foi Ronald A. Fisher, desenvolvendo a técnica de análise de variância, com primeiras aplicações nas áreas da agricultura e biologia. Na área industrial as primeiras aplicações ocorreram nos anos 30 do século

XX, mas, somente depois da segunda guerra mundial, este setor começou a utilizar essas técnicas com mais frequência, especialmente na indústria química e na indústria eletrônica.

Nas últimas décadas, em função dos cenários altamente competitivos encontrados pelas indústrias, a experimentação estatística começou a ser valorizada no setor, sendo muito utilizada em estudos preliminares de programas de controle de qualidade e considerada, por Mattos (2004), como fator-chave para obter a melhoria da qualidade.

Na indústria o projeto experimental permite fixar, em determinados níveis, os fatores que interferem em um processo produtivo, fazendo-os variar para avaliar seus efeitos nas características funcionais de um produto, as quais definem sua qualidade, sendo, especialmente indicado para (MONTGOMERY, 1997):

- a) caracterizar um processo, identificando entre os fatores investigados os que afetam a resposta do experimento;
- b) otimizar um processo, encontrando a combinação ótima entre os níveis dos fatores investigados que fornecem um melhor desempenho;
- c) melhorar a capacidade (uniformidade) de um processo, determinando tolerâncias para o sistema e seus componentes.

Segundo Ribeiro e Caten (2003), o DOE trata-se de uma metodologia apoiada em conceitos estatísticos, destinada a otimizar o planejamento, execução e análise de um experimento.

Devido às decisões importantes que derivam dos resultados experimentais e ao custo dos experimentos, não é recomendável buscar a solução de um determinado problema confiando apenas na intuição. A metodologia do DOE é utilizada na otimização de um sistema. Entende-se por sistema qualquer produto, processo ou serviço. Um sistema é avaliado por características da qualidade, resultantes da operação do mesmo. Características da qualidade como produtividade, custos, dimensionais e outros.

Em um sistema (Figura 9) existem parâmetros do sistema, produto, processo ou do serviço, que podem ser alterados durante a sua execução. Como, por exemplo, em um produto pode-se alterar o tipo de material e suas características dimensionais; em um processo pode-se alterar a temperatura e a pressão; e em um serviço pode-se alterar o número de funcionários e o

layout. A alteração desses parâmetros pode afetar as características de qualidade resultantes do sistema. Existem ainda fatores de ruído que podem influenciar o desempenho do sistema e que não se consegue controlar como, por exemplo, temperatura e umidade do ambiente, habilidade e cansaço do operador.

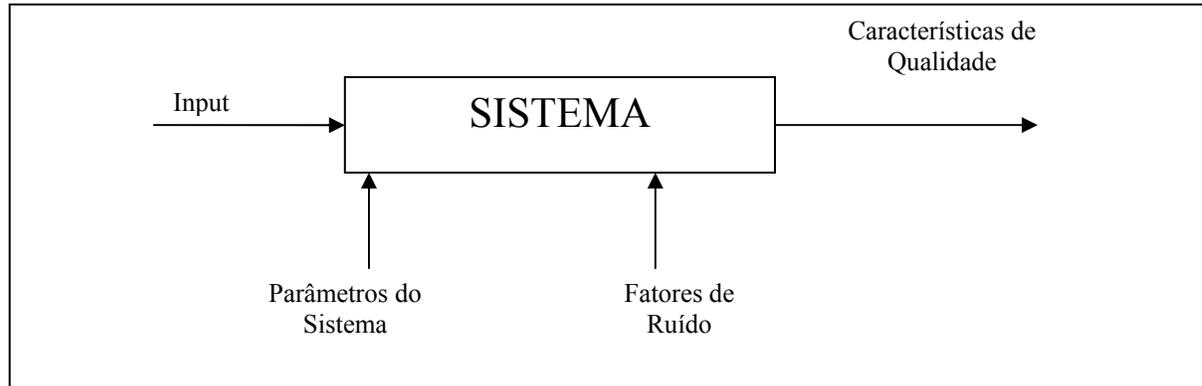


Figura 9 – Parâmetros e Características do Sistema

Fonte: Ribeiro e Caten (2003)

O objetivo central do projeto de experimentos é achar o ajuste ótimo dos parâmetros de forma a maximizar o desempenho, minimizar os custos e tornar o desempenho do sistema pouco sensível ao efeito dos fatores de ruído. Isto deve ser realizado definindo uma seqüência econômica e eficiente do experimento.

O DOE pode ser dividido em fases (Figura 10), as quais iniciam pelo processo de ‘ouvir a voz do cliente’, através de pesquisas de mercado, para levantar as necessidades (demanda de qualidade) dos clientes. Na seqüência parte-se para a fase de ouvir a ‘voz do engenheiro’, onde estas serão transformadas em variáveis respostas mensuráveis e quantitativas, denominadas requisitos do produto. A ‘voz do engenheiro’ é importante porque algumas vezes o cliente pode apresentar aspectos vagos sem significados mensuráveis (Figura 11). Nesta fase o engenheiro também identifica outras variáveis de resposta de interesse, os parâmetros de processo com seus intervalos de variação, os fatores controláveis com os níveis e interações possíveis, reconhece as restrições experimentais (número de ensaios, equipamento e RH disponíveis, tempo necessário) e escolhe o modelo estatístico do experimento.

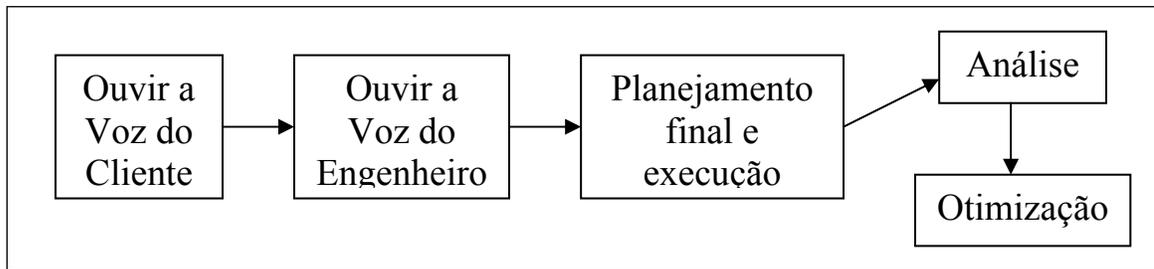


Figura 10 - Fases do Projeto de Experimentos

Fonte: Ribeiro e Caten (2003)

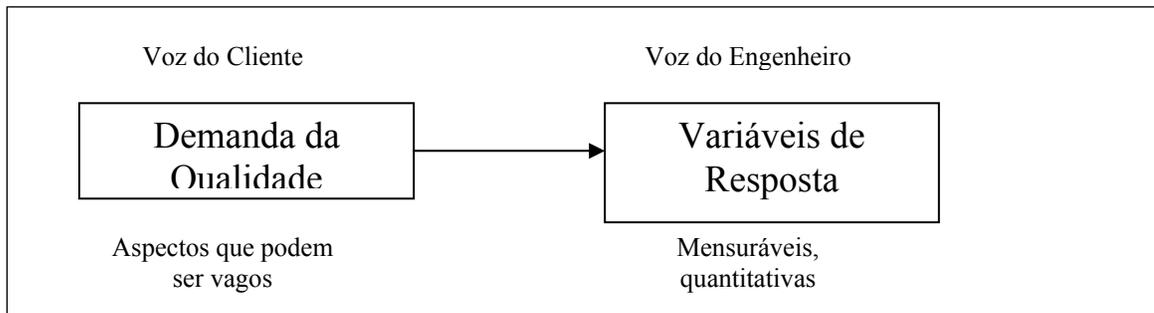


Figura 11 – Relação entre a demanda de qualidade (cliente) e as variáveis de resposta (engenheiro)

Fonte: Ribeiro e Caten (2003)

Na fase do planejamento final e execução é descrita a matriz experimental, é definida a ordem e os procedimentos de ensaio, são desenhadas as planilhas de coletas de dados e finaliza-se com a execução do experimento e anotação dos resultados. Na fase de análise ocorre a análise de variância, são feitos os gráficos dos efeitos dos fatores principais e das interações significativas. Na última fase de otimização são modeladas as variáveis de resposta, é definida a função objetivo, é realizado o ajuste dos fatores controláveis que minimizam/maximizam a função objetivo e finalmente é verificada a consistência da solução (RIBEIRO E CATEN, 2003).

Segundo Mattos (2004), existem várias estratégias para conduzir um experimento. Independente da estratégia selecionada é indispensável estarem perfeitamente definidas: a *unidade experimental* (elemento a ser medido ou observado no experimento); a variável analisada ou *resposta* (o que é medido na unidade experimental); como será mensurado, o que pode ser feito pela definição dos *fatores* a serem manipulados e seus diferentes *níveis* adotados.

Na área industrial, entre os projetos mais utilizados, está o fatorial. Neste tipo de projeto os diversos fatores investigados variam, gerando várias condições experimentais, resultantes das diferentes combinações possíveis entre seus níveis. Dentre os planejamentos fatoriais, o mais utilizado na área industrial, talvez por necessitar de uma menor quantidade de ensaios, é o do tipo 2^K .

Os projetos fatoriais 2^k contemplam K fatores, cada um deles com dois níveis (alto ou baixo). Os níveis podem ser quantitativos (dois valores de resistência, dois tempos de cozimento, duas concentrações de reagentes) ou qualitativos (dois *layout*, duas máquinas de corte). Este projeto é assim chamado porque para rodá-lo uma repetição completa é necessária. Exemplo $2^4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ observações. Dentre as vantagens podemos citar a simplicidade para analisar quando há muitos fatores a serem investigados (MONTGOMERY, 1997).

Uma vez identificadas os parâmetros críticos e funções do produto é necessário gerar uma forma para o produto.

2.7 Matriz Morfológica

A Matriz Morfológica possibilita o estudo de todas as possíveis combinações entre os elementos ou componentes de um produto. Esta foi desenvolvida por Fritz Zwickey, em 1948, quando o mesmo trabalhava no desenvolvimento de motores a jato. Fritz cita que as seguintes regras devem ser utilizadas (BAXTER, 2000):

- a) o problema a ser solucionado deve ser descrito com grande precisão;
- b) devem-se identificar as variáveis que caracterizam o problema (isso depende dos conhecimentos e habilidade do analista);
- c) cada variável deve ser subdividida em classes, tipos ou estágios distintos;
- d) as soluções possíveis são procuradas nas combinações das classes.

Para Baxter (2000), a vantagem da matriz morfológica está no exame sistemático de todas as combinações possíveis. Sem esta análise, o projetista ficaria limitado a examinar apenas um número reduzido de combinações, esquecendo das demais soluções de projeto.

Rozenfeld et al. (2006) cita que a matriz morfológica consiste no desdobramento de um problema complexo em partes simples (parâmetros), pelo qual se busca soluções técnicas para estas partes. Após o problema dividido em partes, devem-se buscar alternativas para solucionar os parâmetros, por meio de catálogos, experiência, pesquisa ou criação. Sendo que, ao final, a melhor combinação de parâmetros é adotada como solução. Esta análise auxilia a equipe de desenvolvimento a encontrar um conjunto grande de alternativas de solução para o produto, por meio de uma análise sistemática da configuração/forma que o produto terá.

O resultado da aplicação da matriz morfológica é a obtenção de alternativas (soluções) de projeto para os elementos de um produto em função da combinação de soluções para as funções identificadas do produto (ROZENFELD et al., 2006).

Com as alternativas de projeto são gerados os conceitos de produto que segundo Rozenfeld et al. (2006), é a descrição escrita da idéia de um produto que inclui as suas características principais. Crawford e Benedetto (2000), define como conceito de produto o conjunto de tecnologia, forma e benefício, onde a tecnologia permite o desenvolvimento da forma que proporciona ao cliente a percepção de algum benefício.

No estágio final do projeto conceitual, após serem gerados os conceitos de produtos, deve-se selecionar o melhor conceito. Os modernos métodos de seleção de conceito foram baseados no trabalho de Stuart Pugh.

2.8 Matriz de Pugh

Segundo a técnica utilizada por Pugh, a seleção do conceito não é uma simples escolha do melhor conceito gerado. Ela envolve a combinação dos diferentes conceitos, mesclando seus aspectos positivos e podendo gerar um novo conceito durante o processo de seleção. A matriz de Pugh proporciona a comparação de diferentes conceitos em relação a um conceito base, criando um conceito mais forte e eliminando os conceitos inferiores até um ótimo conceito ser alcançado (BAXTER, 2000; ISIXSIGMA, 2006, CREVELING, 2002).

A matriz de Pugh (Figura 12) consiste em uma matriz onde as alternativas e critérios de avaliação são colocados na primeira linha e primeira coluna respectivamente. Os critérios de

avaliação podem ser as especificações-meta e as necessidades dos clientes podem ser consideradas como critérios. Neste método um dos conceitos é escolhido como referência e todas as outras são comparadas com este. Para cada critério de avaliação será realizado um julgamento, no qual será indicado se a concepção é “melhor que”, “igual a” ou “pior que” a concepção de referência (ROZENFELD et al., 2006). O escore relativo à avaliação dos critérios, que será utilizado na matriz de Pugh, será de acordo com a Figura 13.

		Concepções					
		Concepção 1	Concepção 2 (referência)	Concepção 3	Concepção m
Critérios	Critério 1		0				
	Critério 2		0				
	Critério 3		0				

	Critério n
	Total +1		0				
	Total -1		0				
	Total Global		0				

Figura 12 – Modelo de Matriz de Pugh

Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Critério	Valor
Melhor que	+1
Igual a	0
Pior que	-1

Figura 13 – Escore dos critérios utilizados na matriz de Pugh

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

Os conceitos que obtiverem o total global mais alto deverão ser considerados como adequados. Os fatores devem ser considerados como uma orientação. Na análise da concepção com maior total global, pode-se alterar um critério negativo desta concepção por um critério positivo utilizado em outra concepção, criando assim uma concepção superior a ser utilizada.

Ainda na fase de projeto é possível detectar falhas potenciais. A vantagem desta detecção é atuar pró - ativamente, incorporando no projeto soluções que minimizem que as chances das falhas atuem no produto.

2.9 Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA)

O FMEA surgiu de estudos realizados pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) em 1963 e posteriormente foi utilizado na indústria automobilística. Serviu para identificar, quantificar e ordenar os possíveis defeitos potenciais de falha na fase de desenvolvimento de produtos, evitando que estas falhas não fossem passadas para o cliente (PUENTE et al., 2002).

Segundo Echeveste e Danilevicz (2006), o FMEA é um método para a análise de produtos e processos, em que se procura descobrir e antecipar os modos potenciais de falha, para evitar a sua ocorrência ou recorrência. O problema é focado a partir da causa, passando pelo modo e culminando no efeito. Na Figura 14 são representadas a causa, o modo e o efeito de uma falha. Causa é definida como o evento que pode provocar, gerar ou induzir a falha. O modo de falha é definido como a maneira que a falha se manifesta. E o efeito é a forma como o modo de falha afeta o sistema.

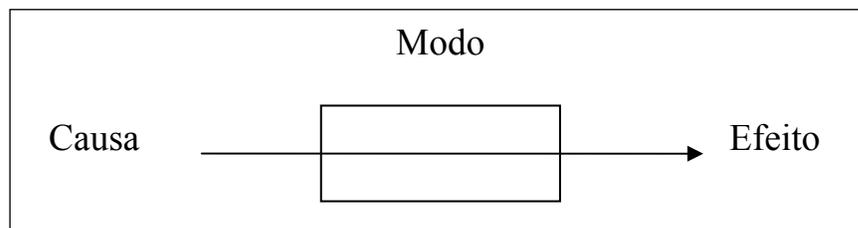


Figura 14 – FMEA - Causa, Modo e Efeito de uma falha

Fonte: Adaptado Echeveste (2006)

O FMEA tem por objetivo gerar um plano de ação que visa evitar falha no projeto ou processo do produto, avaliando a sua importância relativa. Por meio deste, são propostas ações de melhoria para o produto buscando a solução para a falha identificada. Nesta análise são considerados separadamente os tipos de falha e os seus efeitos sobre o consumidor. Sua aplicação

visa detectar as falhas antes da produção do protótipo, aumentando assim a confiabilidade do produto. Inicialmente o FMEA foi desenvolvido para o projeto de novos produtos ou processo. Devido a sua utilidade, o mesmo passou a ser aplicado de outras maneiras. Atualmente, também é utilizado para diminuir as falhas de produtos e processos existentes (ROZENFELD et al., 2006; BAXTER, 2000).

Para auxiliar na definição de prioridades de falha no FMEA, são utilizados três fatores: ocorrência, detecção e severidade. A ocorrência (Figura 15) define a frequência da falha; a severidade (Figura 16) corresponde à gravidade do efeito da falha; enquanto a detecção (Figura 17) é a habilidade para detectar a falha antes que ela atinja o cliente. Através destes fatores, é realizada uma hierarquização de acordo com o risco potencial de cada falha, representado no FMEA e calculado através do RPN (*Risk Priority Number*) (FORD MOTOR COMPANY (1983)³ APUD LEAL et al., 2006).

Probabilidade de falha	Possíveis taxas de falhas	Rank
Extremamente alta: quase inevitáveis	≥ 1 em 2	10
Muito alta	1 em 3	9
Repetidas falhas	1 em 8	8
Alta	1 em 20	7
Moderadamente alta	1 em 80	6
Moderada	1 em 400	5
Relativamente baixa	1 em 2000	4
Baixa	1 em 15000	3
Remota	1 em 150000	2
Quase impossível	1 em 1500000	1

Figura 15 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a ocorrência da falha

Fonte: Ford Motor Company (1988)³ apud Leal et al. (2006)

Efeito	Severidade do efeito	Rank
Perigoso	Falha é perigosa, e ocorre sem aviso. Capaz de suspender a operação dos sistemas e/ou envolve aspectos não complacentes com regulações governamentais	10
Sério	Os efeitos podem ser perigosos e/ou envolvem aspectos não complacentes com regulações governamentais	9
Importante	Produto inoperável, com perda da função básica. Sistema inoperante	8

³ FORD MOTOR COMPANY. *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Reference Manual*, 1988.

Impactante	Desempenho do produto sofre impacto. Sistema pode não operar.	7
Significativo	Desempenho do produto é degradado. Funções atreladas ao conforto podem não operar.	6
Moderado	Moderado efeito no desempenho do produto. Produto requer reparos.	5
Baixo	Pequeno efeito no desempenho do produto. O produto não requer reparos.	4
Desprezível	Efeito desprezível no desempenho do produto ou sistema.	3
Muito desprezível	Efeito muito desprezível no desempenho do produto ou sistema.	2
Nenhum	Nenhum efeito	1

Figura 16 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a severidade dos efeitos da falha
Fonte: Ford Motor Company (1988)³ apud Leal et al. (2006)

Deteccção	Probabilidade de detecccção da causa da falha	Rank
Absolutamente incerta	A manutenção não detecta a causa da falha potencial, ou não existe manutenção	10
Muito remota	Chance muito remota de se detectar a causa da falha	9
Remota	Chance remota de se detectar a causa da falha	8
Muito baixa	Chance muito baixa de se detectar a causa da falha	7
Baixa	Chance baixa de se detectar a causa da falha	6
Moderada	Moderada chance de se detectar a causa da falha	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta a chance de se detectar a causa da falha	4
Alta	Chance alta de se detectar a causa da falha	3
Muito alta	Chance muito alta de se detectar a causa da falha	2
Quase certa	A manutenção quase certamente detectará a causa da falha.	1

Figura 17 - Critério de análise e sistema de ranqueamento para a detecccção da causa da falha
Fonte: Ford Motor Company (1988)³ apud Leal et al. (2006)

O risco potencial de cada falha (R) é calculado para que a equipe de trabalho priorize as ações de trabalho aos itens de maior risco calculado. O cálculo do risco leva em conta a severidade (S), ocorrência (O) e detecccção (D). A fórmula utilizada é: $R = S \times O \times D$. As ações de trabalho devem visar a redução do efeito de severidade, a probabilidade de ocorrência ou a probabilidade de não detecccção. Alterações de projeto podem reduzir a severidade ou a ocorrência do modo de falha. Ações dirigidas às etapas de validação de projeto podem reduzir a probabilidade de não detecccção do modo. Como exemplos de ações podem ser utilizados a revisão do desenho de parte do projeto, revisão de especificação de materiais, investimento em novos equipamentos, revisão de planos de teste (ECHEVESTES, 2006).

Para a diminuição dos riscos de falhas, o grupo de trabalho, utilizando conhecimentos, criatividade e outras técnicas, deve listar ações. Estas ações devem conter medidas com funções de limitar, dificultar, prevenir parcialmente ou totalmente a ocorrência dos riscos de falha. As medidas devem ser analisadas em relação a sua viabilidade e então definidas as que serão implantadas (ROZENFELD et al., 2006).

O FMEA é uma ferramenta que proporciona à empresa, através da catalogação das falhas dos produtos, que ações de melhoria no projeto baseadas em dados sejam monitoradas (melhoria contínua), que ocorra a diminuição de custos devido à prevenção da ocorrência de falhas e principalmente que os funcionários incorporem uma atitude de prevenção de falhas, de cooperação e de trabalho em equipe, tendo como foco a satisfação do cliente (ROZENFELD et al., 2006).

2.10 Gestão de parâmetros críticos (CPM)

Segundo Creveling (2002), a CPM é uma ferramenta de integração utilizada para diminuir o ciclo de desenvolvimento de um produto. Esta integra processos técnicos, ferramentas e métricas que são usadas para desenvolver produtos e processos de manufatura para uma eficiente comercialização. A CPM auxilia na integração de programas e atividades de engenharia durante as primeiras fases de desenvolvimento de produtos, utilizando, para definição dos parâmetros, as necessidades identificadas dos clientes.

A CPM segue um fluxo que inicia na organização do processo de obter e fazer o ranking das necessidades dos clientes e, em função destas, definir os parâmetros críticos dos produtos. Este fluxo continua com estes parâmetros sendo trabalhados pelas demais fases do desenvolvimento de produtos, ligando a saída com a entrada do sistema/subsistema seguinte. Por outro lado, a CPM termina quando o produto é descontinuado (CREVELING, 2002).

Rozenfeld et al. (2006) descreve a CPM como uma maneira sistemática para identificar os parâmetros críticos de um produto e reconhecer as características do produto e processo que são influenciadas por estes parâmetros. Como objetivo procura-se estabelecer valores-meta que precisam ser atingidos e que estejam sob controle estatístico.

Judd (2005) define a CPM como uma árvore técnica de infra-estrutura que usa uma metodologia para capturar todas as informações do produto em uma estrutura de repositório. A Figura 18, ilustra o conceito da CPM referenciado como “Diagrama V”. O lado esquerdo da figura mostra o fluxo de cima para baixo (top down) dos requisitos do produto. Neste são listadas as atividades clássicas de engenharia com seus requisitos, desdobrados em sistemas e subsistemas. O lado direito representa o desempenho técnico dos requisitos do produto, neste aparecem os parâmetros críticos da qualidade (CTQs), fluindo em direção inversa de baixo para cima (bottom up), através de relações matemáticas quantitativas, geralmente chamadas de funções de transferência. O resultado destas funções podem ser comparados com metas estabelecidas para obter os índices de capacidade dos processos C_p e C_{pk} . O C_p determina se o processo tem variação menor que a faixa dos limites inferior (Lie) e superior (Lse) especificados, o C_{pk} indica se a distribuição está centrada em relação a faixa dos limites Lie e Lse e se a variação é menor que a faixa dos limites de especificados.

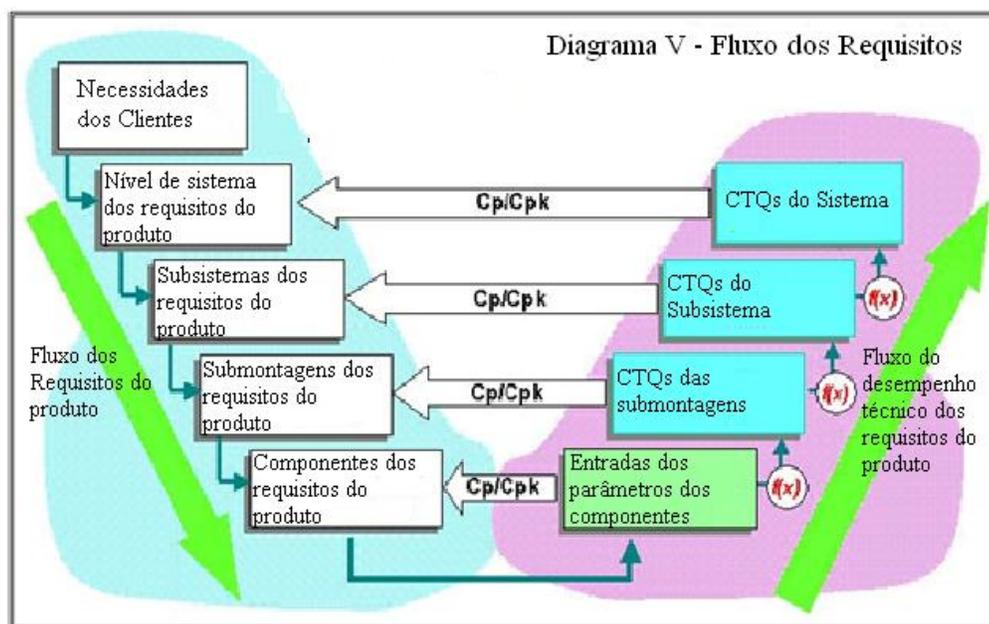


Figura 18 – “Diagrama V”

Fonte: Adaptado de Judd (2005)

As ferramentas apresentadas anteriormente são freqüentemente utilizadas durante o PDP, segundo a literatura a CPM pode ser uma forma de integração entre estas.

2.11 Mercado do gás natural veicular – Ambiente competitivo do gás natural veicular

O gás natural cresce como fonte energética em todo mundo. O consumo nos últimos 10 anos aumentou em média 1,7% ao ano, com previsão de chegar a 3,2% ao longo dos próximos 20 anos, segundo fontes do setor (EXPO GNV, 2007).

Em junho de 1999, foi colocado em operação o Gasoduto Bolívia-Brasil, um empreendimento com 3.150 km de extensão e um investimento total de cerca de US\$ 2,15 bilhões. Além de se tratar de uma importante obra de engenharia, envolve uma complexa estrutura contratual e de alocação de riscos, necessária à vida. Decorridos 12 meses, em junho de 2000, foi dado mais um passo para a consolidação desse processo com a entrada em operação da 1ª Fase do Gasoduto Uruguaiana - Porto Alegre, um projeto de menor envergadura que o Bolívia-Brasil, porém com o mesmo grau de importância no tocante ao processo de integração energética do Cone Sul e implantação da indústria do gás no país (TOJAL, 2007).

O Brasil ainda tem uma participação pequena do gás na matriz energética (7%), compatível com sua capacidade de expansão. O consumo do gás natural nos automotores cresceu 67,3%, segundo a ABGNV (Associação Brasileira de Gás Natural Veicular). O país produz cerca de 50 milhões de metros cúbicos de gás natural por dia. As tendências são que o GNV seja responsável por 10 milhões de m³/dia até 2015, dos 80 milhões previstos para o total dos segmentos do mercado de gás natural. A tendência é que o consumo aumente ainda mais, pois a economia que oferece ao usuário é suficientemente alta para contrabalançar qualquer receio que ele possa ter quanto à disponibilidade do produto (TOJAL, 2007).

O Brasil tem 1.346 postos de abastecimento de GNV, com mais de um milhão e duzentos mil automóveis circulando a gás natural em todo país. O custo é atraente e o GNV é um mercado realmente dinâmico. São vários os apelos do combustível. Tanto que a diferença em média nacional para os outros combustíveis é próxima de 70% mais barato. Outro fator de importância é a redução de gases poluentes nas grandes metrópoles. Um veículo a GNV, com o sistema bem instalado, por oficinas credenciadas pelo INMETRO, que possua kit completo, tende a eliminar, dentre outros gases, as emissões de benzeno e formaldeídos cancerígenos (EXPO GNV, 2007).

No Rio Grande do Sul o volume total de Gás Natural comercializado fechou o ano de 2006 em aproximadamente 67 milhões de metros cúbicos ao ano, 24,3% a mais que no período anterior e para a temporada de verão de 2007 a expectativa é de que o volume das vendas aumente, principalmente após a entrada de um segundo posto de combustíveis em Osório, em operação desde o fim de dezembro de 2006. Ao todo são 37 postos com GNV no Rio Grande do Sul, sendo três deles atendidos via transporte de Gás Natural Comprimido – dois em Osório e um em Lajeado. O número atual de oficinas credenciadas pelo INMETRO para realizar a instalação do Kit GNV no estado do Rio Grande do Sul é de 53 (SULGÁS, 2007).

Devido a crescente demanda do Gás Natural Veicular e carros movidos à gasolina e/ou álcool necessitando adaptação para este tipo de combustível, um dos componentes utilizados para esta transformação é o suporte do cilindro o qual é instalado ao carro durante a sua conversão. Este componente é atualmente fabricado por dezessete empresas no Brasil, sendo que destas, três estão localizadas no Rio Grande do Sul (INMETRO, 2007).

Dentro deste contexto, percebe-se a oportunidade crescente de melhorar os produtos utilizados neste setor, e para tanto se faz necessário desenvolver mecanismos e tecnologias que possam suprir as necessidades demandadas pelos clientes. Dentro das fases de projeto informacional, conceitual e detalhado, as ferramentas da qualidade, pesquisa de mercado, QFD, DOE, Matriz Morfológica, PUGH e FMEA podem auxiliar as empresa para que os produtos sejam desenvolvidos segundo as características demandadas pelos clientes.

2.12 Considerações sobre o referencial teórico

Nestas considerações sobre o referencial teórico foram apresentados os temas que dão suporte à aplicação prática do trabalho.

O enfoque maior foi dado na macrofase de **desenvolvimento**, mais especificamente nas fases de **projeto informacional, conceitual e detalhada**, visto ser este o escopo principal da investigação. Nestas fases é iniciada a concepção das opções de projetos de produtos, os quais deverão possuir características que supram as necessidades dos clientes. Para atingir os objetivos das fases, foram citadas as ferramentas de Pesquisa de Mercado e outras ferramentas como QFD, DOE, Matriz Morfológica, Matriz de Pugh e FMEA, buscando traduzir os desejos identificados

no mercado em alternativas de produtos aos quais deverão atender as necessidades demandadas pelos clientes.

A Figura 19 mostra o modelo teórico de ferramentas e fases do PDP que serão utilizadas neste trabalho.

Fase	Objetivo	Método/Ferramenta
Projeto Informacional	Levantamento das necessidades (requisitos) dos clientes traduzidas em requisitos do produto determinando, suas especificações meta	Levantamento das necessidades dos clientes / Pesquisa de Mercado Qualitativa
		Priorização das necessidades dos clientes / Pesquisa de Mercado Quantitativa
		Traduzir demandas do cliente em requisitos do produto / QFD
Projeto Conceitual	Definir as alternativas e especificações do produto tendo início o desenvolvimento de croquis selecionando conceitos possíveis de desenvolvimento	Diminuir possibilidades de configuração / DOE
		Gerar conceitos possíveis / Matriz Morfológica
		Seleção de conceitos / Matriz de PUGH
Projeto Detalhado	Desenvolver e finalizar todas as especificações do produto para serem encaminhadas para a manufatura	Detalhar as partes dos SSC / QFD (Matriz de desdobramento dos componentes)
		Planejar o processo de fabricação e Montagem / QFD (Matriz do planejamento do processo)
		Homologar o produto/processo / FMEA

Figura 19– Modelo teórico de ferramentas e fases do PDP

Fonte: Adaptado de Rozenfeld et al. (2006)

Esta proposta de integração foi baseada nas indicações de Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002). Existe concordância entre estes autores a respeito da aplicabilidade das ferramentas abordadas neste estudo nas fases do PDP. Além disso, percebe-se na literatura a aplicação freqüente e bem sucedida das ferramentas escolhidas na figura 19 no projeto de novos produtos ou melhoria dos mesmos. Pelas características das ferramentas estima-se que possam ser integradas de tal forma que a informação de saída de uma ferramentas seja a informação de entrada da ferramenta subsequente, o que será comprovado durante o desenvolvimento do produto suporte para GNV. O tratamento estatístico de CP e CPK utilizado no modelo de Creveling (2002) não será utilizado nesta aplicação.

3 MODELO DE APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO LONGO DAS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Este capítulo apresenta um modelo conceitual de aplicação de ferramenta integradas as fase do PDP que foi construído a partir das informações da literatura utilizando-se as informações do modelo teórico de ferramentas e fases do PDP apresentado no item 2.12 (Figura 19), com ênfase nos autores Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002). Para a formulação e aplicação das pesquisas, utilizaram-se as metodologias de Baxter (2000), Fonseca (1992), Guimarães (1995) e Malhotra (2001). O QFD e o DOE foram realizados segundo Echeveste e Danilevicz (2006), Ribeiro et al. (2001) e Ribeiro e Caten (2003). A Análise Morfológica e a Matriz de Pugh foram executadas segundo Baxter (2000), Creveling (2002) e Rozenfeld et al. (2006). O FMEA foi executado segundo Creveling (2002), Rozenfeld et al. (2006) e Echeveste e Danilevicz (2006).

A Figura 20, apresenta o modelo conceitual de aplicação de ferramentas integradas às fases do PDP, onde:

- nas linhas estão as fases do PDP as quais o modelo se refere: projetos informacional, conceitual e detalhado;
- nas colunas estão as ferramentas escolhidas para serem integradas ao longo do processo;
- observa-se ainda o fluxo de informações através das setas que ligam os dados ou informações de saída de uma ferramenta e sua entrada na ferramenta subsequente;
- foram construídos documentos internos das fases e documentos de saída das fases para os cinco ‘*Gates*’ (portais de aprovação) de tomada de decisão.

Para homologar o término e início das fases devem ser realizadas reuniões marcadas, como ‘*Gates*’ de tomada de decisão, nas quais os documentos de controle preenchidos ao longo das fases devem ser analisados pela equipe. Neste modelo, uma equipe multifuncional deve exercer a função de estudar os resultados obtidos na fase e tomar a decisão de seguir em frente, modificar ou abandonar o projeto. Na seqüência são descritas as características das fases, documentos internos e documentos de ‘*Gates*’ utilizados neste modelo.

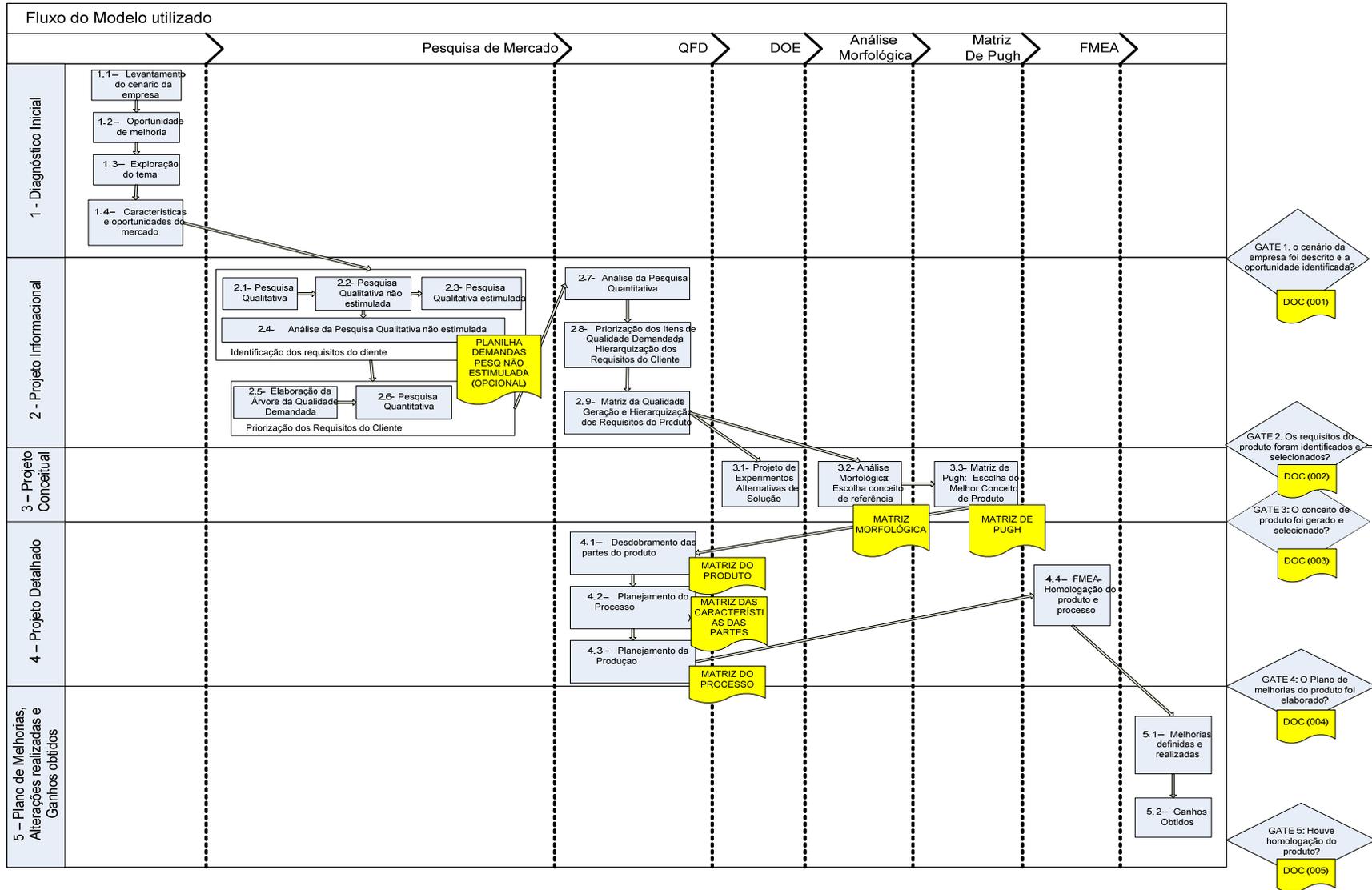


Figura 20 – Modelo conceitual de aplicação de ferramentas integradas as fases do PDP

Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Diagnóstico inicial

Conforme se observa, no modelo existe uma fase que antecede o projeto informacional. Esta fase foi denominada de diagnóstico inicial, mas trata exatamente da identificação de uma oportunidade de desenvolvimento de produto ou de melhoria de produto. No modelo de Rozenfeld et al. (2006) esta etapa é denominada de Planejamento Estratégico do Desenvolvimento de Produto e diz respeito à gestão do portfólio e identificação de oportunidades de produto.

No diagnóstico inicial o objetivo é compreender o cenário no qual se identifica a oportunidade de produto e a tomada de decisão sobre prosseguir ou não com o projeto de produto identificado. Não foi considerado escopo deste trabalho abordar ferramentas de tomada de decisão sobre a continuidade de projetos, como matrizes de escores e outras.

O documento com cenário da empresa e oportunidade identificada contém dados e informações de partida para o modelo, estes dados serão desdobradas ao longo do PDP (Figura 21).

3.2 Projeto informacional

As informações da fase anterior são o ponto de partida para o projeto informacional. No Projeto Informacional o objetivo é explorar o cenário identificado, levantando novas informações e demandas dos clientes que serão desdobradas em valores e especificações meta que o produto deve apresentar para satisfazer as necessidades dos clientes. Neste caso as ferramentas podem auxiliar a compreender a cadeia produtiva na qual o produto se insere. As ferramentas utilizadas na fase de projeto informacional se mostram adequadas aos objetivos da fase (Figura 22).

	Cenário da empresa e oportunidade identificada	Código: Doc001
	Modelo de aplicação de ferramentas durante as fases do PDP Fase de Diagnóstico Inicial	Revisão:
Empresa		
Elaborado por		
Data:		
Cenário da empresa		
Frente de atuação a escolhida		
Características e oportunidades do mercado		
Sócio:	Assinatura:	
Sócio:	Assinatura:	

Figura 21 – Cenário da empresa e oportunidade identificada (Doc001)

Fonte: Elaborado pelo autor

Fase	Objetivo	Método/Ferramenta
Projeto Informacional	Levantamento das necessidades (requisitos) dos clientes traduzidas em requisitos do produto determinando suas especificações meta	Levantamento das necessidades dos clientes / Pesquisa de Mercado Qualitativa estimulada e não estimulada
		Priorização das necessidades dos clientes / Pesquisa de Mercado Quantitativa
		Traduzir demandas do cliente em requisitos do produto / QFD

Figura 22 – Ferramentas utilizadas na fase informacional

Fonte: Elaborado pelo autor

Apesar de ter sido escolhido o método de pesquisa derivado do Design Macro ergonômico (DM) utilizado por Guimarães (1995), o qual foi denominado de pesquisa qualitativa com método não estimulado, não necessariamente precisará ser empregado em todos os projetos. De qualquer forma, este será descrito a seguir de tal forma que o método possa ser replicado. É importante ressaltar que o levantamento de informações da fase não se restringe às dos clientes, mas em se tratando de um projeto de melhoria de um produto existente, o enfoque foi dado às necessidades dos clientes intermediário e final.

3.2.1 Pesquisa de mercado qualitativa

Para a realização das pesquisas de mercado qualitativa método estimulado e método não estimulado deve ser definido o público alvo a partir do mapeamento da fase anterior e elaboração do roteiro de questões. A ferramenta de pesquisa qualitativa não estimulada consiste na formulação de uma única pergunta, a mais genérica possível sobre o produto. Na resposta, o entrevistado deverá falar sobre o produto ou serviço em questão. O entrevistador, no momento da entrevista, não deve expressar nenhuma opinião sobre o assunto e apenas deverá ouvir e anotar em ordem de citação as opiniões dadas pelo entrevistado.

Além de auxiliar na formulação da árvore da qualidade demandada, a pesquisa tem a função de proporcionar a análise das demandas dos clientes finais e dos distribuidores (clientes intermediários) e fazer uma comparação de priorização entre as características observadas pelo cliente final e o cliente intermediário, o cliente final e o fabricante, o cliente intermediário e o fabricante. Também através desta, procura-se determinar a preocupação ambiental de cada um (cliente final, cliente intermediário e fabricante). As demandas identificadas são classificadas em atributos estéticos, práticos e simbólicos, para medir qual destes é mais valorizado.

Na pesquisa qualitativa estimulada, devem ser formuladas questões que procuraram traduzir as características identificadas pelo grupo de especialistas da empresa. A aplicação desta pesquisa deve ocorrer com os clientes potenciais do produto. Ambas pesquisas, não estimulada e estimulada, devem ser aplicadas no mesmo dia. Primeiro aplica-se a não estimulada e após a

estimulada. A análise de ambas tem a função de auxiliar na formação da árvore da qualidade demandada.

3.2.1.1 Análise da pesquisa qualitativa não estimulada

A análise dos dados da pesquisa qualitativa não estimulada ocorre a partir da construção da planilha da Figura 23, a qual é elaborada da seguinte maneira:

a) As respostas obtidas dos questionários são compiladas, de maneira que a primeira opinião atribuída pelo entrevistado recebe a classificação 1 e assim sucessivamente até a última opinião. Como no DM utilizado por Guimarães (1995), a priorização dos itens de demanda é realizada considerando a frequência corrigida de ocorrência da demanda. A correção é realizada utilizando a ordem de opiniões dos itens informados espontaneamente durante a entrevista. Por exemplo, os primeiros três itens de demanda mencionados na entrevista são organizados recebendo numeração 1 e assim sucessivamente 2 e 3, número este chamado de 'p'. Se fosse realizada a análise com as numerações anteriormente citadas, observaríamos que o último item teria peso maior, ou seja, peso 3. Para realizar a correção, o quociente do número 1 pelo número recebido durante a organização, 'p', deve ser efetuado, ou seja, $1/p$. Assim, o primeiro fator mencionado pelo entrevistado receberá um peso de importância $1/1 = 1$, o segundo fator receberá peso $1/2 = 0,5$, e assim por diante. A função garantirá um peso alto de importância para as primeiras opiniões mencionadas. Uma vez pontuados e corrigidos, os itens de demanda tem seus pesos somados, e a partir dos pesos finais pode-se gerar um ranking de importância para esses itens. Desta maneira todas as opiniões recebem um grau de importância, que são agrupados e somados formando as demandas dos clientes intermediários e demandas dos clientes finais;

b) Todas as demandas dos clientes intermediários e dos clientes finais em que os cálculos da soma do grau de importância obtiverem valor superior a 1 são transferidos para a tabela da Figura 23, com o título de demandas dos clientes intermediários e clientes finais (grau de importância calculado acima de 1) , ficando em branco os valores não mencionados por um ou por outro;

- c) O fabricante deve informar o grau de importância que considera para cada demanda, indicando o seu ranking de importância. Se alguma operação não é efetuada pelo fabricante, as demandas correspondentes não recebem valores;
- d) Classificam-se as demandas na coluna ambiente de acordo com o impacto ambiental que cada uma poderia influenciar, indicando-se como: (0,5-Impacto), (0,33-Médio Impacto) e (0,25-Pouco Impacto);
- e) Classificam-se as demandas de acordo com as funções prática, estética e simbólica na coluna das demandas dos clientes intermediários e clientes finais (grau de importância calculado acima de 1);
- g) Calcula-se as relações entre os usuários F x CI (fabricante versus cliente intermediário), F x CF (fabricante versus cliente final), F x A (fabricante versus ambiente), CI x C (cliente intermediário versus cliente final), CI x A (cliente intermediário versus ambiente) e CF x A (cliente final e ambiente);
- h) Realiza-se os somatórios das colunas da relação entre usuários F x CI, F x CF, F x A, CI x CF, CI x A e CF x A;
- i) Na coluna 'soma', os graus de importância das demandas das colunas do cliente intermediário e dos clientes finais são somados para realizar a hierarquização dos itens da pesquisa qualitativa não estimulada.

3.2.1.2 Elaboração da árvore da qualidade demandada

Com as respostas da pesquisa qualitativa e das demandas da pesquisa qualitativa não estimulada, deve ser realizado o agrupamento dos itens demandados de acordo com afinidades de cada item utilizando a abordagem utilizada por Ribeiro et al. (2001). Com os itens de qualidade demandados provenientes da fase qualitativa da pesquisa de mercado, procede-se a organização dos itens em níveis primários e secundários, formando a árvore da qualidade demandada, Figura 60. Através desta árvore deve ser elaborado o questionário fechado para a pesquisa quantitativa.

Árvore da qualidade Demandada	
Primário	Secundário

Figura 24 - Árvore da Qualidade Demandada

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.2 Pesquisa quantitativa

O questionário fechado é elaborado a partir da árvore da qualidade demandada. O objetivo deste questionário é obter a priorização dos itens da árvore da qualidade. Para evitar dúvidas de preenchimento é importante que antes da sua aplicação seja realização de um pré-teste.

3.2.2.1 Análise da pesquisa quantitativa

Na análise da pesquisa quantitativa são hierarquizados os requisitos do cliente e os requisitos do produto.

3.2.2.1.1 Priorização dos itens de qualidade demandada: hierarquização dos requisitos do cliente

Os pesos dos itens da qualidade demandada para o nível secundário devem ser definidos conforme a Figura 25. Também é solicitado que seja ordenado de 1 a 4 o grau de importância do nível primário.

Importância	Descrição
1 – 2	Quase Sem Importância
3 – 4	Pouca Importante
5 – 6	Indiferente
7 – 8	Importante
9 – 10	Muito importante

Figura 25 – Pesos dos itens da Qualidade Demandada

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

3.2.2.1.2 Matriz da qualidade: geração, hierarquização dos requisitos do produto

Conforme abordagem das quatro fases para o desenvolvimento do QFD, deve ser realizada a fase 1 de planejamento do produto, onde a voz do cliente é traduzida em requisitos do produto. Para a montagem da Matriz da Qualidade, são utilizados os itens secundários da qualidade demandada, os quais são hierarquizados a partir do peso relativo (IDi). Também devem ser realizadas as avaliações competitivas dos itens da Qualidade Demandada (Mi) e a avaliação Estratégica dos itens da Qualidade Demandada (Ei) para posterior cálculo da Qualidade Demandada (IDi*), Figura 31.

Para a avaliação Competitiva (Mi) devem ser considerados os valores da Figura 26. Para a avaliação estratégica (Ei), devem ser considerados os valores da Figura 27.

Valor	Avaliação Competitiva (Mi)
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar a concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência

Figura 26 – Valores para Avaliação Competitiva (Mi)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Valor	Avaliação Estratégica (Ei)
0,5	Importância pequena
1,0	Importância média
1,5	Importância grande
2,0	Importância muito grande

Figura 27 – Valores para Avaliação Estratégica (Ei)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

A partir dos cálculos do IDi* deve ser realizada a priorização dos itens de demanda da qualidade.

A Matriz da qualidade apresentará os itens da qualidade demandada e os indicadores das características de qualidade (requisitos do produto), onde também devem ser avaliados os requisitos do produto e definidas as especificações atuais e especificações-meta para cada característica de qualidade.

O inter-relacionamento deve ser pontuado entre os itens da qualidade demandada e as características de qualidade. A escala da Figura 28 deve ser considerada.

Valor	Inter-relacionamento
1	Fraco
3	Médio
9	Forte

Figura 28 – Valores para o inter-relacionamento

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Considerando os relacionamentos que as características de qualidade mantêm com os itens da qualidade demandada e também a importância relativa das qualidades demandadas, são calculadas as importâncias das características de qualidade (IQj).

A priorização das características de qualidade (IQj*) é calculada após ser avaliada e pontuada a dificuldade de atuação (Dj) - Figura 29 e a análise competitiva (Bj) - Figura 30.

Valor	Dificuldade de modificar as especificações das características da qualidade (Dj)
0,5	Muito difícil
1,0	Difícil
1,5	Moderado
2,0	Fácil

Figura 29 – Valores para Dificuldade de Atuação (Dj)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Valor	Comparação com a concorrência (Bj)
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar a concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência

Figura 30 – Valores para Análise Competitiva (Bj)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Na priorização das características de qualidade, são avaliadas a posição da empresa frente ao principal concorrente e a dificuldade de atuação (dificuldade de alterar as especificações de determinada característica de qualidade).

Ao final desta fase do projeto informacional, realizando-se a análise da priorização das características da qualidade, tem-se condições de definir a descrição dos requisitos do produto. Estes requisitos devem ser transcritos para o documento “Qualidade demandada do produto (Doc002)”, neste documento estarão as informações de entrada para o projeto conceitual (Figura 32).

<p>Matriz da Qualidade</p> <p>Qualidade Demandada</p>	<p>Características de Qualidade</p>										<p>IDI</p>	<p>Mi</p>	<p>Ei</p>	<p>IDI*</p>
	9													
		9												
			9											
				9										
					9									
						9								
							9							
								9						
									9					
<p>Especificação Atual</p>														
<p>Especificação Meta</p>														
<p>IQj</p>														
<p>Dificuldade de atuação Dj</p>														
<p>Análise competitiva Bj</p>														
<p>IQj*</p>														

Figura 31 – Matriz da Qualidade

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2001)

	Qualidade demandada do produto (requisitos do produto)	Código: Doc002
	Modelo de aplicação de ferramentas durante as fases do PDP Fase de Projeto Informacional	Revisão:
Empresa		
Elaborado por		
Data:		
Requisitos do produto		
Sócio:	Assinatura:	
Sócio:	Assinatura:	

Figura 32 – Qualidade demandada do produto (requisitos do produto) (Doc002)

Fonte: Elaborado pelo autor

A descrição dos requisitos do produto serão a entrada para o projeto conceitual onde devem ser geradas alternativas e especificações do produto.

3.3 Projeto conceitual

No projeto conceitual, neste modelo são utilizadas as ferramentas: DOE, realizando um projeto de experimentos fatorial 2^k não replicado em pesquisa de preço para auxiliar na definição do preço que os produtos poderão ser ofertados no mercado; Matriz Morfológica para definir as possíveis configurações de produto e gerar o conceito de referência; Matriz de Pugh para selecionar o melhor conceito de configuração para o produto. As ferramentas utilizadas nesta fase de projeto conceitual se mostram adequadas aos objetivos da fase (Figura 33).

Fase	Objetivo	Método/Ferramenta
Projeto Conceitual	Definir as alternativas e especificações do produto tendo início o desenvolvimento de croquis selecionando conceitos possíveis de desenvolvimento	DOE
		Gerar conceitos possíveis / Matriz Morfológica
		Seleção de conceitos / Matriz de PUGH

Figura 33 – Ferramentas utilizadas na fase conceitual

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.1 Projeto de experimentos (DOE)

Da análise dos itens de qualidade demandados provenientes da fase qualitativa da pesquisa de mercado uma demanda que pode ser observada é do de preço produto. Em função desta, possíveis configurações do produto que interferem na variável preço podem ser formuladas. Através destas configurações, um projeto de experimentos fatorial 2^k não replicado em pesquisa de preço pode ser aplicado. Esta também não é uma recomendação cabível a qualquer trabalho. A ferramenta de Análise Conjunta poderia ser útil para cumprir esta mesma função.

Cada caso permitirá a identificação do desenho experimental mais adequado. Através da análise do experimento com a aplicação do método estatístico ANOVA, pode-se verificar se os fatores considerados são significativos para a demanda preço em estudo. Em caso afirmativo, os valores informados pelos entrevistados devem ser considerados para a definição do preço do produto a ser ofertado.

3.3.2 Matriz Morfológica

Considerando os requisitos do produto identificados no projeto informacional a Matriz Morfológica possibilita o estudo das possíveis combinações de soluções para estes requisitos. A matriz deve ser montada conforme a Figura 34, onde são descritos os princípios de soluções possíveis para os requisitos/funções do produto. Os especialistas da empresa devem

analisar esta matriz para selecionar as melhores alternativas de soluções para cada requisito (Figura 35). Tais alternativas auxiliam para a escolha do conceito de referência a ser utilizado na Matriz de Pugh. Estas duas matrizes são bastante genéricas e podem ser usadas em quase todos os tipos de projeto, ou seja, desde que funções sejam identificadas para definição de soluções técnicas para as mesmas.

REQUISITOS	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO			

Figura 34 – Matriz morfológica para os requisitos do produto suporte para cilindro GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

Requisitos	Alternativas de Solução

Figura 35 – Alternativas de solução

Fonte: Elaborado pelo autor

3.3.3 Matriz de Pugh

Para a escolha do conceito do produto, a Matriz de Pugh ajuda a determinar, entre os itens ou potenciais soluções, qual é a mais importante ou a melhor entre todas as outras.

Para a montagem dos conceitos da Matriz de Pugh na Figura 36, alternativas de soluções devem ser comparadas com o conceito de referência definido através da Matriz Morfológica.

Conceito A	Conceito B	Conceito C	Referência (Matriz Morfológica)
Alternativas de solução			

Figura 36 - Conceitos para a matriz de Pugh

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Matriz de seleção de Pugh (Figura 37), cada critério é avaliado, comparando com o referencial, de maneira a pontuar com +1 se o conceito for superior, 0 se for similar, e -1 se for inferior. A soma ponderada deve ser calculada de maneira que o resultado indicará se o conceito é melhor ou pior que o referencial. O peso utilizado corresponde ao IDi*, calculado na matriz da qualidade.

Requisitos	Peso (Idi*)	Conceito A	Conceito B	Conceito C	Referência
Numero de sinais (+)					
Numero de sinais (-)					
Numero de nulos					
Soma ponderada					

Figura 37 - Matriz de seleção de Pugh

Fonte: Elaborado pelo autor

O conceito que obtiver a maior pontuação em relação ao modelo de referência será o conceito selecionado. Este deverá ser registrado no documento ‘Conceito de produto selecionado (Doc003)’ (Figura 38).

	Conceito de produto selecionado	Código: Doc003
	Modelo de aplicação de ferramentas durante as fases do PDP Fase de Projeto Conceitual	Revisão:
Empresa		
Elaborado por		
Data:		
Conceito do produto		
Sócio:		
Sócio:		

Figura 38 – Conceito de produto selecionado (Doc003)

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a seleção do conceito de produto este deve ser operacionalizado para que receba as melhorias demandadas pelos clientes. No projeto detalhado devem ser aplicadas as demais matrizes do QFD (produto, processo e produção), para definir as partes que devem ser priorizadas dos mesmos, a fim de que as demandas dos clientes sejam alcançadas. Na seqüência o FMEA de produto e processo deve ser utilizado para analisar e tratar possíveis falhas e evitar a sua ocorrência ou recorrência.

3.4 Projeto detalhado

O projeto detalhado, no qual devem ser realizadas as especificações do produto para serem encaminhadas para a manufatura, com definição de sistemas e componentes do produto, deve ser iniciado através do conceito do produto selecionado da Matriz de Pugh e registrado no documento de conceito de produto selecionado. As ferramentas utilizadas na fase de projeto detalhado se mostram adequadas aos objetivos da fase (Figura 39).

Fase	Objetivo	Método/Ferramenta
Projeto Detalhado	Desenvolver e finalizar todas as especificações do produto para serem encaminhadas para a manufatura	Detalhar as partes dos SSC / QFD (Matriz de desdobramento dos componentes)
		Planejar o processo de fabricação e Montagem / QFD (Matriz do planejamento do processo)
		Homologar o produto/processo / FMEA

Figura 39 – Ferramentas utilizadas na fase conceitual

Fonte: Elaborado pelo autor

Antes de iniciar as matrizes do QFD, é importante que as etapas do processo de fabricação do produto sejam desmembradas pelos especialistas da empresa. Desta maneira, é assegurado que nenhuma etapa e característica sejam deixadas fora do estudo. A Figura 40, exibe o detalhamento do processo em etapas e partes do produto, características das partes, etapas do processo, parâmetros do processo e, também, acrescentados os valores meta em função do conceito selecionado na Matriz de Pugh.

Etapas e Partes do Produto	Características das partes	Etapas do processo	Parâmetros do processo	Meta Conforme Pugh

Figura 40 – Desdobramento das etapas do processo de fabricação

Fonte: Elaborado pelo autor

3.4.1 Desdobramento das partes do produto - matriz do produto

Neste item são transformadas as características do produto em requisitos dos componentes. Na matriz do produto, Figura 43, são colocadas todas as partes do produto em linha e as características da qualidade nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Em seguida, é avaliado o inter-relacionamento das partes com as características da qualidade (PQij). A seguinte escala deve ser considerada: Forte - 9; Médio - 3; Fraco - 1. A matriz do produto possibilita a priorização das partes a serem desenvolvidas.

Considerando os inter-relacionamentos que as características de qualidade mantêm com as partes do produto, devem ser calculadas as importâncias das partes do produto (IPi), o qual é utilizado para avaliar o quanto cada parte do produto contribui para o atendimento das características da qualidade. Para o cálculo é utilizado a seguinte equação:

$$IP_i = \sum PQ_{ij} \cdot IQ_j^*$$

Onde:

IPi = importância da etapa i

PQij = Intensidade do relacionamento entre o processo i e a característica de qualidade j

IQj* = Índice de importância corrigido das características de qualidade j

A priorização das partes do produto (IPi*) é calculada após serem avaliados e pontuados a facilidade de desenvolvimento (Fi) - Figura 41 e o tempo de desenvolvimento (Ti) - Figura 42.

Valor	Dificuldade de implantação
0,5	Muito difícil
1,0	Difícil
1,5	Moderado
2,0	Fácil

Figura 41 – Valores para a Facilidade de Desenvolvimento (Fi)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Valor	Tempo de implantação
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar a concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência

Figura 42 – Valores para o Tempo de Desenvolvimento (Ti)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Assim como na priorização da qualidade, os processos também são priorizados (Ipi*), utilizando a fórmula que considera, além da importância das partes, a dificuldade e o tempo necessários para a implantação das melhorias. Para o cálculo é utilizada a seguinte equação:

$$IPI^* = IPI \cdot \sqrt{Fi} \cdot \sqrt{Ti}$$

Onde:

IPI* = importância corrigida das partes

Fi = dificuldades de fazer modificações

Ti = tempo necessário para modificações

Na priorização das partes do produto, os itens devem ser organizados em ordem decrescente.

Matriz do Produto	Características de Qualidade										Importância das Partes	Facilidade de Desenvolvimento	Tempo de Desenvolvimento	Priorização
IQj*											IPI	Fi	Ti	IPI*
Partes do Produto														

Figura 43 – Matriz do Produto

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2001)

3.4.2 Planejamento do processo – matriz das características das partes

Realizada a priorização das partes, o próximo passo é o de preenchimento da matriz das características das partes, Figura 45. Esta matriz evidencia quais as características que devem ser priorizadas no âmbito de componentes e subsistemas a serem utilizados no processo.

Conforme a matriz das características das partes, as partes do produto são dispostas em linha e as características ou componentes destas partes nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Para a quantificação das relações, é respondido o quanto a característica mantida em nível excelente influenciaria para assegurar o bom desempenho da parte, recebendo valores de acordo com a Figura 44. Após a priorização deve ser calculada e organizada em ordem decrescente

Valor	Relação Característica / Parte
9	Forte
6	Parcial
3	Fraco

Figura 44 – Valores do relacionamento característica / parte

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Matriz das características das Partes		Características das Partes												
Partes do Produto														
		Priorização:												

Figura 45 – Matriz das Características das Partes

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2001)

3.4.3 Planejamento da produção – matriz do processo

A Matriz do Processo é realizada para desdobrar as etapas de fabricação dos produtos. O objetivo é estabelecer o relacionamento entre as etapas do processo e as características de qualidade priorizando as etapas do processo a serem monitoradas.

Na matriz do processo, Figura 48, são colocadas todas as etapas do processo em linha e as características da qualidade nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Em seguida, é avaliado o inter-relacionamento das etapas do processo com as características da qualidade (PQ_{ij}). A seguinte escala é considerada: Forte - 9; Médio - 3; Fraco - 1. A matriz do processo possibilita a priorização das etapas do processo a serem desenvolvidas.

Considerando os inter-relacionamentos que as características de qualidade mantêm com as etapas do processo, são calculadas as importâncias das etapas do processo (IP_i), que é utilizado para avaliar o quanto cada etapa do processo contribui para o atendimento das características da qualidade. Para o cálculo é utilizada a seguinte equação:

$$IP_i = \sum PQ_{ij} \cdot IQ_j^*$$

Onde:

IP_i = importância da etapa i

PQ_{ij} = Intensidade do relacionamento entre a etapa do processo i e a característica de qualidade j

IQ_j* = Índice de importância corrigido das características de qualidade j

A priorização das etapas do processo (IP_i*) é calculada após serem avaliados e pontuados a facilidade de alteração da etapa (F_i) - Figura 46 e o tempo de implantação da melhoria na etapa (T_i) - Figura 47.

Valor	Facilidade de alteração da etapa
0,5	Muito difícil
1,0	Difícil
1,5	Moderado
2,0	Fácil

Figura 46 – Valores para a Facilidade de Alteração da Etapa (F_i)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Valor	Tempo de implantação da melhoria na etapa
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar a concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência

Figura 47 – Valores para o Tempo de Implantação da Alteração (Ti)

Fonte: Ribeiro et al. (2001)

Matriz do Processo		Características de Qualidade										Importância das Partes IPI	Facilidade de alteração da Etapa Fi	Tempo de Implantação da alteração Ti	Priorização IPI*	
		IQ1														
Etapas do Processo																

Figura 48 – Matriz do Processo

Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2001)

Assim como foi feito na priorização da qualidade, os processos também são priorizados (Ipi*), utilizando a fórmula que considera, além da importância das partes, a facilidade de alteração da etapa e o tempo necessário para a implantação da melhoria na etapa. Para o cálculo é utilizada a seguinte equação:

$$IPI^* = IPI \cdot \sqrt{Fi} \cdot \sqrt{Ti}$$

Onde:

IPI* = importância corrigida das partes

Fi = facilidade de fazer modificações

Ti = tempo necessário para implantação da melhoria

Na priorização das etapas do processo os itens devem ser organizados em ordem decrescente, onde as primeiras etapas devem ser priorizadas.

3.4.4 FMEA para homologação do produto ou processo

Para a homologação do produto ou processo, o método FMEA é útil, pois identifica as falhas atuais e potenciais e seus efeitos em sistemas e processos, definindo ações que visem reduzir o risco associado a cada falha. O FMEA avalia a severidade de cada falha relativamente ao impacto causado a clientes (internos ou externos), sua probabilidade de ocorrência e de detecção antes de chegarem às mãos dos clientes.

Para a execução do FMEA, em primeiro lugar é necessário que o produto esteja desdobrado em partes, conforme citado na Figura 40.

Em segundo lugar, devem ser identificados os modos potenciais de falha, seus efeitos e suas causas. A Figura 49 exemplifica as perguntas que devem ser feitas durante a identificação dos modos potenciais de falha.

	Modo potencial de falha	Efeitos	Causa
FMEA de Produto	Maneira que o item pode falhar em atender aos requisitos do projeto Pergunta: O que poderia impedir que o sistema atendesse as especificações? Que tipo de falhas são observadas?	Defeitos resultantes dos modos de falha que podem ser percebidos pelo cliente. Conseqüência da ocorrência de falha percebida pelo cliente. Pergunta: O que ocorrerá com o sistema se ocorrer esta falha?	Raiz do problema, deficiências do projeto. Pergunta: O que pode provocar ou induzir o aparecimento deste tipo de falha?
FMEA de Processo	Pergunta: De que forma o processo pode falhar em atingir as especificações?	Pergunta: Quais as conseqüências dos modos potenciais de falha na próxima operação ou ao cliente?	Pergunta: Quais deficiências no processo podem provocar este modo de falha?

Figura 49 – Perguntas para identificação dos modos potenciais de falha

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Em terceiro lugar, deve-se identificar para cada efeito de modo de falha a sua respectiva severidade. A severidade é classificada conforme a pontuação mostrada na Figura 50.

Classificação	Descrição	Escala
Muito Alta	Quando compromete o a Segurança do equipamento ou envolve infração a regulamentos governamentais.	10
		9
Alta	Quando provoca insatisfação do consumidor (veículo ou aparelho qu não opera) ou compromete o funcionamento da produção (parada de linha ou descarte de produto)	8
		7
Moderada	Quando provoca alguma insatisfação no consumidor devido a mau funcionamento do produto ou reprocesso do produto	6
		5
		4
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação no consumidor ou redução de produtividade da linha.	3
		2
Mínima	Quando a falha afeta minimamente o desempenho o sistema, de modo que o consumidor nem note o defeito ou implique em algum ajuste simples de processo.	1

Figura 50 – Escala de Severidade do Efeito

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Em quarto lugar, devem ser pontuadas as probabilidades de ocorrência das causas identificadas para cada modo potencial de falha. A ocorrência é avaliada conforme a pontuação mostrada na Figura 51.

Em quinto lugar, devem ser identificados os controles usuais e a probabilidade de detecção da falha. Os controles usuais correspondem às atividades de validação, verificação ou prevenção que irão assegurar a não ocorrência da falha. O índice de detecção é avaliado conforme a pontuação mostrada na Figura 52.

Probabilidade de Ocorrência	Taxa de Falha Possível	Escala
Muito Alta: Falha quase inevitável	≥ 1 em 2	10
	1 em 3	9
Alta: Falha freqüente	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada: Falha ocasional	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2.000	4
Baixa: Falha rara	1 em 15.000	3
	1 em 150.000	2
Mínima: Falha improvável	1 em 1.500.000	1

Figura 51 – Escala do índice de Ocorrência do Efeito

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Descrição	Escala
Quase impossível de detectar: O controle de projeto não irá detectar o modo de falha ou não existe controle de projeto	10
Muito Baixa: O controle de projeto provavelmente não irá detectar o modo de falha	9
Baixa: Existe uma baixa probabilidade do controle de projeto detectar o modo de falha	8
	7
Moderada: O controle de projeto pode detectar o modo de falha	6
	5
Alta: Existe uma boa probabilidade do controle de projeto detectar o modo de falha	4
	3
Muito alta: É quase certo que o controle de projeto irá detectar o modo de falha	2
	1

Figura 52 – Escala do índice de Detecção da falha

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Em sexto, avalia-se o risco potencial de cada modo de falha e definem-se medidas para sua eliminação ou redução. Isto é obtido através de um plano de ações que aumenta a probabilidade de detecção ou reduz a probabilidade de ocorrência da falha.

Por último, calcula-se o risco para priorizar as ações de correção/melhoria. Para o cálculo do risco leva-se em conta a severidade (S), a ocorrência (O) e a detecção (D), utilizando a seguinte fórmula:

$$R = S \times O \times D$$

A Figura 53 mostra o cabeçalho do formulário do FMEA de projeto enquanto que a Figura 54 mostra o cabeçalho do formulário do FMEA de processo.

Item		Ind. ...				FMEA DE PROJETO							
Modelo		Data Limite : X/XXX				Número :							
Departamento		Data Original : Y/YYYY				XXXXY							
Equipe de Estudo		Data Revisão : Z/Z/ZZ											
Item	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	Severidade	CIs	Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Controle Atual	Detecção Risco	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	Severidade Ocorrência	Detecção Risco
Função													

Figura 53 – Cabeçalho do formulário do FMEA de projeto

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Item				IND.		FMEA DE PROCESSO										
Modelo				Data Limite : XX/XX		Número :										
Departamento				Data Original : YY/YY		XXXXY										
Equipe de Estudo				Data Revisão : ZZ/ZZ												
Item	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Cis	Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Controle Atual	Deteção	Risco	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	Severidade	Ocorrência	Deteção	Risco

Figura 54 – Cabeçalho do formulário do FMEA de processo

Fonte: Echeveste e Danilevicz (2006)

Em função da análise das priorizações: das partes do produto (Matriz do produto), das características das partes (Matriz das Partes), das etapas do processo (Matriz do processo) e em função do FMEA de projeto e processo deve ser criado, pelos especialistas da empresa, um plano de melhorias a ser executado para o produto. Este deve ser registrado no documento “Plano de melhorias e alterações a realizar (Doc004)”. Este documento define as alterações que devem ser realizadas no produto, as ações a serem executadas, a data de implantação e o local de execução (Figura 55).

	Plano de melhorias e as alterações a realizar	Código: Doc004
	Modelo de aplicação de ferramentas durante as fases do PDP Fase de Projeto Detalhado	Revisão:

Empresa				
Elaborado por				
Data:				
Parte do produto a ser alterado	<i>Descrição da alteração</i>	<i>Ações necessárias</i>	<i>Data de implantação</i>	<i>Local de fabricação</i>
Sócio:	Assinatura:			
Sócio:	Assinatura:			

Figura 55 – Plano de melhorias e alterações a realizar (Doc004)

Fonte: Elaborado pelo autor

O plano de melhorias e as alterações a realizar no produto e processo são definidos com o objetivo, de forma a atender a demanda dos clientes, e devem ocorrer em função dos resultados obtidos das priorizações das partes do produto, das características das partes e das etapas do processo e da realização dos FMEA de projeto e de processo. Após a sua definição temos a etapa de execução deste plano e a homologação dos ganhos obtidos.

3.5 Execução do plano de melhorias e alterações realizadas e homologação dos ganhos obtidos

Os especialistas da empresa devem analisar as informações do ‘Plano de melhorias e alterações a realizar’. Levando em conta as condições técnicas e financeiras da empresa, devem monitorar e definir as ações necessárias para que as alterações definidas neste documento sejam implementadas.

3.5.1 Melhorias a serem realizadas

Os especialistas devem analisar item a item do ‘Plano de melhorias e alterações a realizar’ e determina as ações a serem tomadas.

3.5.2 Ganhos obtidos

Ao final do modelo é importante que as melhorias proporcionadas pela introdução dos novos dispositivos e processo sejam homologados, para isto o documento ‘Homologação de melhorias e ações realizadas (Doc005)’ deve ser preenchido (Figura 56), sendo este o documento de encerramento do nosso modelo proposto.

	Homologação de melhorias e ações realizadas	Código: Doc005
	Modelo de aplicação de ferramentas durante as fases do PDP Fase de Execução e homologação de resultados	Revisão:

Empresa	
Elaborado por	
Data:	
Descrição dos ganhos obtidos:	
Sócio:	Assinatura:
Sócio:	Assinatura:

Figura 56 – Homologação de melhorias e ações realizadas (Doc005)

Fonte: Elaborado pelo autor

4 APLICAÇÃO DO MODELO DE FERRAMENTAS DE PROJETO INTEGRADAS AO LONGO DAS FASES DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

A partir do modelo teórico proposto e apresentado no item 3 (Figura 20) foi realizado um estudo em uma empresa de pequeno porte ‘Industria Mecânica FDL Ltda’, visando aplicar a integração de ferramentas de projeto ao longo das fases do PDP para a melhoria do produto suporte para fixação de cilindro de gás natural veicular.

Este capítulo inicia com a apresentação do diagnóstico preliminar da empresa e do mercado do GNV, através do Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). Apresenta-se o ambiente competitivo do gás natural mostrando onde o objeto em estudo (suporte para fixação de cilindro para GNV) está inserido nesta cadeia. Com base nas fases de projeto informacional e conceitual de acordo com modelo proposto, localiza-se e utilizam-se as ferramentas de projeto: Pesquisa de Mercado, QFD, DOE, Matriz Morfológica e Matriz de Pugh. Ao final deste, um plano de melhorias para o produto é aplicado e os ganhos obtidos são apresentados.

4.1 Diagnóstico inicial

No diagnóstico inicial será apresentado o levantamento do cenário da empresa, a oportunidade de melhoria, a exploração do tema, sendo finalizado pelas características e oportunidades do mercado de GNV, as quais serão utilizadas para a formulação das pesquisas qualitativas no início do projeto informacional.

4.1.1 Levantamento do cenário da empresa

A empresa de pequeno porte, Indústria Mecânica FDL Ltda, objeto de estudo, situa-se em Caxias do Sul e é composta por cinco funcionários, sendo dois sócios e três operadores. Os empreendimentos atuais estão divididos em três frentes de atuação, que são:

a) usinagem de peças, na qual a empresa compra a matéria-prima e vende o produto usinado. Neste negócio, o cliente fornece o desenho e as especificações técnicas do produto e informa a quantidade que deve ser fabricada;

b) fabricação de suportes para fixação de cilindros para Gás Natural Veicular e Mescladores para o sistema GNV, projetando, definindo material e produzindo estes produtos, que são comercializados para oficinas mecânicas e após revendidos ao consumidor final;

c) fabricação de máquinas para prensar terminais. Este produto destina-se para empresas prestadoras de serviço de montagem de terminais. O organograma da empresa é mostrado na Figura 57.

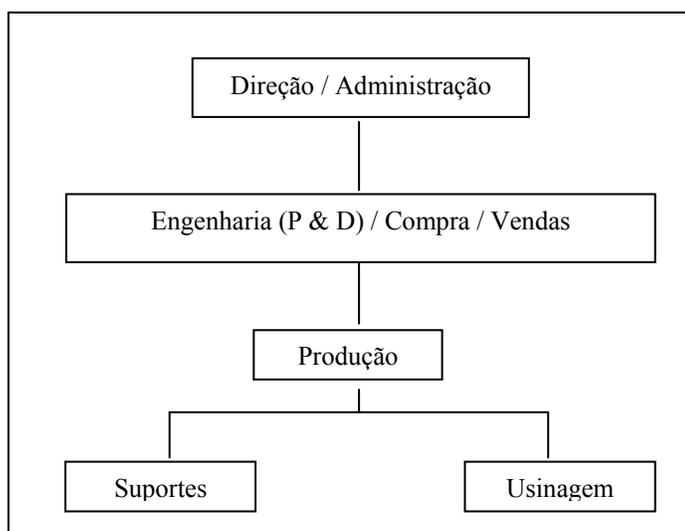


Figura 57 - Organograma da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 Oportunidade de melhoria

Atualmente a empresa fornece os componentes objeto deste estudo, suportes para fixação de cilindros para gás natural veicular às oficinas mecânicas que realizam a conversão de veículos na utilização de gás natural veicular (GNV) na região da Serra do Rio Grande do Sul.

Os administradores da empresa pretendem identificar as principais demandas dos clientes, a fim de aperfeiçoar o seu produto, buscando, dentro do seu processo de

desenvolvimento de produtos, um caminho para fidelização dos clientes atuais e o ganho de novos clientes em outras regiões do estado do Rio Grande do Sul.

Entende-se como clientes os clientes finais e clientes intermediários da cadeia do GNV (Figura 58). O cliente final é o cliente que terá o produto instalado em seu veículo. O cliente intermediário é o instalador (oficina mecânica credenciada pelo INMETRO para executar a instalação dos equipamentos do GNV), a pessoa responsável pela definição de compra de componentes da oficina que realiza a instalação do sistema GNV. As demandas deste cliente intermediário são mais impactantes, visto que são estas que influencia na compra dos equipamentos que serão utilizados no veículo do cliente final.

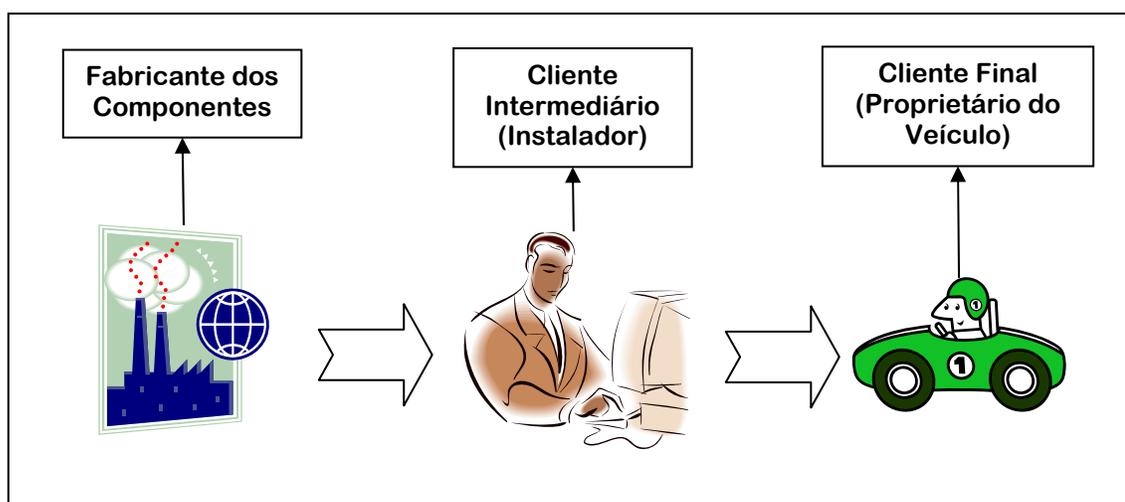


Figura 58 – Parte da cadeia do GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3 Exploração do tema

Neste trabalho, dentro do processo de desenvolvimento de produtos, mais especificamente nas fases de projeto informacional, conceitual e detalhado, foram elaboradas pesquisas de mercado qualitativa e quantitativa, com questões (conceitos de produto) que foram utilizadas no DOE. Estas pesquisas foram aplicadas às oficinas credenciadas pelo INMETRO

para realização da instalação dos componentes do GNV e clientes finais (proprietários dos carros instalados).

As pesquisas foram formuladas pelos sócios com o funcionário responsável pela montagem dos produtos e nelas foram consideradas as características dos produtos e do mercado.

O estudo foi aplicado ao produto suporte de fixação de cilindros de GNV. Este produto não é inovador por se tratar de um produto fabricado por diversas empresas. Este produto é fabricado segundo a portaria do INMETRO nº 417/2007. Este estudo foi realizado, a fim de se conquistar melhorias para este produto, no intuito de adequar às necessidades ou demandas dos clientes. O fluxo do modelo utilizado neste estudo foi desenvolvido a partir do referencial teórico ordenando as entradas e saídas das ferramentas ao longo das fases do PDP (Figura 20).

4.1.4 Características e oportunidades do mercado de gás natural veicular

No levantamento preliminar do mercado, através de reunião com os sócios da empresa, pesquisa em sites na Internet, e consultas informais a clientes e consumidores, verificaram-se as seguintes características e oportunidades do mercado de GNV:

- a demanda de gás natural deverá crescer 17% ao ano (PETROBRAS, 2006);
- segundo a Sulgás (2007), o volume total comercializado de gás natural no ano de 2006 aumentou 24,3% comparado ao ano anterior;
- a Sulgás (2007) quer produzir GNV através de dejetos suínos para fornecer aos postos do Vale do Taquari – RS;
- plano de investimento Petrobrás 2008/2012 - aumento da oferta de GNV para 134 milhões de m³/dia;
- o GNV no estado do Rio Grande do Sul é fornecido por trinta e oito postos de combustíveis, sendo três deles atendidos através do transporte de Gás Natural Comprimido (GNC), por meio de caminhões. Modal este que não necessita de gasodutos para distribuir o gás natural, sendo uma opção que possibilitará uma maior distribuição deste combustível a regiões mais distantes do estado (SULGÁS, 2007);

- o suporte para cilindro é atualmente fabricado por dezoito empresas no Brasil, sendo que destas, três estão localizadas no Rio Grande do Sul (INMETRO, 2007);

- o GNV é um combustível que não sofre adulteração, sendo 100% puro, devido a sua distribuição ser através de tubulação de alta pressão, não havendo contato com o ambiente externo. Esta característica de pureza faz com que a regulagem dos motores dos carros seja mais eficiente;

- a importância ambiental do GNV, onde este permite uma combustão completa, emitindo um teor baixo de poluentes;

- o GNV, além de possuir um preço inferior aos dos outros combustíveis (gasolina e álcool), proporciona uma maior autonomia de km rodados. Devido a sua combustão gerar baixos índices de resíduos, a vida útil do motor é aumentada e as trocas de óleos podem ser realizadas em intervalos maiores. O gasto com manutenção do veículo diminui com a utilização do GNV;

- os fornecedores atuais dos suportes de cilindro poderiam melhorar algumas características de seus produtos, como acabamento e facilidade de montagem.

Com as informações obtidas através do levantamento do cenário da empresa, da oportunidade de melhoria e das características e oportunidade do mercado do GNV o documento: “Cenário da empresa e oportunidades identificadas” foi preenchido sendo este o documento que finaliza o diagnóstico inicial, mas também, o documento de entrada para o projeto informacional (Figura 59).

Empresa	Indústria Mecânica FDL Ltda
Elaborado por	Leandro Sperandio Rodrigues
Data:	10/11/2006
Cenário da empresa	<p>Empresa de pequeno porte, situada em Caxias do Sul composta por cinco funcionários, sendo dois sócios e três operadores. Os empreendimentos atuais estão divididos em três frentes de atuação, que são:</p> <p>a) usinagem de peças, na qual a empresa compra a matéria-prima e vende o produto usinado. Neste negócio, o cliente fornece o desenho e as especificações técnicas do produto e informa a quantidade que deve ser fabricada;</p> <p>b) fabricação de suportes para fixação de cilindros para Gás Natural Veicular e Mescladores para o sistema GNV, projetando, definindo material e produzindo estes produtos, que são comercializados para oficinas mecânicas e após revendidos ao consumidor final;</p> <p>c) fabricação de máquinas para prensar terminais. Este produto destina-se para empresas prestadoras de serviço de crimpagem de terminais</p>
Frente de atuação escolhida	Fabricação de suportes para fixação de cilindros para Gás Natural Veicular
Características e oportunidades do mercado	<ul style="list-style-type: none"> - demanda de gás natural deverá crescer 17% ao ano (PETROBRAS, 2006); - segundo a Sulgás (2007), o volume total comercializado de gás natural no ano de 2006 aumentou 24,3% comparado ao ano anterior; - a Sulgás (2007) quer produzir GNV através de dejetos suínos para fornecer aos postos do Vale do Taquari – RS; - plano de investimento Petrobrás 2008/2012 - aumento da oferta de GNV para 134 milhões de m³/dia; - o GNV no estado do Rio Grande do Sul é fornecido por trinta e oito postos de combustíveis, sendo três deles atendidos através do transporte de Gás Natural Comprimido (GNC), por meio de caminhões. Modal este que não necessita de gasodutos para distribuir o gás natural, sendo uma opção que possibilitará uma maior distribuição deste combustível a regiões mais distantes do estado (SULGÁS, 2007); - o suporte para cilindro é atualmente fabricado por dezoito empresas no Brasil, sendo que destas, três estão localizadas no Rio Grande do Sul (INMETRO, 2007); - o GNV é um combustível que não sofre adulteração, sendo 100% puro, devido a sua distribuição ser através de tubulação de alta pressão, não havendo contato com o ambiente externo. Esta característica de pureza faz com que a regulagem dos motores dos carros seja mais eficiente; - a importância ambiental do GNV, onde este permite uma combustão completa, emitindo um teor baixo de poluentes; - o GNV, além de possuir um preço inferior aos dos outros combustíveis gasolina e álcool, proporciona uma maior autonomia de km rodados. Devido a sua combustão gerar baixos índices de resíduos, a vida útil do motor é aumentada e as trocas de óleos podem ser realizadas em intervalos maiores. O gasto com manutenção do veículo diminui com a utilização do GNV; - os fornecedores atuais dos suportes de cilindro poderiam melhorar algumas características de seus produtos, como acabamento e facilidade de montagem.
Sócio:	Assinatura:
Sócio:	Assinatura:

Figura 59 – Cenário da empresa e oportunidades identificadas

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Projeto informacional

Embora o projeto informacional seja a etapa indicada para aprofundamento de informações de caráter político, econômico, tecnológico, social, mercadológico e ecológico, por se tratar de melhoria de produto, foi dada ênfase na identificação e análise das demandas dos clientes. No projeto informacional foram utilizadas as pesquisas de mercado qualitativa e quantitativa com o objetivo de identificar as principais demandas do mercado. Da análise dos dados da pesquisa qualitativa foram priorizados os itens de qualidade demandada dos clientes. Os itens foram hierarquizados e foi montada a primeira matriz do QFD, fase do planejamento do produto, onde foram definidas as especificações-meta do produto, que serviram de entrada para o projeto conceitual. Os resultados são apresentados a seguir.

4.2.1 Pesquisa qualitativa

Em função das características e oportunidades do mercado do GNV, foram reunidos os sócios da empresa e o operador responsável pela fabricação do produto. Nesta reunião foram levantadas as possíveis questões que poderiam ser utilizadas para que os clientes viessem a informar as demandas em relação ao produto. Através da análise destas questões, foi formulado o questionário qualitativo.

Neste item foram utilizadas duas metodologias de pesquisa qualitativa: a tradicional a qual será denominada de pesquisa qualitativa método estimulado e um outro método de pesquisa derivado do Design Macro ergonômico (DM) utilizado por Guimarães (1995), o qual será denominado de pesquisa qualitativa com método não estimulado.

4.2.1.1 Pesquisa qualitativa não estimulada

Este método de pesquisa qualitativa consiste na formulação de uma única pergunta (Figura 60), o mais genérica possível, sobre o produto. Na resposta, o entrevistado deverá falar sobre o produto ou serviço em questão. O entrevistador, no momento da entrevista, não deve

expressar nenhuma opinião sobre o assunto e apenas deverá ouvir e anotar em ordem de citação as opiniões dadas pelo entrevistado. Esta pesquisa foi aplicada aos clientes finais (proprietários de carros) e aos responsáveis pela compra do produto nas oficinas credenciadas (clientes intermediários). A investigação foi realizada com dezesseis oficinas instaladoras e dezessete clientes finais, procurando a compreensão qualitativa das demandas dos mesmos.

Além de auxiliar na formulação da árvore da qualidade demandada, a pesquisa tem a função de proporcionar a análise das demandas dos clientes finais e das oficinas instaladoras (clientes intermediários) e fazer uma comparação de priorização entre as características observadas pelo cliente e o instalador, o cliente e o fabricante, o instalador e o fabricante. Também através desta, procurou-se determinar a preocupação ambiental de cada um (cliente final, instalador e fabricante). As demandas identificadas foram classificadas em estética, prática e simbólica, para medir qual destes atributos é mais valorizado.

Estamos realizando uma pesquisa para melhor entender o mercado de suporte para cilindro de Gás natural Veicular (GNV). Suas informações nos ajudarão a entender a suas necessidades.

Questão: “Informe suas opiniões, sobre as características que o produto suporte para fixação de cilindro de Gás Natural Veicular (GNV) deve contemplar”.

Figura 60 – Questão formulada para a pesquisa qualitativa com método não estimulado

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.1.2 Pesquisa qualitativa estimulada

Na pesquisa qualitativa estimulada, apêndice A, foram formuladas questões que procuraram traduzir as características identificadas pelo grupo de especialistas da empresa. A aplicação desta pesquisa ocorreu apenas com os responsáveis das oficinas instaladoras, uma vez que o proprietário do veículo (cliente final) não possui condições de responder aos questionamentos. Além disso, conforme apresentado no item 4.1.2, o cliente direto da empresa, que efetivamente realiza a compra, é a oficina instaladora, e não o cliente final.

4.2.1.3 Análise da pesquisa qualitativa não estimulada

A análise dos dados da pesquisa qualitativa não estimulada ocorreu a partir da construção da planilha da Tabela 1, a qual foi elaborada segundo explicado no modelo item 3.2.1. e repetido aqui para melhor entendimento.

a) As respostas obtidas dos questionários foram compiladas, de maneira que a primeira opinião atribuída pelo entrevistado recebeu a classificação 1 e assim sucessivamente até a última opinião. Como no DM utilizado por Guimarães (1995), a priorização dos itens de demanda foi realizada considerando a frequência corrigida de ocorrência da demanda. A correção foi feita utilizando a ordem de opiniões dos itens informados espontaneamente durante a entrevista. Por exemplo, os primeiros três itens de demanda mencionados na entrevista foram organizados recebendo numeração 1 e assim sucessivamente 2 e 3, número este chamado de 'p'. Se fosse realizada a análise com as numerações anteriormente citadas, observaríamos que o último item teria peso maior, ou seja, peso 3. Para realizar a correção, o quociente do número 1 pelo número recebido durante a organização, 'p', foi efetuado, ou seja, $1/p$. Assim, o primeiro fator mencionado pelo entrevistado recebeu um peso de importância $1/1 = 1$, o segundo fator recebeu peso $1/2 = 0,5$, e assim por diante. A função garantiu um peso alto de importância para as primeiras opiniões mencionadas. Uma vez pontuados e corrigidos, os itens de demanda tiveram seus pesos somados, e a partir dos pesos finais pôde-se gerar um ranking de importância para esses itens. Desta maneira todas as opiniões receberam um grau de importância, que foram agrupados e somados formando as demandas das oficinas instaladoras (apêndice B), e demandas dos clientes finais (apêndice C);

b) Todas as demandas dos instaladores e dos clientes finais em que os cálculos da soma do grau de importância obtiveram valor superior a 1 foram transferidas para a tabela da Tabela 1, com o título de demandas dos instaladores e clientes finais (grau de importância calculado acima de 1);

c) Os valores da soma do grau de importância das demandas dos Instaladores e Clientes finais foram copiados dos apêndices B e C para as colunas dos usuários

Instaladores e Clientes segundo suas respectivas somas, ficando em branco os valores não mencionados por um ou por outro;

d) O fabricante informou o grau de importância que este considera para cada demanda, indicou o seu ranking de importância. Pode-se observar que três demandas não obtiveram valores, pois esta operação não era efetuada pelo fabricante;

e) Classificaram-se as demandas na coluna ambiente de acordo com o impacto ambiental que cada uma poderia influenciar, indicando-se como: (0,5-Impacto), (0,33-Médio Impacto) e (0,25-Pouco Impacto);

Exemplo: A demanda “Espessura do material correta” recebeu valor 0,5 porque para a fabricação de material com uma espessura diferente é necessário que recursos ambientais sejam utilizados com maior ou menor quantidade. Neste caso, pode-se citar a quantidade de ferro utilizada, a quantidade de gás ou outra fonte de energia necessária para a fundição deste material.

f) Classificaram-se as demandas de acordo com as funções prática, estética e simbólica na coluna das demandas dos instaladores e clientes finais (grau de importância calculado acima de 1);

g) Calcularam-se as relações entre os usuários F x I (fabricante versus instalador), F x C (fabricante versus cliente final), F x A (fabricante versus ambiente), I x C (instalador versus cliente final), I x A (instalador versus ambiente) e C x A (cliente final e ambiente);

h) Realizaram-se os somatórios das colunas da relação entre usuários F x I, F x C, F x A, I x C, I x A e C x A;

i) Na coluna “soma”, os graus de importância das demandas das colunas dos instaladores e dos clientes finais foram somados para realizar a hierarquização dos itens da pesquisa qualitativa não estimulada, onde os itens que obtiveram maior pontuação foram: Montagem correta no carro (Boa Fixação no carro - Dimensional correto), Qualidade / Estética e Segurança, Figura 61.

Observando os dados da Tabela 1, em relação ao somatório das relações entre usuários, foram feitas as seguintes considerações:

a) A relação $F \times C$ (1,7), somatório da coluna, é maior que a relação $F \times I$ (0,4), indicando que o fabricante está mais preocupado com as demandas do cliente final do que com o seu cliente direto (instalador). Isto também pode ser verificado no valor $I \times C$ (0,4) menor que $F \times C$ (1,7), ou seja, o fabricante está muito próximo ao cliente final, e está deixando de atender algumas demandas de seu cliente direto. O número $I \times C$ (0,4) indica que o instalador está desconsiderando algumas demandas do cliente final;

b) Em relação às demandas que interferem com o meio ambiente, as demandas do fabricante e do instalador estão próximas, tendo somado 0,3. Os clientes finais apresentam valor de $C \times A$ (0,4). Estes valores calculados $F \times A$, $C \times A$ e $I \times A$ não se referem às preocupações dos entrevistados com o meio ambiente e sim a interferência das suas demandas identificadas com o meio ambiente.

Observando os dados da Tabela 1, em relação ao maior valor encontrado nas colunas das relações entre usuários, foram feitas as seguintes considerações:

a) A principal relação de demanda do fabricante em relação ao instalador está na montagem correta do produto no carro (0,188);

b) O fabricante em relação ao cliente também se preocupa com a montagem correta do produto no carro (0,714);

c) O fabricante tem a espessura correta do material como a demanda que mais interfere com o ambiente (0,165);

d) O instalador em relação ao cliente também se preocupa com a montagem correta do produto no carro (0,134);

Tabela 1 - Planilha com análise das demandas identificadas da pesquisa qualitativa não estimulada

Demandas dos Instaladores e Clientes Finais (grau de importância calculado acima de 1)	Usuários				Relação entre Usuários						Soma
	Fabricante (F)	Instaladores (I)	Clientes (Donos de Carros) (C)	Ambiente (A)	F x I	F x C	F x A	I x C	I x A	C x A	
Montagem correta no carro (Boa Fixação no carro - Dimensional correto)	1	3	5		0,188	0,714		0,134			1,036
Não ocupe muito lugar no porta malas	0,25	0,33	5,42		0,005	0,1936		0,016			0,215
Espessura do material correta (qualidade)	0,33	1,5	4	0,5	0,031	0,189	0,165	0,054	0,047	0,28571	0,771
Segurança	0,5	1,34	5,65		0,042	0,4036		0,068			0,513
Qualidade / Estética	0,17	6,08	1,87	0,25	0,065	0,045	0,043	0,1015	0,095	0,067	0,416
seguro na fixação do cilindro	0,2		3,21		0,000	0,0917		0,000			0,092
Pintura com bom acabamento	0,14	3	1,03	0,5	0,026	0,021	0,070	0,028	0,0938	0,074	0,312
Preço Acessível	0,13	1	2		0,008	0,0371		0,018			0,063
Parafusos de fixação no carro		2,42			0,000	0,000		0,000			0,000
Suporte com furação		2,17			0,000	0,000		0,000			0,000
Fornecido em Kit fechado		2		0,25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0313	0,000	0,031
Flexibilidade - Praticidade na personalização	0,11	1,75			0,012	0,000		0,000			0,012
Rapidez de entrega	0,1	1,33			0,0083	0,000		0,000			0,008
Boa resistência e acabamento da solda	0,09	1,17		0,33	0,007	0,000	0,030	0,000	0,0241	0,000	0,060
Número entrevistados	1	16	7	1	0,4	1,7	0,3	0,4	0,3	0,4	
					Somatório na Coluna						
Função Prática			Ambiente: 0,5 - Impacto		Maior na linha					Somatório	2,136
Função Estética			0,33 - médio		Maior na coluna					das	0,728
Função Simbólica			0,25 - pouco		Ambos maiores (linha - coluna)					Funções	0,665

Fonte: Elaborado pelo autor

e) A demanda do instalador que mais interfere com o ambiente é a qualidade/estética (0,095);

f) O cliente em relação ao ambiente assim como, o fabricante, valoriza mais a espessura correta do material (0,118);

Observando os dados da Tabela 1, em relação ao maior valor encontrado nas linhas das relações entre usuários pode-se fazer as seguintes considerações:

a) O fabricante e o cliente final (F x C), valorizam mais a montagem correta no carro (Boa Fixação no carro – Dimensional correto) (0,714), que o produto não ocupe muito lugar no porta-malas (0,194), que proporcione segurança (0,404), seja seguro na fixação do Cilindro (0,092) e tenha o preço acessível (0,037);

b) O fabricante e o instalador (F x I) estão alinhados em flexibilidade – praticidade na personalização (0,012) e rapidez na entrega (0,008);

Observando os dados da Tabela 1, em relação às funções, pode-se dizer que os usuários valorizam mais a função prática (9 demandas somando 2,136), após a função estética (2 demandas somando 0,728) e por último a função simbólica (3 demandas somando 0,665).

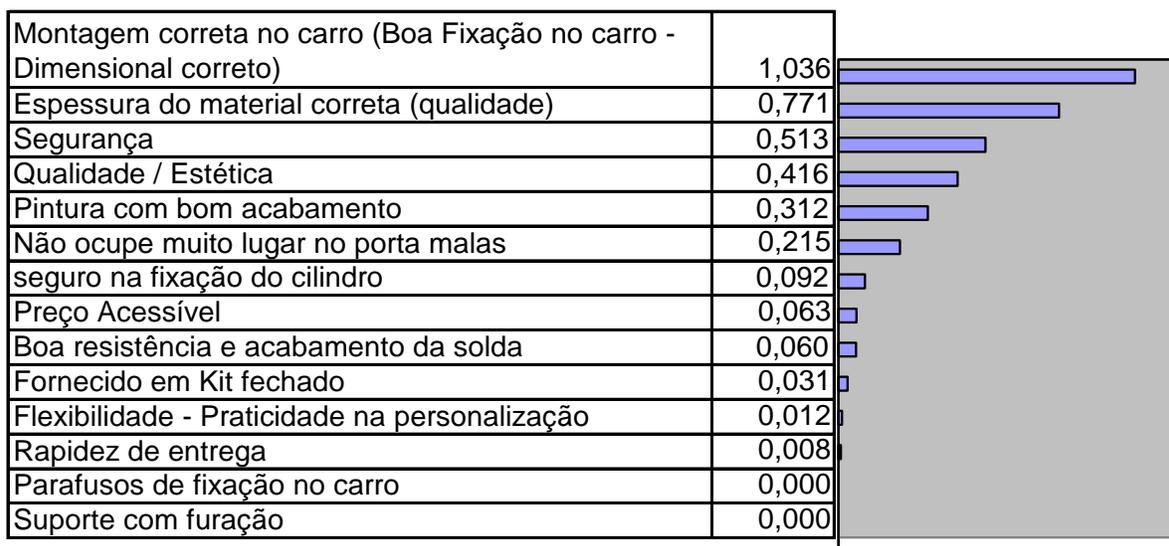


Figura 61 – Hierarquização dos itens da pesquisa qualitativa não estimulada

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Elaboração da árvore da qualidade demandada

Com as respostas da pesquisa qualitativa e das demandas da pesquisa qualitativa não estimulada, foi realizado o agrupamento dos itens demandados de acordo com afinidades de cada item. Após a análise dos itens de qualidade demandados provenientes da fase qualitativa da pesquisa de mercado, procedeu-se a organização dos itens em níveis primários e secundários, formando a árvore da qualidade demandada, conforme apresentado na Figura 62. Através desta árvore foi elaborado o questionário fechado para a pesquisa quantitativa.

Árvore da qualidade Demandada	
Primário	Secundário
Qualidade do produto	<ul style="list-style-type: none"> Ser resistente Ter bom acabamento na solda Ser robusto apresentando segurança na fixação do cilindro Possuir chapa de proteção para modelos montados abaixo do carro Possuir pintura com bom acabamento e que não rache ao manipular as cintas
Layout do produto	<ul style="list-style-type: none"> Ocupar pouco espaço no porta-malas Carro tipo Hatch ser instalado dois cilindros de diâmetro pequeno (230 a 260 mm) Carro tipo Sedan ser instalado um cilindro de diâmetro maior (323 a 390 mm) Escolha em função da autonomia independente do espaço no porta malas Escolha em função do espaço no porta malas independente da autonomia Existência de modelos para montagem embaixo do carro
Aspectos comerciais	<ul style="list-style-type: none"> Possuir preço baixo Possuir preço diferenciado para compra em lotes Ser fornecido com outros componente do kit (kit fechado) Ser entregue no mesmo dia Ser entregue no dia seguinte Preço diferenciado para suportes especiais como os montados abaixo do carro Ser divulgado através de fax Ser divulgado via e-mail Ser divulgado via revistas especializadas
Diferenciais de montagem e distribuição	<ul style="list-style-type: none"> Possuir desenho indicativo de montagem no carro Assistência técnica na mesma cidade Ser de fácil instalação Ser entregue furado e com os parafusos de fixação Ter um distribuidor na sua cidade Ter flexibilidade de fabricação de suportes especiais (novos modelos)

Figura 62 - Árvore da Qualidade Demandada

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3 Pesquisa quantitativa

O questionário fechado foi elaborado a partir da árvore da qualidade demandada. O objetivo deste questionário foi de obter a priorização dos itens da árvore da qualidade. No questionário fechado, na questão de número seis, foi utilizado um projeto de experimentos, no qual o entrevistado era solicitado a informar o valor que pagaria para as configurações possíveis do produto, projeto este, que será analisado no item 4.3.1. A pesquisa foi finalizada com a solicitação de informações do entrevistado. A pesquisa quantitativa encontra-se no apêndice D.

Foi realizada, com dois clientes, a aplicação de um pré-teste para sanar as possíveis dúvidas. Verificou-se que a pesquisa, quando enviada via fax, deveria ser desmembrada em duas folhas para possibilitar melhor visualização.

Foram realizados contatos, através do telefone, com as oficinas, e o envio via fax ou e-mail dos questionários foram executados conforme a escolha do entrevistado. Foram numerados todos os elementos da população de oficinas e após sorteados aleatoriamente para se realizar um novo contato até que se conseguisse obter vinte pesquisas respondidas. Número este, que foi difícil de ser obtido devido à falta de interesse por parte dos entrevistados em fornecer informações.

4.2.4 Análise da pesquisa quantitativa

Na análise da pesquisa quantitativa foram hierarquizados os requisitos do cliente e os requisitos do produto.

4.2.4.1 Priorização dos itens de qualidade demandada: hierarquização dos requisitos do cliente

Os pesos dos itens da qualidade demandada para o nível secundário foram definidos conforme a Figura 25 apresentada no item 3.2.2.1.1. Também foi realizada a ordenação de 1 a 4 para o grau de importância do nível primário.

A partir dos questionários aberto e fechado, verificou-se a necessidade da alteração imediata do produto no que se refere à inserção de furação e de parafusos para a fixação do suporte ao veículo.

Com a hierarquização dos requisitos dos clientes, foram definidas as seguintes premissas de projeto:

- a) possuir chapa de proteção para modelos montados abaixo do carro;
- b) para carro tipo Sedan, utilizar suporte para um cilindro de diâmetro maior (323 a 390 mm);
- c) para carro tipo Hatch, utilizar suporte para dois cilindros de diâmetro pequeno (230 a 260 mm);
- d) ser entregue no dia seguinte e possuir desenho indicativo de montagem no carro.

4.2.4.2 Matriz da qualidade: geração, hierarquização dos requisitos do produto

Conforme o modelo foi realizado a montagem da Matriz da Qualidade, onde foram utilizados os itens secundários da qualidade demandada, os quais foram hierarquizados a partir do peso relativo (IDi). Também foram realizadas as avaliações competitivas dos itens da Qualidade Demandada (Mi) e a avaliação estratégica dos itens da Qualidade Demandada (Ei) para posterior cálculo da Importância da Qualidade Demandada Corrigida (IDi*), Tabela 3.

Para a avaliação Competitiva (Mi) foram considerados os valores da Figura 26. Para a avaliação estratégica (Ei), foram considerados os valores da Figura 27.

A partir dos cálculos do IDi* foi realizado a priorização dos itens de demanda da qualidade, Figura 63, onde verificou-se que os itens mais demandados foram: ser resistente, possuir chapa de proteção para modelos montados abaixo do carro, ser robusto apresentando segurança na fixação do cilindro, ter bom acabamento na solda e ser entregue furado com os parafusos de fixação.

A Matriz da qualidade é apresentada na Tabela 2, com os itens da Qualidade Demandada e os indicadores das Características de Qualidade (requisitos do produto), onde

Tabela 2 - Matriz da Qualidade para o suporte de Cilindro GNV

Qualidade Demandada	Características de Qualidade										IDi	Mi	Ei	IDi*
	Suportar uma carga de 80 a 100 kgf sem deformação	Eliminação de Respingos (0-sem retirada de respingos, 1-retirada de respingos geral, 2-Retirada de respingos em partes aparente)	Espessura do material Utilizado (0-espessura da cantoneira 2,5, 1-Espessura 3,18 e 2-espessura 4,76)	Processo de Pintura utilizada (0-Pintura líquida, 1-pintura por imersão, 2-pintura epoxi)	Layout (Escala de satisfação visual de 1 a 10)	Quantidade de compra (acima de 5 itens 1%, somando um a cada múltiplo de 5)	individual, 1-com cilindro, 2-com todos componentes)	Entrega do material (0-imediate, 1-mesmo dia, 2-dia seguinte)	Facilidade de Instalação (Escala de satisfação de 1 a 10)	Presença de furos no suporte para fixação (0-sem furos, 1-furado, 2-com furo e parafusos)				
Ser resistente	9		9	3		3					9,31	0,5	1,5	8,06
Ter bom acabamento na solda		9	3			9					8,54	0,5	1	6,04
Ser robusto apresentando segurança na fixação do cilindro	9		9	3		3					8,56	0,5	1	6,06
Possuir pintura com bom acabamento e que não rache ao manipular as cintas				9		3		3			3,71	0,5	0,5	1,86
Ocupar pouco espaço no porta-malas					9						3,58	1	1	3,58
Possuir preço diferenciado para compra em lotes	3	3	9	9		9	3	3		9	1,91	1	1,5	2,337
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)							9				2,03	1	1,5	2,49
Rapidez de entrega		3		3				9		9	2,82	1,5	1,5	4,224
Ser de fácil instalação									9	9	3,55	1	1,5	4,345
Ser entregue furado e com os parafusos de fixação								3		9	3,57	1,5	1	4,367

Especificação Atual	100kgf	1	1	0	6	0	0	1	6	0
Especificação Meta	100kgf	2	2	1	8	1	2	1	8	2
IQj	13,40	7,41	16,62	9,27	3,22	12,33	2,94	6,37	3,91	13,75
Dificuldade de atuação Dj	2	2	1,5	2	1,5	1,5	0,5	1,5	1	1,5
Análise competitiva Bj	0,5	0,5	1	1	1	2	1	1,5	1	1,5
IQj*	13,40	7,41	20,35	13,12	3,95	21,36	2,08	9,55	3,91	20,62

Fonte: Elaborado pelo autor

também foram avaliados os requisitos do produto e definidas as especificações atuais e especificações-meta para cada característica de qualidade. Algumas demandas não foram colocadas na matriz da qualidade porque foram classificadas como itens de projeto, ou seja, foram considerados como itens não mensuráveis cuja resposta quanto a sua aplicação é ‘sim’ ou ‘não’.

Tabela 3 - Hierarquização dos requisitos

	Med. Geométrica	Soma dos Grupos	IDI (Peso Relativo)	Mi	Ei	IDI*
Ser resistente	9,84		9,31	0,5	1,5	8,06
Ter bom acabamento na solda	9,03		8,54	0,5	1	6,04
Ser robusto apresentando segurança na fixação do cilindro	9,05		8,56	0,5	1	6,06
Possuir chapa de proteção para modelos montados abaixo do carro	9,30		8,80	1	0,5	6,22
Possuir pintura com bom acabamento e que não trique ao manipular as cintas	9,06	46,28	3,71	0,5	0,5	1,86
Ocupar pouco espaço no porta-malas	8,75		3,58	1	1	3,58
Carro tipo Hatch utilizar suporte para dois cilindros de diâmetro pequeno (230 a 260)	8,23		3,37	1	0,5	2,38
Carro tipo Sedan utilizar suporte para um cilindro de diâmetro maior (323 a 390)	8,36		3,42	1	0,5	2,42
Escolha em função da autonomia independente do espaço no porta malas	7,61		3,11	1	0,5	2,20
Escolha em função do espaço no porta malas independente da autonomia	6,52		2,67	1	0,5	1,89
Existência de modelos para montagem embaixo do carro	6,84	46,32	2,80	2	0,5	2,80
Possuir preço diferenciado para compra em lotes	6,26		1,91	1	1,5	2,34
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)	6,66		2,03	1	1,5	2,49
Ser entregue no mesmo dia	9,23		2,82	1,5	1,5	4,22
Ser entregue no dia seguinte	7,34		2,24	1	1	2,24
Preço maior para suportes especiais como os montados abaixo do carro	6,39		1,95	1	2	2,76
Ser divulgado através de fax	5,89		1,80	1	0,5	1,27
Ser divulgado através de e-mail	6,99		2,13	1	0,5	1,51
Ser divulgado através de revistas especializadas	4,63	62,10	1,41	1	0,5	1,00
Possuir desenho indicativo de montagem no carro	6,86		2,61	1	0,5	1,84
Assistência técnica na mesma cidade	7,27		2,76	1,5	0,5	2,39
Ser de fácil instalação	9,33		3,55	1	1,5	4,35
Ser entregue furado e com os parafusos de fixação	9,38		3,57	1,5	1	4,37
Ter um distribuidor na sua cidade	7,87		2,99	1,5	0,5	2,59
Ter flexibilidade de fabricação de suportes especiais (novos modelos)	9,13	49,83	3,47	1	1	3,47

Fonte: Elaborado pelo autor

O inter-relacionamento foi pontuado entre os itens da qualidade demandada e as características de qualidade.

Considerando os relacionamentos que as características de qualidade mantêm com os itens da qualidade demandada e também a importância relativa das qualidades demandadas, foram calculadas as importâncias das características de qualidade (IQj).

A priorização das características de qualidade (IQj*) foi calculada após ser avaliada e pontuada a dificuldade de atuação (Dj) e a análise competitiva (Bj).

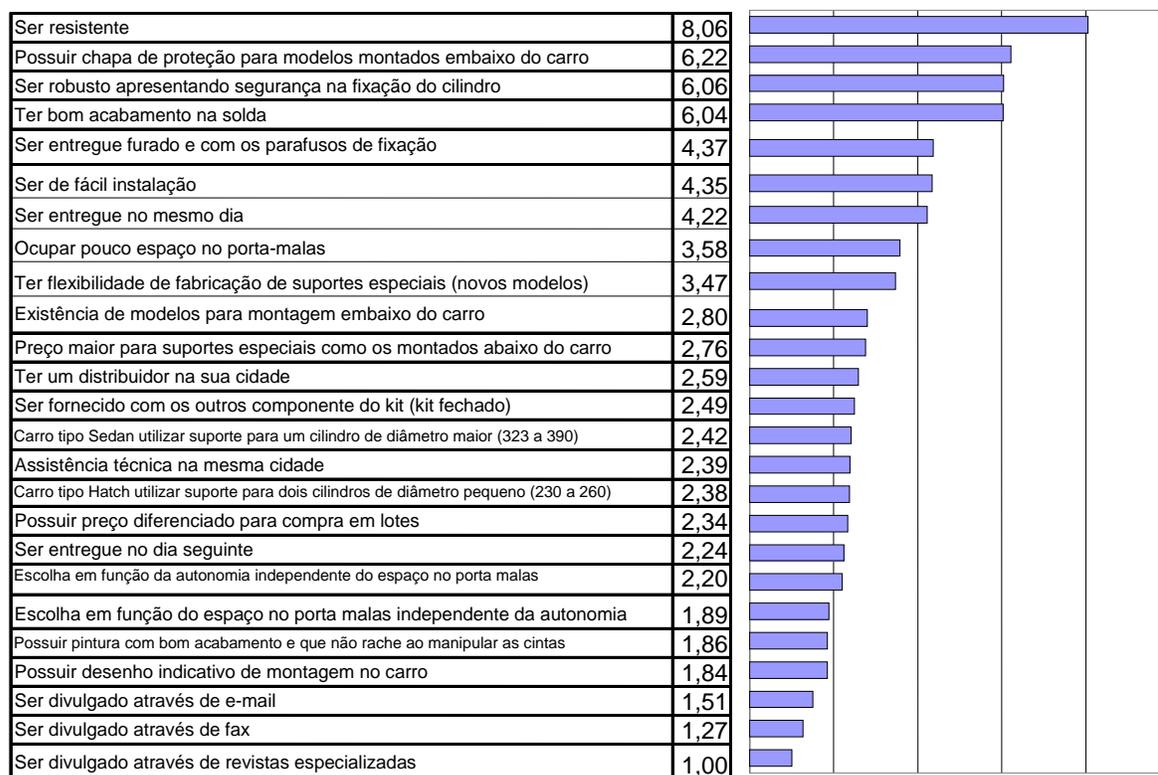


Figura 63 - Priorização dos itens de demanda da qualidade

Fonte: Elaborado pelo autor

Na priorização das Características de Qualidade, foram avaliadas a posição da empresa frente ao principal concorrente e a dificuldade de atuação (dificuldade de alterar as especificações de determinada característica de qualidade). Os resultados, organizados em ordem decrescente, Figura 64, apontaram que as características de qualidade mais importantes são as demandas de possuir preço diferenciado para compra em quantidade (acima de 5 itens 1% de

desconto somando um a cada múltiplo de 5), a presença de furos no suporte para sua fixação (0-sem furos, 1-furado, 2-com furo e parafusos).

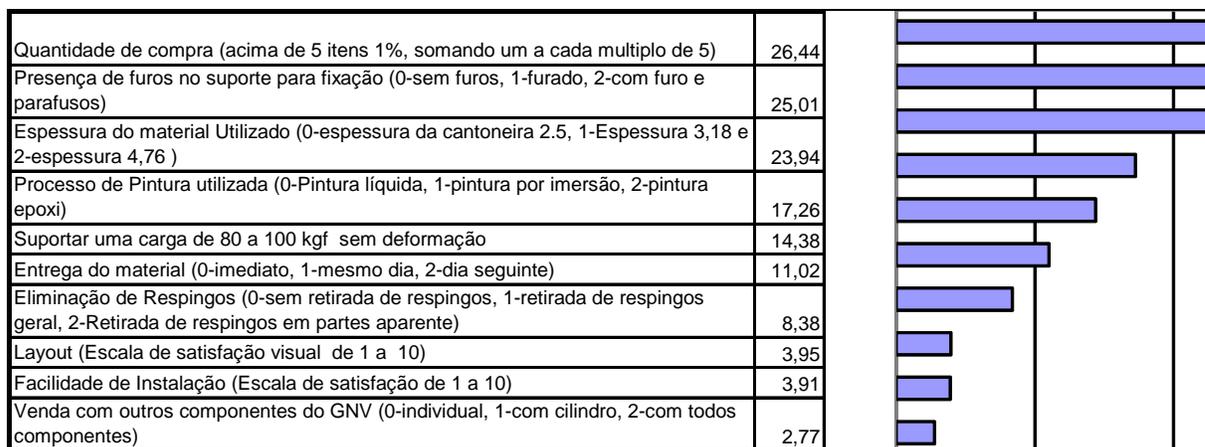


Figura 64 - Priorização das Características de qualidade.

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao final desta fase do projeto informacional, os especialistas da empresa, realizando a análise da priorização das Características da Qualidade, Figura 64, definiram a descrição dos requisitos do produto, Figura 65. Estes requisitos foram transcritos para a ‘Qualidade demandada do produto’, neste documento estão as informações de entrada para o projeto conceitual (Figura 66).

Requisitos do Cliente	Descrição dos Requisitos do Produto
Ser resistente e apresentar segurança na fixação do cilindro	Produto fabricado com materiais que proporcionem rigidez mecânica ao conjunto montado no veículo
Ter bom acabamento na solda	Superfície da solda não deve se apresentar porosa e deve estar livre de respingos
Possuir pintura com bom acabamento e que não rache ao manipular as cintas	A pintura deve ser uniforme livre de riscos e com propriedades elásticas para evitar a formação de rachaduras
Ocupar pouco espaço no porta-malas	Relacionado com a forma construtiva (layout do produto)
Possuir preço baixo	Valor de venda reduzido do produto
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)	Relacionado com a venda juntamente com outros equipamentos do kit
Rapidez de entrega	Entrega do produto agilizada
Ser de fácil instalação sendo entregue furado e com os parafusos de fixação	Facilidade que o montador tem na instalação

Figura 65 – Descrição dos Requisitos do produto

Fonte: Elaborado pelo autor

Empresa	Indústria Mecânica FDL Ltda
Elaborado por	Leandro Sperandio Rodrigues
Data:	20/01/2007
Requisitos do produto	<p>a) produto deverá ser fabricado com materiais que proporcionem rigidez mecânica ao conjunto quando montado no veículo;</p> <p>b) a superfície da solda não deverá se apresentar porosa e deverá estar livre de respingos;</p> <p>c) pintura deverá ser uniforme livre de riscos e com propriedades elásticas para evitar a formação de trincas durante o manuseio das cintas;</p> <p>d) a forma construtiva deverá proporcionar o melhor aproveitamento do espaço do porta-malas do veículo;</p> <p>e) o preço de venda deverá ser o mais baixo possível;</p> <p>f) a venda do suporte deverá ocorrer com outros componentes do GNV;</p> <p>g) o suporte deverá ser de fácil montagem, sendo entregue furado e com parafusos para fixação.</p>
Sócio:	Assinatura:
Sócio:	Assinatura:

Figura 66 – Qualidade demandada do produto (requisitos do produto)

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Projeto conceitual

No projeto conceitual, em que devem ser geradas alternativas e especificações do produto selecionado de possíveis conceitos de desenvolvimento, foram utilizadas as ferramentas: DOE, realizando um projeto de experimentos fatorial 2^k não replicado em pesquisa de preço para auxiliar na definição do preço que os produtos poderão ser ofertados no mercado; Matriz Morfológica para definir as possíveis configurações de produto e gerar o conceito de referência; Matriz de Pugh para selecionar o melhor conceito de configuração para o produto.

4.3.1 Projeto de Experimentos (DOE)

Da análise dos itens de qualidade demandados provenientes da fase qualitativa da pesquisa de mercado foi observado a demanda de preço baixo do produto. Em função desta demanda, os especialistas da empresa definiram as possíveis configurações do produto que interferem na variável preço. Através destas configurações, foi utilizado um projeto de experimentos fatorial 2^k não replicado em pesquisa de preço.

A pesquisa quantitativa contemplou uma questão a respeito de projeto de experimentos. Neste experimento foram montadas as possíveis combinações do produto, solicitando ao entrevistado que informasse o valor, em reais, que pagaria pelas configurações apresentadas. Para o desenvolvimento do suporte de cilindro GNV, observaram-se três fatores que determinam o valor de venda, e estes podem variar em dois níveis conforme a Figura 67.

	Nível 1	Nível 2
A: Posição do suporte	Rasteiro	Suspensão
B: Número de Cilindros	1	2
C: Faixa de Diâmetro	230 até 273mm	323 até 390mm

Figura 67 – Fatores que determinam o valor dos suportes de cilindros

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir destes fatores foram formuladas as questões do projeto de experimento realizadas juntamente com a pesquisa quantitativa, Figura 68.

Quanto você pagaria por um suporte entregue sem parafusos de fixação no carro nas seguintes configurações:				
	Tipo de suporte	Nº de Cilindros	Diâmetro do cilindro	Valor Pago
a)	Rasteiro	1	230 até 273mm	R\$.....
b)	Rasteiro	1	323 até 390mm	R\$.....
c)	Rasteiro	2	230 até 273mm	R\$.....
d)	Rasteiro	2	323 até 390mm	R\$.....
e)	Suspensão	1	230 até 273mm	R\$.....
f)	Suspensão	1	323 até 390mm	R\$.....
g)	Suspensão	2	230 até 273mm	R\$.....
h)	Suspensão	2	323 até 390mm	R\$.....

Figura 68 – Questões do projeto de experimento

Fonte: Elaborado pelo autor

Após aplicada a pesquisa, as respostas foram organizadas na tabela de sinais para cálculo dos efeitos (Apêndice E) .

De posse destes dados organizados, foi utilizado o software SPSS (*Statistical Package Social Sciences*) para calcular a significância dos fatores. A Figura 69 exibe os resultados dos cálculos entre os efeitos deste experimento.

Realizando uma análise dos gráficos dos fatores em função das tabelas da Figura 70 e Figura 71, pode-se observar que:

a) alterando a posição do cilindro de rasteiro para suspenso, o valor pago pelos clientes é sempre maior na posição suspenso independente de ser um ou dois cilindros;

b) aumentando o número de cilindros de um para dois, o valor pago em relação ao diâmetro aumenta em relação a sua variação de pequeno (230 até 273 mm) para grande (323 até 390 mm);

c) alterando a posição do cilindro de rasteiro para suspenso, o valor pago em relação ao diâmetro aumenta em relação a sua variação de pequeno (230 até 273 mm) para grande (323 até 390 mm).

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: RESP					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	117928,986 ^a	6	19654,831	17,331	,000
Intercept	1626262,562	1	1626262,562	1434,007	,000
A	38448,674	1	38448,674	33,903	,000
B	67470,062	1	67470,062	59,494	,000
C	4635,340	1	4635,340	4,087	,045
A * B	4749,507	1	4749,507	4,188	,043
A * C	2392,840	1	2392,840	2,110	,149
B * C	232,563	1	232,563	,205	,651
Error	155367,451	137	1134,069		
Total	1899559,000	144			
Corrected Total	273296,438	143			

a. R Squared = ,432 (Adjusted R Squared = ,407)

Figura 69 – Cálculo de teste entre efeitos

Fonte: Adaptado do Software SSPS

Com a pesquisa efetuada sobre o valor preço pago pelos clientes e a aplicação do método estatístico ANOVA, pôde-se concluir que os valores obtidos para posição de suporte, número de cilindros e faixa de diâmetro são significativos.

Gráficos de dois fatores				
	A1	A2	B	
B1	74,03	95,22	84,63	
B2	109,72	150,00	129,86	
A=	30,74	91,88	122,61	45,24
	B1	B2	C	
C1	80,22	120,97	100,60	
C2	89,03	138,75	113,89	
B=	45,24	84,63	129,86	13,29

	A1	A2	C
C1	88,33	112,86	100,60
C2	95,42	132,36	113,89
A=	30,74	91,88	122,61
13,29			

A:	Posição do suporte
B:	Número de Cilindros
C:	Faixa de Diâmetro

Figura 70 - Tabelas dos fatores

Fonte: Elaborado pelo autor

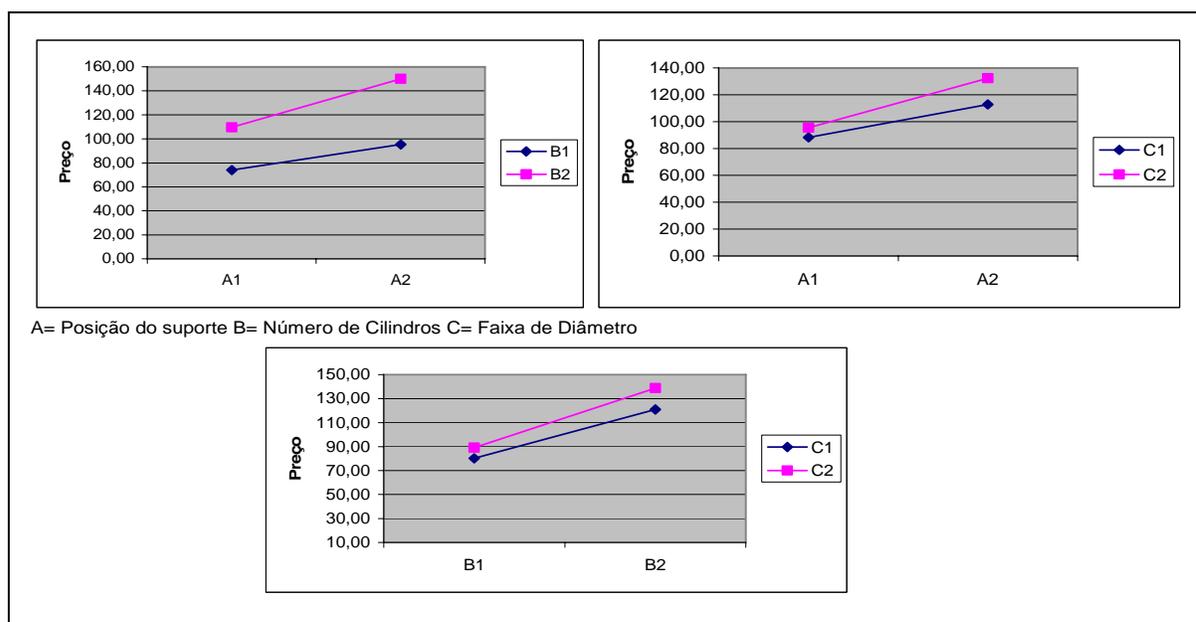


Figura 71 – Gráfico dos fatores

Fonte: Elaborado pelo autor no software Excel

Analisando as respostas do experimento, nas quais foram apresentados fatores significativos, pode-se concluir que os valores informados pelos entrevistados devem ser considerados para a definição do preço do produto a ser ofertado.

Em função dos resultados obtidos com o DOE, considerando os dados financeiros da empresa e a média dos valores respondidos pelos entrevistados, a Tabela 4 foi montada. Para os

tratamentos: ‘Rasteiro 2 cil. 323 até 390mm’ e ‘Suspenso 2 cil. 323 até 390mm’, pode-se verificar que os valores de intenção pagos pelo cliente são inferiores ao custo de fabricação. Convém salientar que o custo de fabricação destes modelos se torna alto devido à forma de construção e materiais que devem ser utilizados para garantir a sustentação dos cilindros, bem como ao baixo número de adaptações possíveis para os mesmos. Assim, o valor de venda se torna mais alto.

Tabela 4 – Média paga em relação ao custo de fabricação e a intenção de venda

Descrição do Tratamento	média paga pelo consumidor R\$	Custo de fabricação R\$	Lucro (média-custo) R\$	Intenção de Venda R\$	Lucro Bruto (intenção-custo) R\$
Rasteiro 1cil. 230 até 273mm	70,88	51,00	19,88	75,00	32%
Suspenso 1cil. 230 até 273mm	90,47	54,00	36,47	75,00	28%
Rasteiro 2cil. 230 até 273mm	104,71	66,00	38,71	105,00	37%
Suspenso 2cil. 230 até 273mm	136,18	76,00	60,18	105,00	28%
Rasteiro 1cil. 323 até 390mm	77,06	54,00	23,06	75,00	28%
Suspenso 1cil. 323 até 390mm	101,76	57,00	44,76	75,00	24%
Rasteiro 2 cil. 323 até 390mm	104,71	105,00	-0,29	140,00	25%
Suspenso 2 cil. 323 até 390mm	163,82	175,00	-11,18	235,00	26%
				média:	29%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Matriz Morfológica

A Matriz Morfológica possibilita o estudo das possíveis combinações entre os elementos ou componentes de um produto. Montou-se uma Matriz Morfológica para esta análise apresentada na Figura 72, onde foram descritos os princípios de soluções para os requisitos dos produtos, identificados no final do projeto informacional. Realizando-se a análise desta matriz, sob o ponto de vista dos especialistas da empresa, foram selecionadas as melhores alternativas de soluções (Figura 73) para cada requisito. Tais alternativas auxiliaram para a escolha do conceito de referência a ser utilizado na Matriz de Pugh (Figura 74).

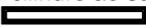
REQUISITOS	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO			
Apresentar segurança na fixação do cilindro	Espessura da cantoneira: Função de sustentar o cilindro. 	2,5mm	3,18mm	4,76mm
	Parafuso de fixação da cinta: Função de fixar o cilindro ao suporte 	M10x70	M10X70	M10x70
	Cinta de fixação: Função de ancorar o cilindro ao suporte. 	3x30mm	3x50mm	3x50mm
Ter bom acabamento na solda	Processo de Solda: Função de unir e proporcionar bom acabamento. 	Solda Mig	Solda Mig	Solda Mig
		Solda eletrodo	Solda eletrodo	Solda eletrodo
Pintura com bom acabamento que não trinque	Processo de Pintura: Função de proteção superficial. 	Pintura líquida	Pintura líquida	Pintura líquida
		Pintura epoxi	Pintura epoxi	Pintura epoxi
		Pintura por imersão	Pintura por imersão	Pintura por imersão
Ocupar pouco espaço no porta-malas	Layout de fabricação: Função de aproveitamento de espaço. 	02 cilindro de diâmetro pequeno	1 cilindro de diâmetro grande	2 cilindros de diâmetro grande
Possuir preço baixo	Faixa de preço: Função de proporcionar preço competitivo. 	R\$105,00	R\$75,00	R\$140,00
Fornecido com outros componentes do Kit GNV	Kit GNV: Função de proporcionar venda dos componentes em conjunto. 	Individual	Individual	Individual
		Fornecido com Kit	Fornecido com Kit	Fornecido com Kit
Rapidez de entrega	Sistema de entrega: Função de proporcionar a entrega com rapidez. 	mesmo dia	mesmo dia	mesmo dia
		dia seguinte	dia seguinte	dia seguinte
Fácil instalação	Sistema de fixação: Função de rapidez de montagem.	cantoneira com furos e com parafusos	cantoneira com furos e com parafusos	cantoneira com furos e com parafusos

Figura 72 – Matriz de requisitos do produto suporte para cilindro GNV (adaptação da matriz morfológica)

Fonte: Elaborado pelo autor

Requisitos	Alternativas de Solução		
Ser resistente e apresentar segurança na fixação do cilindro	Espessura da cantoneira 2,5mm	Espessura da cantoneira 3,18mm	Espessura da cantoneira 4,76mm
Ter bom acabamento na solda	Solda eletrodo	Solda Mig	Solda Mig
Possuir pintura com bom acabamento e que não trinque ao manipular as cintas	Pintura líquida	Pintura epoxi	Pintura por imersão
Ocupar pouco espaço no porta-malas	Simple com 1 cilindro de diâmetro Grande	Simple com 1 cilindro de diâmetro Grande	Simple com 1 cilindro de diâmetro Grande
Possuir preço baixo	R\$ 70,00	R\$ 90,00	R\$ 75,00
Ser fornecido com outros componentes do kit (kit fechado)	Fornecido Individualmente	Fornecido Individualmente	Fornecido com Kit
Rapidez de entrega	dia seguinte	dia seguinte	mesmo dia
Ser de fácil instalação sendo entregue furado e com os parafusos de fixação	Sem furação e sem parafusos	Com furação e sem parafusos	Com furação e com parafusos

Figura 73 – Alternativas de solução

Fonte: Elaborado pelo autor

Requisitos do Produto	Conceito de Referência
Ser resistente e apresentar segurança na fixação do cilindro	Espessura da cantoneira de 4,76mm
Ter bom acabamento na solda	Solda Mig
Possuir pintura com bom acabamento e que não trinque ao manipular as cintas	Pintura líquida
Ocupar pouco espaço no porta-malas	Simple com 1 cilindro de diâmetro Grande
Possuir preço baixo	R\$ 75,00
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)	Fornecido Individualmente
Rapidez de entrega	dia seguinte
Ser de fácil instalação sendo entregue furado e com os parafusos de fixação	Com furação e sem parafusos

Figura 74 – Conceito de Referência

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma vez eleito o conceito de referência com a utilização da Matriz Morfológica a Matriz de Pugh foi utilizada para escolha do melhor conceito para o produto.

4.3.3 Matriz de Pugh

Para a montagem dos conceitos da Matriz de Pugh na Figura 75, foram utilizadas as mesmas soluções apresentadas para os requisitos da Figura 73, e acrescentada a coluna de referência definida através da Matriz Morfológica.

A	B	C	Referência
Espeçura da cantoneira de 2,5mm	Espeçura da cantoneira de 3,18mm	Espeçura da cantoneira de 4,76mm	Espeçura da cantoneira de 4,76mm
Solda eletrodo	Solda Mig	Solda Mig	Solda Mig
Pintura líquida	Pintura epoxi	Pintura por imersão	Pintura líquida
Simples com 1cilindro de diâmetro Grande			
R\$ 70,00	R\$ 90,00	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Fornecido Individualmente	Fornecido Individualmente	Fornecido com Kit	Fornecido Individualmente
dia seguinte	dia seguinte	mesmo dia	dia seguinte
Sem furação e sem parafusos	Com furação e sem parafusos	Com furação e com parafusos	Com furação e sem parafusos

Figura 75 - Conceitos para a matriz de Pugh

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da Matriz de Pugh, cada critério foi avaliado, comparando com o referencial, de maneira a pontuar com +1 se o conceito fosse superior, 0 se fosse similar, e -1 se fosse inferior. A soma ponderada foi calculada de maneira que o resultado indicou se o conceito é melhor ou pior que o referencial. O escore calculado foi apresentado na Matriz de Pugh (Tabela 5). O peso utilizado corresponde ao IDi*, calculado na matriz da qualidade (Tabela 2).

Tabela 5 - Matriz de seleção de Pugh

Requisitos	Peso	A	B	C	Referência
Ser resistente e apresentar segurança na fixação do cilindro	14	-1	-1	0	
Ter bom acabamento na solda	6	-1	0	0	
Possuir pintura com bom acabamento e que não trinque ao manipular as cintas	2	0	1	1	
Ocupar pouco espaço no porta-malas	4	0	0	0	
Possuir preço baixo	3	1	-1	0	
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)	2	0	0	1	
Rapidez de entrega	4	0	0	1	
Ser de fácil instalação sendo entregue furado e com os parafusos de fixação	9	-1	0	1	
Numero de sinais (+)		1	1	4	
Numero de sinais (-)		3	2	0	
Numero de nulos		4	5	4	
Soma ponderada		-26	-15	17	

Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz favorece a comparação de diferentes conceitos contra um conceito referencial, criando conceitos fortes e eliminando os fracos até que um ótimo seja encontrado. Neste exemplo, o conceito C foi selecionado porque obteve a maior pontuação em relação ao modelo de referência.

Portanto, o conceito de produto selecionado para os requisitos demandados dos clientes é apresentado na Figura 76. Com o conceito selecionado este foi registrado no documento 'Conceito do produto selecionado' (Figura 77).

Requisitos do Produto	Conceito Selecionado
Ser resistente e apresentar segurança na fixação do cilindro	Espessura da cantoneira de 4,76mm
Ter bom acabamento na solda	Solda Mig
Possuir pintura com bom acabamento e que não trinque ao manipular as cintas	Pintura por imersão
Ocupar pouco espaço no porta-malas	Simple com 1 cilindro de diâmetro Grande
Possuir preço baixo	R\$ 75,00
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)	Fornecido com Kit
Rapidez de entrega	mesmo dia
Ser de fácil instalação sendo entregue furado e com os parafusos de fixação	Com furação e com parafusos

Figura 76 – Conceito de produto selecionado

Fonte: Elaborado pelo autor

Empresa	Indústria Mecânica FDL Ltda
Elaborado por	Leandro Sperandio Rodrigues
Data:	05/02/2007
Conceito do produto	Espessura da catoneira: 4,76 mm Processo de solda: Mig Processo de pintura: Imersão Layout: 01 cilindro de diâmetro grande Preço de venda: R\$ 75,00 Fornecimento: Com outros componentes (kit) Rapidez de entrega: Mesmo dia Facilidade de instalação: Fornecido com furação e parafusos de fixação
Sócio:	Assinatura:
Sócio:	Assinatura:

Figura 77 – Conceito de produto selecionado

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a seleção do conceito de produto este deve ser operacionalizado para que o produto receba as melhorias demandadas pelos clientes. No projeto detalhado onde são aplicadas as matrizes do QFD de produto, processo e produção, são definidas as partes que devem ser priorizadas do produto, processo e produção, para que as demandas dos clientes sejam alcançadas.

Na seqüência o FMEA de produto e processo foi utilizado para analisar e tratar as falhas e evitar a sua ocorrência ou recorrência. Ao final do capítulo um plano de melhoria e os ganhos obtidos com as implantações são apresentados.

4.4 Projeto detalhado

O projeto detalhado, no qual devem ser realizadas as especificações do produto para serem encaminhadas para a manufatura, com definição de sistemas e componentes do produto, é

iniciado através do conceito do produto selecionado da Matriz de Pugh, onde são aplicadas as outras matrizes do QFD: a Matriz de Produto (desdobramento dos componentes), Matriz de Processo (planejamento do processo) e Matriz da Produção (planejamento da produção). O FMEA de produto e processo foi realizado para identificar as falhas atuais e potenciais definindo possíveis ações, de acordo com a capacidade da empresa.

Antes de iniciar as próximas matrizes, foram desmembradas todas as etapas do processo de fabricação do suporte de fixação de cilindro GNV, este desmembramento foi executado pelos especialistas da empresa. Desta maneira, é assegurado que nenhuma etapa e característica seriam deixadas fora do estudo. Na Figura 78, o processo foi detalhado em partes do produto, características das partes, etapas do processo, parâmetros do processo e os valores do conceito selecionado em função da Matriz de Pugh.

Foram incluídos neste desdobramento os serviços de compra e recebimento porque a empresa é pequena e não possui procedimentos padronizados.

4.4.1 Desdobramento das partes do produto - matriz do produto

Nesta fase foram transformadas as características do produto em requisitos dos componentes. No produto, suporte para fixação de cilindro GNV, foram identificadas as seguintes famílias das partes do produto: compra e recebimento de matéria prima, base de apoio, cinta de fixação, cantoneiras de ligação das bases, conjunto do suporte e armazenamento. A Figura 79 mostra os principais itens do produto.

Na matriz do produto, Tabela 6, foram colocadas todas as partes do produto em linha e as características da qualidade nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Em seguida, foi avaliado o inter-relacionamento das partes com as características da qualidade (PQ_{ij}). A matriz do produto possibilita a priorização das partes a serem desenvolvidas.

Etapas e Partes do Produto	Características das partes	Etapas do processo	Parâmetros do processo	Meta Conforme Pugh
Compra e recebimento de MP	Compra e recebimento da chapa para base e cinta	Seleção da chapa a ser comprada	Espessura da chapa (mm)	
	Compra e recebimento da cantoneira de Ligação	Seleção das cantoneiras a serem compradas	Espessura da cantoneira (mm)	4,76 mm
	Compra e recebimento das buchas de União	Compra das Buchas de Terceiro	Tempo de recebimento das Buchas	
	Compra e recebimento das chapas de reforço estrutural	Compra do reforço de Terceiro	Tempo de recebimento do reforço	
	Compra e recebimento dos parafusos	Compra dos parafusos de terceiro	Tempo de recebimento dos parafusos	
	Compra e recebimento da borracha de isolamento	Compra da borracha de terceiro	Tempo de recebimento das borrachas	
Bases de Apoio	Fabricação da chapa inferior	Seleção da chapa inferior da base de apoio	Tempo de Seleção da chapa	
		Corte da chapa inferior da base de apoio	Tempo de corte e regulagem com ferramenta na prensa	
	Fabricação da chapa superior	Seleção da chapa superior da base de apoio	Tempo de Seleção da chapa	
		Corte e Furação da chapa superior da base de apoio	Tempo de corte, furação e regulagem da ferramenta na prensa	
		Dobra da extremidade dianteira da chapa superior da base de apoio	Tempo de dobra e regulagem com ferramenta manual	
	Montagem das partes da Base de Apoio no gabarito	Curvatura da Chapa superior da base de apoio	Tempo de curvatura e regulagem com a Calandra	
		Montagem da chapa inferior no gabarito da base de apoio	Tempo de seleção e montagem da chapa inferior no gabarito	
Montagem da chapa superior no gabarito da base de apoio		Tempo de seleção e montagem da chapa superior no gabarito		
Soldagem das partes da Base de Apoio no gabarito	Montagem das buchas de união no gabarito da base de apoio	Tempo de montagem e seleção das buchas de união no gabarito		
	Soldagem das partes da Base de apoio	Tempo de soldagem com solda mig	Solda Mig	
Cinta de Fixação	Fabricação da Cinta de fixação	Seleção da chapa da cinta	Tempo de seleção da chapa	
		Corte e Furação da chapa da cinta	Tempo de corte, furação e regulagem da ferramenta na prensa	
		Dobra da extremidade dianteira da chapa da cinta	Tempo de dobra e regulagem com ferramenta manual	
		Curvatura da Cinta	Tempo de curvatura e regulagem com a Calandra	
	Montagem das partes da Cinta de Fixação no gabarito	Montagem da cinta de fixação no gabarito da cinta	Tempo de seleção e montagem da chapa superior no gabarito	
		Montagem da bucha de união da cinta no gabarito	Tempo de montagem e seleção das buchas de união no gabarito	
		Montagem do reforço estrutural no gabarito da cinta	Tempo de montagem e seleção do reforço no gabarito	
Soldagem das partes da Cinta de Fixação no gabarito	Soldagem com solda mig da Cinta	Tempo de soldagem com solda mig	Solda Mig	
Cantoneira de Ligação	Fabricação da Cantoneira de ligação	Seleção das cantoneiras	Tempo de seleção da Cantoneira	
		Corte das cantoneiras	Tempo de corte na prensa	
		Furação das cantoneiras	Tempo de furação na furadeira	Com furação
Conjunto do Suporte	Montagem das cantoneira de ligação no gabarito	Seleção das cantoneiras para o conjunto do suporte	Tempo de seleção e montagem das cantoneiras no gabarito	Entregue no mesmo dia
	Montagem das bases no gabarito	Seleção das bases para o conjunto	Tempo de seleção e montagem das bases no gabarito	Entregue no mesmo dia
	Montagem do reforço estrutural da base no gabarito	Seleção do reforço para o conjunto	Tempo de seleção e montagem dos reforços no gabarito	Entregue no mesmo dia
	Soldagem das partes do Conjunto no gabarito	Soldagem com solda mig do conjunto	Tempo de soldagem com solda mig	Solda Mig
		Preparação para pintura	Remoção de respingos de solda do conjunto e da cinta	Tempo de raspagem
	Pintura	Lixamento das bases e cintas	Tempo de lixamento	
Armazenamento	Montagem das partes no conjunto	Montagem da borracha no conjunto	Tempo de montagem da borrachas nas cintas e bases	
		Montagem e seleção dos parafusos	Tempo de seleção dos parafusos	Fornecido com parafusos
	Identificação e armazenamento	Identificação e armazenamento	Tempo de identificação e armazenamento	

Figura 78 – Desdobramento das etapas do processo de fabricação do suporte de fixação de cilindro GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

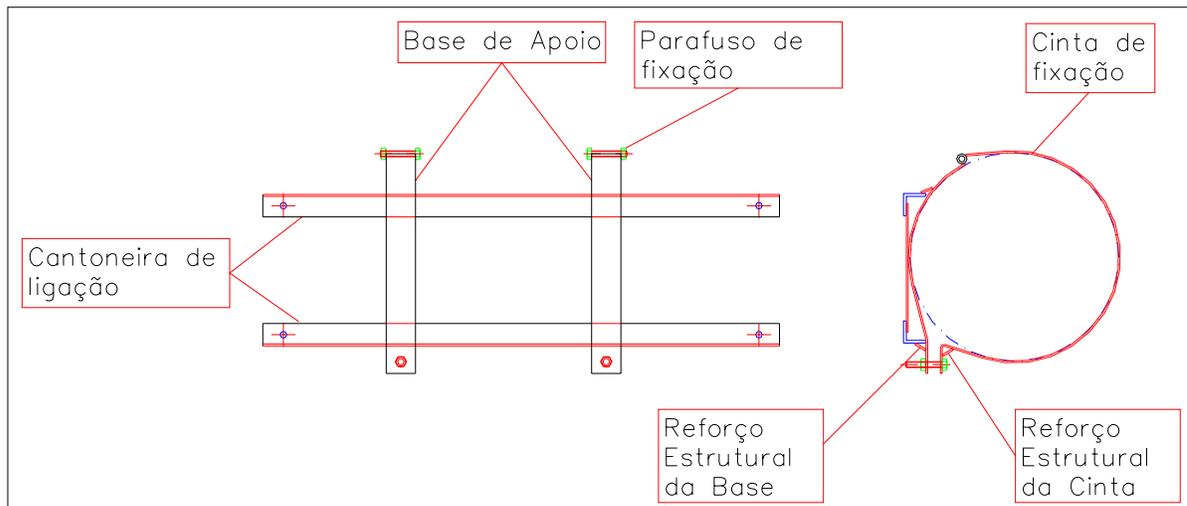


Figura 79 – Itens do produto antes das modificações

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando os inter-relacionamentos que as características de qualidade mantêm com as partes do produto, foram calculadas as importâncias das partes do produto (IP_i), o qual é utilizado para avaliar o quanto cada parte do produto contribui para o atendimento das características da qualidade.

A priorização das partes do produto (IP_i^*) foi calculada após serem avaliados e pontuados a facilidade de desenvolvimento (Fi) e o tempo de desenvolvimento (Ti).

Assim como foi feito na priorização da qualidade, os processos também foram priorizados (IP_i^*), utilizando a fórmula que considera, além da importância das partes, a dificuldade e o tempo necessários para a implantação das melhorias.

Na priorização das partes do produto, os itens foram organizados em ordem decrescente, Figura 80, e verificou-se que a cantoneira de ligação deve ser a primeira a ser priorizada em relação às demais partes.

Tabela 6 - Matriz do produto para o suporte de Cilindro GNV

Partes do Produto	Características de Qualidade													
	Suportar uma carga de 80 a 100 kgf sem deformação	Eliminação de Respingos (0-sem retirada de respingos, 1-retirada de respingos geral, 2-Retirada de respingos em partes aparente)	Espessura do material Utilizado (0-espessura da cantoneira 2,5, 1-Espessura 3,18 e 2-espessura 4,76)	Processo de Pintura utilizada (0-Pintura líquida, 1-pintura por imersão, 2-pintura epoxi)	Pouco espaço Layout (Escala de satisfação visual de 1 a 10)	Quantidade de compra (acima de 5 itens 1%, somando um a cada múltiplo de 5)	venda com outros componentes do GNV (0-individual, 1-com cilindro, 2-com todos componentes)	Entrega do material (0-imediato, 1-mesmo dia, 2-dia seguinte)	Facilidade de Instalação (Escala de satisfação de 1 a 10)	Presença de furos no suporte para fixação (0-sem furos, 1-furado, 2-com furo e parafusos)	Importância das Partes	Facilidade de Desenvolvimento	Tempo de Desenvolvimento	Priorização
IQj*	13,40	7,41	20,35	13,12	3,95	21,36	2,08	9,55	3,91	20,62	IPi	Fi	Ti	IPi*
Compra e recebimento de MP			9								18,32	2	1,5	31,73
Bases de apoio	3	3			9				3		10,97	1,5	1	13,43
Cinta de fixação	3	9		9	3				1		24,07	2	0,5	24,07
Cantoneira de ligação	9		9		3					3	37,75	2	2	75,51
Conjunto do Suporte		9		9	1				9	3	28,57	1,5	2	49,49
Armazenamento					3	6	3	9		3	29,41	0,5	0,5	14,70

Fonte: Elaborado pelo autor

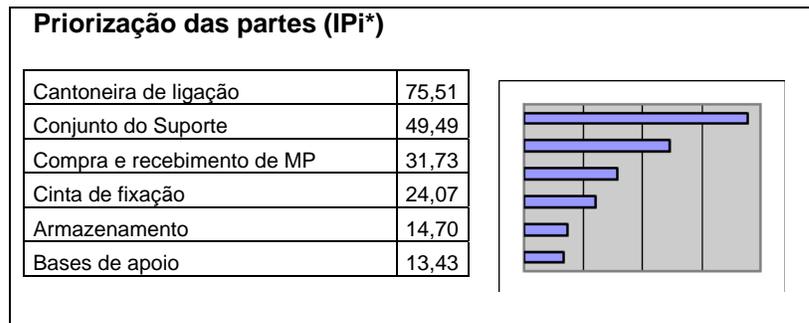


Figura 80 - Priorização das Partes do Produto IPi*

Fonte: Elaborado pelo autor

Em função das priorizações das partes apresentadas, deve-se iniciar a melhoria do produto pela cantoneira de ligação, seguindo pelo conjunto do suporte, pela compra e pelo recebimento, a cinta e fixação, o armazenamento e, por último, às bases de apoio.

4.4.2 Planejamento do processo – matriz das características das partes

Realizada a priorização das partes, o próximo passo foi o de preenchimento da matriz das características das partes. Esta matriz evidencia quais as características que devem ser priorizadas no âmbito de componentes e subsistemas a serem utilizados no processo.

Na matriz das características das partes Tabela 7, foram colocadas todas as partes do produto em linha e as características ou componentes destas partes nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Para a quantificação das relações, foi respondido o quanto a característica mantida em nível excelente influenciaria para assegurar o bom desempenho da parte.

Na Figura 81 foi apresentada a priorização das características das partes, em que pode ser observado que as mais importantes foram a identificação e armazenamento, a fabricação da cantoneira de ligação e a pintura.

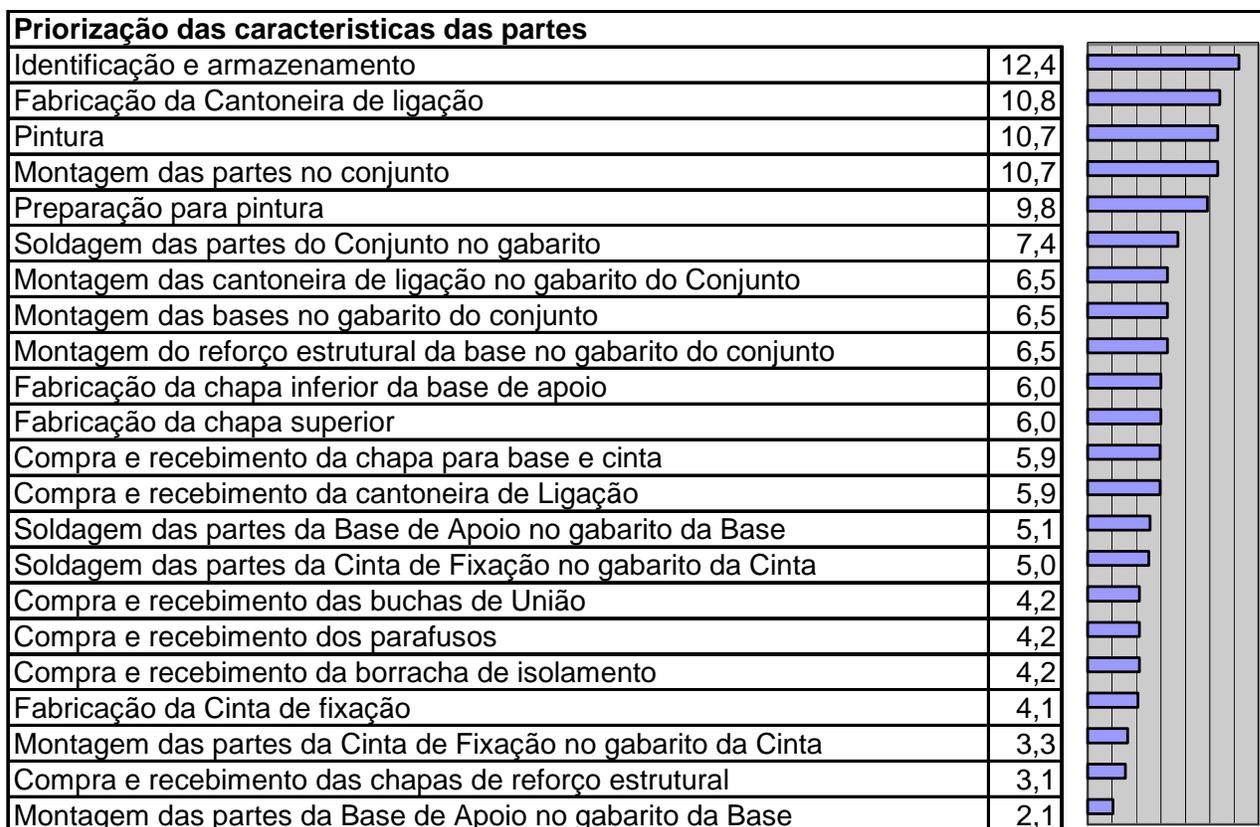


Figura 81 - Priorização das características das partes para o suporte de Cilindro GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

4.4.3 Planejamento da produção – matriz do processo

A Matriz de Processos foi realizada para desdobrar as etapas de fabricação dos produtos. O objetivo é estabelecer o relacionamento entre as etapas do processo e as características de qualidade priorizando as etapas do processo a serem monitoradas.

Na matriz do processo, Tabela 8, foram colocadas todas as etapas do processo em linha e as características da qualidade nas colunas, formando o cabeçalho da matriz. Em seguida, foi avaliado o inter-relacionamento das etapas do processo com as características da qualidade (PQij).

Tabela 7 - Matriz das características das partes para o suporte de Cilindro GNV

Partes do Produto	Características das Partes	Matriz das características das Partes																								
		IPi*	Compra e recebimento da chapa para base e cinta	Compra e recebimento da cantoneira de Ligação	Compra e recebimento das buchas de União	Compra e recebimento das chapas de reforço estrutural	Compra e recebimento dos parafusos	Compra e recebimento da borracha de isolamento	Fabricação da chapa inferior da base de apoio	Fabricação da chapa superior	Montagem das partes da Base de Apoio no gabarito da Base	Soldagem das partes da Base de Apoio no gabarito da Base	Fabricação da Cinta de fixação	Montagem das partes da Cinta de Fixação no gabarito da Cinta	Soldagem das partes da Cinta de Fixação no gabarito da Cinta	Fabricação da Cantoneira de ligação	Montagem das cantoneira de ligação no gabarito do Conjunto	Montagem das bases no gabarito do conjunto	Montagem do reforço estrutural da base no gabarito do conjunto	Soldagem das partes do Conjunto no gabarito	Preparação para pintura	Pintura	Montagem das partes no conjunto	Identificação e armazenamento		
Compra e recebimento de MP	37,33	9	9	9	6	9	9																			
Bases de apoio	23,15							9	9	9	9															
Cinta de fixação	36,32											9	9	9							9	9	9	9		
Cantoneira de ligação	101,06														9											
Conjunto do Suporte	72,48							3	3		3					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Armazenamento	28,67	9	9	3	3	3	3	6	6		3	3		6	6					3		3	3	3	9	
Priorização:		5,9	5,9	4,2	3,1	4,2	4,2	6,0	6,0	2,1	5,1	4,1	3,3	5,0	10,8	6,5	6,5	6,5	7,4	9,8	10,7	10,7	10,7	12,4		

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando os inter-relacionamentos que as características de qualidade mantêm com as etapas do processo, foram calculadas as importâncias das etapas do processo (IPi), que é utilizado para avaliar o quanto cada etapa do processo contribui para o atendimento das características da qualidade.

Tabela 8 - Matriz do processo para o suporte de Cilindro GNV

Etapas do Processo	Características de Qualidade	Matriz do Processo													
		IQj*	Supor uma carga de 80 a 100 kgf sem deformação	Eliminação de Respingos (0-sem retirada de respingos, 1-retirada de respingos geral, 2-Retirada de respingos em partes aparente)	Espessura do material Utilizado (0-espessura da cantoneira 2.5, 1-Espessura 3,18 e 2-espessura 4,76)	Processo de Pintura utilizada (0-Pintura líquida, 1-pintura por imersão, 2-pintura epoxi)	Pouco espaço Layout (Escala de satisfação visual de 1 a 10)	Quantidade de compra (acima de 5 itens 1%, somando um a cada múltiplo de 5)	Venda com outros componentes do GNV (0-individual, 1-com cilindro, 2-com todos componentes)	Entrega do material (0-Imediato, 1-mesmo dia, 2-dia seguinte)	Facilidade de Instalação (Escala de satisfação de 1 a 10)	Presença de furos no suporte para fixação (0-sem furos, 1-furado, 2-com furo e parafusos)	Importância das Partes	Facilidade de alteração da Etapa	Tempo de Implantação da alteração
												IPi	Fi	Ti	IPi*
IQj*		13,40	7,41	20,35	13,12	3,95	21,36	2,08	9,55	3,91	20,62				
Seleção da chapa a ser comprada		9										12,06	2	2	24,1
Seleção das cantoneiras a serem compradas		6		9								26,36	2	2	52,7
Compra das Buchas de Terceiro												0,00	2	2	0,0
Compra do reforço de Terceiro		3										4,02	2	2	8,0
Compra dos parafusos de terceiro												0,00	2	2	0,0
Compra da borracha de terceiro												0,00	2	2	0,0
Seleção da chapa inferior da base		3										4,02	2	2	8,0
Corte da chapa inferior da base												0,00	2	2	0,0
Seleção da chapa superior da base												0,00	2	2	0,0
Corte e Furação da chapa superior da base									9			8,60	1,5	0,5	7,4
Dobra da extremidade dianteira da chapa superior da base		6						3				9,23	1	1	9,2
Curvatura da Chapa superior da base								3		9		9,78	2	2	19,6
Montagem da chapa inferior no gabarito da base												0,00	2	2	0,0
Montagem da chapa superior no gabarito da base												0,00	2	2	0,0
Montagem das buchas de união no gabarito da base												0,00	2	2	0,0
Soldagem das partes da Base		9	3				9					17,84	2	2	35,7
Seleção da chapa da cinta												0,00	2	2	0,0
Corte e Furação da chapa da cinta									9			8,60	1,5	2	14,9
Dobra da extremidade dianteira da chapa da cinta		6										8,04	1	1,5	9,9
Curvatura da Cinta									9			8,60	2	2	17,2
Montagem da cinta de fixação no gabarito da cinta										9		3,52	2	2	7,0
Montagem da bucha de união da cinta no gabarito										9		3,52	2	2	7,0
Montagem do reforço estrutural no gabarito da cinta										9		8,60	2	2	17,2
Soldagem com solda miq da Cinta		9	3								6	16,63	1,5	2	28,8
Seleção das cantoneiras				3								6,11	2	2	12,2
Corte das cantoneiras									9			8,60	2	2	17,2
Furação das cantoneiras									9	9	9	30,67	0,5	1	21,7
Seleção das cantoneiras para o conjunto do suporte				3								6,11	2	2	12,2
Seleção das bases para o conjunto												0,00	2	2	0,0
Seleção do reforço para o conjunto		3							9			12,62	2	2	25,2
Soldagem com solda miq do conjunto			3		3	3			9	6		18,29	2	2	36,6
Remoção de respingos de solda do conjunto e da cinta			9		3							10,60	1,5	2	18,4
Lixamento das bases e cintas					3							3,94	1,5	2	6,8
Pintura do conjunto e cinta					9							11,81	2	1,5	20,4
Montagem da borracha no conjunto												0,00	2	2	0,0
Montagem e seleção dos parafusos										6		2,35	2	2	4,7
Identificação e armazenamento							9		6	3		26,13	0,5	0,5	13,1

Fonte: Elaborado pelo auto

A priorização das etapas do processo (IPi*) foi calculada após serem avaliados e pontuados a facilidade de alteração da etapa (Fi) e o tempo de implantação da melhoria na etapa (Ti).

Na priorização das etapas do processo os itens foram organizados em ordem decrescente, Figura 82, e foi verificado que as primeiras etapas a serem priorizadas deveriam ser as de seleção das cantoneiras a serem compradas e a solda dos componentes.

4.4.4 FMEA para homologação do produto ou processo

Para a homologação do produto ou processo, o método FMEA é útil, pois identifica as falhas atuais e potenciais e seus efeitos em sistemas e processo, definindo ações que visem reduzir o risco associado a cada falha. O FMEA avalia a severidade de cada falha relativamente ao impacto causado a clientes (internos ou externos), sua probabilidade de ocorrência e de detecção antes de chegarem às mãos dos clientes.

Para a execução do FMEA, é necessário que o produto esteja desdobrado. Primeiramente foi realizado o desdobramento do produto e do processo em etapas que podem ser vistas na Figura 78.

Em segundo lugar, foram identificados os modos potenciais de falha, seus efeitos e suas causas.

Em terceiro lugar, identificaram-se para cada efeito de modo de falha a sua respectiva severidade.

Em quarto lugar, foram pontuadas as probabilidades de ocorrência das causas identificadas para cada modo potencial de falha. A ocorrência foi avaliada conforme a pontuação mostrada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Em quinto, foram identificados os controles atuais e a probabilidade de detecção da falha.

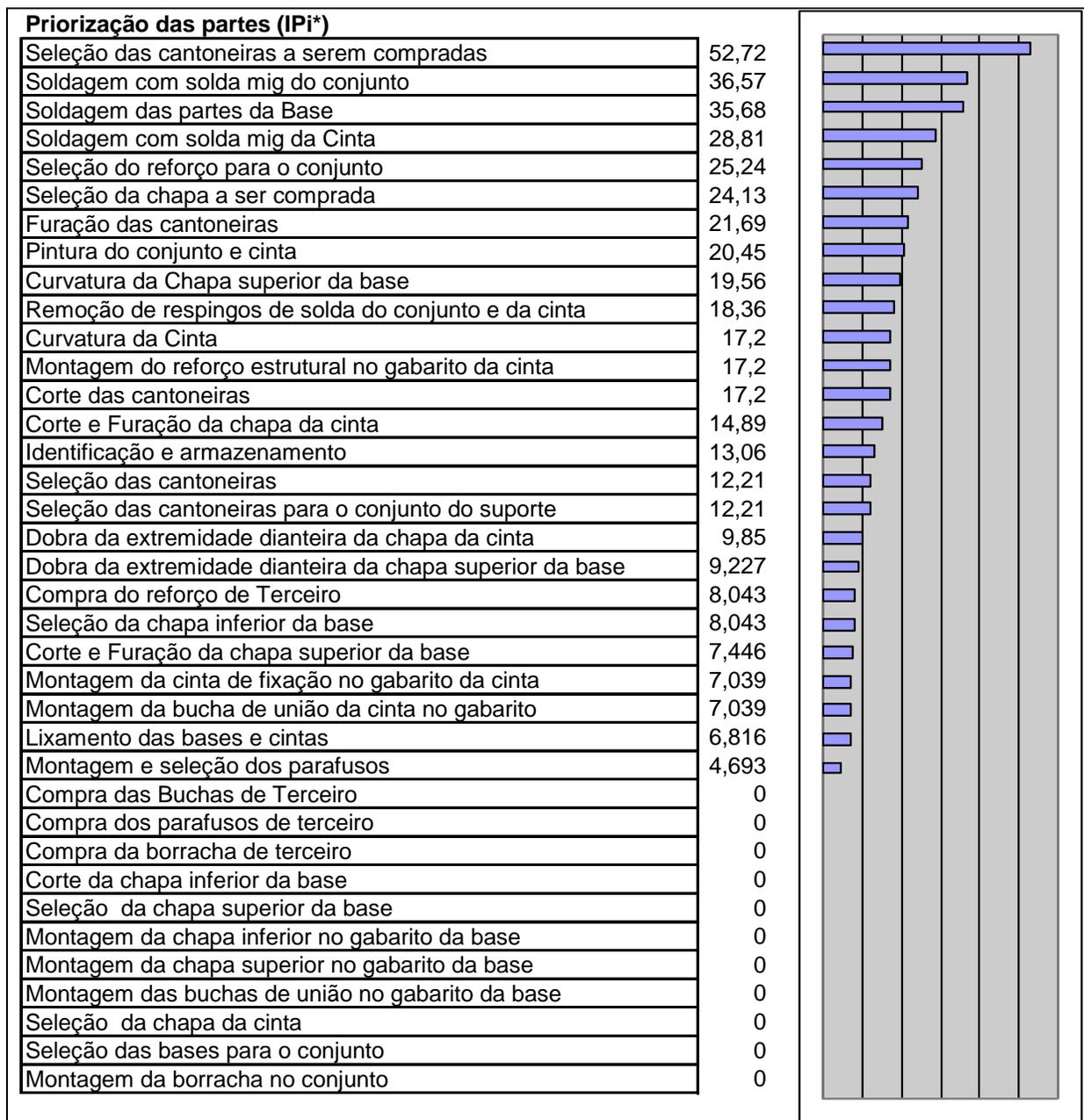


Figura 82 - Priorização das etapas do processo para o suporte de Cilindro GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

Em sexto, avaliou-se o potencial de risco de cada modo de falha e definiram-se medidas para sua eliminação ou redução. Isto é obtido através de um plano de ações que aumenta a probabilidade de detecção ou reduzam a probabilidade de ocorrência da falha.

Por último, calculou-se o risco para priorizar as ações de correção/melhoria.

O FMEA do produto (projeto) e o FMEA do processo foram apresentados na Tabela 9 e na Tabela 10.

Na priorização das partes do produto o índice de importância das partes classificou as partes na seguinte ordem: 1-Cantoneira de ligação, 2-Conjunto do suporte, 3-Compra e recebimento, 4-Cinta de fixação e 5-Armazenamento.

Na priorização das características das partes os itens que receberam o maior índice de importância foram: 1-Identificação e armazenamento, 2-Fabricação das cantoneiras de ligação, 3-Pintura, 4-Montagem das partes do produto e 5-Preparação para pintura.

Na priorização das etapas do processo o índice de importância foi maior para: 1-Seleção das cantoneiras a serem compradas, 2 até 4-Solda dos componentes (Conjunto, partes da base, cinta), 5 e 6-Seleção para compra (Reforço e chapa) e 7 e 8-Furação das cantoneiras e pintura do conjunto e cinta.

Em função do FMEA de projeto e processo, foi identificado que aos reforços da base de apoio e das cintas de fixação devem ser eliminados sendo substituídos por estampo, para a cantoneira de fixação foi definido a inserção da furação, e que o processo de pintura deveria ser alterado para o processo de imersão.

Com as priorizações identificadas das partes do produto, das características das partes, das partes do processo e em função do FMEA foi criado, pelos especialistas da empresa, o documento 'Plano de melhorias e alterações a realizar'. Este documento define as alterações que devem ser realizadas no produto, as ações a serem executadas, a data de implantação e o local de execução (Figura 83).

O plano de melhorias e as alterações realizadas no produto e processo foram definidos com o objetivo, de forma a atender a demanda dos clientes, e ocorreram em função dos resultados obtidos das priorizações das partes do produto, das características das partes e das etapas do processo e da realização dos FMEA de projeto e de processo. Após a sua definição tem-se a etapa de execução deste plano e a homologação dos ganhos obtidos.

Tabela 9 - FMEA de Projeto para o suporte de cilindro GNV

Item		Suporte para fixação de cilindro GNV				Ind. Mecânica FDL Ltda			FMEA DE PROJETO							
Modelo						Data Limite : X/X/XX										
Departamento		Engenharia do Produto				Data Original : Y/Y/YY			Número :							
Equipe de Estudo						Data Revisão :Z/Z/ZZ			XXXX/Y							
Item	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Cls	Causa Potencial de Falha	Ocorrência	Controle Atual	Deteção	Risco	Ação Recomendada	Responsável e Data	Ação Efetuada	Severidade	Ocorrência	Deteção	Risco
Função																
Compra de Materiais	Compra errada do material	Recebimento incorreto do material	10	Segurança	Especificação de material incorreta	3	Controle de compra de material conf. Norma	1	30	Nenhuma	Grupo de trabalho	-----				
Compra dos materiais em função das especificações	Entrega errada do Fornecedor	Recebimento incorreto do material	10	Segurança	Especificação de material incorreta	3	Controle de recebimento de material	1	30	Nenhuma	"	-----				
Bases de Apoio	Circunferência errada	Fixação indevida do cilindro	10	Segurança	Especificação incorreta do diâmetro do cilindro	2	Especificação conforme informação de fabricantes de cilindros	1	20	Nenhuma	"	-----				
Receber, apoiar a circunferência do cilindro																
Cinta de Fixação	Circunferência errada	Fixação indevida do cilindro	10	Segurança	Especificação incorreta do diâmetro do cilindro	2	Especificação conforme informação de fabricantes de cilindros	4	80	Nenhuma	"	-----				
Fixar o cilindro a base de apoio																
Cantoneira de Ligação	Comprimento errado	Fixação indevida das bases de apoio	10	Segurança	Especificação errada do comprimento	1	Especificação conforme dimensional de cada modelo de carro	3	30	Nenhuma	"	-----				
Fazer a ligação das Bases de Apoio																
Conjunto do Suporte	Deformação acima do esperado	Danificar a estrutura do carro e comprometer a integridade física dos usuários	10	Segurança	Especificação de material incorreta	1	Especificação do material conforme norma e ensaio de deformação	2	20	Nenhuma	"	-----				
Fixar o cilindro na estrutura do veículo e suportar a carga do cilindro	Quebra da Base de Apoio	Soltar o cilindro e comprometer a integridade física dos usuários	10	Segurança	Solda na região dos reforços	6	Ensaio de Fadiga	5	300	Rever projeto dos reforços	Grupo de Trabalho Imediatamente	Reprojetado base de apoio, substituído reforços por estampo	10	2	3	60
					Especificação de material incorreta	1	Especificação do material conforme norma	4	40	Nenhuma	Grupo de Trabalho	-----				
	Quebra da cinta de fixação	Soltar o cilindro e comprometer a integridade física dos usuários	10	Segurança	Solda na região dos reforços	6	Ensaio de Fadiga	5	300	Rever projeto dos reforços	Grupo de Trabalho Imediatamente	Reprojetado a cinta de fixação substituído reforços por estampo	10	2	3	60
					Especificação de material incorreta	1	Especificação do material conforme norma	4	40	Nenhuma	Grupo de Trabalho	-----				
	Fixação incorreta no veículo	Soltar o cj. Suporte e comprometer a integridade física dos usuários	10	Segurança	Falta de furação na cantoneira de fixação	5	Controle de fabricação e entrega de produto conf. Desenho	3	150	Rever projeto	Grupo de Trabalho Imediatamente	Acrescentar furação na cantoneira de fixação	10	2	1	20
	Oxidação da pintura	Usuário insatisfeito	3	Qualidade	Quantidade incorreta de tinta aplicada	3	Ensaio da camada de tinta	2	18	Nenhuma	Grupo de Trabalho	-----				
Armazenamento	Identificação errada do cj. da base	Envio de componente errado	3	Qualidade	Conferência incorreta do componente	3	Procedimento de registro de pedido e entrega de componentes	2	18	Nenhuma	Grupo de Trabalho	-----				
Armazenagem e identificação dos componentes	Identificação errada das cintas de fixação	Envio de componente errado	2	Qualidade	Conferência incorreta do componente	2	Procedimento de registro de pedido e entrega de componentes	2	8	Nenhuma	Grupo de Trabalho	-----				

Fonte: Elaborado pelo Autor

Montagem e solda das partes da Cinto de Fixação no gabarito	Chapa da cinto não monta	Perda de tempo com correção das peças	8	Processo	Seleção incorreta das chapas	2	Ordem de fabricação e desenho da peça	1	16	Nenhum								
	Reforço da cinto montado em posição errada	Interferência do reforço com o parafuso de fixação	6	Processo	Seleção do reforço errado	2	Gabarito com posição correta de montagem	1	12	Nenhum								
	Bucha de fixação não monta	Perda de tempo com devolução da mp e recebimento de um novo lote de mp	8	Processo	Recebimento de mp fora do especificado	2	Procedimento de recebimento de mp	2	32	Nenhum								
	Solda fora do especificado	Quebra da peça durante o uso	10	Processo	Regulagem errada da máquina de solda	1	Descritivo de regulagem da máquina de solda	2	20	Nenhum								
Formação de trinca devido a solda em sentido oposto ao de laminação da chapa					2	Ensaio de Fadiga	6	120	Rever projeto de uso do reforço	Grupo de Trabalho Imediatamente	Reprojetado a cinto de fixação substituindo reforços por estampo eliminando a solda	10	2	3	60			
Fabricação da Cantoneira de ligação	Regulagem errada da prensa para corte	Corte das peças com comprimento errado	6	Processo	Operador não conferir a ordem de fabricação	2	Ordem de fabricação com especificação do comprimento das cantoneiras a serem cortadas	1	12	Nenhum								
	Regulagem errada da prensa para furação	Realização da furação em posição errada	8	Processo	Operador não conferir a ordem de fabricação	3	Ordem de fabricação com especificação da posição do furo em função do comprimento da cantoneira	1	24	Nenhum								
Montagem e solda das partes do conjunto do suporte no gabarito	Base de apoio não monta no gabarito	Perda de tempo com correção das peças	6	Processo	Operador não utilizar o gabarito de fabricação da base de apoio	1	Procedimento e ordem de fabricação da base de apoio	1	6									
	Seleção da cantoneira com comprimento errado	Perda de tempo com retrabalho da peça	3	Processo	Operador não conferir o comprimento da cantoneira	1	Procedimento de montagem do conjunto do suporte	1	3									
	Solda fora do especificado	Quebra do suporte durante o uso	10	Processo	Regulagem errada da máquina de solda	1	Descritivo de regulagem da máquina de solda	2	20	Nenhum								
Formação de trinca devido a solda em sentido oposto ao de laminação da chapa nas regiões dos reforços					2	Ensaio de Fadiga	6	120	Rever projeto de uso do reforço	Grupo de Trabalho Imediatamente	Reprojetado a base de apoio substituindo reforços por estampo e alterado a posição da solda	10	2	3	60			
Pintura do conjunto da base e da cinto de fixação	Oxidação da pintura	Cliente insatisfeito	6	Qualidade	Camada de tinta insuficiente	6	Inspeção visual	5	180	Alterar processo de pintura	Grupo de Trabalho Imediatamente	Alterdo processo de pintura líquida para pintura por imersão	6	1	3	18		
Montagem das partes no conjunto	Falta de componentes	Cliente insatisfeito	6	Processo	Falha do operados	2	Instrução (desenho) de montagem	2	24									

Fonte: Elaborado pelo Autor

Empresa	Indústria Mecânica FDL Ltda			
Elaborado por	Leandro Sperandio Rodrigues			
Data:	10/05/2007			
Parte do produto a ser alterado	Descrição da alteração	Ações necessárias	Data de implantação	Local de fabricação
Cantoneira de ligação	Acrescentar furação	Projetar e fabricar ferramenta para furação na prensa	Abr/07	Interno
Cinta de fixação	Eliminar reforço soldado por estampo	Projetar e fabricar ferramenta para estampo na prensa	Mai/07	Terceiro
Base de apoio	Eliminar reforço soldado por estampo	Projetar e fabricar ferramenta para estampo na prensa	Mai/07	Estampo dianteiro – Terceiro Estampo traseiro – Interno
Pintura do produto	Alterar processo de pintura líquida com pistola para pintura por imersão	Projetar e fabricar tanque para imersão dos produtos	Abr/07	Interno
Sócio:	Assinatura:			
Sócio:	Assinatura:			

Figura 83 – Plano de melhorias e alterações a realizar

Fonte: Elaborado pelo Autor (2006)

4.5 Execução do plano de melhorias e alterações realizadas e homologação dos ganhos obtidos

Os especialistas da empresa, ao analisarem as informações do DOE, QFD e FMEA, e levando em conta as condições técnicas e financeiras da empresa, definiram as modificações a serem realizadas no produto as quais foram executadas conforme a definição do documento ‘Plano de melhorias e alterações a realizar’ (Figura 83).

3.5.1 Melhorias realizadas

Os especialistas definiram que as modificações deveriam ser iniciadas pela cantoneira de ligação porque a ferramenta para a furação seria de fácil fabricação se comparada às ferramentas da cinta e da base de apoio. O desenho da ferramenta é mostrado na Figura 84.

Na seqüência, dentro da empresa, foi fabricada a ferramenta para o estampo traseiro da base de apoio, Figura 85. Devido aos prazos definidos de implantação das melhorias, as ferramentas para estampo da cinta e estampo dianteiro da base foram fabricadas por terceiros.

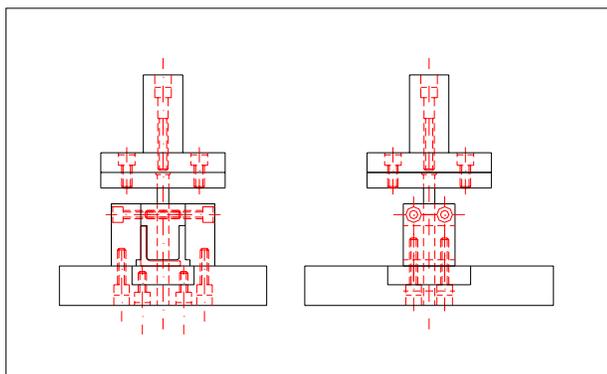


Figura 84 – Desenho da ferramenta para furação da cantoneira de ligação

Fonte: Elaborado pelo Autor

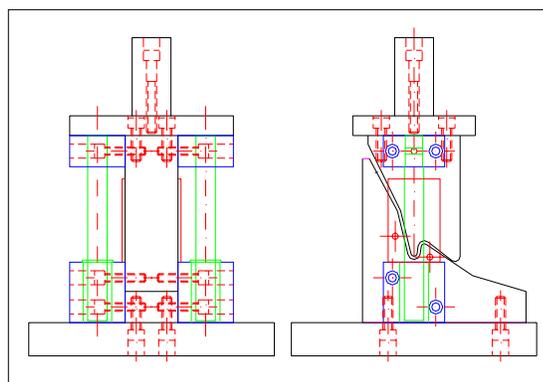


Figura 85 – Desenho da ferramenta para estampo traseiro da base de apoio

Fonte: Elaborado pelo Autor

Ao mesmo tempo, enquanto eram fabricadas as ferramentas, foram consultados fornecedores de tinta, a fim de definir o tipo de tinta a ser utilizada e projetar o dimensional e características do tanque necessário para realização da pintura por imersão. Todas as alterações foram implementadas conforme o planejado, sendo que o processo de pintura foi o primeiro a ser implantado gerando ganhos de redução de tempo e melhora visual da qualidade da pintura.

4.5.2 Ganhos obtidos

Em função das melhorias proporcionadas pela introdução dos novos dispositivos e processo, ganhos foram obtidos. Estes ganhos listados na seqüência, também, foram descritos no documento ‘Homologação de melhorias e ações realizadas’ (Figura 90).

- A partir da implantação da ferramenta de furação da cantoneira, foi obtido ganho em relação ao tempo de operação, uma vez que foi excluída a operação de retirada da rebarba do furo. Esta última não agregava qualquer valor ao processo. Também a qualidade de acabamento da furação foi ampliada.

- A partir da implantação das ferramentas de estampo da base e da cinta para eliminação de reforços, houve redução do material utilizado no reforço, substituídos pelos estampos. Conseqüentemente, ocorreu diminuição do tempo de montagem do produto pela eliminação da solda na cinta e facilitação de posicionamento da base em relação à cantoneira. Houve diminuição do tempo de limpeza da peça, já que os respingos de solda foram reduzidos pela não-inserção de reforços soldados.

- A partir da alteração do processo de pintura líquida por pistola para imersão em tanque, houve melhora da qualidade superficial devido à troca da tinta utilizada. Também houve melhora do ambiente de pintura para o operador, uma vez que a tinta dispersada pela pistola no ambiente foi eliminada. Outros ganhos que podem ser mencionados incluem a redução de perda da tinta devido a esta não ser mais dispersada no ambiente; redução do tempo de pintura com a opção de pintar mais peças ao mesmo tempo.

O ganho total em tempo para produção/montagem foi da ordem de 30 minutos por peça.

No que diz respeito ao reconhecimento por parte dos clientes, em relação às melhorias implantadas e à qualidade proporcionada pelas alterações, pode-se dizer que foi uma resposta percebida através da manutenção do mercado, que é bastante concorrido.

As figuras: Figura 86, Figura 87 e Figura 88 mostram as alterações proporcionadas pelas ferramentas de furação e estampo na base do suporte e na cinta de fixação. A Figura 89 mostra o conjunto do suporte com todas as melhorias implantadas.



Figura 86 – Base do Suporte (modelo original)

Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 87 - Base do suporte (modelo alterado)

Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 88 – Cinta do suporte (Alterada)

Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 89 – Suporte para fixação de cilindro GNV

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da melhoria da qualidade do produto ofertado ao mercado (funções prática e estética), este trabalho tinha como objetivo a fidelização e a captação de novos clientes em função das melhorias obtidas.

A qualidade obtida em função das melhorias foi visualizada rapidamente pelos atuais clientes da empresa, visto que clientes que compravam produtos do concorrente passaram a adquirir o pacote completo de itens que compõem o suporte para fixação do cilindro na empresa sob estudo.

No entanto, a captação de novos clientes ficou comprometida em função da crise Boliviana, iniciada em maio de 2007, e devido à falta de planejamento do governo brasileiro no setor de gás natural, onde o mesmo fez campanha para conter o consumo do gás natural. Outro aspecto é que o gás natural veicular foi o combustível automotivo com maior aumento de preço em 2007 (7,85%), devido à retirada de descontos por parte da Petrobras e à alta do preço do petróleo no mercado internacional. Com isto a demanda de instalações de Kits GNV foi retraída em 32% em 2007 em comparação ao ano de 2006 (GASNET, 2008). Em outras palavras, houve uma retração de mercado que inviabilizou a captação de novos clientes.

Ganhos em termos de conhecimento tácito - explícito e de aprendizagem sobre o produto/processo em relação à equipe ocorreu com a apresentação e conhecimento das ferramentas. A participação, o entendimento das ferramentas e o envolvimento de todos durante este trabalho foi o principal fator que possibilitou as melhorias obtidas ao produto.

Empresa	Indústria Mecânica FDL Ltda
Elaborado por	Leandro Sperandio Rodrigues
Data:	11/12/2007
Descrição dos ganhos obtidos:	
<p>- A partir da implantação da ferramenta de furação da cantoneira, foi obtido ganho em relação ao tempo de operação, uma vez que foi excluída a operação de retirada da rebarba do furo. Esta última não agregava qualquer valor ao processo. Também a qualidade de acabamento da furação foi ampliada.</p> <p>- A partir da implantação das ferramentas de estampo da base e da cinta para eliminação de reforços, houve redução do material utilizado no reforço, substituídos pelos estampos. Conseqüentemente, ocorreu diminuição do tempo de montagem do produto pela eliminação da solda na cinta e facilitação de posicionamento da base em relação à cantoneira. Houve diminuição do tempo de limpeza da peça, já que os respingos de solda foram reduzidos pela não-inserção de reforços soldados.</p> <p>- A partir da alteração do processo de pintura líquida por pistola para imersão em tanque, houve melhora da qualidade superficial devido à troca da tinta utilizada. Também houve melhora do ambiente de pintura para o operador, uma vez que a tinta dispersada pela pistola no ambiente foi eliminada. Outros ganhos que podem ser mencionados incluem a redução de perda da tinta devido a esta não ser mais dispersada no ambiente; redução do tempo de pintura com a opção de pintar mais peças ao mesmo tempo.</p> <p>- O ganho total em tempo para produção/montagem foi da ordem de 30 minutos por peça.</p> <p>- A qualidade obtida em função das melhorias foi visualizada rapidamente pelos atuais clientes da empresa, visto que clientes que compravam produtos do concorrente passaram a adquirir o pacote completo de itens que compõem o suporte para fixação do cilindro na empresa sob estudo.</p> <p>- No entanto, a captação de novos clientes ficou comprometida em função da crise Boliviana, iniciada em maio de 2007, e devido à falta de planejamento do governo brasileiro no setor de gás natural, onde o mesmo fez campanha para conter o consumo do gás natural. Outro aspecto é que o gás natural veicular foi o combustível automotivo com maior aumento de preço em 2007 (7,85%), devido à retirada de descontos por parte da Petrobras e à alta do preço do petróleo no mercado internacional. Com isto a demanda de instalações de Kits GNV foi retraída em 32% em 2007 em comparação ao ano de 2006 (GASNET, 2008). Em outras palavras, houve uma retração de mercado que inviabilizou a captação de novos clientes.</p>	
Sócio:	Assinatura:
Sócio:	Assinatura:

Figura 90 – Homologação de melhorias e ações realizadas

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura consultada apresenta modelos de referência para o PDP, porém não apresentam casos completos de aplicação das ferramentas utilizadas de forma integrada nas fases de projeto do produto (informacional, conceitual e detalhado). Assim, os autores Rozenfeld et al. (2006) e Creveling (2002) serviram de suporte para o desenvolvimento de um caso real de aplicação das ferramentas indicadas para as fases mencionadas.

Neste trabalho foi realizada a melhoria de um suporte para cilindro de GNV, a partir de um método que integrou ferramentas que permitiram a conversão de requisitos em soluções de projeto, durante as fases de projeto informacional, conceitual e detalhado do PDP. O desenvolvimento do trabalho proporcionou para empresa o entendimento da utilização das ferramentas projeto de maneira combinada, onde a informação de saída de uma ferramenta foi utilizada como informação de entrada na ferramenta seguinte. Foi realizada a aplicação conjunta das ferramentas: Pesquisa de mercado, QFD, DOE, Análise Morfológica, Matriz de Pugh e FMEA. Ao final da fase de projeto detalhado foram implementadas melhorias no produto. Importante ressaltar que a integração do fluxo de informações auxilia na rastreabilidade ao longo das fases dentro e entre ferramentas.

Este exemplo prático de uso combinado das ferramentas foi iniciado pelo diagnóstico inicial da empresa, após, na fase de projeto informacional com a utilização das ferramentas de Pesquisa de mercado e QFD, foram identificados os requisitos dos clientes para o produto suporte para fixação de cilindro GNV, e após foram traduzidos em requisitos do produto.

Na fase de projeto conceitual, através da utilização das ferramentas de DOE, Análise Morfológica e Método de Pugh foram definidas as alternativas e especificações do produto. Na fase de projeto detalhado, foram utilizadas as ferramentas de QFD e FMEA para priorizar o desenvolvimento/alteração do produto em função das suas especificações. Após a priorização foi executado um plano de melhorias e alteração, onde ao final os ganhos obtidos foram descritos.

Sob o ponto de vista de conversão de requisitos em soluções de projeto, é muito importante o emprego das matrizes de QFD, pois elas são responsáveis por permitirem a rastreabilidade das informações, facilitando a gestão das mudanças de requisitos. Em outras palavras, se algum parâmetro for alterado numa matriz processo, por exemplo, automaticamente haverá uma re-priorização nas matrizes antecedentes, partindo-se do pressuposto de que estas matrizes estão vinculadas entre si. Neste trabalho o enfoque dado até o detalhamento do processo levou ao desdobramento dos requisitos até a matriz de processo do QFD.

Neste trabalho foi atingido o objetivo de criação de um exemplo real de integração de métodos e ferramentas, como também os de melhoria do produto. As melhorias obtidas no produto e processo são funções das limitações técnicas e financeiras da empresa fabricante. As soluções de melhoria foram priorizadas e operacionalizadas a partir de recursos existentes nos próprios métodos e ferramentas aplicadas. O QFD e o FMEA, por exemplo, contribuíram fortemente para o encontro de soluções ajustadas à realidade da empresa.

Dentre as melhorias obtidas incluem-se: a furação na cantoneira de ligação; a substituição de reforços soldados por estampos e conseqüentemente a diminuição de itens soldados; a alteração do processo de pintura passando de pistola para o processo de imersão.

É importante salientar que a facilidade de uso das ferramentas é função da cultura, da maturidade da empresa e do conhecimento técnico para uso das mesmas. A realização deste trabalho só foi possível devido à busca do conhecimento acadêmico de um dos sócios da empresa, o qual aplicou o conhecimento adquirido na busca de melhorias para o seu produto, buscando atender as demandas dos seus clientes.

Para trabalhos futuros sugere-se o teste do modelo de integração em outros projetos de melhoria, bem como, projetos que envolvam maior grau de inovação e complexidade. Procurar e testar outras ferramentas que possam ser integradas.

REFERÊNCIAS

- AKAO, Y. *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, Productivity Press, 1990.
- BAXTER, M; *Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos*. Editora: Edgard Blucher, 2000.
- BERK, J; BERK, S. *Administração da Qualidade Total: O Aperfeiçoamento contínuo*. São Paulo - Ibrava, 1997.
- CARNEVALLI, J.A.; SASSI A.C., MIGUEL P.A.C., *Aplicação do QFD no Desenvolvimento de Produtos: Levantamento Sobre seu Uso e Perspectivas para Pesquisas Futuras*. Gestão e Produção v.11, 2004.
- CHENG, L.C.; FILHO L.R.M., *QFD: Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de desenvolvimento de Produtos*. Blucher, São Paulo, 2007.
- CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T., *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Boston-Mass.: Harvard Business School Press, 1991.
- CLARK, K.B. and WHEELWRIGTH, S.C., *Managing New Product and Process Development*, Free Press, New York, 1993.
- CRAWFORD, M. and BENEDETTO, C.A., *New Products Management*, McGraw Hill, Boston, 2000.
- CREVELING, C.M.; *Design for Six Sigma in Technology and Product Development*. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- DORO, M.M., *Sistemática Para Implantação da Garantia da Qualidade em Empresas Montadoras de Placas de Circuito Impresso*, Dissertação (Mestrado em Metrologia) UFSC Florianópolis, 2004.
- ECHEVESTE, M. E. Uma Abordagem para a Estruturação e Controle do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003
- ECHEVESTE, M. E.; PAULA, I. C., *Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Material de Suporte – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRGS*. Porto Alegre, 2006.
- ECHEVESTE, M. E.; DANILEVICZ A. M. F., *Engenharia de Produto: QFD e FMEA – Material de Suporte – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRGS*. Porto Alegre 2006.
- EXPO GNV, *Expo GNV 2007 se dará em um cenário excitante para o gás*, Disponível em: http://www.gasnet.com.br/novo_reportagens.asp?cod=162, acessado em 08/01/2007.

- FERNANDES J.M.R., REBELATO M. G., *Proposta de um Método para Integração entre QFD e FMEA*, Anais da Gestão e Produção v.13, n.2, 2006
- FERREIRA, H.S.R.; TOLEDO, J.C. *Metodologias e ferramentas de suporte à gestão do PDP na indústria Brasileira de auto-peças*. 3º Congresso Brasileiro De Gestão Do Desenvolvimento De Produtos. Florianópolis, setembro 2001.
- FONSECA, J. S., MARTINS, G.A. *Curso de Estatística*, Editora Atlas S.A., 1992.
- FORD MOTOR COMPANY. *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*, Reference Manual, 1988.
- FRAGOSO, H. R. *O ciclo de desenvolvimento do produto da Volkswagen caminhões e ônibus*. CD-ROM. Anais do 1º Congresso Brasileiro de gestão de desenvolvimento de produtos, Belo Horizonte, 1999.
- FRANCO, M.A.S., *Pedagogia da Pesquisa-Ação*. Educação e Pesquisa, São Paulo v.31, n.3, 2005.
- GASNET, *Cai 31% o número de carros convertidos para GNV em 2007*, Disponível em: http://www.gasnet.com.br/novo_artigos.asp?cod=1398, acessado em 15/02/2008.
- GUIMARÃES, L. B. de M., *Desenvolvimento de metodologia para design e avaliação de interfaces: relatório de projeto*. Porto Alegre: CIENTEC, 1995.
- JUDD, T.C., *Program Level Design for Six Sigma*, Six Sigma Solutions Cognition Corporation and SAE International, 2005.
- HUSTAD, T. P, "Reviewing Current Practices in Innovation Management and a Summary of Selected Best-Practices," in *The PDMA Handbook on New Product Development*, Milton C. Rosenau, Abbie griffin, Ned Anschuetz, and George Castelion, (eds.), John Wiley & Sons: New York., 1996.
- INMETRO, *Produtos e Serviços com conformidade avaliada*, Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/prodcert/produtos/lista.asp>, acessado em 21/02/2007.
- IRIGARAY, H.A.; VIANNA, A.; NASSER, J. E.; LIMA L. P. M., *Gestão e Desenvolvimento de Produtos e Marcas*. Editora FGV, 2007.
- ISIXSIGMA, *Pugh Matrix*, Disponível em: http://www.isixsigma.com/dictionary/Pugh_Matrix-384.htm, acessado em: 27/11/2006.
- LEAL, F.; PINHO, A.F.de; ALMEIDA, D.A., *Análise de Falhas Através da Aplicação do FMEA e da Teoria Grey*. Congresso Brasileiro de Energia, 10. Revista Gestão Industrial, v.02, n. 01, 2006.
- MALHOTRA, N.K., *Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada*. Editora Bookman, 2001.
- MACHADO, M.C.; TOLEDO, N.N., *Criação de Valor No Processo de Desenvolvimento de*

- Produtos: Uma Avaliação da Aplicabilidade dos Princípios E Práticas Enxutas*. Revista Gestão Industrial v.02, 2006.
- MATTOS, V.L.D., *Identificação de Efeitos de Dispersão em Experimentos com Poucas Replicações*. Tese de Doutorado (Engenharia de Produção). Florianópolis, 2004.
- MATTAR F. N., *Pesquisa de Marketing*. Editora: Atlas, 2001.
- MONTGOMERY D.C., *Design and analysis of experiments*. John Wiley&Sons, 1997.
- NOGUEIRA T.M. et al., *Quality assurance: an application of the production startup of a new engine line .Proceedings of the 5th International Symposium on Quality Function Deployment*. Belo Horizonte, 1999.
- NUMA, Núcleo de Manufatura Avançada, *Conhecimentos sistematizados pelo NUMA*, Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/index.html, acesso em: novembro 2007.
- PAHL, G. And BEITZ, W., *Engineering desing – a systematic approach*. Springer, New York, 1996.
- PAHL, G. And BEITZ, W., *Engineering desing – a systematic approach*. Springer, New York, 2006.
- PAULA, I.C. *Modelo Referencial para Processo de Desenvolvimento de Produtos Farmacêuticos*. (Doutorado em Engenharia de Produção) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- PETROBRÁS. *Relacionamento com investidores. Petrobrás em Ações*. Ano VI n.21/Setembro de 2006 – Plano de Negócios 2006-2007.
- POLIGNANO, L.A.C., DRUMONND, F.B., *O Papel da Pesquisa de Mercado Durante o Desenvolvimento de Produtos*, Anais do 3º Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produto, Florianópolis-SC 2001.
- PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P. & LA FUENTE, D. de., *A decision support system for applying failure mode and effects analysis*. International Journal of Quality & Reliability Management, n.2, v. 19, 2002.
- RIBEIRO, J.L.D., ECHEVESTE M. E., DANILEVICZ A. M. F. *Série monográfica Qualidade – A Utilização do QFD na Otimização de Produtos, Processos e Serviços*, FEENG/UFRGS, 2001.
- RIBEIRO, J.L.D., CATEN, C.T. *Série monográfica Qualidade – Projeto de Experimentos*, FEENG/UFRGS, 2003.
- ROZENFELD, H; FORCELLINI, F. AMARAL, D.C; TOLEDO, J; ALLIPRANDINI, D. SILVA, S. L. e SCALICE, R. *Gestão de Desenvolvimento de Produto: Uma referência para Melhoria do Processo*. Editora Saraiva, 2006.

- SASSI, A.C.; MIGUEL P.A.C., *Análise de Publicações Sobre o QFD no Desenvolvimento de Serviços e Produtos*, Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba-PR, 2002.
- SILVA, E.L., MENEZES E.M., *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. UFSC, Florianópolis-SC, 2000.
- SULGÁS, *Novo recorde para o GNV - Coord. de Mkt. e Comunicação*, Disponível em: <http://www.sulgas.rs.gov.br/index.asp?SECAO=2&SUBSECAO=0>, acessado em: 08/01/2007.
- SULLIVAN, L. P. *Quality Function Deployment*. Quality Progress. Milwaukee, 1986.
- THIOLLENT, M., *Metodologia da Pesquisa-Ação*. São Paulo: Cortez. 1996.
- TOJAL, F., *Expectativas de Gás Natural para o Brasil*, Disponível em: <http://www.dep.fem.unicamp.br/boletim/BE12/artigo4.htm>, acessado em 09/01/2007.
- VIEIRA, S.R. e STANGE, P. *Um sistema de gerenciamento da qualidade para fábricas montadoras com ênfase no método de Taguchi e QFD*. Anais 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Piracicaba, 1996.
- ZILLI, C.A., *Desenvolvimento de um Modelo de Melhorias de Processos e Projetos com Base no Gerenciamento dos Custos da Qualidade em um Ambiente de Gestão por Atividades*, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) UFSC, Florianópolis 2003.

APÊNDICE A

Questionário Aberto Estimulado

Estamos realizando uma pesquisa para melhor entender o mercado de suporte para cilindro de Gás Natural Veicular (GNV).

Suas informações nos ajudarão a entender as suas necessidades. Obrigado.

Perguntas:

1. Como você programa a compra do suporte para cilindro GNV?

2. Que características fazem você comprar uma determinada marca de suporte para cilindro GNV?

3. Em sua opinião, qual é o motivo que faz com que o cliente (proprietário do carro) opte por utilizar suporte para cilindro GNV duplo ou simples?
Simples:

Duplo:

4. Como você define o diâmetro do cilindro que será utilizado na conversão?

5. O que você gostaria que o mercado oferecesse que você não ainda não viu na linha de suportes para cilindro GNV? (respeitando as normas vigentes)

6. Como você programa a conversão do carro com o cliente?

APÊNDICE B

Lista de Demandas das Oficinas Instaladoras

Instaladores – Convertedores

Qualidade / Estética	6,08
Pintura com bom acabamento	3
Montagem correta no carro	3
Parafusos de fixação no carro	2,42
Suporte com furação	2,17
Fornecido em Kit fechado	2
Flexibilidade - Praticidade na personalização	1,75
Espessura do material correta (qualidade)	1,5
Rapidez de entrega	1,33
Boa resistência e acabamento da solda	1,17
Reforçado	1,14
Preço	1
Mais Leve	1
Sem retrabalho para montagem	0,92
Modelo para montagem embaixo do carro	0,83
Não apresente problemas na garantia	0,75
Frete	0,33
ocupar pouco espaço no porta malas	0,33
Ser homologado	0,33
Borracha da cinta cobrindo o cilindro	0,25
Capa cobrindo os parafusos	0,2
Segurança	0,2

APÊNDICE C

Lista de Demandas dos Clientes Finais

Clientes Finais

Não ocupe muito lugar no porta malas	5,42
boa fixação no carro	5
segurança	4,23
Material resistente	4
seguro na fixação do cilindro	3,21
Preço Acessível	2
Bom acabamento (Estética)	1,87
Fixar bem o cilindro para não ficar fazendo barulho	1,42
com cobertura resistente a corrosão que não danifique malas	1,03
medo, receio	1
Reforçado em camionetes com chave para não roubarem	1
economia ao sistema	0,83
com certificação	0,7
Deve ser de fácil manuseio	0,58
atendimento ou assistencia tecnica	0,53
Futuro	0,5
Custo de adaptação ao carro	0,5
Ficar escondido	0,5
Possuir diferentes tipos de suporte (para cada tipo de veiculo)	0,5
Cobrir o cilindro	0,5
material leve, para reduzir a carga extra no carro	0,49
não influenciar na estrutura do carro	0,48
Bom funcionamento ao sistema	0,42
lugares de abastecimento, que não dificulte o uso	0,33

APÊNDICE D

Pesquisa Quantitativa

Questionário Fechado

Favor não preencher este quadro
Entrevistador: _____ Data : _____

Uma empresa fabricante de suportes para fixação de cilindros GNV pretende melhorar seu produto. Para isso precisamos de sua Resposta este questionário com atenção e sinceridade.
Obrigado pela colaboração.

Nas questões de 1 a 4 gostaríamos que você expressasse sua opinião quanto a importância dos itens listados em relação aos suportes para fixação de cilindros GNV. (Marque somente uma opção em cada linha)

	Quase sem Importância		Pouco Importante		Indiferente		Importante		Muito Importante	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Qualidade do produto:										
Ser resistente										
Ter bom acabamento na solda										
Ser robusto apresentando segurança na fixação do cilindro										
Possuir chapa de proteção para modelos montados abaixo do carro										
Possuir pintura com bom acabamento e que não rache ao manipular as cintas										
2. Layout do Produto										
Ocupar pouco espaço no porta-malas										
Carro tipo Hatch utilizar suporte para dois cilindros de diâmetro pequeno (230 a 260)										
Carro tipo Sedan utilizar suporte para um cilindro de diâmetro maior (323 a 390)										
Escolha em função da autonomia independente do espaço no porta malas										
Escolha em função do espaço no porta malas independente da autonomia										
Existência de modelos para montagem embaixo do carro										
3. Aspecto Comercial										
Possuir preço baixo										
Possuir preço diferenciado para compra em lotes										
Ser fornecido com os outros componente do kit (kit fechado)										
Ser entregue no mesmo dia										
Ser entregue no dia seguinte										
Preço maior para suportes especiais como os montados abaixo do carro										
Ser divulgado através de fax										
Ser divulgado através de e-mail										
Ser divulgado através de revistas especializadas										
4. Diferencial do produto										
Possuir desenho indicativo de montagem no carro										
Assistência técnica na mesma cidade										
Ser de fácil instalação										
Ser entregue furado e com os parafusos de fixação										
Ter um distribuidor na sua cidade										
Ter flexibilidade de fabricação de suportes especiais (novos modelos)										

5. Numere de 1 (mais importante) a 4 (menos importante) a importância de cada item abaixo:

(Não utilize o mesmo número mais de uma vez)

Qualidade do produto:	()
Layout do Produto	()
Aspecto comercial	()
Diferencial do produto	()

6. Quanto você pagaria por um suporte entregue **sem parafusos de fixação** no carro nas seguintes configurações:

	Tipo de suporte	Nº de Cilindros	Diâmetro do cilindro	Valor Pago
a)	Rasteiro	1	230 até 273mm	R\$.....
b)	Rasteiro	1	323 até 390mm	R\$.....
c)	Rasteiro	2	230 até 273mm	R\$.....
d)	Rasteiro	2	323 até 390mm	R\$.....
e)	Suspensão	1	230 até 273mm	R\$.....
f)	Suspensão	1	323 até 390mm	R\$.....
g)	Suspensão	2	230 até 273mm	R\$.....

7. Você conhece os suportes da Indústria Mecânica FDL Ltda?

() Sim () Não

8. Você gostaria de receber informações sobre os produtos da Indústria Mecânica FDL Ltda?

() Sim () Não

10. Informações do entrevistado

Nome:
Cargo:
Empresa:
e-mail:
Número médio de conversões mensal:

Indústria Mecânica FDL Ltda Rua Antônio Ártico, 170 - B. Centro Caxias do Sul - RS CEP: 95020-300 Fone: (54) 3223.6713 Fax: (54) 3221.5798
--

APÊNDICE E

Tabela de sinais para cálculo dos efeitos

Trat	x1 (A)	x2 (B)	x3 (C)	r1	r..	r18	Total
1	-1	-1	-1	70,0	..	60,0	1275,0
a	1	-1	-1	75,0	..	70,0	1613,0
b	-1	1	-1	125,0	..	130,0	1905,0
ab	1	1	-1	135,0	..	140,0	2450,0
c	-1	-1	1	80,0	..	80,0	1390,0
ac	1	-1	1	85,0	..	90,0	1815,0
bc	-1	1	1	125,0	..	130,0	1905,0
abc	1	1	1	165,0	..	180,0	2950,0
T.... = Soma yijkl							15303,0
Soma (yijkl)2							1899559,0
SQ total							273296,4