

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial

**SISTEMÁTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DE
ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÃO POR
COORDENADAS NA CADEIA DE
SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de Mestre em Metrologia

Cristiana Zanatta Viana

Florianópolis, 14 de dezembro de 2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SISTEMÁTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Cristiana Zanatta Viana

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

“MESTRE EM METROLOGIA”

e aprovada na sua forma final pelo

Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial

Prof. André Roberto de Sousa, Dr.

ORIENTADOR

Prof. Marco Antônio Martins Cavaco, Ph. D

COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Carlos Alberto Schneider, Dr. Eng.

Prof. Armando Albertazzi Gonçalves, Dr.Eng.

Prof. Gustavo Daniel Donatelli, Dr. Eng.

Anésio Mariano Júnior, Eng.

*Dedico esta dissertação aos meus pais, Ricardo e Olga e a
minha irmã, Fabiana.*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, que me proporcionou uma alta capacitação e; aos professores, que muito contribuíram para isso.

Em especial ao Professor André Roberto de Sousa, pela dedicação, paciência e orientação neste trabalho, pelo incentivo para a realização do mestrado e por todo o apoio e amizade nesse período.

Ao professor Gustavo Donatelli que me incluiu nos seus grupos de estudo e sempre me auxiliou nos trabalhos do mestrado.

À Daimler Chrysler do Brasil, que disponibilizou seus recursos para a execução do caso prático e, em especial ao Anésio, pela ajuda e dedicação na execução deste trabalho.

À GM, VW e Renault por terem permitido a realização das visitas nas suas instalações e disponibilizado as informações necessárias.

Aos meus pais e minha irmã que me apoiaram nesse período, e mesmo distantes, nunca deixaram de estar presentes e contribuindo para o meu crescimento.

À vó Lala pela força e apoio concedidos no início do mestrado, que muito me auxiliaram na adaptação desta nova realidade. Além, é claro, da fundamental importância que representou para mim a sua agradável companhia, tendo em vista que fortaleceu ainda mais nossos vínculos afetivos.

Aos meus amigos do mestrado que apesar das brincadeiras, proporcionaram um ambiente de descontração e muito aconchegante, tornando esses momentos inesquecíveis.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 7 |
| LISTA DE TABELAS | 9 |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | 10 |
| RESUMO..... | 11 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| 1 GARANTIA DA QUALIDADE DIMENSIONAL DE PRODUTOS COMPRADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA..... | 13 |
| 1.1 TERCEIRIZAÇÃO E AS NOVAS CONFIGURAÇÕES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NO BRASIL..... | 13 |
| 1.2 IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA GARANTIA DA QUALIDADE DE PRODUTOS COMPRADOS | 18 |
| 1.3 UMA PROPOSTA PARA A MINIMIZAÇÃO DE PROBLEMAS METROLÓGICOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA | 23 |
| 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 25 |
| 2 DESAFIOS NA GARANTIA DA QUALIDADE DOS FORNECEDORES DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA..... | 26 |
| 2.1 EVOLUÇÃO DAS CONFIGURAÇÕES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS..... | 26 |
| 2.1.1 Configurações das cadeias de suprimentos..... | 29 |
| 2.1.2 Características das configurações das cadeias de suprimentos | 32 |
| 2.1.3 Benefícios e problemas nas configurações da cadeia de suprimentos | 34 |
| 2.2 SISTEMÁTICAS ATUAIS DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO PRATICADAS PELAS MONTADORAS DE VEÍCULOS | 34 |
| 2.2.1 Características das sistemáticas de desenvolvimento do produto | 35 |
| 2.2.2 Realidade atual observada em montadoras de veículos no Brasil | 39 |
| 2.3 DESAFIOS NA GARANTIA DA QUALIDADE DIMENSIONAL DE PRODUTOS COMPRADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS | 41 |
| 2.3.1 Especificações geométricas inconsistentes | 42 |
| 2.3.2 Fluxo de informações técnicas “deficientes”..... | 44 |
| 2.3.3 Controle dimensional pouco confiável..... | 46 |
| 2.3.4 Gestão de recursos humanos | 48 |

| | |
|---|------------|
| 3 UTILIZAÇÃO DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA | 51 |
| 3.1 A TECNOLOGIA DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS | 51 |
| 3.2 REQUISITOS PARA A CONFIABILIDADE DOS RESULTADOS DE MEDIÇÃO ENTRE CLIENTES E FORNECEDORES | 56 |
| 3.3 DEFINIÇÃO ADEQUADA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS | 59 |
| 3.3.1 Interpretação do desenho do produto e das características da peça | 62 |
| 3.3.2 Definição do sistema de medição e análise das condições ambientais | 63 |
| 3.3.3 Procedimento de limpeza e estabilização térmica..... | 64 |
| 3.3.4 Modo de fixação e orientação do produto na MMC | 64 |
| 3.3.5 Definição das características de apalpação | 65 |
| 3.3.6 Definição do alinhamento matemático da peça..... | 67 |
| 3.3.7 Definição da estratégia de medição para cada tarefa de medição | 68 |
| 3.3.8 Execução e validação do processo de medição..... | 70 |
| 3.3.9 Geração do relatório de medição | 73 |
| 3.4 REALIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA | 73 |
| 4 DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMÁTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS | 77 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SISTEMÁTICA DESENVOLVIDA..... | 77 |
| 4.2 MÓDULOS INTEGRANTES DA SISTEMÁTICA | 82 |
| 4.2.1 Banco de dados de estratégias de medição por coordenadas..... | 82 |
| 4.2.1.1 Caracterização | 82 |
| 4.2.1.2 Consulta | 83 |
| 4.2.1.3 Conteúdo | 86 |
| 4.2.2 Documento <i>Plano de medição</i> | 88 |
| 4.2.3 Documento <i>estratégia de medição</i> | 90 |
| 4.2.4 Relatório de medição..... | 96 |
| 4.2.5 Validação do processo de medição..... | 98 |
| 4.3 ETAPAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA SISTEMÁTICA..... | 99 |
| 5 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA DESENVOLVIDA EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA | 105 |
| 5.1 CARACTERÍSTICAS DA GARANTIA DA QUALIDADE NA CADEIA DE SUPRIMENTOS ESCOLHIDA..... | 105 |

| | |
|--|------------|
| 5.2 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA..... | 110 |
| 5.3 RESULTADOS OBTIDOS E COMENTÁRIOS GERAIS..... | 119 |
| 6 DISCUSSÕES FINAIS E CONCLUSÕES..... | 123 |
| 6.1 ANÁLISE TÉCNICA E GERENCIAL DA SISTEMÁTICA APLICADA..... | 125 |
| 6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS PARA DESENVOLVER A SISTEMÁTICA..... | 133 |
| 6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 135 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 137 |
| ANEXOS | 146 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1: Hierarquização dos fornecedores..... | 14 |
| Figura 2: Fases do desenvolvimento integrado do produto [3]..... | 15 |
| Figura 3: Incidência de falhas no desenvolvimento do produto, adaptada de [4].. | 19 |
| Figura 4: Processos de medição diferentes potencializam divergências nos resultados [8]..... | 21 |
| Figura 5: Relatórios de medição não padronizados dificultam a comunicação [8] | 21 |
| Figura 6: Visão geral da sistemática proposta..... | 24 |
| Figura 7: Hierarquização dos fornecedores na cadeia de suprimentos, adaptada de [11] | 29 |
| Figura 8: Modelo para o processo de desenvolvimento do produto [3]..... | 36 |
| Figura 9: Problemas existentes no projeto do produto | 44 |
| Figura 10: Fluxo de informações nos processos de garantia da qualidade do produto [4] | 45 |
| Figura 11: Princípios da medição por coordenadas, adaptado de [39] | 53 |
| Figura 12: Elementos construtivos de máquinas de medir por coordenadas [41] . | 53 |
| Figura 13: Fatores que ocasionam divergências nos resultados das medição realizadas pelos fornecedores nas etapas de desenvolvimento do produto | 56 |
| Figura 14: Fontes de incerteza em um processo de medição por coordenadas [37], [42], [38] | 58 |
| Figura 15: Influência relativa das fontes de influência na medição com MMC [47] | 59 |
| Figura 16: Etapas para a definição de um processo de medição por coordenadas | 60 |
| Figura 17: Tipos de tolerâncias [32], [33] | 63 |
| Figura 18: Exemplo de dispositivos de fixação [41]..... | 65 |
| Figura 19: Recomendações para medições das superfícies de referência | 68 |
| Figura 20: Estrutura geral da sistemática proposta | 78 |
| Figura 21: Banco de dados estruturado pelo tipo de processo de fabricação | 83 |
| Figura 22: Índice do Banco de Dados de Estratégias de Medição | 85 |
| Figura 23: Definições e parâmetros para consulta ao banco de dados..... | 86 |

| | |
|---|-----|
| Figura 24: Modelo proposto para registro das estratégias de medição de cada tarefa de medição no banco de dados | 87 |
| Figura 25: Exemplo de definição de estratégia de medição segundo o banco de dados | 88 |
| Figura 26: Modelo proposto para o documento <i>plano de medição</i> | 90 |
| Figura 27: Modelo proposto para o documento <i>estratégia de medição</i> | 94 |
| Figura 28: Possibilidades para a proposição de uma nova estratégia de medição | 95 |
| Figura 29: Modelo proposto para o fornecedor registrar uma nova estratégia de medição de uma determinada tarefa de medição | 96 |
| Figura 30: Fluxograma para a definição do conteúdo do relatório de medição [8] | 97 |
| Figura 31: Fluxograma das etapas para a implantação da sistemática proposta | 100 |
| Figura 32: Fluxograma do processo atual utilizado pela montadora de veículos para a realização dos testes dimensionais nas amostras fornecidas..... | 107 |
| Figura 33: Desenho representativo da peça utilizada no caso prático | 110 |
| Figura 34: Exemplo de estratégia de medição cadastrada no banco de dados .. | 112 |
| Figura 35: Inclusão do parâmetro <i>função do elemento</i> no índice do banco de dados | 113 |
| Figura 36: Resultados de medição obtidos pelo fornecedor e pela montadora... | 118 |
| Figura 37: Relação entre o grau de confiança nas medições realizadas pelos fornecedores e o tempo | 127 |
| Figura 38: Relação entre a quantidade de problemas nas medições realizadas pelos fornecedores e o tempo | 127 |
| Figura 39: Benefícios a serem obtidos pela utilização da sistemática proposta durante as etapas de desenvolvimento do produto..... | 128 |
| Figura 40: Previsão do tempo do ciclo de medição sem a utilização da sistemática..... | 129 |
| Figura 41: Previsão do ciclo de medição com a utilização da sistemática | 130 |
| Figura 42: Previsão dos custos para a garantia da qualidade das amostras fornecidas em relação aos testes dimensionais | 131 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1: Estruturas para o gerenciamento dos fornecedores adotadas por algumas montadoras de veículos instaladas no Brasil, adaptada de [18] | 31 |
| Tabela 2: Benefícios e problemas no relacionamento entre montadora de veículos e fornecedores [11], [18], [21], [23], [24]..... | 34 |
| Tabela 3: Evolução cronológica dos sistemas de gestão da qualidade, adaptado de [11] | 37 |
| Tabela 4: Características das sistemáticas atuais utilizadas pelas montadoras de veículos brasileiras para o desenvolvimento e a garantia da qualidade dos produtos comprados..... | 39 |
| Tabela 5: Aplicações da medição por coordenadas | 54 |
| Tabela 6: Normas existentes para a minimização das influências nos resultados de medição com a utilização de MMC's [42] | 58 |
| Tabela 7: Recomendações para os parâmetros da estratégia de medição | 69 |
| Tabela 8: Características das tarefas de medição observadas nas montadoras de veículos brasileiras..... | 74 |
| Tabela 9: Tolerâncias relacionadas aos tipos de medição | 84 |
| Tabela 10: Parcelas de custos com a implementação da sistemática | 132 |
| Tabela 11: Parcelas de custo sem a implementação da sistemática | 132 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|-----------------|---|
| MMC | <i>Máquina de Medir por Coordenadas</i> |
| APQP | <i>Advanced Product Quality Planning</i> |
| PPAP | <i>Processo de Aprovação de Peça de Produção</i> |
| GD&T | <i>Geometric Dimensioning and Tolerancing</i> |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| DMIS | <i>Dimensional Measuring Interface Standard</i> |
| EMP | <i>Evaluating the measurement process</i> |
| MSA | <i>Measurement System Analysis (Análise de Sistemas de Medição)</i> |
| VIM | <i>Vocabulário Internacional Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia</i> |
| DEM | <i>Documento estratégia de medição</i> |
| SM | <i>Sistema de medição</i> |
| DDF | <i>Departamento de Desenvolvimento do Fornecedor</i> |

RESUMO

A intensa terceirização na indústria automotiva ocorrida nos últimos 20 anos trouxe grandes desafios nas tratativas técnicas entre clientes e fornecedores. Para a garantia da qualidade dimensional dos produtos isso foi particularmente importante, pois peças de diversos fornecedores, precisam ser desenvolvidas e produzidas dentro de especificações geométricas bastante exigentes. Nesse contexto, as atividades metrológicas são cada vez mais indispensáveis, pois são a base da garantia da qualidade dos produtos, desde o desenvolvimento até o fornecimento. A garantia na qualidade dos componentes comprados pelas montadoras de veículos é fundamentada em relatórios de medições realizadas pelos fornecedores.

No entanto, nessas relações técnicas cliente-fornecedor é comum a ocorrência de discordâncias dos resultados de testes dimensionais, devido a diversas deficiências presentes na definição, realização e documentação das medições, tanto da montadora quanto do fornecedor. Esses problemas são notadamente mais freqüentes e críticos na medição por coordenadas, devido aos muitos parâmetros que definem um processo de medição. Na medição por coordenadas, estratégias de medição diferentes vão gerar resultados diferentes, potencializando riscos para a qualidade dos produtos.

Para minimizar esses problemas e buscar a garantia da qualidade dimensional de componentes comprados, esse trabalho propôs o desenvolvimento de uma sistemática para a padronização de estratégias de medição por coordenadas a ser empregada em cadeias de suprimentos de auto-peças. Essa sistemática propõe, através de várias ações realizadas durante as etapas de desenvolvimento do produto, que as estratégias de medição do fornecedor sejam definidas em conformidade com as estratégias de medição da montadora de veículos e tenham todos os seus parâmetros documentados e padronizados. A sistemática proposta foi aplicada em uma cadeia de suprimentos da indústria automotiva no Brasil e revelou-se bastante útil para assegurar resultados de medição por coordenadas confiáveis tanto no fornecedor como na montadora, e assim auxiliar para a comparabilidade entre esses resultados.

ABSTRACT

The intense outsourcing in the automotive industry in the last 20 years brought new challenges in the technical relationships between customers and suppliers. This is particularly important for the assurance of the dimensional quality of products, since parts of different suppliers have to be developed and produced fulfilling tight geometric specifications. In this context, the metrology activities are every day more important, because they are the base to the quality assurance of the products, from the development stages until the serial production.

The assurance in the quality of supplied components is based on measurement reports executed by the suppliers. However, the occurrence of divergences between measurement results of suppliers and automotive manufacturers is frequent, due to inconsistent definition, execution and documentation of measurements, of the automotive manufacturers and suppliers. These problems are more critical in the coordinate metrology, because of the many parameters that have to be defined in the measurement process. In coordinate metrology, different measurement strategies will generate different results, with risks to reach the desirable product quality.

To minimize these problems and achieve the dimensional quality of the supplied components, this work proposed the development of a methodology for the standardization of coordinate measurement strategies to be used in the supply chain of auto parts. This methodology consists of the execution of some strategic activities during the stages of product development, to assure that the supplier's measurement tasks will be defined according to recommendations of the assembly plant, and will have all the parameters registered and standardized.

The proposed methodology was applied in a supply chain of the automotive industry in Brazil and the results showed that its importance to assure reliable measurement results of the supplier and of the automotive manufacturers, and help in the comparability of these results.

1 GARANTIA DA QUALIDADE DIMENSIONAL DE PRODUTOS COMPRADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

1.1 TERCEIRIZAÇÃO E AS NOVAS CONFIGURAÇÕES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NO BRASIL

Os anos 90 foram marcados pela globalização do setor automobilístico nacional com a abertura do mercado brasileiro para os concorrentes estrangeiros, pela evolução tecnológica do mercado local, pelos planos de estabilização econômica e pelas políticas governamentais específicas, como os acordos setoriais e multilaterais de comércio. Com isso acabou a proteção com as empresas brasileiras, que durara quase trinta anos, revelando grandes discrepâncias tecnológicas, organizacionais e de qualidade dessas empresas com as suas matrizes nos Estados Unidos, Japão e Europa [1].

Essas mudanças contribuíram tanto para a elevação da demanda doméstica de veículos quanto para a modernização industrial, e forçaram a reestruturação e integração da cadeia de suprimentos da indústria automotiva brasileira. Foram realizadas fusões, aquisições e alianças entre empresas.

Até o início da década de 90, a estratégia das montadoras de veículos era calçada na verticalização dos fabricantes de veículos, criando um imenso parque metal-mecânico, dividindo a responsabilidade de ser competitiva com a indústria de autopeças. Após os anos 90, em um ambiente extremamente competitivo, os concorrentes globais demonstraram que colaborar com os fornecedores poderia trazer vantagens competitivas em relação aos custos, redução do tempo de desenvolvimento e entrega do produto, e rapidez na atualização da tecnologia do processo. Isso

proporcionou a adoção de uma nova estratégia pelas montadoras, a desverticalização, repassando diversas atividades, que antes eram de sua responsabilidade, para seus fornecedores, se dedicando a questões mais estratégicas e rentáveis, como pesquisa e desenvolvimento, projeto de novos produtos e comercialização de veículos.

Para administrar essas transformações, que implicam em um desfavorecimento das relações mais equilibradas e simétricas entre clientes e fornecedores, a indústria automotiva necessitou desenvolver mecanismos de reestruturação de toda a sua cadeia de suprimentos, iniciando uma nova forma de relacionamento, com as redes tecnológicas e comerciais hierarquizadas. Esse novo modelo vem sendo aplicado de forma diferenciada em função do relacionamento estabelecido entre montadoras de veículos e fornecedores, do grau de verticalização e da estrutura da montadora.

Assim, nessa configuração, as montadoras de veículos relacionam-se diretamente com um grupo seletivo de fornecedores, conhecidos como sistemistas ou de 1º nível, que são os responsáveis pelo desenvolvimento, produção, montagem e garantia da qualidade de um ou mais sistemas e componentes, além de administrar a integração entre os diversos subfornecedores (2º, 3º e demais níveis). Estes repassam as atividades de menor valor agregado para os fornecedores de 2º nível e assim por diante (Figura 1).

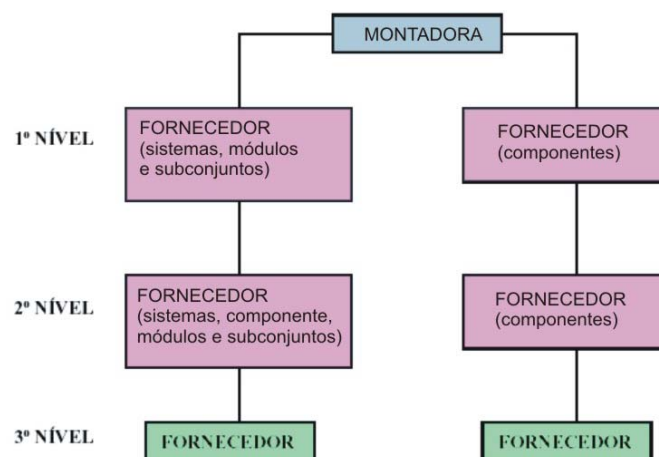


Figura 1: Hierarquização dos fornecedores

De certa forma, isso significa a eliminação do relacionamento direto da montadora de veículos com algumas empresas de autopeças, mas, por outro lado, implica em uma relação de dependência cada vez mais forte entre as empresas, podendo até assumir características de fornecimento exclusivo [2].

Nesse sentido, surgiu a necessidade de gerenciar as atividades para o desenvolvimento do produto e do processo nos fornecedores, sendo fundamental a cooperação, o comprometimento e a confiança entre os membros da cadeia, a troca de informações de maneira eficiente e confiável e, a disposição para identificar pontos falhos nas relações e estabelecer melhorias. De fato, isso não ocorrerá sem o rompimento das barreiras entre departamentos da montadora de veículos e entre empresas.

Ademais, para que o fornecimento do produto seja realizado com qualidade, atendendo as necessidades solicitadas e proporcionando um relacionamento mais harmonioso entre as empresas, é necessário que a montadora de veículos avalie, selecione e treine os seus fornecedores de maneira criteriosa. Todo esse processo requer tempo, recursos e investimentos concentrados não só nas fases iniciais, mas distribuídos ao longo do ciclo de vida do produto.

Complementar a isso, para que essa nova estrutura se adapte as exigências e a flexibilidade do mercado, é fundamental a realização de um processo de desenvolvimento integrado do produto, que deverá ter a participação do fornecedor e o acompanhamento da montadora de veículos. A Figura 2 apresenta um modelo muito aceito e utilizado pelas montadoras para o desenvolvimento de produto e processo.

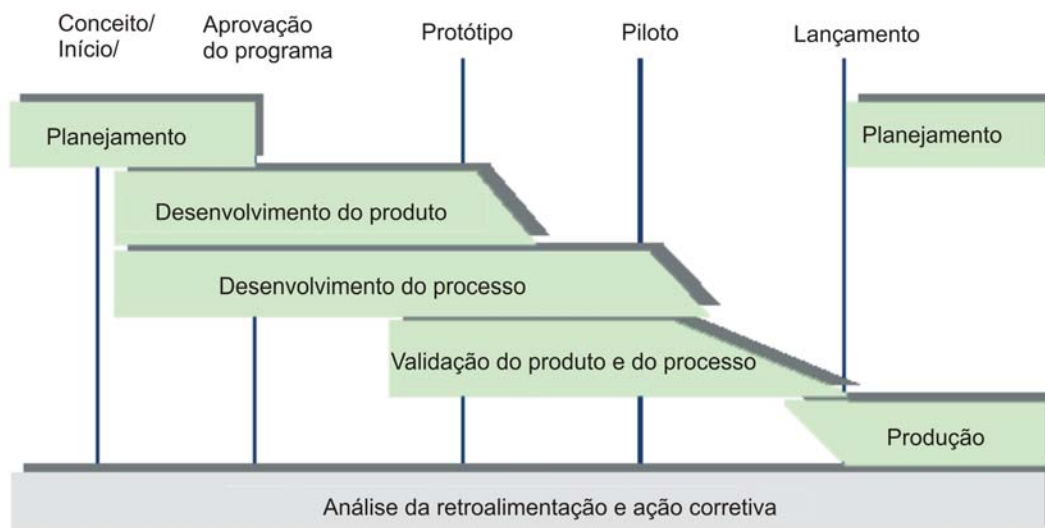


Figura 2: Fases do desenvolvimento integrado do produto [3]

Durante todas essas fases do ciclo de vida do produto são gerados desvios na sua qualidade, sendo que a maior parte deles surgem nas etapas de desenvolvimento do produto e, não somente durante a produção [4]. Para minimizar esses desvios,

montadora de veículos e fornecedor devem intensificar as análises, testes e estudos nas fases iniciais do desenvolvimento, de modo a evitar desentendimentos, definir os detalhes cruciais e determinar as inconsistências no projeto do produto e no processo de fabricação do fornecedor, que não poderão aparecer nas fases finais, quando o produto já está concebido e as interações e modificações são muito mais caras.

Na área dimensional esses desvios da qualidade do produto são particularmente importantes, sendo um requisito contratual crítico no fornecimento, devido à importância estratégica para a garantia da qualidade do produto final. Peças fora de dimensões comprometem a montagem, a funcionalidade, a segurança e a estética dos produtos.

Motivados por esse requisito, os fornecedores têm o desafio de nunca enviar componentes fora das dimensões para seus clientes, concentrando seus esforços para garantir a estabilidade dos seus processos, operando no alvo e com variância mínima¹, além de agregar qualidade com custos competitivos. No entanto, esse desafio nem sempre é vencido e, infelizmente, ainda são freqüentes problemas dimensionais em componentes comprados, por causa de discordâncias quanto à conformidade ou não do produto normalmente geradas por especificações geométricas inconsistentes e dúvidas na sua interpretação (problemas no projeto do produto), pela falta de conhecimento das variações do processo de fabricação realizando um controle dimensional que não revela a realidade do processo, por definições inadequadas do processo de medição e pelas deficiências nas informações disponibilizadas e geradas durante o processo de desenvolvimento e fabricação do produto.

Esses problemas dimensionais nas relações cliente e fornecedor geram perdas para ambos os parceiros, tais como:

- Conflitos entre cliente e fornecedor;
- Perda de confiança no parceiro;
- Repetição das atividades realizadas pelos fornecedores;
- Perdas de material e tempo;
- Aumento de custos;
- Aumento no tempo de desenvolvimento do produto;

- Falhas de montagem;
- Falhas de qualidade no produto final;
- Etc.

Para minimizar esses problemas e buscar a garantia da qualidade dimensional de componentes comprados, uma etapa muito importante é a padronização das práticas de medição entre clientes e fornecedores e da correta comunicação dos relatórios entre eles.

Atualmente, as montadoras de veículos estão começando a se adaptar a essa nova realidade, podendo ser observado o início da aplicação de técnicas e atividades de modo a garantir a qualidade dimensional dos produtos comprados e a melhora nas relações entre cliente e fornecedores.

Assim, para a seleção dos seus fornecedores e a verificação dos requisitos mínimos (propostos pela montadora de veículos) para o fornecimento do produto com qualidade, grande parte das montadoras certificam as empresas. Os critérios avaliados são relacionados à qualidade, capacidade da produção, tempo e desempenho de entrega, relações de longo prazo, serviço, cooperação, localização geográfica e preço. Se o fornecedor for aprovado nessa avaliação, estará apto para fornecer futuramente para a montadora.

Além disso, uma outra exigência determinada pela montadora de veículos é que o fornecedor possua um sistema de gestão da garantia da qualidade, como, por exemplo, a ISO/TS16949 [5], sendo realizadas auditorias periódicas nos fornecedores para verificar a continuidade dos programas.

Todavia, no que se refere às atividades de medição dimensional, em praticamente todas as montadoras de veículos brasileiras, ainda existem muitas deficiências nas relações entre cliente e fornecedor. As recomendações de como deve ser executada uma medição e qual sistema de medição utilizar são mínimas, sendo o fornecedor responsável por essas decisões. Com isso, acarreta a inconsistência de algumas definições, que só serão detectadas pela montadora de veículos nas etapas mais avançadas do desenvolvimento do produto e do processo, onde ocorre a submissão de amostras dos fornecedores para a realização de testes ou mesmo no

¹ Afirmação atribuída à Dr. G. Taguchi, base do conceito de melhoria contínua

fornecimento em série, conseqüentemente atrasando o desenvolvimento do produto e aumentando os custos.

1.2 IMPORTÂNCIA E DESAFIOS DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA GARANTIA DA QUALIDADE DE PRODUTOS COMPRADOS

Crescentemente as montadoras de veículos estão introduzindo testes a serem executados pelos fornecedores nos seus produtos, para que seja garantida a sua qualidade e o bom desempenho dos processos. Para isso, é necessário um trabalho em conjunto dos fornecedores e da montadora, de modo que haja confiança nos testes executados e nos dados fornecidos.

Nesse rumo, a metrologia permite integrar horizontalmente a qualidade com várias funções do ciclo de vida do produto, tais como, o desenho, os processos de produção e os métodos de inspeção [4].

Assim, medições são realizadas durante o ciclo de vida do produto, pois os desvios da qualidade estão presentes em todas as etapas. Entretanto, existem diferenças tanto na definição dos seus parâmetros quanto dos seus objetivos, baseadas principalmente nas fases do desenvolvimento do produto. As medições de apoio ao desenvolvimento do produto (fases iniciais) buscam gerar conhecimento profundo sobre o produto e o processo, sendo mais demoradas e de caráter investigativo. Já as medições realizadas na produção, precisam ser rápidas e simples, tendo por objetivo a melhoria contínua do produto e do processo [6].

Deste modo, nas empresas onde não se faz uma adequada definição do processo de medição por parte dos fornecedores e mesmo pela própria montadora de veículos, potencializa-se a detecção dos desvios somente durante a produção ou pelo cliente final, acarretando prejuízos por re-trabalho, refugo e/ou re-chamada de produtos.

Nesse sentido, empresas que intensificam as inspeções finais, somente irão tentar evitar que os produtos defeituosos cheguem aos clientes finais, mas não irão eliminar as causas dos defeitos nem a necessidade de inspecionar, rejeitar e retrabalhar os produtos. Apesar disso, muitas empresas atuam como se a qualidade do produto fosse obtida mediante ações de controle de qualidade na linha de produção.

Esse conceito errôneo assume que o controle de qualidade seja uma função responsável da fase final da produção, encarregada de identificar e eliminar as peças defeituosas.

A motivação para despendere tempo e recursos para um bom planejamento das práticas de medição, evidencia-se a partir da constatação que cerca de 70% dos custos para produzir um produto são definidos nas fases de planejamento, 70 a 80% de todas as falhas/defeitos têm suas causas na fase de planejamento, porém 80% de todas as falhas somente são percebidas na inspeção final ou quando o produto já está na posse do cliente (Figura 3) [4].

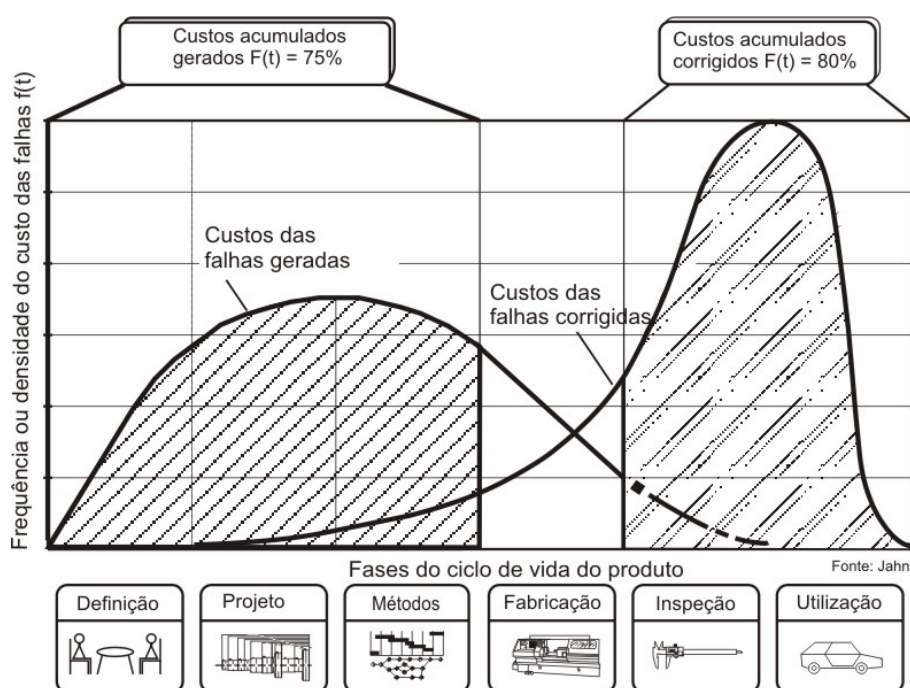


Figura 3: Incidência de falhas no desenvolvimento do produto, adaptada de [4]

Para se obter a melhor combinação entre a qualidade, o tempo de desenvolvimento e o custo do produto, deve-se atuar na prevenção das falhas e desvios da qualidade, num ambiente de desenvolvimento integrado de produto e processo. Estratégias de medição voltadas somente para o controle de processos ou inspeção por amostragem (medição de produção) resultam em níveis de qualidade que não são compatíveis com os requisitos do mercado atual.

O planejamento adequado das práticas de medição torna-se ainda mais importante na medida em que os custos para remediar uma falha/defeito, crescem de um fator de 10 a cada etapa em que o defeito não é detectado. Isso significa que, se for

possível detectar um defeito ainda na fase de projeto, o custo associado para remediá-lo pode ser inexpressivo frente ao custo que teria, caso fosse detectado nas fases após o início da produção. Caso o defeito fosse apenas detectado com o produto já na posse do cliente, além dos custos para remediá-lo serem exponencialmente maiores, adicionar-se-iam ainda outros custos, por exemplo, o custo de indenizações ao cliente e/ou a imagem prejudicada da empresa. Esses aspectos justificam a importância que o planejamento das práticas de medição assume no contexto do desenvolvimento de produtos [4], [7].

Deve-se, portanto, despendere maiores esforços na definição adequada dos processos de medição nas etapas de desenvolvimento do produto, para que seja possível a obtenção de informações mais detalhadas e confiáveis sobre o produto e o processo. Ademais, deve ser considerado que os erros de medição gerados nessa etapa ficam congelados nas especificações do produto e do processo, fazendo com que a qualidade dos produtos fabricados para atender essas especificações seja inferior à ótima [6].

Foi observado na maioria das empresas brasileiras que os fornecedores são os responsáveis por definirem os parâmetros para a realização das medições e a maneira de registro dos resultados, ocasionando em muitos casos divergências nos procedimentos e resultados de medição entre fornecedores e montadoras de veículos (Figura 4), erros no registro e na interpretação dos resultados de medição (Figura 5), utilização de sistemas de medição inadequados, erros na interpretação das especificações dos desenhos, dentre outros.

Esses problemas são notadamente mais freqüentes e críticos na medição por coordenadas, devido aos muitos parâmetros que definem um processo de medição. Na medição por coordenadas, pequenas diferenças de estratégias podem levar a grandes diferenças nos resultados.

Cada vez mais, as montadoras de veículos estão exigindo dos fornecedores a utilização das máquinas de medir por coordenadas (MMC) para realizar as medições nas fases de desenvolvimento do produto. Constata-se que essa aplicação é a mais freqüente das MMC's no mercado nacional, pois para o controle do processo, a grande maioria das empresas brasileiras ainda utiliza sistemas de medição convencionais como dispositivos de controle dedicados e instrumentação manual.

Dentre as causas desses problemas, aparecem a falta de padronização de práticas de medição confiáveis e a falta de padronização na comunicação de resultados de medição entre empresas.

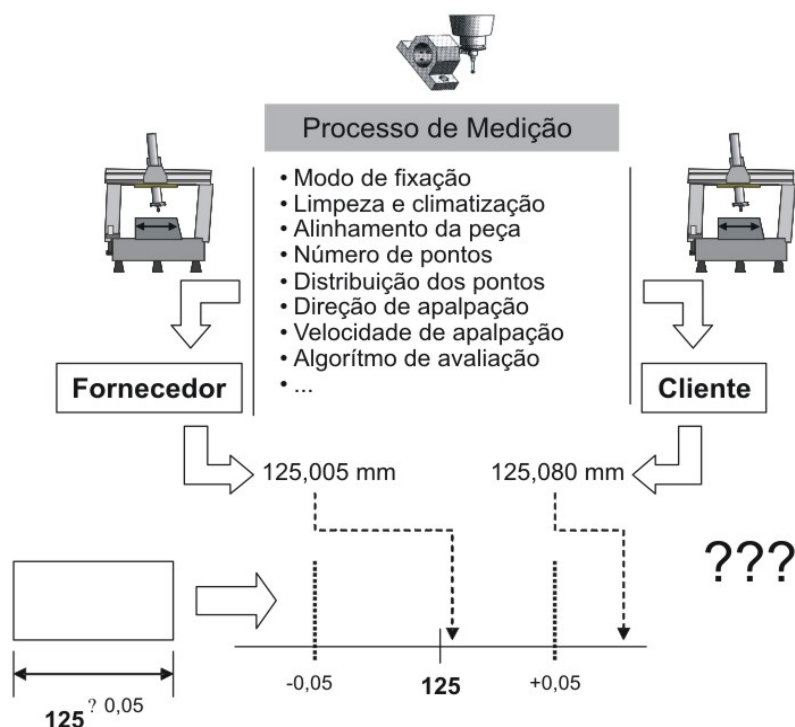


Figura 4: Processos de medição diferentes potencializam divergências nos resultados [8]

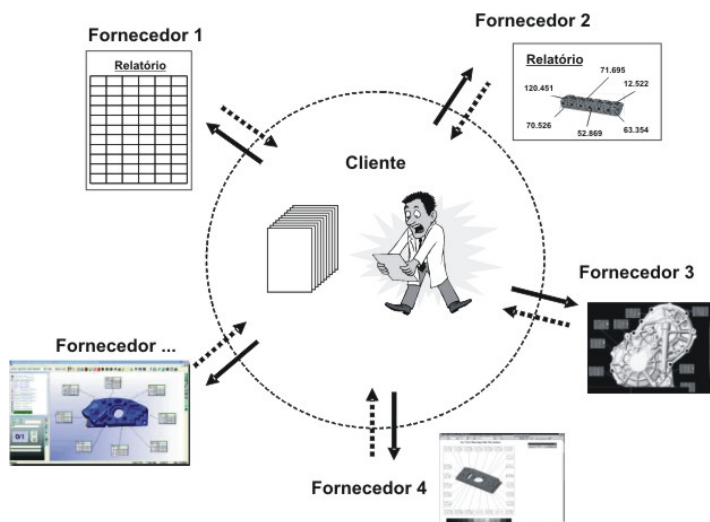


Figura 5: Relatórios de medição não padronizados dificultam a comunicação [8]

A falta de padronização de processos de medição na medição por coordenadas faz com que mesmo processos de medição potencialmente confiáveis

metrologicamente, produzam resultados incompatíveis entre si. E, infelizmente, isso ocorre com bastante frequência na relação cliente e fornecedor: estratégias de alinhamento diferentes, configurações distintas de apalpadores, estratégias de apalpação distintas e etc.

Muitas vezes, mesmo ambos tendo a mesma MMC e o mesmo software de medição, ainda não se empregam a mesma estratégia de medição nem se utiliza o mesmo programa de medição CNC.

Assim, a padronização (recomendações) de práticas de medição entre os parceiros tem o poder de minimizar em grande quantidade a ocorrência desses problemas, trazendo benefícios como:

- Consistência entre resultados;
- Minimização de conflitos;
- Melhoria da relação entre parceiros;
- Ações corretivas mais precisas e rápidas;
- Garantia da qualidade de fornecimento;
- Transferência de conhecimento entre empresas;
- Redução do tempo de desenvolvimento do produto.

Já a padronização dos relatórios de medição, com o objetivo de proporcionar uma comunicação entre parceiros mais objetiva, precisa e rápida traz benefícios como:

- Minimização de erros de interpretação;
- Facilidade de comunicação entre parceiros;
- Relatórios mais conclusivos;
- Análises dimensionais mais ricas e confiáveis;
- Monitoramento de relatórios à distância.

A partir desses fatores expostos, justifica-se a importância de desprender maiores esforços na melhor definição dos processos de medição em conjunto com os fornecedores e no correto registro dos resultados em um modelo de relatório padronizado, de modo que haja confiança nos dados obtidos por todos os envolvidos, facilidade na interpretação dos resultados e agregação de valor das atividades de

metrologia realizadas pelos fornecedores, não necessitando a sua repetição pelas montadoras de veículos.

1.3 UMA PROPOSTA PARA A MINIMIZAÇÃO DE PROBLEMAS METROLÓGICOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

As deficiências existentes nos testes dimensionais realizados no desenvolvimento do produto em conjunto com o fornecedor, especificamente utilizando a medição por coordenadas, são resultado de diversas carências existentes na definição, realização e suporte das tarefas realizadas nas etapas que acompanham o desenvolvimento do produto, tanto da montadora de veículos quanto do fornecedor.

Destarte, propôs-se neste trabalho o desenvolvimento de uma sistemática para a padronização de estratégias de medição por coordenadas a ser empregada em toda a cadeia de suprimentos, para o acompanhamento, a avaliação e a confiança nos resultados dos testes dimensionais realizados pelos fornecedores.

Essa sistemática desenvolvida deverá:

- Apresentar soluções para os problemas atuais observados na indústria automotiva relacionados à garantia da qualidade do produto nas relações entre clientes e fornecedores;
- Caracterizar os requisitos necessários para a confiabilidade dos resultados de medição dimensionais entre clientes e fornecedores;
- Conter os parâmetros necessários para uma definição adequada do processo de medição na medição por coordenadas e que interferem na comparabilidade das medições entre clientes e fornecedores.

Ademais, deverá ser validada e aprimorada, através da sua aplicação em uma cadeia de suprimentos da indústria automotiva; e ser analisada tecnicamente e gerencialmente para a identificação dos ganhos e dificuldades.

Assim, a sistemática desenvolvida consiste na realização de atividades durante as etapas de desenvolvimento do produto, de modo que o projeto do produto seja analisado e validado, os requisitos metrológicos sejam claramente especificados e desenvolvidos e, as tarefas de medição do fornecedor sejam definidas segundo

recomendações da montadora de veículos e baseadas na análise do seu processo de fabricação e medição, aumentando a confiança nos resultados obtidos e ocorrendo a interação entre as empresas.

Essas recomendações propostas pela montadora de veículos são referentes às estratégias de medição das tarefas de medição específicas, que são baseadas nas características dos elementos geométricos a serem medidos. Essas informações serão armazenadas em um banco de dados. Todavia, cabe ao fornecedor avaliar o seu processo de medição e de fabricação para verificar se as estratégias propostas poderão ser utilizadas, ou se será necessário definir uma nova estratégia.

O processo de medição definido pelo fornecedor deverá ser avaliado e aprovado pela montadora de veículos, anteriormente à fase de submissão das amostras, de modo a facilitar a avaliação dos resultados de medição das amostras submetidas nas etapas mais avançadas, quando os prazos são menores.

Além disso, todo o acompanhamento das tarefas de medição do produto será documentado de forma padronizada, incluindo desde os requisitos metrológicos a serem desenvolvidos, a definição e a validação do processo de medição e os resultados de medição obtidos. Com isso, é possível manter um histórico do produto, repetir a medição sob as mesmas condições, caso necessário e, transferir o conhecimento adquirido em cada processo.

Uma visão geral da sistemática proposta pode ser visualizada na Figura 6:

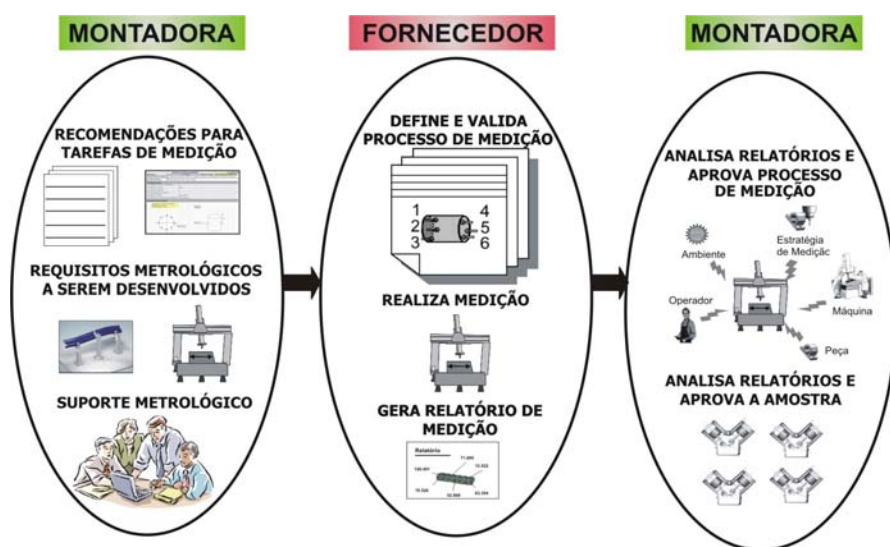


Figura 6: Visão geral da sistemática proposta

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para descrever o tema de estudo desta dissertação de Mestrado, este documento está estruturado em 6 capítulos, com conteúdos conforme descritos a seguir.

No capítulo 2 descreve-se a contextualização da realidade da indústria automotiva em relação às características das novas configurações da cadeia de suprimentos, às sistemáticas utilizadas para o desenvolvimento e garantia da qualidade dos produtos dos fornecedores e os principais problemas observados na atualidade em relação à garantia da qualidade dos produtos comprados.

O enfoque principal do capítulo 3 é a medição por coordenadas, e serão abordados as potencialidades e os benefícios da sua utilização na cadeia de suprimentos da indústria automotiva, os requisitos para a confiabilidade dos resultados das medições entre clientes e fornecedores, a importância de uma definição adequada do processo de medição, e a realidade em que se encontra a indústria automotiva nesses itens.

No capítulo 4 será apresentada a sistemática desenvolvida para a padronização de estratégias de medição por coordenadas na cadeia de suprimentos da indústria automotiva, bem como seus módulos, documentos e etapas para a sua implantação.

O capítulo 5 detalha a aplicação da sistemática proposta em um caso prático realizado em uma montadora de veículos e seu fornecedor, bem como os resultados encontrados.

No capítulo 6 descreve-se a análise técnica e gerencial da sistemática desenvolvida, além das dificuldades encontradas para o desenvolvimento deste trabalho. Serão listadas também recomendações para trabalhos futuros.

2 DESAFIOS NA GARANTIA DA QUALIDADE DOS FORNECEDORES DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Neste capítulo serão retratadas as evoluções das configurações e das características da cadeia de suprimentos da indústria automotiva para se adequar às mudanças impostas pelo mercado, bem como um item chave para o sucesso do produto final nessas novas configurações, o desenvolvimento integrado e a garantia da qualidade do produto em conjunto com o fornecedor. Ademais, será mapeada a realidade em que se encontra a indústria automotiva brasileira nesses itens e os principais problemas observados.

2.1 EVOLUÇÃO DAS CONFIGURAÇÕES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A indústria automotiva brasileira passa por um período de transformações, de experiências e tentativas para se fortalecer internacionalmente, com estratégias voltadas para o mercado local ou voltadas para o exterior com “modelos globais”.

Até a década de 90, pode-se dizer que a indústria automotiva nacional permaneceu praticamente estagnada, apesar do desenvolvimento das empresas de autopeças. Porém, essas empresas eram muito dependentes das montadoras de veículos e não se desenvolveram tecnologicamente, resultando em uma estrutura altamente verticalizada, principalmente pela falta de uma rede de fornecedores confiáveis.

Os fornecedores brasileiros eram compostos por empresas nacionais que se dividiam em dois grupos: um grupo era composto por empresas de pequeno e médio porte com poucos recursos tecnológicos e financeiros, oferecendo produtos com

qualidade inferior aos padrões internacionais; e o outro grupo era composto por empresas de grande porte (maioria subsidiária das empresas multinacionais) possuindo níveis internacionais de tecnologia e qualidade [9].

Na década de 90, as montadoras de veículos foram afetadas pela abertura de mercado, aumentando o volume das importações e a concorrência com novos fabricantes internacionais e, com isso, foram perdendo espaço para as empresas estrangeiras, devido principalmente à superioridade dos seus produtos em relação ao *design* e à qualidade, mas, ao mesmo tempo, foram capazes de aproveitar um novo mercado interno, o de carros populares.

Com a intensificação do comércio em escala global, as grandes corporações automotivas buscaram expandir suas produções para regiões com maior potencial de crescimento da demanda, incluindo entre os países emergentes, o Brasil. Assim, diversas montadoras de veículos vieram para cá e as montadoras já existentes sofreram fortes remodelações. Nos anos 90, as montadoras investiram US\$ 16,6 bilhões no Brasil [10], ocorrendo uma internacionalização do setor e a sua integração à cadeia produtiva mundial [11].

A abertura de mercado colocou as empresas brasileiras em contato direto com as estrangeiras, conseqüentemente tendo que atender os mesmos padrões de qualidade e produtividade. Assim, os fornecedores nacionais tiveram que reagir, através de um rápido crescimento para acompanhar o programa da montadora de veículos e fortalecer a base de fornecedores local [12].

Essa base de fornecedores locais qualificados é fundamental para o desenvolvimento da indústria automotiva brasileira, devido não só à proximidade da localização, mas também por serem responsáveis por grande parte do valor agregado e da tecnologia do produto, realizarem um forte encadeamento setorial e empregarem diretamente um grande número de pessoas [13].

Atualmente no Brasil, as grandes empresas estão tendo que se adequar a essa nova realidade arcando com as responsabilidades e custos adicionais, favorecendo a formação de associações e acordos tecnológicos. Alguns fornecedores passarão a ser subfornecedores. Fornecedores nacionais de pequeno e médio porte estão procurando se integrar com fornecedores multinacionais para se manter no mercado e futuramente poder fazer parte de uma cadeia de suprimentos global [9].

Já as pequenas e médias empresas que não vêm investindo em modernização produtiva e gerencial e qualificação dos seus funcionários, e continuarem a atuar localmente, serão as mais afetadas por todas essas mudanças. Muitas delas estarão se limitando ao abastecimento de pequenos nichos de mercado, como os de reposição de peça. Entretanto, existe uma parcela de empresas médias que se manterão como subfornecedores devido à sua especialização [13].

Esse momento de inovação tecnológica e organizacional, combinado à crescente competição com produtos importados fez com que as empresas buscassem novas características, tais como [14]:

- Diversificação de modelos dos produtos;
- Redução do tempo de lançamento de novos produtos;
- Redução do tempo de projeto e fabricação;
- Redução de estoques;
- Aumento da qualidade dos produtos e processos;
- Aumento da produtividade;
- Preços competitivos.

Posto isso, as montadoras de veículos necessitaram desenvolver mecanismos para a reestruturação da sua cadeia de suprimentos, sendo revisto todos os relacionamentos, em relação às atividades produtivas, à engenharia e o desenvolvimento do produto e do processo. Essas mudanças estão ocorrendo em escala mundial, afetando diversos países, e em particular, o Brasil [11].

Com isso, surgiu uma nova forma de gerenciamento da cadeia de suprimentos, onde as empresas estão organizadas em uma cadeia em rede, possuindo uma hierarquização de fornecedores. As atividades de montagem final do veículo, *marketing* e vendas ainda são realizadas pelas montadoras de veículos; já as tarefas de montagem de sistemas de peças e componentes são, em geral, transferidas para os fornecedores de 1º nível.

Deste modo, as montadoras de veículos buscam associar-se informalmente com os fornecedores que se comprometem com o desenvolvimento do produto até a entrega síncrona deste. Essa nova estratégia das montadoras fortalece a relação

cliente e fornecedor, principalmente com os fornecedores de 1º nível, pois os riscos de produção e qualidade passaram a ser compartilhados.

Dessa forma, a maneira como serão realizados o gerenciamento e a integração das relações da cadeia de suprimentos pode gerar um grande diferencial competitivo e de sucesso para a empresa. Assim é essencial para a montadora de veículos definir claramente qual será o seu negócio, que exigirá investimentos próprios para a fabricação interna (verticalização) e quais serão as situações a serem terceirizadas (horizontalização).

2.1.1 Configurações das cadeias de suprimentos

As novas configurações das cadeias de suprimentos são baseadas na hierarquização dos fornecedores, tendo os 1º, 2º e 3º níveis. Para a maioria das montadoras, os fornecedores de 1º nível são considerados estratégicos e formados por um grupo seletivo, conseqüentemente, reduzindo o número de fornecedores diretos.

Na Figura 7 pode-se observar uma típica hierarquização existente na cadeia de suprimentos da indústria automotiva, onde os fornecedores estão classificados em três grupos: fornecedores de módulos, de componentes e matéria-prima.

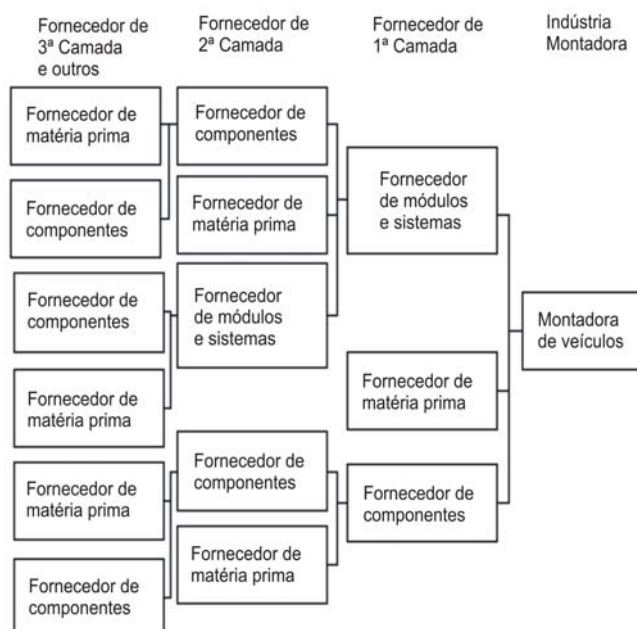


Figura 7: Hierarquização dos fornecedores na cadeia de suprimentos, adaptada de [11]

Os fornecedores pertencentes à primeira camada (ou 1º nível) fornecem cada vez mais sistemas de componentes ou módulos completos, diretamente na linha de produção e são responsáveis por gerenciar toda a cadeia de fornecedores do módulo ou sistema. Para isso, precisam desenvolver competências e possibilidades para a aquisição de novas tecnologias e conhecimentos [15], serem eficientes em diversas áreas como tecnologia e logística, terem programas de pesquisa e desenvolvimento, realizarem testes nos produtos e negociarem preços [12].

Os fornecedores de matéria-prima da primeira camada também já estão entregando diretamente na linha de produção, como é o caso de algumas usinas siderúrgicas que entregam peças já estampadas. Os fornecedores da segunda camada são especializados em algum componente, peça ou material, fornecendo diretamente para a primeira camada de fornecedores. Já os fornecedores da terceira camada fornecem peças e matérias-primas para os fornecedores da segunda camada.

Assim, para a constituição dessa estrutura, as montadoras de veículos estão analisando com cuidado o planejamento e a organização do fornecimento de peças e sistemas, fortalecendo a tendência pela busca de uma aproximação dos fornecedores, incentivando novas formas de gestão para aproveitar as possibilidades advindas da globalização, e surgindo assim, os parques de fornecedores, conhecidos como Condomínio Industrial e Consórcio Modular.

O Condomínio Industrial é caracterizado pela localização do fornecedor muito próximo à montagem final, muitas vezes dentro da própria montadora, favorecendo à política do *just in time*, através de entregas mais freqüentes e rápidas. Os fornecedores entregam sistemas completos, com diversas peças já agregadas, provindas de outros fabricantes, que podem estar instalados em qualquer lugar do país [16].

Como benefícios para as montadoras de veículos dessa estrutura têm-se a redução de custos (parte da mão de obra transferida para os fornecedores, projetos compartilhados com os fornecedores, proximidade dos fornecedores); redução dos investimentos (parte da aquisição dos equipamentos e do espaço físico será responsabilidade do fornecedor); redução dos riscos; aumento da produtividade (montagens de subconjuntos no fornecedor) e maior tempo para dedicar-se ao *core business*. Por outro lado, os fornecedores são beneficiados com o aumento do valor agregado do produto, a absorção de novas competências e a garantia da demanda por um determinado período de tempo [9].

Já o Consórcio Modular, pode ser definido como um caso radical de terceirização entre a montadora de veículos e um número reduzido de fornecedores diretos, no qual os fornecedores assumem a montagem prévia do veículo e sua posterior montagem diretamente na linha de produção da montadora, sendo o responsável pelos investimentos em equipamentos e ferramentas e pelo gerenciamento da cadeia de suprimentos do módulo. A montadora providencia a planta e a linha de montagem final, executa a sua coordenação, realiza os testes finais dos veículos e concentra seus esforços na engenharia do produto, no controle de qualidade, na interface com o cliente, na distribuição e na comercialização do produto final [15], [17].

Uma diferença básica entre um condomínio industrial e um consórcio modular está no montante de valor agregado diretamente na montadora de veículos. No modelo de condomínio industrial, a montadora preserva a função de montagem final, e no consórcio modular essa responsabilidade passa a ser dos fornecedores [16].

A Tabela 1 descreve as estruturas adotadas por algumas montadoras de veículos situadas no Brasil para gerenciar as funções dos seus fornecedores:

Tabela 1: Estruturas para o gerenciamento dos fornecedores adotadas por algumas montadoras de veículos instaladas no Brasil, adaptada de [18]

| MONTADORA | LOCALIZAÇÃO | SISTEMA ADOTADO |
|------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Volkswagen | Resende - RJ | Consórcio modular |
| Volkswagen | Taubaté - SP | Condomínio Industrial parcial |
| Volkswagen | São José dos Pinhais - PR | Condomínio Industrial |
| Fiat | Betim – MG | Condomínio Industrial parcial |
| Ford | Camaçari – BA | Condomínio Industrial com consórcio |
| GM | Gravataí – RS | Condomínio Industrial com consórcio |
| Renault | São José dos Pinhais - PR | Condomínio Industrial |

Entretanto, em todas as formas de gestão da cadeia de suprimentos que surgiram, um ponto importante na relação entre cliente e fornecedor, é a redefinição das atividades em busca de um relacionamento maduro. Para que seja atingido esse relacionamento maduro, é importante selecionar adequadamente os fornecedores com os quais a montadora irá lidar diretamente. Além disso, devido à especialidade desses fornecedores em um determinado produto, é essencial o seu desenvolvimento, afinal serão os responsáveis por garantir a qualidade do produto final. Assim, é necessária a realização de uma parceria entre as empresas, que deverá ter a dedicação do fornecedor e o acompanhamento e o auxílio da montadora [19].

2.1.2 Características das configurações das cadeias de suprimentos

Ao longo dos estudos realizados sobre as novas configurações da cadeia de suprimentos pôde-se observar diversas características operacionais importantes que estão listadas a seguir [12], [20], [21]:

- Novos arranjos produtivos com a hierarquização dos fornecedores;
- Necessidade de uma cooperação entre cliente e fornecedores, implicando na troca de informações e no comprometimento entre eles;
- Transferência de investimentos, de atividades produtivas e de engenharia das montadoras de veículos para seus fornecedores;
- Fornecedores assumindo cada vez mais funções de agregação de valor, enquanto as montadoras de veículos assumem uma função de coordenação e gerenciamento da cadeia;
- Seleção e avaliação dos fornecedores são realizadas através de auditorias e avaliações, baseadas em parâmetros tais como: certificação em normas de qualidade, capacidade financeira, qualificação do processo produtivo do fornecedor, capacidade da engenharia (principalmente no desenvolvimento de novos produtos), histórico do fornecimento e reputação no mercado. Além disso, os fornecedores sofrem uma monitoração contínua para verificar a continuidade dos requisitos avaliados e a sua melhoria [11];
- Entrega de conjuntos/módulos/sistemas completos de peças e componentes *just in time* pelos fornecedores de 1º nível. A modularização consiste de um processo de construção de um produto ou processo complexo, a partir de subsistemas pequenos que podem ser projetados independentemente, mesmo que funcionem em conjunto [15]. Uma montadora de veículos tradicional lida com cerca de 10000 componentes por veículo, exercendo muitas atividades que não agregam valor, com a modularização, ocorrerá a redução dos itens de responsabilidade da montadora, trazendo um benefício potencial [22];
- Redução do número de fornecedores diretos através da seleção de um pequeno número de fornecedores de forma criteriosa para lidar

diretamente com a montadora de veículos, cujas atividades terão um maior valor agregado e apresentará um relacionamento de parceria [16], [17]. O fornecimento de módulos implica naturalmente na redução dos fornecedores que lidam direto com a montadora, de cerca de 500 para 150 [11];

- Desenvolvimento de fornecedores ocorrendo por meio da transferência de conhecimento entre empresas, sendo necessário um alto nível de investimento e tempo; entretanto é um ponto importante para nivelar os fornecedores e a montadora de veículos e, facilitar as relações;
- Desenvolvimento conjunto de produtos e processos entre montadoras de veículos e fornecedores, devido à redução do ciclo de vida dos veículos e a necessidade de se adequar rapidamente ao mercado (flexibilidade);
- Aumento da realização de testes/medições/ensaios nos produtos pelos fornecedores durante as etapas de desenvolvimento do produto, para solucionar os problemas precocemente;
- Especificações do projeto do produto contidas nos desenhos estão mais livres para o fornecedor, ou seja, é possível com a aprovação da montadora de veículos modificá-las;
- Realização de contratos de compra durante a vida útil do veículo;
- Exigência de preços internacionais;
- Lotes de compras pequenos, conseqüentemente uma freqüência maior de entrega, resultando na grande importância do transporte;
- Fornecedores geograficamente mais próximos da montadora de veículos;
- Fornecedores com qualidade total implicando na entrega de produtos com qualidade, sendo os responsáveis por alcançá-la e mantê-la. Assim, as inspeções de qualidade são realizadas principalmente nas localidades do fornecedor.

2.1.3 Benefícios e problemas nas configurações da cadeia de suprimentos

Os benefícios e os problemas mais importantes constatados nessa nova forma de relacionamento entre montadoras de veículos e seus fornecedores nas cadeias de suprimentos da indústria automotiva estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Benefícios e problemas no relacionamento entre montadora de veículos e fornecedores [11], [18], [21], [23], [24]

| | BENEFÍCIOS | PROBLEMAS |
|------------------------------|---|---|
| FORNECEDOR | <ul style="list-style-type: none"> - Participação ativa na solução de problemas na linha de montagem; - Recebimento de incentivos fiscais; - Responsabilidade pela entrega e assistência técnica; - Redução de custos fixos e logísticos; - Contratos durante o ciclo de vida do produto; - Aumento da visibilidade do mercado; - Maior acesso às informações das montadoras; - Acesso às práticas e tecnologias mais atuais utilizadas pela montadora; - Grande oportunidade para desenvolvimento de novas competências e negócios; - Participação desde a fase inicial do desenvolvimento do produto; - Melhoria do projeto do produto e processo; - Relações mais próximas; - Facilidade na comunicação e transmissão de informações. | <ul style="list-style-type: none"> - Divisão de investimentos com a montadora (risco econômico); - Risco operacional; - Submissão a um maior controle da montadora; - Dificuldade para negociar melhores preços; - Falta de um maior acompanhamento e auxílio da montadora durante as etapas de desenvolvimento do produto. |
| MONTADORA DE VEÍCULOS | <ul style="list-style-type: none"> - Recebimento de módulos/sistemas com maior valor agregado; - Redução de custos fixos; - Redução do local da linha de montagem; - Redução de estoque; - Redução do intervalo de tempo entre o pedido e a entrega; - Garantia de fornecimento de produtos para o cliente final; - Alta flexibilidade e produtividade; - Compartilhamento de responsabilidades e de custos. | <ul style="list-style-type: none"> - Risco tecnológico; - Perda do controle da produção; - Perda da liderança no desenvolvimento de determinadas funções do produto; - Falta de uma sistemática mais rígida para a garantia da qualidade dos produtos comprados; - Falta de suporte da alta administração; - Falta de suporte para os funcionários; - Problemas na comunicação; - Falta de confiança nos fornecedores; - Centralização de informações na matriz e dificuldade para adequar interesses. |

2.2 SISTEMÁTICAS ATUAIS DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO PRATICADAS PELAS MONTADORAS DE VEÍCULOS

As novas configurações da cadeia de suprimentos da indústria automotiva conseqüência da rápida mudança tecnológica, da redução do ciclo de vida do produto e

do aumento da competição global, têm colocado o desenvolvimento integrado do produto como um item chave para o sucesso do produto final para qualquer montadora de veículos, principalmente na integração efetiva das atividades entre cliente e fornecedores.

Assim, esta seção será dedicada a descrever as sistemáticas atuais utilizadas pelas montadoras de veículos, para o acompanhamento do desenvolvimento e garantia da qualidade dos produtos fornecidos.

2.2.1 Características das sistemáticas de desenvolvimento do produto

Devido ao fato dos fornecedores influenciarem nos custos, na qualidade, na tecnologia e na velocidade do produto final, principalmente quando realizam atividades de valor agregado, como projeto, engenharia e testes e, à dificuldade de se realizar mudanças no projeto do produto conforme vão se concluindo as fases do processo de desenvolvimento do produto; é imprescindível que a montadora de veículos realize um gerenciamento do desenvolvimento e da garantia da qualidade do produto em toda a cadeia de suprimentos de forma criteriosa.

Vale ressaltar que a intensidade desses estudos deverá ser maior e mais rígida no início do processo de desenvolvimento, onde é determinada a natureza das relações entre montadora de veículos e fornecedor e as incertezas dos parâmetros do produto são maiores, tornando-se por si só um desafio [25].

Existem diversas abordagens sobre o processo de desenvolvimento do produto, como os estudos da *Harvard & MIT* [26], que dividem o processo em três etapas: estratégia de desenvolvimento, gerenciamento do projeto específico e aprendizagem; os estudos de *Stuart Pugh* [27], que propõe uma visão total das atividades do projeto, ao invés de uma visão parcial de cada setor específico e desenvolveu um modelo que possui 6 etapas interativas; os estudos de *Don Clausing* [28] dividem o processo em conceito, design e preparação e produção; os estudos de *Prasad* [29] que propõe uma abordagem para a engenharia simultânea independente das fases do desenvolvimento do produto; e o APQP (*Advanced Product Quality Planning*) da QS 9000 [3] que possui uma estrutura para o desenvolvimento do produto que está sendo muita utilizada pelas diversas empresas, e será abordado neste capítulo.

A Figura 8 apresenta as etapas do desenvolvimento do produto desse modelo do APQP, bem como as atividades a serem realizadas em cada etapa para o acompanhamento e garantia da qualidade do produto.

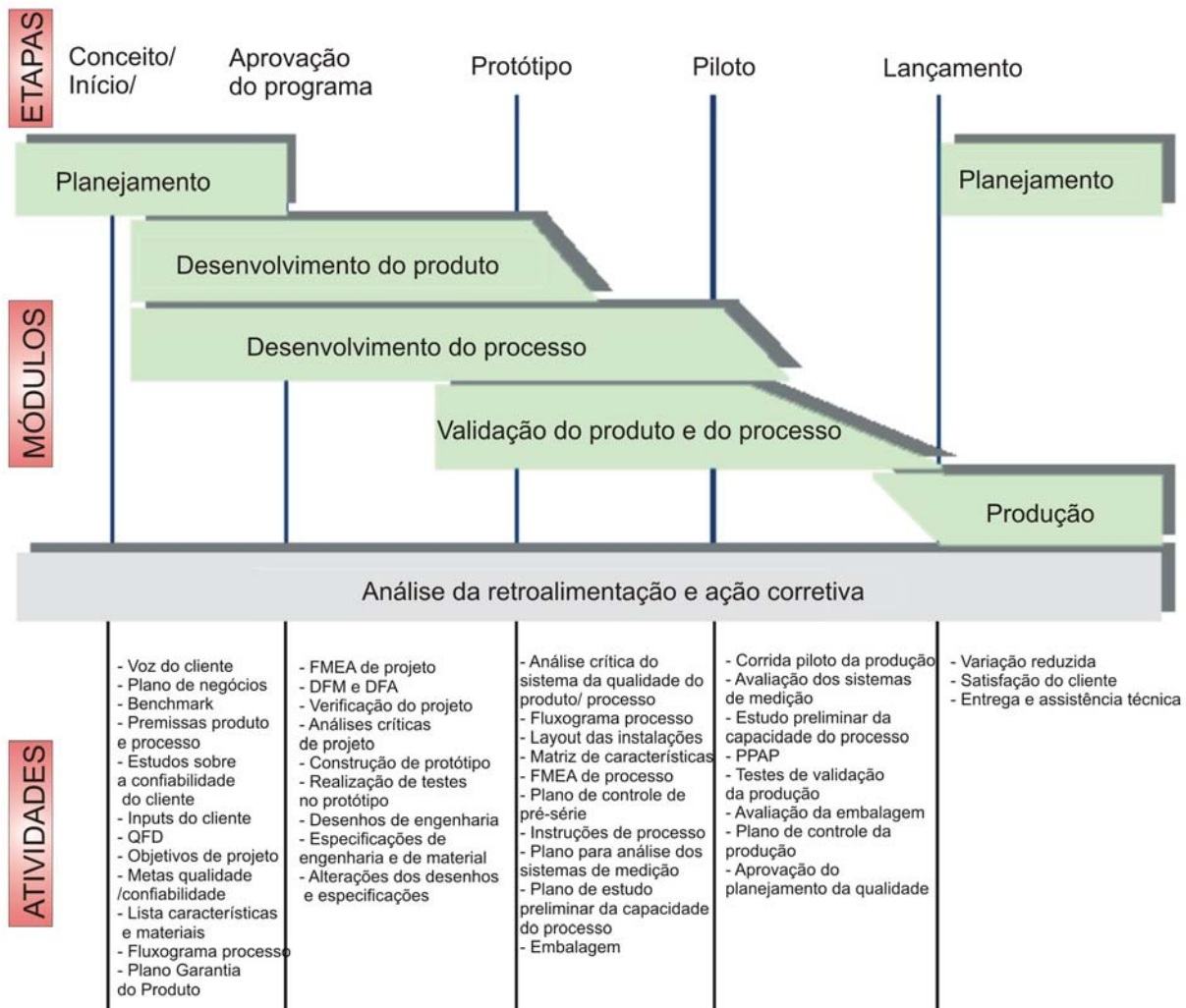


Figura 8: Modelo para o processo de desenvolvimento do produto [3]

Entretanto, para o sucesso do desenvolvimento de um novo produto em conjunto com o fornecedor, as principais hipóteses a serem cumpridas são: a seleção do fornecedor “certo” e o esforço conjunto do cliente e do fornecedor a respeito da definição dos objetivos e cumprimento das metas estabelecidas. Todas essas hipóteses são influenciadas pelo estágio em que o fornecedor participa no desenvolvimento do produto e pelo nível de responsabilidade assumido pelo fornecedor [30].

Paralelo à importância de seguir um modelo para o desenvolvimento do produto em conjunto com o fornecedor, está a preocupação de diversos órgãos representativos da indústria automotiva em criar modelos de gestão para melhorar a confiabilidade,

vida útil, durabilidade e qualidade do produto, além de facilitar a comunicação em toda a cadeia de suprimentos e verificar o cumprimento dos prazos. Essa normalização internacional tem definido e unificado conceitos, situações e métodos de gestão da qualidade e oferece uma valiosa ajuda no estabelecimento de contratos comerciais. A evolução cronológica dos sistemas de gestão pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3: Evolução cronológica dos sistemas de gestão da qualidade, adaptado de [11]

| Data | Publicação |
|----------------|---|
| 1987 | ISO 9000 versão 1987 |
| 1991 | VDA 6 |
| 1994 | ISO 9000 versão 1994 QS 9000 AVSQ EAQF |
| Novembro 1997 | Aprovação do projeto ISO/TS 16949 |
| Junho 1998 | ISO/TS 16949 – esboço pronto |
| Abril 1999 | ISO/TS 16949 – publicação da 1ª edição |
| Novembro 1999 | Ampliação dos envolvidos (Coréia, Japão e Suécia) |
| Fevereiro 2000 | ISO/TS 16949 – 2ª edição – 1ª reunião |
| 2000 | ISO 9000 – 2000 publicação |
| 2001 | ISO/TS 16949 – 2ª edição – aprovação |
| 2002 | ISO/TS 16949 – 2ª edição – publicação |

Como pode ser observado na Tabela 3, a ISO/TS 16949:2002 [5] é a norma mais recente, e o objetivo do seu surgimento foi o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento da qualidade que contenha a melhoria contínua, enfatize a prevenção dos defeitos, a redução dos desperdícios e defeitos na cadeia de suprimentos, evite a realização de diferentes auditorias e possua um modelo de sistema de qualidade comum para todas as empresas da indústria automotiva. Assim, observa-se cada vez mais que as montadoras de veículos estão exigindo a sua implementação nos processos dos fornecedores.

Em relação aos produtos fornecidos, na própria ISO/TS 16949, contém requisitos sobre a necessidade de avaliar os produtos comprados, enfatizando que o cliente, no caso a montadora de veículos, deve possuir, estabelecer e implementar inspeções ou outras atividades que garantam que o produto comprado satisfaça os requisitos estabelecidos, utilizando um ou mais dos seguintes métodos:

- Recebimento e avaliação dos dados estatísticos pela organização;
- Inspeção e/ou teste de amostras baseado no desempenho;

- Avaliação da segunda ou terceira peça ou auditorias no fornecedor, quando em acordo com a aceitação da qualidade do produto comprado;
- Avaliação da peça por um laboratório especializado;
- Outro método acordado com o cliente.

Assim, com essas diretrizes das normas de gestão do sistema da qualidade e o alto nível de qualidade exigido pelo mercado, as montadoras estão intensificando a realização de testes nos produtos pelos fornecedores durante as etapas do processo de desenvolvimento do produto. Como a qualidade do produto é fundamentalmente atribuída aos seus estágios de desenvolvimento, as tarefas de gestão de qualidade também se diferenciam pela sua integração sincronizada com as fases do ciclo de vida do produto. As atividades e ferramentas relacionadas à garantia da qualidade do produto e à metrologia de cada etapa podem ser observadas na Figura 8.

Entretanto, como o foco deste trabalho são as etapas de desenvolvimento do produto, anterior à produção em série, os meios propostos e utilizados atualmente pelas montadoras de veículos para avaliar e ajustar as especificações do produto e os processos, são através das avaliações dos protótipos e amostras iniciais, além do processo de aprovação de peça de produção (PPAP) [31].

Os protótipos reais visam obter a validação do projeto do produto, através da avaliação do desempenho funcional do produto e identificação de possíveis falhas e defeitos no projeto do produto e processo.

A solicitação de amostras iniciais é uma atividade bem utilizada atualmente nas montadoras de veículos, onde as amostras são submetidas a testes de desempenho funcional, montagem, avaliação de material e controle dimensional.

Ademais, um outro estudo muito utilizado pela maioria das montadoras de veículos e realizado anterior à produção em série é o processo de aprovação de peça de produção (PPAP), proposto pela QS 9000, onde é avaliado se o fornecedor compreendeu todos os registros de projetos de engenharia e especificações do cliente e se o processo de fabricação tem potencial para produzir produtos que satisfaçam essas exigências durante um processo real [31].

Para que a submissão dos protótipos e das amostras seja realizada de maneira eficaz, é necessário que haja uma sistemática que contemple todas as etapas dos estudos, de maneira a formar um ciclo contínuo, e registre os ajustes e melhorias

constatadas durante o desenvolvimento do produto. Além disso, para que os testes realizados pelos fornecedores agreguem valor ao produto e sejam confiáveis, é necessário que a montadora de veículos oriente-os na realização e na documentação.

2.2.2 Realidade atual observada em montadoras de veículos no Brasil

Para retratar as características das sistemáticas atuais para o desenvolvimento e garantia da qualidade do produto comprado foram realizadas visitas em quatro montadoras de veículos brasileiras. Essas informações foram coletadas em reuniões realizadas nas montadoras nos departamentos de desenvolvimento do produto no fornecedor (DDF) e de metrologia e estão listadas na Tabela 4. Foi utilizado um roteiro com as questões a serem realizadas para facilitar o andamento da reunião (anexo 1). Por questão de sigilo das informações, os nomes das empresas não serão revelados.

Tabela 4: Características das sistemáticas atuais utilizadas pelas montadoras de veículos brasileiras para o desenvolvimento e a garantia da qualidade dos produtos comprados

| TÓPICO | SITUAÇÃO |
|--|--|
| 1) Envolvimento da montadora com seus fornecedores | -Lidam somente com os fornecedores diretos. -Fornecedores diretos são responsáveis pelos subfornecedores; -Apenas em casos críticos ocorre o envolvimento da montadora com os subfornecedores. |
| 2) Tamanho dos fornecedores de 1º nível (diretos) | -Maioria são empresas de pequeno e médio porte. |
| 3) Seleção dos fornecedores | -Em muitos casos ainda é baseada em preço, devido à falta de envolvimento das áreas técnicas na seleção do fornecedor; -Grande probabilidade da escolha de fornecedor que não atende os níveis de qualidade e produtividade desejados. |
| 4) Características avaliadas nos fornecedores (seleção dos fornecedores) | -Critérios para avaliação das capacidades e dos requisitos nos fornecedores são bem gerais, principalmente nos itens de metrologia; -Auditores que avaliam os fornecedores geralmente não entendem profundamente sobre todas as particularidades das áreas envolvidas com o produto, acarretando em uma avaliação que não corresponde à realidade. |
| 5) Estrutura metrológica dos fornecedores e sistema de gestão da garantia da qualidade | -Maioria dos fornecedores diretos possui MMC, devido principalmente a exigência das montadoras; -MMC utilizada apenas nas etapas de desenvolvimento do produto, para medições mais críticas e investigativas e para a liberação do início da produção diária; -Controle do processo (produção em série) realizado normalmente pelos sistemas de medição convencionais; -Envolvimento da área de metrologia no desenvolvimento do produto no fornecedor ocorre somente durante os testes nos protótipos, nas amostras iniciais e no PPAP. Apenas em uma montadora foi constatado o envolvimento da área de metrologia no início do processo de desenvolvimento, fornecendo instruções mais específicas de como realizar a medição, |

| | |
|---|---|
| | acompanhando o desenvolvimento dos dispositivos de fixação e fornecendo um suporte metrológico para o fornecedor, anterior a fase de submissão de amostras para testes; -Todos os fornecedores diretos estão sendo obrigados a possuir certificação em relação às normas de gestão do sistema de qualidade voltadas para a indústria automotiva, como ISO 9000, ISO/TS 16949, VDA 6.1, EAQF 94, AVSQ 1994. São avaliados (auditorias) também anualmente pelas montadoras, mesmo após o fornecimento em série. |
| 6) Requisitos para o fornecimento de um determinado produto | -É comum a falta de clareza e definição dos itens a serem exigidos nas etapas de desenvolvimento do produto; -Iniciando maior envolvimento da metrologia na solicitação de parâmetros para a realização da medição das peças nos fornecedores (por exemplo, em uma montadora são propostos os dispositivos de fixação e controle a serem desenvolvidos). |
| 7) Comunicação entre montadora e fornecedores | -Ocorrem problemas nas versões dos desenhos técnicos do produto, muitos documentos são entregues em papel; -Observou-se um aumento crescente na utilização da internet nas transferências de documentos, mas ainda não é aplicada em todos os casos; -Dificuldade para fornecedor esclarecer dúvidas com os setores específicos da montadora. |
| 8) Projeto do produto | -Surtem dúvidas por parte dos fornecedores na interpretação do desenho; -Maioria dos novos projetos estão sendo cotados baseados nas normas de tolerâncias geométricas, como a ASME Y14.5 [32], ISO 1101 [33]; -Processo para alteração de uma tolerância do desenho é demorado e só acontece nos casos, onde realmente é indispensável, normalmente precisa da aprovação da matriz das montadoras; -Ainda há pouco envolvimento da metrologia na análise do projeto. Foi observada apenas em uma montadora a realização da análise crítica do projeto do produto por um grupo funcional, tendo a participação da área de metrologia, na definição das referências (<i>datums</i>) do produto, e dos pontos a serem medidos além das tolerâncias já explícitas no desenho. |
| 9) Departamento de desenvolvimento do produto no fornecedor (DDF) | -Todas as montadoras possuem um departamento que irá acompanhar a realização de diversas atividades e testes nos produtos e processos dos fornecedores; -Normalmente, esse departamento é dividido por <i>commodity</i> ² , sendo que cada funcionário é responsável por diversos fornecedores, realizando o acompanhamento do desenvolvimento do produto no fornecedor até o fornecimento em série; -Funcionários desse departamento têm que possuir uma formação muito completa para a avaliação de cada atividade específica do fornecedor. Na prática isso não acontece, ocorrendo deficiências no desenvolvimento do produto no fornecedor. |
| 10) Avaliação dos produtos fornecidos | -Fornecedores devem realizar testes dimensionais no protótipo, amostras iniciais e amostras na pré-série; -Não realizam inspeção na entrega do produto fornecido, quando já está em produção em série; -A exigência de qualidade (dimensional) quanto aos produtos fornecidos durante os testes nas etapas de desenvolvimento do produto é o atendimento das tolerâncias do desenho. Em |

² Termo utilizado nas montadoras referindo-se aos tipos de peças resultantes dos processos de fabricação, por exemplo, peças estampadas, peças usinadas, peças fundidas, peças plásticas e elétricas.

| | |
|---|--|
| | <p>uma montadora foi observada a exigência da medição de mais características, para a verificação do <i>mating</i> e das folgas entre as peças, principalmente nas peças de chapa e peças plásticas.</p> |
| <p>11) Execução dos testes dimensionais nos fornecedores nas etapas de desenvolvimento do produto</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Montadoras não fornecem recomendações para a realização da medição, e também não tem informação de como o fornecedor a realizou; -Montadoras recebem somente os relatórios de medição, que normalmente seguem o modelo proposto pelo PPAP (QS 9000), porém é muito comum o recebimento de diversos modelos de relatórios dos fornecedores; -Apenas em uma montadora foi observado o acompanhamento da área de metrologia na realização de medição nas instalações do fornecedor e preenchimento do relatório de medição padronizado, instruindo-os e tirando dúvidas, entretanto não é realizada nenhuma avaliação da estratégia de medição utilizada, são apenas verificados os erros grosseiros; -Grande parte das medições executadas pela montadora nos produtos fornecidos apresenta divergências dos resultados encontrados pelos fornecedores; -Devido à falta de confiança nas medições dos fornecedores, algumas montadoras repetem as medições já realizadas pelos fornecedores; -Montadoras aceitam a realização das medições das peças fornecidas por laboratórios de metrologia terceirizados, porém não tem nenhum contato com esses laboratórios. |
| <p>12) Qualificação metrológica dos envolvidos</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Em maior ou menor grau foi constatada a falta de qualificação dos funcionários, tanto das montadoras quanto dos fornecedores (mais crítico), em relação à definição dos parâmetros da estratégia de medição por coordenadas, à utilização dos sistemas de medição, à avaliação das fontes de erro do processo de medição e à interpretação das especificações do desenho. |

2.3 DESAFIOS NA GARANTIA DA QUALIDADE DIMENSIONAL DE PRODUTOS COMPRADOS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A constatação do aumento das avaliações e testes realizados nos produtos dos fornecedores durante o processo de desenvolvimento e, a observação dos diversos problemas existentes nas práticas realizadas para a garantia da qualidade do produto, em especial na área dimensional, demonstraram os grandes desafios existentes nos relacionamentos entre montadora de veículos e seus fornecedores nesses itens.

Deste modo, esta seção será dedicada a apresentação mais detalhada dos problemas considerados mais importantes nas tratativas técnicas para a garantia da qualidade dimensional do produto que ocorrem em todo o processo de desenvolvimento do produto.

2.3.1 Especificações geométricas inconsistentes

Fabricar produtos mais baratos, em um menor tempo de desenvolvimento e com melhor qualidade, é o principal desafio para as empresas. Essa rapidez exigida resulta em cada vez menos oportunidades para modificações, adaptações e correções no projeto ou no produto após o início do ciclo de vida do produto.

Antes era admitida a descoberta de especificações dimensionais inconsistentes quando o produto já estava sendo produzido. Conseqüentemente eram necessárias modificações no ferramental, adaptação de dispositivos, interações com os fornecedores e alterações no projeto, aumentando os custos e provocando atrasos na produção. Atualmente, essa é ainda a realidade de diversas empresas, porém estão sofrendo fortes pressões para se adaptar às modificações impostas pelo mercado, onde é necessário desprender maiores esforços para que o produto já nasça bom, detectando e solucionando os problemas quando o projeto ainda está em desenvolvimento.

Surgiu assim, a necessidade de desenvolver o projeto orientado à montagem, que é a garantia da funcionalidade requerida do produto com os menores custos de fabricação. Com isso, as especificações das tolerâncias geométricas tornam-se decisivas para o sucesso do produto e para a redução dos custos de produção, tendo a função de expressar como os diversos elementos de um componente se relacionam (tolerâncias dimensionais e geométricas) e determinar a faixa de valores permitida para a especificação (valor da tolerância). Os principais objetivos da etapa de desenvolvimento do produto são a definição das tolerâncias com o foco na função dos componentes nos seus conjuntos e a adequação dos seus valores para obter a melhor relação entre desempenho e custo [34].

As especificações contidas no desenho do produto devem ser completas e objetivas, de modo a não apresentar ambigüidades. A eliminação das tolerâncias inconsistentes pode ajudar a empresa a reduzir refugos e retrabalhos, modificações e conflitos. Porém, nos casos analisados essa não é a realidade existente, dificultando a utilização do desenho do produto como uma ferramenta contratual entre empresas.

Os principais problemas relacionados às especificações dos produtos observados nas montadoras de veículos visitadas foram:

1. Funcionários apresentam dificuldade na utilização e na interpretação do *Geometric Dimensioning and Tolerancing* (GD&T) no projeto do produto. A linguagem GD&T proporciona os recursos necessários para que contenham os principais parâmetros, em termos dimensionais e geométricos, visando não somente o produto, mas também o processo de fabricação, a inspeção e a montagem; além de proporcionar a uniformização das especificações [35], [36];
2. Cotação baseada no sistema cartesiano, ao invés da utilização de tolerâncias geométricas, que aumentam a zona permissível da tolerância;
3. Presença de tolerâncias inconsistentes. Uma tolerância extremamente grande pode causar problemas de desempenho nos processos e nos produtos. Já uma tolerância menor do que o necessário aumenta os tempos e custos de produção, prejudicando a produtividade;
4. Presença de erros conceituais nas tolerâncias, por exemplo, uma tolerância geométrica com o mesmo valor de uma tolerância dimensional, ambas relacionadas ao mesmo elemento geométrico. Segundo a ASME Y14.5, a tolerância geométrica tem que ser um refinamento da tolerância dimensional;
5. Falta de definição das referências ou problemas na sua definição;
6. Definição de materiais que não condizem com a realidade brasileira, principalmente quando o projeto é realizado por empresa estrangeira.

A Figura 9 representa um projeto do produto que possui alguns dos problemas citados acima (conforme numeração) para exemplificá-los.

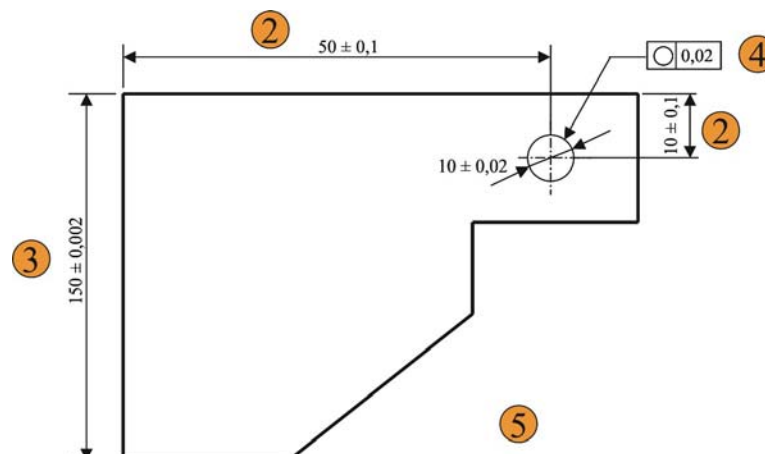


Figura 9: Problemas existentes no projeto do produto

Tudo isso, irá dificultar no processo de desenvolvimento do produto, principalmente quando envolve o relacionamento entre empresas, pois dará maior liberdade para os fornecedores na tomada de decisões, podendo ocasionar atitudes indevidas, que só serão percebidas nas etapas posteriores e, muitas vezes, tardiamente.

Para a área de metrologia, o problema de tolerâncias inconsistentes tem um impacto direto. A medição de características que não estejam bem cotadas ou que não representam a função e a montagem da peça, não terá significado, só aumentando os custos e desperdiçando tempo.

Além disso, diversos parâmetros a serem definidos para um adequado processo de medição dependem de um bom projeto do produto, como por exemplo, o sistema de alinhamento da peça na MMC; conseqüentemente irão aumentar a probabilidade de definições inadequadas, implicando na repetição da medição, desentendimentos entre as empresas e divergências nos resultados de medição.

É essencial que haja uma revisão crítica do projeto do produto, de modo a suprir essas inconsistências mencionadas. Entretanto, é de fundamental importância o envolvimento da metrologia no desenvolvimento do projeto do produto, para que os problemas sejam identificados e corrigidos e, conseqüentemente o projeto já nasça maduro e, os testes, as falhas e as revisões dos desenhos sejam minimizados. Ademais, é necessário um treinamento em GD&T de todos os envolvidos com o desenvolvimento do produto, incluindo a área de metrologia, para fornecer a base para a correta realização do projeto do produto e das atividades suplementares.

2.3.2 Fluxo de informações técnicas “deficientes”

A concepção de um produto resulta de uma cadeia sistematizada de atividades, que vão desde a definição do produto até a sua possível reciclagem. Assim, todo o processo de desenvolvimento do produto se caracteriza por relacionamentos e interfaces entre departamentos da mesma empresa e entre departamentos de diversas empresas, devendo ocorrer a troca de informações de maneira confiável para o funcionamento do processo, como pode ser observado na Figura 10.

As relações entre clientes e fornecedores são muito dependentes do suporte das informações e da troca de conhecimentos, melhorando o desempenho da cadeia de suprimentos se a sua difusão e o seu compartilhamento forem realizados adequadamente.

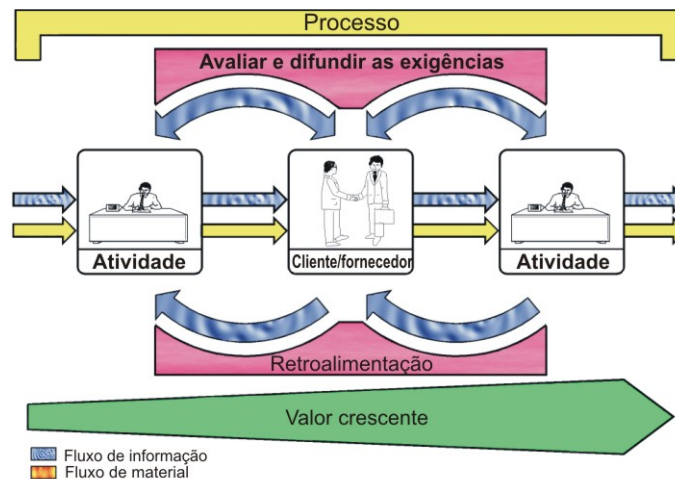


Figura 10: Fluxo de informações nos processos de garantia da qualidade do produto [4]

As características essenciais para a comunicação harmoniosa e eficiente entre cliente e fornecedor para não haver inconsistências no fluxo de informações são:

- Mesma versão dos documentos, principalmente o desenho do produto;
- Informações sempre disponíveis para os envolvidos;
- Armazenamento confiável e seguro;
- Alterações não devem ser permitidas sem a autorização dos envolvidos;
- Linguagem de fácil entendimento para todos os envolvidos.

Em relação ao fluxo de informação referente ao testes de medição realizados durante as etapas de desenvolvimento do produto, pode-se listar os seguintes problemas observados atualmente:

- Disponibilização do desenho do produto: em algumas montadoras de veículos disponibilizados somente em papel, não utilizando o recurso de modelos computacionais. Existem casos que os fornecedores e a montadora trabalham com versões diferentes; ademais, foi observado em algumas montadoras que as modificações no projeto do produto não

ocorrem no próprio desenho, mas em um documento a parte, dificultando a disponibilização dessas informações para todos os envolvidos;

- Relatórios de medição: é comum a utilização de diversos modelos de relatórios de medição pelos fornecedores, dificultando a análise pelas montadoras de veículos. Mesmo o próprio modelo proposto no PPAP, que é muito utilizado pelas montadoras, apresenta dificuldades, como a propensão para erros de digitação, a nomenclatura das tolerâncias depende do fornecedor sendo muitas vezes confusa, falta de informação do sistema de medição utilizado e dentre outras;
- Documento para descrição de como foi realizada a medição: atualmente nenhuma montadora de veículos recebe ou solicita esse documento, apenas foi verificada a necessidade da sua existência; e mesmo o próprio fornecedor também não possui essa documentação para seu processo interno, dificultando nos casos onde será necessária uma nova medição ou quando houver mudança do operador;
- Avaliações dos relatórios de medição dos fornecedores: faltam explicações e documentações para os fornecedores das análises realizadas pela montadora de veículos;
- Maneira de transferência de informação: foi observado que muitas informações ainda são transmitidas em papel, somente em poucos casos pela internet. Nos departamentos relacionados ao desenvolvimento do produto no fornecedor, observa-se a criação de um modelo integrado para a facilidade na transmissão das informações entre departamentos internos da montadora de veículos, porém limitando-se a apenas informações de prazos e status das atividades, os relatórios dos testes realizados e as suas análises ainda são gerados em papel.

2.3.3 Controle dimensional pouco confiável

O processo de medição dimensional inicia-se com a interpretação do desenho do produto pelo operador. Pôde-se observar que apesar da crescente utilização da linguagem GD&T, definindo diversos parâmetros para as especificações que facilitam a

medição da peça, como as referências para o alinhamento matemático, ainda faltam diversos parâmetros que provocam a ambigüidade na realização da medição.

Os sistemas de medição e métodos estão cada vez mais sofisticados, possuindo mais detalhes dos que os contidos nos desenhos do produto. Esses detalhes seriam todos os parâmetros que devem ser definidos para a realização da medição, no caso da medição 3D, pode-se citar a definição do algoritmo matemático de avaliação, quantidade e distribuição de pontos, parâmetros do filtro e dentre outros.

Outrossim, a maioria das montadoras de veículos não propõe recomendações de como devem ser realizadas as medições, apenas avaliam os resultados de medição dos fornecedores, sem ter conhecimento de como foi realizada a medição. Como conseqüência, acarreta a falta de confiança nos fornecedores e grande parte das montadoras repetem as medições já realizadas por estes.

Assim, só com a documentação do processo de medição utilizado pelo fornecedor, será possível avaliar os fatores que estarão influenciando na medição, confiar na realização da medição e comparar os resultados.

Outro problema que prejudica os processos de medição são os erros de interpretação das tolerâncias no projeto do produto cometidos pelos operadores das máquinas, definindo estratégias de medição não condizentes com a definição do mensurando. Isso ocorre no Brasil, principalmente pela falta de qualificação técnica dos operadores, principalmente na linguagem GD&T.

A escolha do sistema de medição também é um item que merece destaque, pois depende de diversos fatores, tais como: a complexidade da peça, níveis de tolerância, propósito da medição (pré-processo, in-processo, pós-processo), incerteza de medição, custo de aquisição e etc. Todos esses parâmetros precisam ser analisados profundamente, sendo fundamental uma boa qualificação dos operadores, o que atualmente é uma grande dificuldade.

Assim, muitas vezes ocorre a medição de uma peça com um sistema de medição inadequado. Para tentar minimizar isso, as montadoras de veículos estão exigindo cada vez mais que as medições dimensionais nas etapas de desenvolvimento do produto sejam realizadas com máquinas de medir por coordenadas, exigindo um grande investimento por parte dos fornecedores. Porém, isso não é suficiente, pois mesmo a compra de uma MMC não garante que a medição seja confiável.

2.3.4 Gestão de recursos humanos

As empresas cada vez mais se conscientizam de que a qualidade é um objetivo estratégico entre as técnicas de gestão, e que a sua excelência só será alcançada, através de funcionários capacitados e motivados. Só uma visão completa da qualidade com uma atualização contínua da cultura empresarial garantirá o futuro de uma empresa nesse mercado globalizado. Além dos fatores técnicos e organizacionais, aumenta-se cada vez mais a importância dos fatores humanos [4].

Em relação à indústria automotiva, a situação atual mostra que para a realização da sistemática de desenvolvimento do produto no fornecedor é imprescindível que a montadora de veículos e o fornecedor falem a mesma língua, tenham relações de confiança e cooperação, necessitando de uma qualificação técnica dos funcionários compatíveis entre si. No entanto, conforme descrito nas seções anteriores desse item, muitos dos problemas ocorridos nas relações entre clientes e fornecedores estão relacionados com as definições e atitudes da mão de obra.

Grande parte dos funcionários com melhor capacitação prefere trabalhar nas montadoras de veículos ou nos grandes fornecedores, principalmente devido à remuneração e as melhores oportunidades e benefícios oferecidos. Acarretando a presença de funcionários mais qualificados nas montadoras e um grande desnível em relação aos funcionários dos fornecedores, principalmente os de pequeno e médio porte.

Ademais, um problema que dificulta a qualificação dos funcionários dos fornecedores de pequeno e médio porte é a falta de programas de treinamentos e qualificação, sendo consequência direta das suas condições financeiras. Essas empresas também não têm condições de contratar uma empresa de consultoria para auxiliar em tarefas mais específicas requisitadas pelas montadoras de veículos, sendo sua principal fonte de atualização e melhoria do conhecimento, os relacionamentos diretos com os funcionários das montadoras.

Por outro lado, observa-se também que mesmo nas próprias montadoras de veículos existem algumas áreas que apresentam deficiências na qualificação dos funcionários, devido à evolução tecnológica e o fato dos cursos técnicos não abordarem determinados temas com profundidade. A área de metrologia (em específico a medição 3D) se encaixa nesse perfil, podendo ser observado problemas conceituais. Esse fato se torna ainda mais crítico nos fornecedores.

A medição 3D tem sido aplicada com cada vez mais frequência em todas as fases do ciclo de vida do produto, isso também acontece no caso da indústria automotiva. No entanto, como em todo processo de rápida absorção tecnológica, a disseminação da medição 3D não foi acompanhada pela necessária adequação na formação do pessoal técnico.

A carência de uma formação mais ampla provoca uma grande lacuna entre as potencialidades da tecnologia e a capacidade do pessoal técnico em explorar os seus recursos de maneira confiável e eficiente. O elo fraco da corrente para a qualidade dos processos de medição, tem sido infelizmente, o elemento humano.

A utilização correta dos instrumentos de medição e o emprego de procedimentos adequados são essenciais para a garantia da confiabilidade das medições. Porém, para que isso aconteça, o operador precisa estar capacitado e estar ciente das fontes de influência que atuam na sua medição. O que tem acontecido é que muitas empresas acreditam que com a compra de equipamentos muito exatos não há a necessidade de uma qualificação operacional e metrológica dos funcionários que irão utilizá-los. Essa economia por parte das empresas poderá trazer prejuízos muito grandes, além de subutilizar os investimentos realizados.

As perdas diretas e indiretas causadas por um operador sem qualificação são muito maiores do que os custos com a sua adequada qualificação, tais como [37]:

- Mau uso e conservação da máquina;
- Maiores custos com a manutenção da máquina;
- Resultados de medição sem confiabilidade;
- Erros de avaliação de processos;
- Erros de classificação de peças e lotes;
- Tomadas de decisões erradas.

Essa é uma realidade presente em boa parte da indústria automotiva, requerendo das empresas um treinamento contínuo dos seus funcionários. Já é observada a preocupação das montadoras de veículos em querer desenvolver e capacitar seus fornecedores diretos, em um relacionamento de parceria. Foi constatada a realização de alguns programas de capacitação dos fornecedores por iniciativa das

próprias montadoras onde, após a identificação de áreas e tarefas que estão carentes, promovem treinamentos específicos para um grupo de fornecedores.

3 UTILIZAÇÃO DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS NA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Neste capítulo serão descritas as características e recursos da medição por coordenadas nas atividades de garantia de qualidade, voltadas principalmente para as etapas de desenvolvimento do produto. Ademais, serão ressaltados os fatores de influência que poderão atuar em um processo de medição por coordenadas e os parâmetros necessários para definir um processo de medição adequado. Por último, será relatada a situação atual em que se encontram as atividades de medições por coordenadas na indústria automotiva brasileira nas relações entre montadoras de veículos e fornecedores.

3.1 A TECNOLOGIA DA MEDIÇÃO POR COORDENADAS

A evolução dos processos de manufatura e tecnologias de produção acarretou a integração dos processos através da informática e da automação. Com isso, os diversos setores do fluxo produtivo tiveram que se adaptar a essa nova realidade, incluindo o controle dimensional. Os sistemas e métodos de medição tiveram que se desenvolver para se inserirem nessa automatização e atenderem a velocidade de produção, além de tornarem-se cada vez mais exatos para cumprir o alto nível de qualidade exigido das tolerâncias dimensionais e geométricas do produto.

Outrossim, a evidência da importância da interação entre as áreas de projeto, de processos de fabricação e da metrologia e a necessidade de desenvolver projetos com qualidade, aprimorando-os nas etapas iniciais do ciclo de vida do produto para prevenir as falhas futuras no processo produtivo, ocasionaram a intensificação das atividades de medição no processo de desenvolvimento do produto. Nessas atividades de medição,

em específico na dimensional, as principais características desejadas para os sistemas de medição são flexibilidade, ampla faixa de aplicação e boa exatidão.

Todas essas potencialidades e características exigidas pelo mercado (tanto na produção quanto no desenvolvimento do produto) podem ser observadas principalmente na tecnologia da medição por coordenadas, que é atualmente o recurso mais poderoso e estratégico para garantir a qualidade do produto e o controle do processo.

Como qualquer sistema de medição dimensional, a função da medição por coordenadas consiste da medição da forma real da peça em comparação com a forma nominal, e a avaliação de informações metrológicas, como o tamanho, a forma, a localização e a orientação. Para isso, é realizada a apalpação de pontos na peça física e definidas suas coordenadas segundo um sistema de coordenadas espacial.

Além da medição ponto a ponto, as MMC's também podem ser utilizadas para avaliar desvios de forma das peças no modo *scanning*, onde o apalpador permanece em contato com a superfície da peça, enquanto se desloca ao longo de uma trajetória predefinida. Durante esse percurso, dados que descrevem a geometria do objeto são seqüencialmente coletados na forma de coordenadas cartesianas (x, y, z). Um requisito imprescindível do ponto de vista de *hardware* para a utilização do processo de *scanning*, é a utilização de um apalpador medidor analógico [38].

Para avaliar os parâmetros da peça, um modelo analítico (algoritmo matemático de avaliação) é utilizado, pois não é possível a sua determinação apenas pelas coordenadas dos pontos. Com isso, é obtido o elemento geométrico associado, a partir dos pontos extraídos, sendo possível a determinação dos parâmetros de interesse e a comparação com as tolerâncias do desenho do produto (Figura 11). Na medição do modo *scanning*, a obtenção do elemento associado, sofre a atuação de dois princípios básicos além do algoritmo de avaliação, a eliminação de dados atípicos ou *outliers*, e a aplicação de um filtro digital para eliminar frequências que não são interessantes para uma determinada avaliação [38].

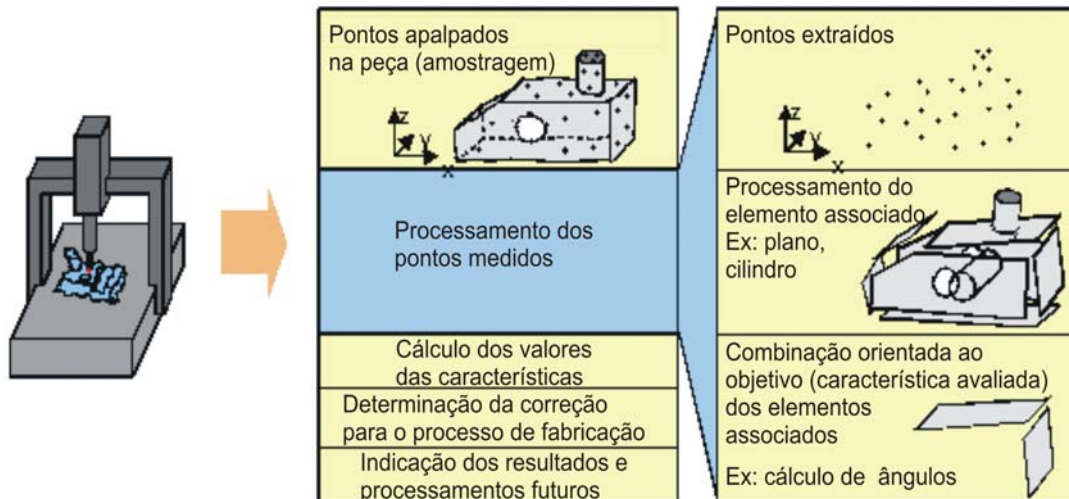


Figura 11: Princípios da medição por coordenadas, adaptada de [39]

Em relação ao *hardware* da MMC, sua estrutura mais clássica consiste basicamente de 3 eixos perpendiculares entre si formando um sistema de coordenadas cartesiano. Os principais elementos que compõem uma MMC são [37], [39], [40]:

- Mesa (desempeno)
- Colunas e braços
- Guias
- Mancais
- Apalpador
- Sistemas de acionamento e transmissão
- Escalas de medição
- Controle numérico computadorizado
- Computador e periféricos

Alguns desses elementos construtivos podem ser visualizados na Figura 12.

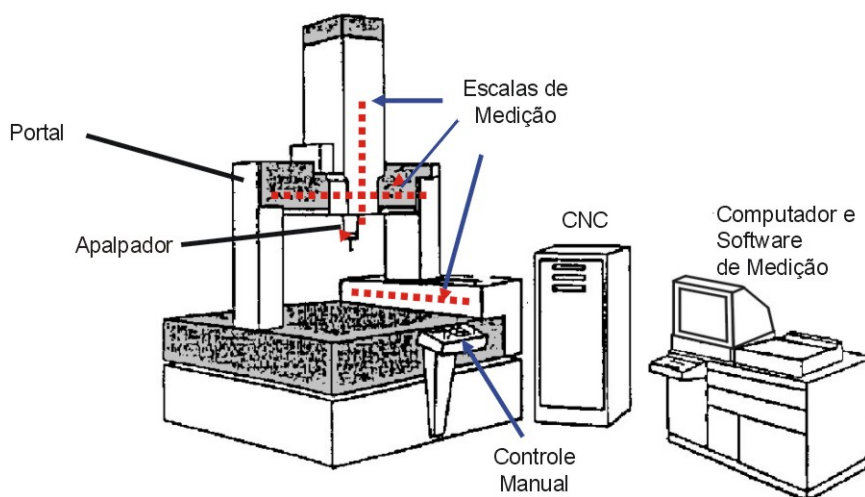


Figura 12: Elementos construtivos de máquinas de medir por coordenadas

[41]

Dentro dessa estrutura, existem variações na sua construção mecânica, a qual podem dividir as MMC's em 4 grupos, relacionando-as através de alguns parâmetros

como o volume de medição, a incerteza de medição, a área de acesso e as particularidades da própria tecnologia, sendo eles: tipo coluna, tipo portal, tipo braço horizontal e tipo ponte [37], [40].

Posto isso, as principais vantagens das MMC's são sua ampla faixa de aplicação, flexibilidade e universalidade, potencialidades geométricas, baixa incerteza de medição, automatização, integração ao ambiente de produção, informatização e medição orientada ao elemento [37], [39].

De fato, a difusão da medição por coordenadas nos diversos setores da empresa, produtos e etapas do ciclo de vida do produto, deve-se principalmente a recursos tecnológicos como:

- Compensação dos erros geométricos da MMC e da temperatura via *software*;
- Programação *off-line* da medição;
- Disponibilidade de *softwares* para medição de formas livres e digitalização;
- Processamento de diversos formatos de relatórios de medição (gráficos e numéricos), incluindo processamentos estatísticos dos resultados;
- Medição das tolerâncias geométricas no modo *scanning*;
- Interface *Dimensional Measuring Interface Standard* (DMIS), que pode ser utilizada em diferentes MMC e possibilita um formato de troca neutro entre os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) e as MMC;
- Integração do projeto do produto (modelo computacional) com o software da MMC, facilitando a programação das medições;
- *Interface* da MMC com o usuário cada vez mais amigável e etc.

Diante de todas essas vantagens e recursos observados, as aplicações mais encontradas da medição por coordenadas podem ser visualizadas na Tabela 5.

Tabela 5: Aplicações da medição por coordenadas

| Área | Aplicações |
|------|------------|
|------|------------|

| | |
|---------------------------------------|---|
| Desenvolvimento do produto | <ul style="list-style-type: none"> • Análise e melhorias das características dimensionais e geométricas nos protótipos e amostras iniciais; • Digitalização de peças e modelos; • Medições investigativas para validação de projetos e etc. |
| Ferramentas e dispositivos | <ul style="list-style-type: none"> • Medição e calibração de dispositivos de fixação; • Medição e aprovação de ferramentas de estampagem e injeção, etc. |
| Fase de pré-produção | <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste e melhoria do processo; • Medição das amostras iniciais e lotes pilotos e etc. |
| Produção seriada | <ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de processos; • Controle da capacidade dos processos; • Investigação das variações do processo; • Avaliação da conformidade dos produtos (tolerâncias dimensionais, geométricas e medição de forma livre); • Liberação do início da produção e etc. |
| Produtos e processos dos fornecedores | <ul style="list-style-type: none"> • Homologação de fornecedores; • Aprovação das peças compradas; • Aprovação do processo de fabricação; • Aprovação de dispositivos de controle e fixação e etc. |
| Calibração de padrões e instrumentos | <ul style="list-style-type: none"> • Medição e calibração de peças padrão e padrões, • Medição e calibração de dispositivos de controle; • Calibração de sistemas de medição e etc. |

Assim, como o foco deste trabalho são as medições nas etapas do desenvolvimento do produto, os principais benefícios obtidos pela utilização das MMC's nessa fase têm sido:

- Melhoria do projeto do produto, através da adequação das especificações às normas e aos órgãos legais, aprimoramento na definição das tolerâncias, do sistema de referência e das características críticas e significativas a serem inspecionadas;
- Melhor entendimento das características do produto e do comportamento do seu processo de fabricação;
- Minimização dos problemas durante a produção em série;
- Melhor definição das medições dimensionais a serem realizadas para o controle do processo, direcionando para as características que realmente são necessárias e críticas e, dentre outras.

Apesar de todos os recursos e potencialidades oferecidas pelas máquinas de medir por coordenadas, os benefícios da sua utilização apenas serão obtidos se a MMC estiver sob os cuidados necessários, for utilizada de maneira coerente e se os parâmetros dos processos de medição forem definidos adequadamente pelo operador.

3.2 REQUISITOS PARA A CONFIABILIDADE DOS RESULTADOS DE MEDIÇÃO ENTRE CLIENTES E FORNECEDORES

Na atual competitividade acirrada do mercado, não há mais espaço para medições sem qualidade. É necessária a garantia de que o processo de medição seja confiável e, conseqüentemente seus resultados, evitando assim, a tomada de decisões erradas em relação aos produtos e processos.

Isso se torna mais crítico nas medições executadas durante a fase de desenvolvimento do produto, pois uma falha no diagnóstico do produto poderá trazer grandes perdas, pois provavelmente só serão detectadas na fase da produção.

Com a crescente terceirização e o aumento da participação dos fornecedores no desenvolvimento dos produtos, ocorreu também o deslocamento das atividades de medição realizadas nessa etapa, para os fornecedores. Porém, surgiram diversos problemas na comparabilidade das medições realizadas nas amostras e protótipos dos fornecedores, que antes não existiam, pois ocorriam nos próprios departamentos da montadora de veículos, facilitando a sua solução. Os principais fatores que ocasionam essas divergências nos resultados de medição nas etapas de desenvolvimento do produto podem ser observados na Figura 13.

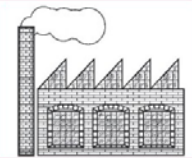

| MONTADORA | FORNECEDOR |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Falta de informações sobre o produto; • Falta de uma definição clara dos requisitos a serem desenvolvidos; • Problemas nos projetos dos produtos, ocasionando definições inadequadas; • Falta de suporte técnico e metrológico; • Falta de recomendações para a realização da medição; • Falta de recomendações para a documentação dos resultados de medição e dos parâmetros do processo de medição.  | <ul style="list-style-type: none"> • Erros na interpretação do projeto do produto; • Desconhecimento das características da peça; • Utilização do sistema de medição inadequado; • Definição inadequada do processo de medição: <ul style="list-style-type: none"> • Erros na qualificação do apalpador, • Velocidade de calibração e de medição do apalpador diferentes, • Posição inadequada da peça na MMC, • Presença de sujeira na peça, • Medição sem esperar a estabilização térmica da peça, • Fixação inadequada; • Desconsideração dos erros de forma da peça, • Estratégia de apalpação inadequada, • Escolha incorreta da configuração do apalpador; • Tomada de pontos em locais inadequados, • Definição inadequada da quantidade e distribuição de pontos, • Utilização de algoritmo de avaliação inadequado, • Má definição do sistema de referência; • Erro no registro dos resultados de medição; • Falta de uma melhor capacitação dos metrologistas.  |

Figura 13: Fatores que ocasionam divergências nos resultados das medição realizadas pelos fornecedores nas etapas de desenvolvimento do produto

Entretanto, as medições não confiáveis podem causar problemas também na fase de produção, como os erros de classificação das peças. A reprovação de um produto bom pode ocasionar perda de material e tempo ao reprovar um produto já fabricado, paradas da produção desnecessárias para ajustar o processo, aumento dos custos internos da não qualidade e etc. Por outro lado, a aprovação de um produto ruim possibilita a geração de informações erradas para o controle do processo, problemas na montagem e falhas no produto, devolução de lotes pelo cliente, prejuízos para a imagem da empresa, perda de clientes, aumento dos custos externos de não qualidade e dentre outros [37].

A partir desses problemas causados pelas medições não confiáveis, justifica-se a grande necessidade de planejar criteriosamente e documentar todos os parâmetros definidos e solicitados no processo de medição, independente da fase do ciclo de vida do produto. Dessa forma, será possível avaliar e compreender as variações nos resultados de medição de maneira segura e, caso necessário, repetir as medições sob as mesmas condições ou alterar os parâmetros que poderão ser melhorados.

Vale ressaltar que apesar da possibilidade de se obter baixas incertezas de medição com a utilização das MMC's, os resultados de medição obtidos por diferentes pessoas ao medir a mesma peça, freqüentemente apresentam diferenças, que são maiores que as incertezas da máquina especificada pelo fabricante [42]. Somente a aquisição de uma MMC muito exata e a sua instalação em um ambiente adequado não é suficiente.

É necessário, portanto, que o operador tenha os conhecimentos metrológicos e operacionais para analisar todas as fontes de influência, definir a estratégia de medição mais adequada para cada tarefa de medição e os demais parâmetros do processo de medição, além de estar atento aos erros ocasionados durante a execução da medição [42]. Só assim, será possível confiar nos resultados obtidos, evitar desentendimentos e interpretações ambíguas, avaliar os resultados seguramente e, usufruir os benefícios das MMC's [43], [44].

Atualmente, as grandes dificuldades para o estabelecimento de um processo de medição adequado são a falta de informação disponível para os metrologistas, resultado da existência de poucas normas que dêem recomendações para todos os parâmetros necessários (Tabela 6) e, a falta de qualificação dos operadores para avaliar os efeitos dos fatores de influência nos valores dos resultados de medição

obtidos [45]. Assim, as definições do processo de medição são baseadas na experiência do operador e, conseqüentemente potencializa a ocorrência de divergências nos resultados de medição.

Tabela 6: Normas existentes para a minimização das influências nos resultados de medição com a utilização de MMC's [42]

| Fator de influência | Parâmetros e normas existentes |
|---------------------|---|
| Sistema de medição | <ul style="list-style-type: none"> • Teste de aceitação e verificação das MMC's (ISO 10360-2) • Controle da inspeção, medição e equipamento (ISO 9000, ISO 10012-1) • Software de referência e dados de referência (ISO/CD 10360-6) • Rastreabilidade ao padrão do metro (EN 45001) |
| Ambiente | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de referência 20°C (ISO 1) • Condições de climatização da sala de medidas (EN 45001) |
| Peça | <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de referência 20°C (ISO 1) |
| Operador | <ul style="list-style-type: none"> • Treinamento adequado dos operadores (EN 45001) |

O processo de medição por coordenadas possui diversas fontes de influência que geram incertezas nos resultados de medição. Esses fatores se resumem a quatro grandes grupos (sistema de medição, ambiente, peça, operador-estratégia de medição), estando interligados e podendo atuar em conjunto [42], [46]. Entretanto, cada grupo é subdividido em subgrupos, como pode ser observado na Figura 14.

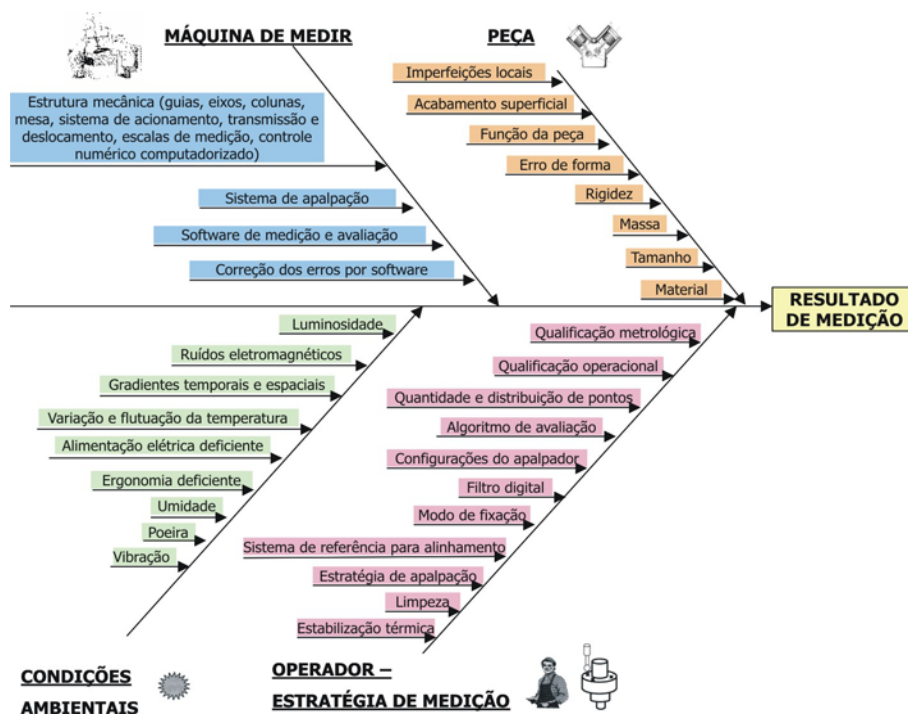


Figura 14: Fontes de incerteza em um processo de medição por coordenadas [37], [42], [38]

Contudo, esses fatores de influência proporcionam desvios nos resultados de medição em diferentes proporções, como é o caso do sistema de medição, do ambiente e do operador-estratégia de medição, que podem ser enquadrados na relação 1:10:100 e estão ilustrados de forma qualitativa no gráfico da Figura 15. Já a influência da peça não pode ser generalizada e incluída nessa relação, devido a sua grande dependência do processo de fabricação e em alguns casos, do ambiente onde será realizada a medição [42].

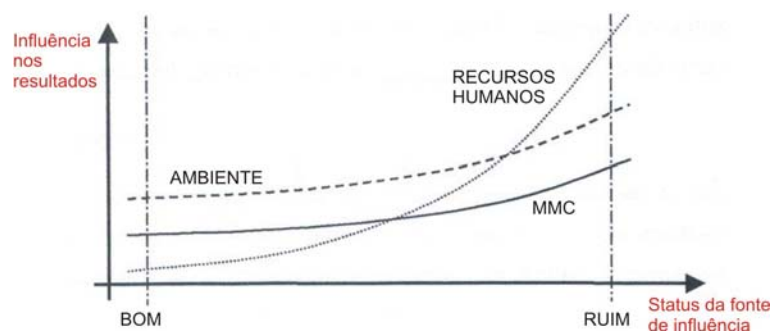


Figura 15: Influência relativa das fontes de influência na medição com MMC [47]

Deste modo, como pode ser observado nas relações expostas acima, destaca-se a importância da adequada definição da estratégia de medição pelo operador, que proporciona uma influência muito maior no processo de medição do que os demais fatores. Isso ocorre devido à grande flexibilidade da medição por coordenadas, que possibilita uma grande liberdade ao operador na definição dos parâmetros do processo de medição. Esse problema é mais crítico nas medições realizadas entre cliente e fornecedores para a garantia da qualidade dos produtos comprados, onde é necessário realizar a comparabilidade dos resultados das medições executados por ambos, sendo um fator imprescindível para isso, a utilização de estratégias de medição compatíveis.

3.3 DEFINIÇÃO ADEQUADA DO PROCESSO DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS

Para realizar a medição dimensional de um produto utilizando uma MMC é fundamental, primeiramente, definir o objetivo da medição, interpretar as características da peça a medir e analisar as fontes de influência que poderão agir na medição. Com o

entendimento aprofundado dessas características parte-se para a definição de todos os parâmetros do processo de medição.

Na Figura 16 é apresentado um fluxograma com as etapas necessárias para a definição do processo de medição. Vale ressaltar que as etapas da fase de planejamento do processo de medição anterior à sua execução poderão ocorrer em uma ordem diferente da especificada, não influenciando o resultado.

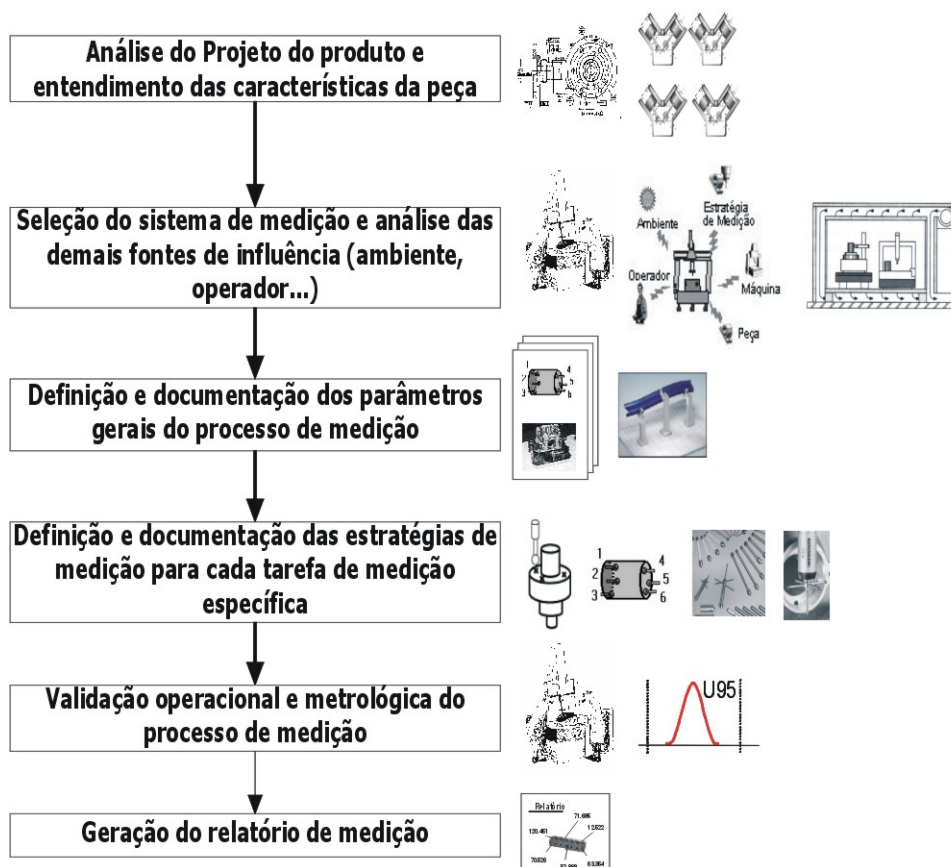


Figura 16: Etapas para a definição de um processo de medição por coordenadas

Para que o fornecedor possa definir todos os parâmetros do seu processo de medição de maneira adequada, é necessário o entendimento do comportamento do seu processo de produção, além do auxílio da montadora de veículos, disponibilizando as informações do produto e dando o devido suporte para evitar ambigüidades e erros de interpretação. Nessa relação entre montadora e seus fornecedores, o desenho do produto é uma ferramenta muito importante, pois é o documento principal que contém os requisitos técnicos do produto exigidos pela montadora.

Nesse sentido, o uso do GD&T, linguagem para normalização das especificações geométricas do produto, tem como objetivo evitar ambigüidades na

comunicação entre a área de projeto, a manufatura e a metrologia. Porém, na prática atual, ainda existem problemas de comunicação entre os departamentos e na definição e interpretação das tolerâncias do produto. Aliado a isso, a evolução dos sistemas de medição fez com que novos parâmetros (além dos especificados no desenho) precisassem ser definidos para a realização da medição.

Esses fatos dificultam o entendimento das características a serem medidas, e conseqüentemente, a definição dos parâmetros do processo de medição, aumentando a probabilidade de ocorrer divergências nos resultados de medição realizados por diferentes operadores [48].

Os parâmetros do processo de medição para cada tolerância de um determinado produto são definidos em função das suas características e da tarefa de medição específica. As principais características do produto que influenciam na estratégia de medição são:

- Tipo de geometria: geometrias regulares (elementos geométricos) e geometrias complexas (medição de pontos na superfície livre);
- Material e rigidez mecânica: pouca rigidez implica em cuidados especiais na fixação e na apalpação. A velocidade e a força de medição precisam ser bem avaliadas, além de conhecer o coeficiente de dilatação térmica para analisar as influências da temperatura e realizar as correções adequadas;
- Acabamento superficial: influência na escolha da ponta do apalpador. Quanto mais grosseiro o acabamento superficial maior deverá ser o diâmetro do apalpador, além disso, deve tomar cuidado na apalpação de pontos em locais com rebarbas e imperfeições;
- Processo de fabricação da peça: avaliar os erros de forma gerados pelo processo de fabricação, para que possam ser considerados nas estratégias de medição da peça, fornecendo resultados de medição confiáveis e conseqüentemente, possam ser realizados ajustes no processo de maneira adequada;
- Volume de produção e freqüência de medição: dependendo da freqüência de medição diversos parâmetros são otimizados para reduzir o tempo de medição, porém não deve afetar a confiabilidade do processo de medição;

- Nível de exatidão dimensional: define a importância que deverá ser dada ao processo de medição, intensificando ou amenizando os esforços em cada parâmetro da estratégia de medição.

Já para a tarefa de medição específica de cada tolerância devem ser considerados o tipo de elemento geométrico a ser medido, as características físicas do elemento geométrico, a acessibilidade aos elementos da peça real, o tipo de medição (*scanning* ou ponto a ponto), as configurações do apalpador, a quantidade e distribuição dos pontos, o algoritmo de avaliação e o filtro digital (quando aplicável).

Além dos parâmetros do processo de medição para cada tolerância a ser avaliada, é necessário definir os parâmetros gerais do processo de medição, como o sistema de medição a ser utilizado, o modo de fixação e orientação do produto na MMC, as configurações gerais do apalpador, o sistema de referência para o alinhamento matemático do produto na MMC, o tempo de estabilização térmica do produto, a variação permitida da temperatura, os parâmetros gerais do *software* de medição da MMC e dentre outros.

O entendimento e a definição de todas essas características e parâmetros constituem a definição de um processo de medição por coordenadas para um determinado produto. Nessa seção serão descritas essas principais definições baseadas na Figura 16, entretanto algumas etapas do fluxograma pode ter seus itens descritos em mais de uma seção.

3.3.1 Interpretação do desenho do produto e das características da peça

A falta de informações e a presença de informações ambíguas no desenho do produto ou nos documentos que contêm os requisitos a serem fornecidos irá permitir que o fornecedor defina os parâmetros de acordo com o seu entendimento e a sua experiência. As tolerâncias estão divididas em dois tipos: dimensionais e geométricas (Figura 17) e irão influenciar na definição da estratégia de medição, tanto pelo seu valor quanto pela sua característica.

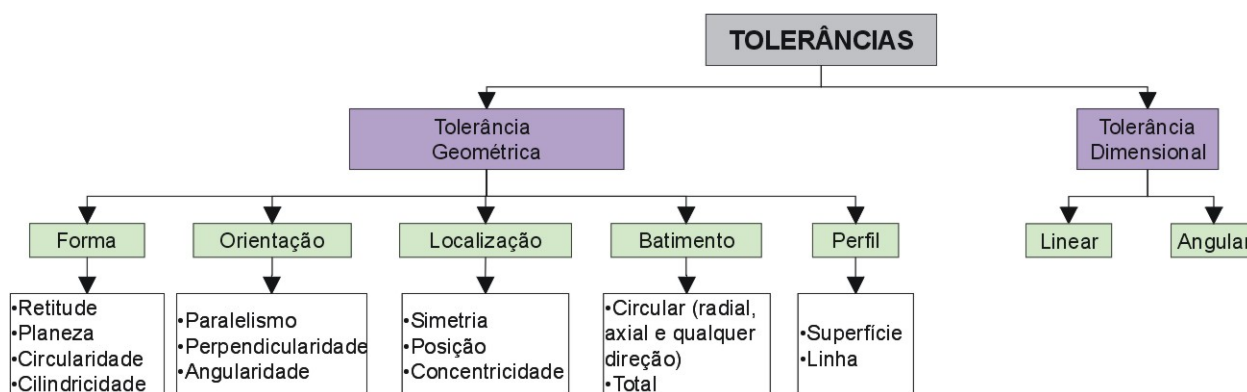


Figura 17: Tipos de tolerâncias [32], [33]

Assim, como objetivos desta etapa estão o entendimento das características da peça e do seu processo de fabricação e a análise das tolerâncias a serem avaliadas. Para isso, os itens importantes a serem disponibilizados pela montadora de veículos são o desenho do produto com as referências para o alinhamento, as características do produto que deverão ser medidas e avaliadas, o modo de fixação do produto na MMC, o sistema de medição mínimo a ser utilizado, recomendações gerais para a medição dos elementos geométricos e informação dos relatórios a serem preenchidos.

3.3.2 Definição do sistema de medição e análise das condições ambientais

Com o entendimento completo das características a serem medidas e do nível de exatidão necessário para a medição, deve-se definir o sistema de medição a ser utilizado, através de uma análise a priori dos dados disponíveis. Para isso, deve-se analisar o erro máximo do sistema de medição através do certificado de calibração, as características físicas da máquina que permitam realizar operacionalmente a medição da peça, além de sempre que possível, realizar algum ensaio na máquina para determinar a sua incerteza de medição para tarefas de medição específicas ou estimar a repetitividade da medição.

Entretanto, vale ressaltar que essa análise do sistema de medição é um primeiro contato do operador para a avaliação das fontes de influência no processo de medição, ainda na fase de planejamento da medição, onde na maioria dos casos, a peça ainda não foi fabricada. Sendo assim, deve ser realizada apenas para uma visão geral da possibilidade ou não de utilizar o sistema de medição em questão. Já a validação em si do processo de medição, com a análise da variação aleatória e sistemática do

processo de medição, deverá ser realizada após a execução da medição, conforme será retratado na seção 3.3.8.

Ademais, deverá ser realizada a análise das condições ambientais da sala de medidas onde será realizada a medição, tais como temperatura, vibração, poeira e dentre outras, para a verificação das perturbações que poderão influenciar o processo de medição e com isso, estabelecer ações para a minimização dessas ocorrências.

3.3.3 Procedimento de limpeza e estabilização térmica

A limpeza é um item que deve ser observado, principalmente nas medições onde as tolerâncias são muito pequenas, pois certas impurezas poderão comprometer o resultado de medição. As impurezas influenciam tanto a peça como a ponta do apalpador. Deve-se limpar as peças antes das medições, utilizando um pano e, em alguns casos ar comprimido. O importante é que o usuário tenha conhecimento dessa influência e defina as providências necessárias para minimizá-las.

Outro cuidado a ser observado é a temperatura da peça, que principalmente durante a produção, possui um valor bem distante de 20 °C ou da temperatura ambiente da sala de medidas, apresentando uma dilatação térmica que já pode ser suficiente para invalidar o resultado da medição. É necessário determinar o tempo de estabilização térmica da peça, conforme seu material, tamanho e tolerâncias.

3.3.4 Modo de fixação e orientação do produto na MMC

É necessário definir como a peça deverá ser fixada na MMC para ser medida, de modo a garantir uma fixação firme, estável e sem provocar deformações na peça. Em alguns casos, a montadora de veículos exige a construção de um dispositivo de fixação que será avaliado pela montadora. Porém, na maioria dos casos o fornecedor não tem informação de como deverá ser fixada a peça, definindo por conta própria.

O projeto do dispositivo deve ser desenvolvido de forma criteriosa, principalmente na medição de peças com baixa rigidez, como peças plásticas e chapas metálicas. Idealmente, deveria representar a condição de montagem da peça no seu conjunto mecânico, onde os pontos de fixação devem equivaler aos pontos de apoio na montagem e a posição da medição deve ser idêntica a posição de trabalho da peça, conforme pode ser visto na Figura 18.



Figura 18: Exemplo de dispositivos de fixação [41]

Outra recomendação para a fixação da peça, principalmente nas medições investigativas, onde não ocorre a medição de muitas peças, é a utilização de “adesivos” (massa de modelar), sendo a sua vantagem que a peça não será distorcida pela força dos grampos do dispositivo [49].

Além do modo de fixação da peça, é necessário definir a localização do dispositivo de fixação ou da própria peça na MMC, de forma a facilitar o acesso para a medição dos elementos geométricos e minimizar a incerteza de medição.

É importante estabelecer a orientação e a fixação da peça na máquina, para que seja utilizada, sempre que possível apenas, uma única orientação para a medição de todas as características necessárias. Se mais de uma posição for utilizada, há a possibilidade do operador degradar o processo de medição durante a nova fixação, diminuindo a confiança nos resultados de medição. Porém, a utilização de mais de uma posição poderá minimizar a necessidade de utilizar configurações complexas do apalpador. A recomendação é utilizar a menor quantidade de posições que permitam a medição da peça [49].

3.3.5 Definição das características de apalpação

Primeiramente, deve ser definido o modo de medição (*scanning* ou ponto a ponto), sendo necessária a existência de apalpadores específicos para cada um dos casos [37], [40].

Nesta etapa deve-se definir o apalpador a ser utilizado (comutador, analógico, *scanning*, óptico) e todas as configurações necessárias para realizar a medição das características a serem avaliadas. Para isso, deve-se definir para cada configuração os

prolongadores, as hastes, os tipos de ponta e o diâmetro da ponta, fazendo um balanceamento entre a facilidade na execução da medição e a incerteza de medição.

Além disso, deve-se definir a qualificação do apalpador para que o *software* de medição conheça o diâmetro e a posição de cada ponta das configurações que serão utilizadas na medição. Para isso, normalmente é realizada a medição de uma esfera de alta precisão com diâmetro calibrado e obtido o valor do diâmetro medido. Assim, o *software* de medição armazena as informações de cada configuração calibrada e realiza as correções necessárias durante a utilização de cada uma. Não é recomendável inserir o valor do diâmetro das pontas de medição pelo teclado, sem a realização da sua qualificação, pois devido à influência do apalpador (no comutador o efeito do *pre travel*), o diâmetro da ponta real terá um valor diferente [49].

Para a qualificação do apalpador deve-se idealmente utilizar a mesma direção e velocidade de apalpação a ser utilizada na medição da peça [37], [40], [50], [51].

Em relação à força de medição, pode-se dizer que o seu aumento torna o apalpador menos sensível, permitindo a captação dos pontos somente ao ultrapassar esse valor definido. Nos apalpadores comutadores o aumento da força só deverá ocorrer quando forem utilizadas hastes muito longas e pontas com um diâmetro maior. A força de medição deve ser ajustada para valores pequenos, sem comprometer o funcionamento do apalpador e da MMC, além de não aumentar a incerteza de medição [37], [40], [51].

A velocidade de medição deve ser sempre bem menor que a velocidade de deslocamento. O aumento da velocidade de medição aumenta a força de toque contra a peça e o deslocamento da máquina que ocorre entre o momento do toque do apalpador e o momento de captura do ponto e conseqüentemente, a incerteza de medição. Esse efeito pode ser minimizado se o apalpador for qualificado com a mesma velocidade de medição. É necessário estabelecer uma velocidade de medição que não seja tão rápida, pois produz uma força de contato grande, nem tão baixa [51].

A “distância da apalpação” também é um parâmetro que deverá ser considerado, pois irá ocorrer uma mudança de velocidade, antes do contato com a superfície. A máquina é influenciada pela vibração da aceleração e da desaceleração e, necessita de um período depois dessa mudança para minimizar a influência no resultado. Distâncias de apalpação maiores resultarão em menores variações da

posição do apalpador, pois permitem que o apalpador atinja um estado estável. Na prática, deve-se definir a melhor relação entre a distância e a precisão [51].

3.3.6 Definição do alinhamento matemático da peça

O estabelecimento adequado do sistema de coordenadas local da peça é vital para a confiabilidade e comparabilidade dos resultados e, requer do operador o conhecimento das características da peça, dos parâmetros do software da MMC e da suas influências nos resultados de medição, além disso é fundamental a existência de um desenho do produto com boa qualidade.

A definição das referências (*datums*) do produto é orientada pela geometria da peça, pela sua função, pela sua condição de montagem e pelas suas condições de medição. Idealmente, as referências devem estar especificadas no desenho do produto, mas, em muitos casos, ocorre a falta dessa informação, cabendo ao operador defini-las.

As referências da peça são definidas a partir de pontos teóricos que não podem ser medidos pela MMC. Para simular a existência dessas referências realiza-se a apalpação de pontos no desempenho, em esquadros padrões ou em outros “equipamentos” com bom acabamento superficial e baixo desvio de forma. Sabe-se que esses “equipamentos” também não são perfeitos, mas é a melhor alternativa para reproduzir o contorno geométrico perfeito das superfícies das referências [39].

Porém, devido ao fato de ser mais rápido e fácil apalpar pontos diretamente na peça, muitos operadores utilizam essa estratégia para definir as referências. Ademais, utilizam o algoritmo de avaliação dos mínimos quadrados. Assim, o resultado será um plano médio formado pelos pontos apalpados, não sendo a real representação da geometria física da peça, podendo ocasionar erros na avaliação da conformidade dos resultados de medição.

Para evitar esse problema, recomenda-se avaliar o erro de forma das superfícies que serão utilizadas como referência, e a partir disso, determinar se é possível a apalpação de pontos diretamente na superfície da peça ou se será necessário a apalpação de pontos nos dispositivos com baixo erro de forma. Assim, as recomendações estão divididas em dois grupos de acordo com o erro de forma da superfície de referência (Figura 19):

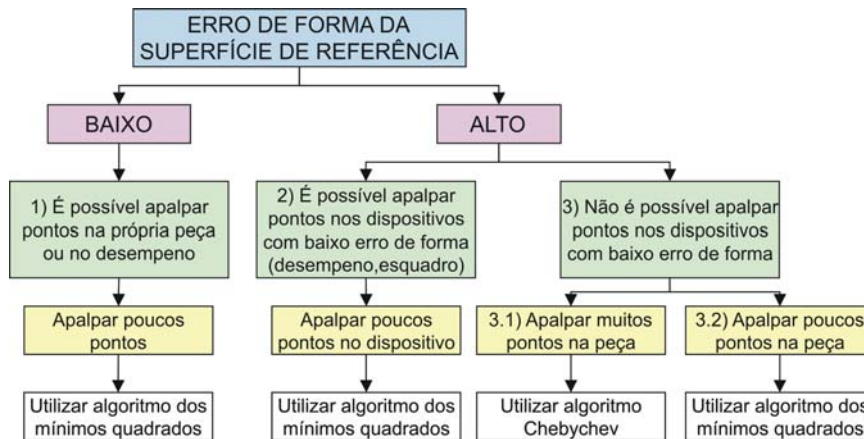


Figura 19: Recomendações para medições das superfícies de referência

O caso 3.2 da Figura 19 é o de maior ocorrência na prática porém, vale mencionar que o operador deverá estar ciente de que o sistema de referência criado causará uma influência no resultado, devendo avaliá-la.

Normalmente, ocorrem dois tipos de erro na definição do sistema de coordenadas. O primeiro está relacionado com a definição incorreta das referências pelo projetista ou pelo próprio operador da MMC, que deve ser baseada na função da peça e geralmente são definidas pelos elementos geométricos utilizados para restringir a posição durante a montagem. O outro problema refere-se à definição inadequada da estratégia de medição para a medição das referências, que envolve desde a etapa de fixação da peça (que pode deformar a peça) até a sua medição (estratégia de apalpação, quantidade e distribuição de pontos e algoritmo de avaliação).

3.3.7 Definição da estratégia de medição para cada tarefa de medição

Após a adequada definição dos fatores retratados anteriormente, deve-se partir para uma definição consistente da tarefa de medição propriamente dita.

O termo estratégia de medição presente neste trabalho engloba os parâmetros mais específicos de cada tarefa de medição de um produto e, abrange basicamente: a quantidade e a distribuição dos pontos a serem medidos no elemento geométrico, a definição das configurações do apalpador, o algoritmo de avaliação e quando aplicável, a seleção do filtro digital.

Estudos mostraram que a maneira como o operador define a estratégia de medição pode ter uma grande influência no valor e na incerteza dos resultados das medições, podendo até ser uma fonte de incerteza dominante [46]. Em muitos casos, é

previsto que a incerteza devido à estratégia de medição, como consequência do erro de forma, constitui a maior componente da incerteza de medição [46], [49], [52]. A medição dos elementos geométricos com a quantidade mínima de pontos (mínimo matemático), sob a influência de erros de forma, pode possuir uma incerteza muito alta [52]. Vale ressaltar que quanto melhor o conhecimento sobre o tipo e o valor do erro de forma, a definição da estratégia de medição tende a ser mais adequada e orientada a função da peça.

A definição do elemento geométrico a ser medido também faz parte da estratégia de medição, pois existem casos onde é possível definir elementos geométricos diferentes para a medição de uma mesma tolerância, influenciando na medição e conseqüentemente podendo causar divergências nos resultados. Por exemplo, um furo pode ser medido como um círculo (em n seções), como uma elipse (em n seções) e um cilindro. Portanto, é necessário definir criteriosamente qual o elemento geométrico será utilizado.

Na Tabela 7 serão descritas algumas recomendações a serem consideradas para esses parâmetros, baseadas em estudos realizados e pela experiência adquirida, bem como referências e normas a serem utilizadas para o aprofundamento do tema:

Tabela 7: Recomendações para os parâmetros da estratégia de medição

| Parâmetros | Recomendações |
|---|--|
| Quantidade e distribuição de pontos [37], [42], [46] [38], [49], [53], [54], [55] | <ul style="list-style-type: none"> • Existe um mínimo necessário para o cálculo matemático do elemento geométrico, que restringe seus graus de liberdade; • Recomendações da quantidade de pontos a ser medidas na BS 7172:1989 [55] e em [52]; • Apesar da existência dessas recomendações, é necessário realizar uma análise criteriosa da função da sua peça e do seu processo de fabricação, para determinar a quantidade mais adequada de pontos a ser medida; • BS 7172:1989 não recomenda a utilização de números pares; • Quanto maior a quantidade de pontos utilizada melhor será o resultado de medição, entretanto aumenta o tempo para a realização da medição; • Pontos apalpados próximos entre si fazem com que pequenos erros de apalpação dos pontos individuais se transformem em grandes erros de medição dos elementos geométricos, aumentando a incerteza e piorando a repetitividade das medições; • Distribuição uniforme é uma representação mais realista da geometria do elemento. |
| Seleção do apalpador [37], [40], [51] | <ul style="list-style-type: none"> • Avaliar se não está ocorrendo uma combinação imprópria entre a haste e o diâmetro do apalpador, ocasionando erros de medição como a captação de pontos pela haste do apalpador; • Diâmetro das pontas do apalpador muito pequeno penetra nas irregularidades das superfícies (ondulações e rugosidade); • Hastes aumentam a incerteza de medição, devem ser utilizadas somente se necessário; • A direção de apalpação ideal é feita sempre perpendicular a superfície. |
| Algoritmo | <ul style="list-style-type: none"> • Tipos existentes: mínimos quadrados, mínimo círculo circunscrito, máximo círculo inscrito e <i>Chebichev</i>; |

| | |
|---|--|
| matemático de avaliação [42], [46], [52], [54] | <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmo dos mínimos quadrados é o mais utilizado por questões históricas. Todos os pontos apalpados participarão no cálculo, assim a influência de cada ponto será menor no resultado final. Fornece resultados estáveis mesmo com uma pequena quantidade de pontos, mas não representam as condições de montagem; • Os algoritmos mínimo círculo circunscrito e máximo círculo inscrito são funcionais e representam a condição de montagem. É utilizado o número mínimo de pontos para o cálculo matemático do elemento; • O algoritmo <i>Chebyshev</i> ou mínima zona é recomendado para a medição de tolerâncias geométricas de forma (segundo o anexo B da ISO 1001) [33]. Os resultados tendem a apresentar uma pior repetitividade, devido à grande influência dos pontos individuais. |
| Filtro, eliminação de dados atípicos | <ul style="list-style-type: none"> • Filtro digital gaussiano de fase corrigida, segundo a ISO 11562 [56], representa o estado da arte nas normas ISO. Contudo, para uma dada frequência de corte, ele pode transmitir alguns componentes de rugosidade e de ondulação, que deveriam ter sido eliminados, distorcidos; • Definição dos parâmetros dos desvios de forma, a escolha da frequência de corte, a quantidade e a distribuição dos pontos tem-se as normas: ISO 12180 parte 1 [57] e 2 [58] (cilindricidade), ISO 12781 parte 1 [59] e 2 [60] (planeza), ISO 12780 parte 1 [61] e 2 [62] (retitude) e ISO 12181 parte 1 [63] e 2 [64] (circularidade); • Norma VDI/VDE 2617 parte 2.2 [65] define parâmetros e procedimentos para a verificação da MMC para medições de forma; • Norma VDI/VDE 2631 [66] traz conceitos básicos para a determinação dos desvios de forma e recomendações que auxiliam na definição do processo da medição de forma. |

3.3.8 Execução e validação do processo de medição

Uma vez definidas todas as condições do processo de medição, é necessário validá-lo operacional e metrologicamente [67]. A validação operacional busca verificar se o procedimento de medição é prático e rápido, sendo viável dentro das limitações de tempo e equipamento existentes.

Já a validação metrológica busca verificar se a incerteza do processo de medição é pequena o suficiente para não atrapalhar os objetivos da medição. Nesse sentido, estudos de confiabilidade metrológica baseados na estimativa da incerteza segundo normas ISO [68], e em estudos de capacidade estatística de sistemas de medição [69] são indicados.

Assim, existem diversos estudos e normas para a validação metrológica dos processos de medição, entretanto possuem algumas variações nos parâmetros avaliados e nas considerações de cada estudo.

Nos estudos de capacidade estatística um parâmetro importante que poderá ser determinado é a repetitividade do processo de medição. Isso intensifica a busca dos fornecedores para verificar a faixa de variação dos erros aleatórios em repetidas medições do mesmo mensurando, efetuadas sob as mesmas condições de medição, de modo a confiar nos resultados obtidos e não ocasionar erros na classificação das

peças. É um estudo simples, que já pode trazer bons resultados sobre os erros aleatórios do processo de medição, através da estimação de alguns parâmetros estatísticos, que dependendo das condições de medição no fornecedor terá grandes chances de ser a maior fonte de incerteza.

No MSA (Análise dos Sistemas de Medição) da QS 9000 é proposta a realização de um estudo de repetitividade do sistema de medição (apêndice D), cujo objetivo é determinar de forma preliminar somente a repetitividade em um curto espaço de tempo, podendo ser utilizado nas etapas de desenvolvimento do produto, onde a disponibilidade de peças é mínima. O MSA propõe a medição de uma peça repetidas vezes pelo mesmo operador e a plotagem dos dados no gráfico de controle (amplitude) para avaliar a estabilidade. Os pontos fora dos limites de controle devem ser analisados e removidas as causas especiais [69].

Vale ressaltar que as fontes de incerteza não são identificadas nem quantificadas no estudo de repetitividade, apenas é conhecido o valor da variação aleatória do processo de medição.

Já os estudos de *evaluating the measurement process* (EMP), consistem na realização de repetidas medições do mesmo produto sobre as condições estabelecidas do processo de medição, podendo realizar a variação de alguns parâmetros para verificar a sua influência, como por exemplo, diferentes operadores, sistemas de medição, estratégias de medição e etc. Os dados obtidos são plotados nos gráficos de controle (amplitude e média), para verificar se estão sob controle estatístico e, os erros sistemáticos (necessário peças calibradas) e aleatórios são isolados e quantificados [70]. Todavia, é necessária a medição de várias amostras do produto, dificultando a sua utilização nas etapas de desenvolvimento do produto.

Ademais, para os estudos de confiabilidade metrológica baseados na estimativa da incerteza segundo normas ISO pode-se considerar que, atualmente, os métodos de calibração e verificação de máquinas de medir por coordenadas não fornecem informações suficientes para a determinação das incertezas em tarefas específicas. As normas e diretrizes utilizadas pelos fabricantes e laboratórios de calibração, como a ISO 10360-2 [71], não tratam de calibrações de máquinas de medir, mas sim de ensaios de verificação de erros para a medição de comprimentos, posição e forma. Essas normas fornecem informações suficientes para a comparação entre diferentes máquinas de medir e serve como base para contratos de compra e venda.

A incerteza de medição para uma tarefa específica pode ser calculada de acordo com o ISO GUM [68]. Porém, é necessário muito conhecimento dos envolvidos sobre o sistema de medição, as fontes de incerteza e a maneira da sua quantificação sendo, portanto, um processo mais demorado e complexo. É dependente da pessoa que irá realizar o seu cálculo, para incluir e quantificar adequadamente todas as fontes de incerteza consideráveis.

Já a ISO 15530-3 sugere alguns procedimentos para o cálculo da incerteza de medição para tarefas específicas em MMC com a utilização de peças calibradas, que devem ser similares às peças que serão medidas. Em linhas gerais, a incerteza de medição é avaliada pela diferença entre os valores obtidos das peças medidas e os valores referência das peças calibradas [72].

O uso de peças de produção calibradas ainda merece muitas considerações, pois essas peças não possuem superfícies de medição com as mesmas propriedades dos padrões metrológicos, apresentando desvios dimensionais, de forma e posição; que muitas vezes podem ocasionar a perda de comparabilidade dos resultados das medições e os valores de referência da calibração. Assim, é necessário estabelecer uma estratégia de medição adequada para realizar a calibração da peça. Por ser mais demorado e ser necessária a existência de uma peça padrão, dificulta a utilização dessa norma nas medições das etapas de desenvolvimento do produto.

Independente do estudo realizado é necessário que se tenha um conhecimento profundo sobre o processo de medição em questão, de modo a realizá-lo de uma maneira que permita a identificação e quantificação das fontes de incerteza e, possa confiar nos resultados obtidos. É importante que qualquer observação não considerada anteriormente e constatada na prática, seja registrada para facilitar a avaliação dos resultados e servir como aprendizado.

Além disso, devem ser documentadas as questões ambientais do momento da realização da medição, como a temperatura do início e término da medição, e verificar se ocorreram variações no período da execução da medição.

Uma vez que as estratégias de medição tenham sido validadas sob esses dois aspectos, parte-se para a sua padronização e documentação.

3.3.9 Geração do relatório de medição

Após a execução da medição, é necessário gerar o relatório de medição que por ser um meio de comunicação, deve ser um documento claro, objetivo, completo, permita rápida interpretação e não possa dar margens a dúvidas ou dupla interpretação.

Um relatório de medição completo e com o conteúdo adequado deixa de ser um depositário de números e transforma-se numa ferramenta útil na geração de soluções e ações corretivas sobre o produto ou o processo produtivo [73].

Deve-se, portanto, definir um modelo padronizado, principalmente nos casos de interação entre empresas e entre departamentos. A falta de uma padronização de um modelo de relatório gera problemas como:

- Falta de informação ou informações desnecessárias que tornam o relatório confuso;
- Erros de interpretação, potencializando a tomada de decisões erradas;
- Perdas de tempo com comunicações verbais e discussões;
- Dificuldade de leitura e entendimento, aumentando os tempos de análise e potencializando enganos;
- Difícil integração dos relatórios em sistemáticas de garantia da qualidade para cliente e fornecedor.

Os relatórios de medição podem ser gráficos ou numéricos, dependendo da aplicação a escolha de um ou outro, poderá facilitar a disponibilização das informações. Porém, o que pode ser observado na indústria é que os relatórios gráficos facilitam bastante a interpretação para os funcionários envolvidos no processo. O ideal é colocar a menor quantidade de informações em formato de texto.

3.4 REALIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA

Ao longo da realização deste trabalho, foram visitadas quatro montadoras de veículos e seis fornecedores a fim de observar as características relacionadas às tarefas de medição para a garantia da qualidade dos produtos comprados. As principais observações foram condensadas e encontram-se na Tabela

8. Elas estão listadas por parâmetros e divididas em dois grupos montadora e fornecedor (1º nível).

Tabela 8: Características das tarefas de medição observadas nas montadoras de veículos brasileiras

| PARÂMETRO | MONTADORA DE VEÍCULOS | FORNECEDORES |
|--|---|---|
| 1)Tipo e nº de MMC | -Possui diversas MMC's com recursos mais novos e com incertezas menores. | -Possui pouca ou apenas uma MMC para a medição das peças em desenvolvimento; -Normalmente MMC's portais, com volume de medição pequeno, apalpador comutador. |
| 2)Cuidados com o ambiente da sala de medidas | -As salas para o desenvolvimento do produto possuem um ambiente mais cuidadoso, normalmente é afastada da produção. Possuem melhor controle da temperatura. | -As salas normalmente não possuem um controle de temperatura muito rígido (ar-condicionado tipo parede); -Geralmente localizadas próxima a produção, sujeita a influência de vibrações. |
| 3)Utilização das MMC's | -Tanto para o desenvolvimento do produto quanto para a produção, só que em salas de medidas separadas; -Medição de dispositivos de controle, ferramentas e validação das amostras dos fornecedores. | -Normalmente só para o desenvolvimento do produto, medições investigativas e para liberação da produção. |
| 4)Calibração das MMC's e determinação da incerteza de medição para as tarefas de medição com a MMC | -Normalmente preocupam-se em calibrar a MMC para corrigir os erros geométricos e manter o erro máximo dentro das especificações do fabricante; -Em uma montadora observou o cálculo da incerteza de medição para a peça considerada mais crítica, dentre as diversas que são medidas na mesma MMC. | -Normalmente realizam a calibração da MMC em uma periodicidade mais lenta que a montadora, mas raramente possuem conhecimento do valor do erro máximo obtido; -Não se preocupam em determinar a incerteza de medição para a medição da peça; -Não realizam uma análise muito crítica para ver se a MMC é adequada para realizar as medições. |
| 5)Definição da estratégia de medição | -Medições no desenvolvimento do produto: estratégias mais detalhadas, mas ainda voltadas para a rapidez; -Observou também estratégias baseadas nos parâmetros solicitados pelo <i>software</i> da MMC (mínimo matemático); -Algoritmo de avaliação normalmente é o mínimos quadrados, só nos casos da medição tipo <i>scanning</i> que utilizam o algoritmo da mínima zona. | -Estratégias baseadas nos parâmetros solicitados pelo <i>software</i> da MMC (mínimo matemático); -Observou-se em alguns casos, a análise dos erros de forma gerados pela produção para a definição da estratégia de medição, consultando as pessoas envolvidas no processo de fabricação; -Em alguns fornecedores, verificou a preocupação em utilizar prolongadores para os apalpadores só quando necessário, para minimizar a incerteza de medição; -Algoritmo de avaliação normalmente é os mínimos quadrados. |
| 6)Fixação da peça na MMC | -Em uma montadora, observou o acompanhamento do desenvolvimento do dispositivo de | -Normalmente somente os fornecedores de grande porte desenvolvem dispositivos de fixação |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>fixação do fornecedor e sua certificação, bem como um trabalho em conjunto para reutilizar o dispositivo de fixação da fase de desenvolvimento do produto como um dispositivo de controle para a fase de produção em série;</p> <p>-Medições das peças do fornecedor são realizadas nos “meios da qualidade” ou através de dispositivos de fixação próprios.</p> | <p>por exigência da montadora;</p> <p>-Quando não exigido pela montadora, fornecedores fixam a peça com os equipamentos próprios (base magnética).</p> |
| 7)Qualificação do operador | <p>-Melhor qualificação comparada com os fornecedores, porém ainda é necessário um aprimoramento principalmente nos fundamentos de metrologia.</p> | <p>-Observa-se um grande desnível em relação às montadoras, embora em alguns casos, foi observado operadores com a mesma qualificação;</p> <p>-Falta treinamento metrológico, a maioria possui só treinamento operacional das MMC's.</p> |
| 8)Relatório de medição | <p>-Na maioria dos casos, recebimento de diversos modelos de relatórios dos fornecedores;</p> <p>-Relatório das peças medidas dos fornecedores segue modelo interno, normalmente modelo do <i>software</i>;</p> <p>-Medições internas normalmente possuem relatórios padronizados e automatizados (importação automática dos resultados da MMC).</p> | <p>-Utilizam o modelo do <i>software</i> da MMC e quando solicitado pela montadora, seguem o modelo proposto (normalmente no Excel).</p> |
| 9)Exemplos de padronização das práticas de medição por coordenadas | <p>-Em uma montadora observou a existência de um manual com recomendações de como realizar a medição de alguns elementos geométricos, utilizando MMC. Aplicado somente para peças de chapa. Ainda não é seguido completamente pelos fornecedores, somente pela montadora;</p> <p>-Programas de medição CNC são documentados e seguem uma padronização na definição das estratégias de medição pelos diferentes operadores;</p> <p>-Algumas medições de dispositivos de controle possuem padronizações de posicionamento, alinhamento e medição de elementos geométricos;</p> <p>-Foi observada em outra montadora a existência de um manual de metrologia com recomendações gerais das fontes de influência no processo de medição e como expressar os resultados de medição.</p> | <p>-Não foram observados exemplos de padronização.</p> |

Ademais, em relação ao suporte e ajuda metrológica da montadora de veículos foi observado alguns casos de acompanhamento das medições nas instalações dos fornecedores, porém na maioria das vezes, somente após ter ocorrido problemas nos resultados de medição. Entretanto, em uma montadora foi observado o

acompanhamento de uma medição nas instalações do fornecedor (atividade obrigatória), anterior a fase de envio da amostra para a montadora, para evitar a realização de erros grosseiros.

A partir de todas as constatações e problemas observados na indústria automotiva atual, sentiu-se a necessidade de desenvolver uma sistemática para a padronização de estratégias de medição por coordenadas em toda a cadeia de fornecimento, que acompanhe as etapas do desenvolvimento do produto, e contemple essas considerações de um modo integrado, ao invés de procedimentos e recomendações isolados, que não trazem um retorno adequado.

4 DESENVOLVIMENTO DE UMA SISTEMÁTICA PARA A PADRONIZAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE MEDIÇÃO POR COORDENADAS

Neste capítulo será apresentada a sistemática proposta para a padronização de estratégias de medição por coordenadas na cadeia de fornecimento da indústria automotiva. Primeiramente, será realizada a sua caracterização; em seguida cada módulo integrante da sistemática será detalhado e por último serão descritas todas as etapas para a implantação da sistemática em um processo de desenvolvimento do produto em conjunto com o fornecedor.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA SISTEMÁTICA DESENVOLVIDA

A estrutura geral da sistemática proposta com as atribuições específicas da montadora de veículos e do fornecedor pode ser visualizada na Figura 20.

Primeiramente, vale ressaltar que todos os relacionamentos da montadora de veículos com as atividades a serem desenvolvidas na sistemática se darão com os fornecedores diretos, os fornecedores dos demais níveis deverão ser comandados pelos fornecedores diretos, que deverão repassar todas as orientações solicitadas, conforme já acontece atualmente nos relacionamentos das montadoras brasileiras com os seus fornecedores.

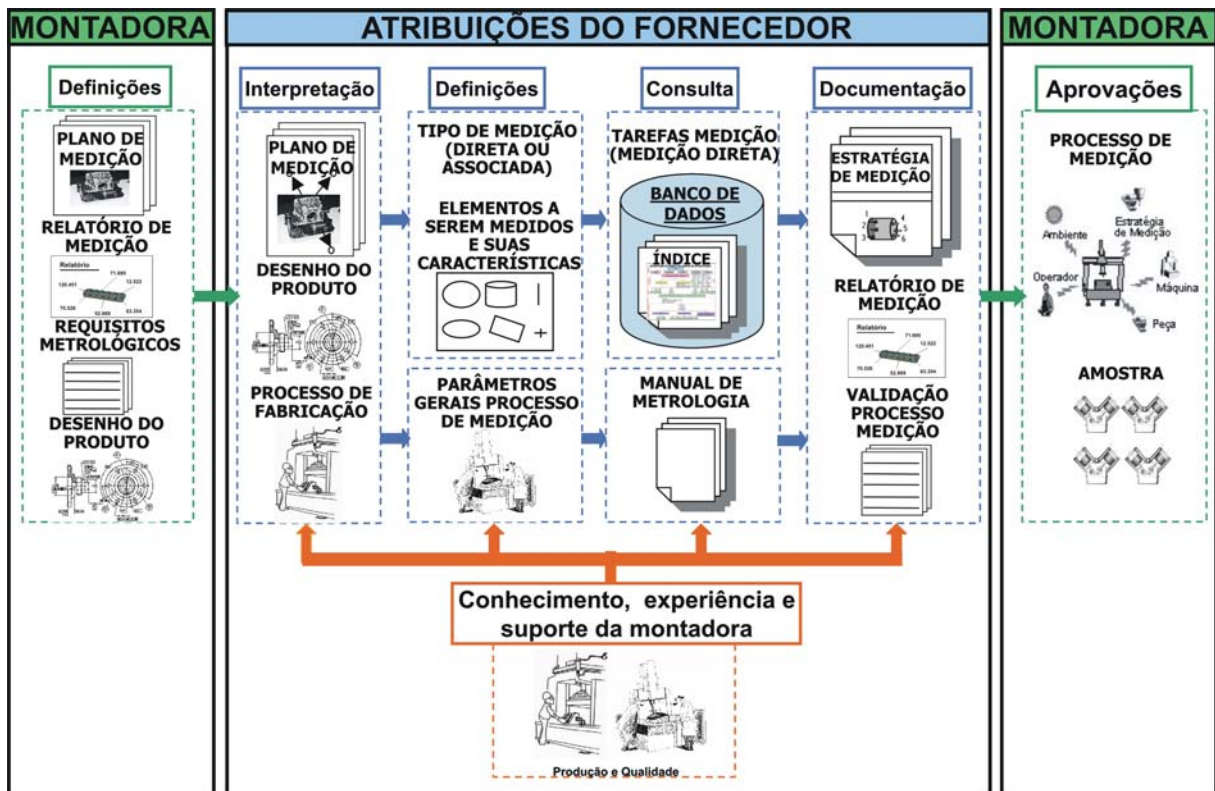


Figura 20: Estrutura geral da sistemática proposta

A sistemática consiste de um conjunto de atividades desenvolvidas tanto pela montadora quanto pelos fornecedores durante as etapas de desenvolvimento do produto, contemplando de forma abrangente os seguintes aspectos:

- Definição de um grupo de trabalho funcional com participantes das áreas de engenharia do produto e processo, metrologia, desenvolvimento do produto no fornecedor e dentre outras. Esse grupo será o responsável pelo desenvolvimento do produto com a qualidade e a produtividade desejadas;
- Análise crítica do projeto do produto pelo grupo funcional, tendo a participação ativa da área de metrologia;
- Definição dos requisitos de metrologia a serem desenvolvidos e atendidos pelo fornecedor para a garantia da qualidade dos seus produtos;
- Disponibilização de recomendações de estratégias de medição por coordenadas específicas para cada tarefa de medição a serem utilizadas nos processos de medição dos fornecedores e também pela própria montadora;

- Disponibilização de informações sobre conceitos de metrologia através de um “manual de metrologia” para serem seguidos tanto pela montadora de veículos quanto pelos seus fornecedores;
- Definição do processo de medição pelo fornecedor baseado nas recomendações disponibilizadas pela montadora e segundo o seu conhecimento e, sua validação operacional e metrológica para garantir a confiabilidade das medições;
- Aprovação do processo de medição do fornecedor pela montadora antes da submissão das amostras, para que esse processo possa ser utilizado nos testes dimensionais realizados durante todo o desenvolvimento do produto;
- Suporte e acompanhamento metrológico do fornecedor pela montadora;
- Definição de um modelo de relatório de medição padronizado a ser utilizado por todos os envolvidos durante os testes dimensionais.

A partir do atendimento desses aspectos, potencializam-se uma série de benefícios. Os fornecedores saberão claramente os requisitos de metrologia exigidos pela montadora de veículos, terão oportunidades para esclarecimentos das dúvidas, realizarão a documentação de todos os parâmetros do processo de medição, e com isso, a montadora realizará a avaliação e a compreensão das variações nos resultados de medição de maneira segura, prevenindo falhas nas medições nas etapas mais avançadas do desenvolvimento do produto e quando for necessário, poderá repetir a medição sob as mesmas condições.

Outra vantagem potencializada é a congregação de diversas competências num mesmo grupo. O progresso tecnológico e o aumento da complexidade dos produtos fizeram com que se desenvolvessem especialistas em certas áreas, porém essas pessoas não possuem uma visão completa do produto, apenas participam de atividades isoladas. Isso resulta em muitos problemas e limitações para o processo de desenvolvimento do produto, sendo imprescindível a implantação de um grupo funcional para o desenvolvimento do produto, cujos participantes possuirão conhecimento profundo sobre um determinado assunto, porém haverá a troca de informações [74]. Portanto, essa mesma consideração será utilizada na sistemática proposta, para que as atividades possam ser realizadas com êxito e contemplar a experiência dos participantes pertencentes a diversas áreas da empresa.

A sistemática também prevê o emprego de um banco de dados para o armazenamento das recomendações de estratégias de medição por coordenadas propostas pela montadora de veículos, cuja estrutura é baseada nas características dos elementos geométricos a serem medidos, determinados a partir das tolerâncias especificadas no desenho do produto. Essa estrutura foi definida a partir do conceito empregado na medição por coordenadas que consiste na seleção dos elementos geométricos a serem medidos na peça, do fato de que cerca de 80 a 90% das peças possuem a superfície composta por elementos geométricos regulares - ponto, linha, plano, círculo, esfera, cilindro, cone e toróide [37] – e do conceito já utilizado para o desenvolvimento do projeto do produto que é baseado nos elementos geométricos [75], [76]; visando a facilidade na sua definição e consulta pelos operadores.

Vale ressaltar que apesar dessas recomendações propostas pela montadora de veículos, as estratégias de medição são definidas com base na avaliação dos processos de fabricação, que proporcionam desvios de forma no produto, e de medição, que possuem diversos recursos operacionais e fontes de influência e, conseqüentemente é muito difícil contemplar todas essas variações existentes nas estratégias de medição propostas. Deste modo, cabe ao fornecedor avaliar os seus processos e verificar se as recomendações contidas no banco de dados atendem as suas particularidades, caso contrário, estará livre para propor uma nova estratégia a ser avaliada pela montadora.

Além das recomendações propostas pela montadora de veículos para as tarefas de medição específicas, os demais parâmetros do processo de medição, que serão definidos pelo conhecimento e bom-senso do fornecedor, também deverão ser documentados, tais como, a MMC, o modo de fixação e orientação da peça na MMC, as configurações do apalpador, a temperatura do ambiente e etc. Essas informações serão analisadas pela montadora e ao serem aprovadas, deverão ser utilizadas pelos fornecedores nos testes dimensionais das etapas de desenvolvimento do produto.

A disponibilização de recomendações e conceitos, e o suporte técnico realizado pela montadora de veículos são itens muito importantes, pois a montadora fornecerá uma base para os fornecedores definirem suas medições de forma criteriosa, ocorrendo a transferência de conhecimento entre empresas. E, com uma definição adequada do processo de medição do fornecedor, pode-se dizer que essas medições irão agregar valor, o que não ocorre atualmente em muitos casos, ocasionando a sua

repetição pela montadora pela falta de confiança nos resultados do fornecedor, ou seja, desperdiçando tempo em uma tarefa que já podia ter sido executada adequadamente.

Outro ponto que também foi considerado na sistemática é a definição clara dos requisitos de metrologia a serem exigidos dos fornecedores, devido à deficiência observada nessa área, ocasionando cotações incompletas, que não são percebidas pelo departamento de compras da montadora de veículos e só são descobertas nas fases mais avançadas do desenvolvimento do produto. Além disso, permite que o fornecedor defina-os de acordo com a sua experiência, favorecendo a repetição das atividades de metrologia e a preocupação tardia em desenvolver itens até então não considerados. Esses requisitos de metrologia englobam a necessidade ou não de desenvolver um dispositivo de fixação para a medição da peça e dispositivos de controle para o processo de fabricação, o sistema de medição mínimo a ser utilizado para as medições nos testes dimensionais, a qualificação do operador, etc.

Os próprios fornecedores sentem dificuldade com essa falta de definições dos requisitos que serão cobrados pela montadora de veículos, atrapalhando o relacionamento e a execução das atividades. Além disso, as dúvidas e questões que surgem durante os testes dimensionais são difíceis de serem solucionadas.

Com todas essas considerações contidas na sistemática, a componente metrológica estará presente desde o início do desenvolvimento do produto, agregando valor na medida que adicionará os conceitos metrológicos no projeto do produto e nos processos de fabricação, por exemplo, auxiliando na definição do sistema de referência do produto e no entendimento das tolerâncias. Adicional a isso possibilitará a uniformização da linguagem entre os envolvidos desde o início do processo de desenvolvimento do produto.

Ademais, ocorrerá uma grande troca de informações e documentos, sendo necessário o estabelecimento da maneira que eles serão transferidos. Atualmente, a internet é o meio mais rápido para esse relacionamento, entretanto algumas empresas ainda preferem a troca de informações em forma de papel. O importante é que seja definida uma forma de transferência de informação e que ela seja difundida e aprimorada com o tempo.

Entretanto, apesar de todas essas considerações contidas na sistemática proposta, para que ocorra o sucesso da sua implantação é necessária a conscientização do fornecedor em definir cuidadosamente todos os parâmetros do

processo de medição, antes mesmo de realizar a medição; e realizar a sua capacitação nos itens que for percebida uma certa deficiência. Já por parte da montadora de veículos é necessário um comprometimento e conscientização da responsabilidade que está na aprovação do processo de medição do fornecedor e na realização efetiva do suporte técnico e metrológico.

Outro ponto significativo é o mesmo nível de conhecimento nos assuntos envolvidos entre a montadora de veículos e os seus fornecedores. Para isso, é sugerida a criação de um “manual de metrologia” que deverá conter conceitos teóricos e práticos necessários para uma definição e execução adequada e segura de um processo de medição. Esse manual deverá ser seguido tanto pelos fornecedores quanto pela montadora de veículos. Uma proposta dos conteúdos presentes nesse manual estão no anexo 2.

4.2 MÓDULOS INTEGRANTES DA SISTEMÁTICA

Nesta seção serão descritos os principais módulos que constituem a sistemática desenvolvida. São basicamente documentos que deverão ser definidos, gerados ou consultados pelos envolvidos no processo de desenvolvimento do produto. A compreensão de cada um dos módulos separadamente irá facilitar a sua integração em toda a sistemática.

4.2.1 Banco de dados de estratégias de medição por coordenadas

4.2.1.1 Caracterização

O banco de dados de estratégias de medição por coordenadas consiste do módulo principal da sistemática, afinal ele será um centralizador das informações recomendadas pela montadora de veículos e com o tempo incorporará as particularidades dos processos de fabricação e medição dos fornecedores.

Deve-se destacar a responsabilidade da disponibilização dessas informações, pois se estratégias de medição mal definidas forem recomendadas, o prejuízo poderá ser ainda maior do que não se ter recomendação, uma vez que não haverá

discordância de resultados (todos fazendo de forma igual, mas errada) e, portanto, a falha poderá não ser detectada.

As recomendações cadastradas no banco de dados serão definidas pela montadora e serão atualizadas e melhoradas com o passar do tempo, à medida que forem aprovadas estratégias de medição definidas pelos fornecedores. Por isso, é necessário que a estrutura do banco de dados seja flexível, dinâmica e expansível.

Uma questão que merece uma atenção especial é a disponibilização da mesma versão do banco de dados para todos os envolvidos. É necessário definir um procedimento para que toda vez que forem realizadas atualizações no banco de dados, todos os participantes sejam informados.

O banco de dados está dividido pelo tipo de processo de fabricação, devido às características específicas que cada um possui, resultando em diferentes considerações nos processos de medição (Figura 21). Assim, os fornecedores de peças usinadas só terão acesso ao banco de dados de peças usinadas, o fornecedor de peças de chapa estampadas ao de peças estampadas e assim por diante.

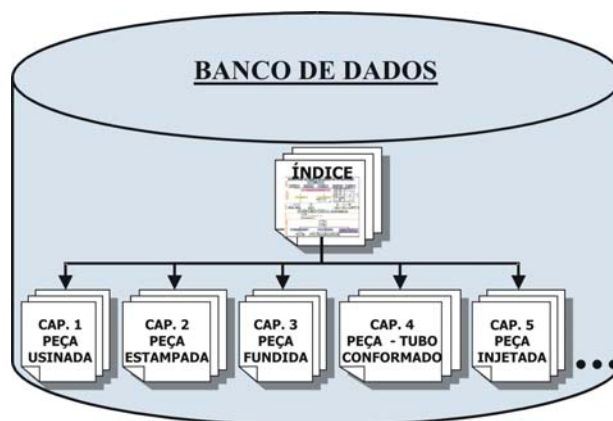


Figura 21: Banco de dados estruturado pelo tipo de processo de fabricação

4.2.1.2 Consulta

As recomendações das estratégias de medição contidas no banco de dados são baseadas nos elementos geométricos, assim o usuário terá que definir os seguintes parâmetros para consultar o banco de dados, a partir das tolerâncias:

- Medição direta ou associada;
- Tipo de elemento geométrico a ser medido (simples ou composto);

- Características físicas e gerais dos elementos geométricos medidos;
- Característica a ser avaliada em cada elemento geométrico – tipo de tolerância (dimensional ou geométrica) ou se será somente uma medição.

O conceito de medição direta e associada foi criado, pois existem casos que para gerar um elemento ou avaliar uma tolerância é necessária a associação de elementos medidos diretamente, por exemplo, para gerar o plano médio entre dois planos, é preciso medir diretamente cada um dos planos e obter o plano médio entre eles, através da sua associação por operações matemáticas do *software*. O banco de dados só possui recomendações de medições diretas e a única diferença para o usuário é que nos casos de medição associada, ele terá que descrever a estratégia de medição de cada elemento direto e como foi realizada a sua associação. As tolerâncias presentes em cada tipo de medição são apresentadas na Tabela 9:

Tabela 9: Tolerâncias relacionadas aos tipos de medição

| Medição direta: | Medição associada: |
|--|---|
| Tolerância dimensional – linear – interna | Tolerância dimensional – linear – distância |
| Tolerância dimensional – linear – externa | Tolerância dimensional – linear – degrau |
| Tolerância geométrica – forma | Tolerância dimensional – angular |
| Tolerância geométrica – perfil – sem datum | Tolerância geométrica – orientação |
| Medição de referências | Tolerância geométrica – localização |
| | Tolerância geométrica – batimento |
| | Medição de referências associadas |

Nas recomendações das medições diretas é importante que a montadora de veículos inclua algumas particularidades de como se deve associar os elementos, para avaliar determinadas tolerâncias que exigem a medição de mais de um elemento.

Um outro ponto a ser considerado é que um elemento geométrico pode ter mais de uma tolerância (dimensional ou geométrica) associada, porém geralmente será medido uma única vez, de preferência pela estratégia mais restritiva, apenas alterando a forma de avaliação do parâmetro. Esse é mais um motivo que justifica a estrutura do banco de dados ser baseada nos elementos geométricos.

Assim, com todas as definições gerais da tarefa de medição (tolerância) o usuário poderá consultar o índice do banco de dados (Figura 22), que consiste de uma estrutura em forma de árvore, baseada nos trabalhos desenvolvidos em [43], [44], com as características físicas dos elementos geométricos. É importante que essa estrutura do índice seja flexível, pois poderão surgir novos parâmetros para descrever um elemento ou mesmo poderá ocorrer a eliminação de um parâmetro já existente.

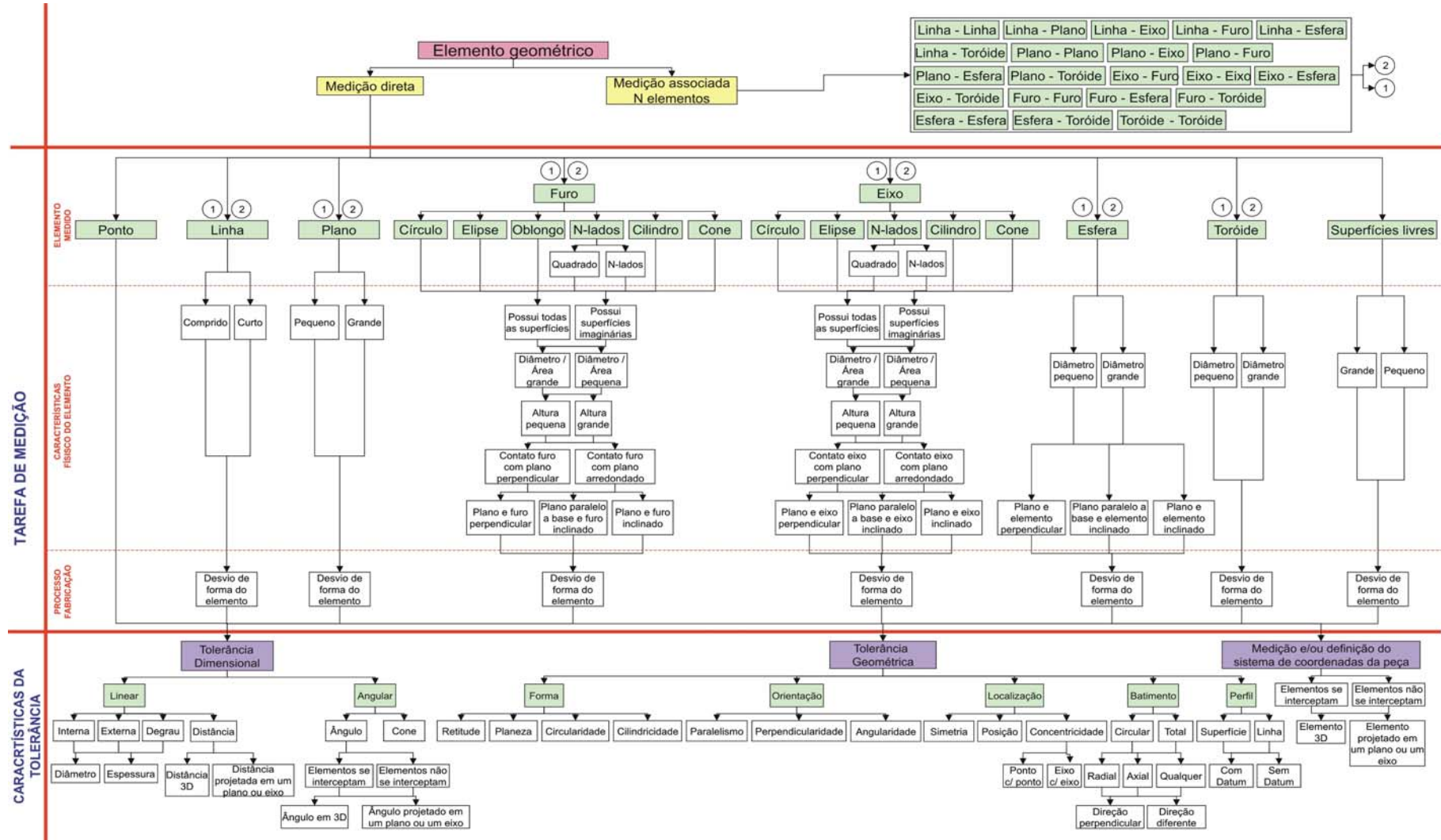


Figura 22: Índice do Banco de Dados de Estratégias de Medição

Após definir o ramo da árvore referente à sua tarefa de medição, o usuário terá que relacioná-lo com a tolerância a ser avaliada e consultar o banco de dados para obter as informações recomendadas. Vale ressaltar que para uma tarefa de medição poderá haver mais de uma tolerância relacionada, isso ocorre nos casos onde se aplica a mesma recomendação de estratégia de medição. Para cada tarefa de medição cadastrada haverá um código relacionado, que será o parâmetro a ser registrado nos documentos subseqüentes da sistemática proposta.

Um esquema de todas as definições e parâmetros necessários para a consulta ao banco de dados pode ser observado na Figura 23.

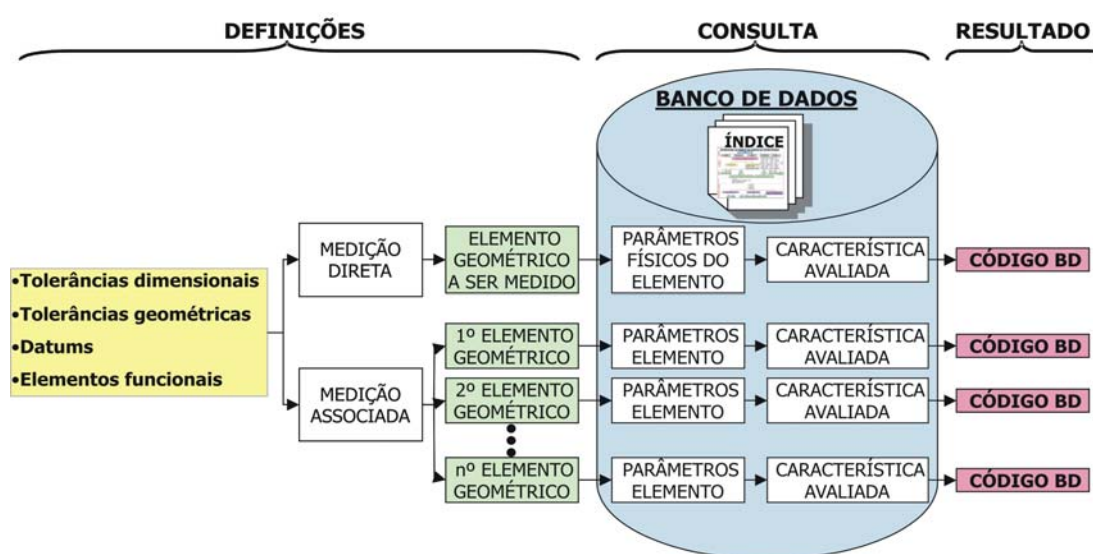


Figura 23: Definições e parâmetros para consulta ao banco de dados

4.2.1.3 Conteúdo

O conteúdo do banco de dados será composto pela descrição de como deverá ser executada uma tarefa de medição, através da especificação de alguns parâmetros considerados importantes pelos envolvidos neste trabalho para uma adequada medição. É importante que possua uma figura ou uma foto que descreva as informações contidas nos parâmetros, afinal as informações visuais facilitam a interpretação, principalmente no ambiente industrial. Tais parâmetros são:

- Quantidade e a distribuição dos pontos no elemento geométrico;
- Algoritmo de avaliação;
- Nº de seções transversais (quando aplicável) e sua localização;

- Diâmetro da esfera do apalpador (mínimo);
- Tamanho do elemento geométrico a ser medido e etc.

Um modelo proposto para registro das informações no banco de dados pode ser observado na Figura 24. Essas informações serão visualizadas tanto pela montadora de veículos quanto pelos seus fornecedores, entretanto para que haja organização e controle das informações do banco de dados, somente a montadora será responsável pela sua atualização.

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|--|--|
| Código da tarefa medição: | |
| Descrição da tarefa de medição: | Descrever características físicas do elemento geométrico (índice) |
| Descrição da tolerância/medição: | Descrever a característica a ser avaliada |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | |
| 1.3) N° seções e sua posição | Descrever os parâmetros gerais da estratégia de medição da tarefa de medição |
| 1.4) N° linha geratrizes e sua posição | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| Valor do diâmetro do elemento: Dimensões do elemento: | Descrever o tamanho do elemento geométrico dessa tarefa de medição |
| INSERIR FIGURA PARA A DESCRIÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO DO ELEMENTO | |
| Inserir figuras ou fotos para demonstrar visualmente os parâmetros gerais da estratégia de medição | |
| 3) Observações: | |
| Colocar observações necessárias | |
| Data: | Preparado por: Páginas: 1 de 1 |

Figura 24: Modelo proposto para registro das estratégias de medição de cada tarefa de medição no banco de dados

Para um melhor entendimento do processo de definição da estratégia de medição segundo a consulta ao banco de dados, um exemplo será detalhado na Figura 25. Esse exemplo é apenas ilustrativo, e as recomendações das estratégias de medição não devem ser utilizadas como padrão para tarefas de medição similares.

A definição do plano de medição é de responsabilidade do grupo funcional, que deverá ser composto pelo pessoal das áreas envolvidas no desenvolvimento da peça determinada, para incluir os diversos conhecimentos específicos. A sua definição inicia com a análise crítica do projeto e do processo do produto, tendo o conhecimento das características que influenciarão na garantia da qualidade do produto.

Para que esse documento tenha um maior resultado, deve ser enviado para os fornecedores juntamente com o desenho do produto, anterior à fase de seleção do fornecedor, para que os itens de metrologia já sejam considerados nas cotações e os fornecedores já se programem para o seu cumprimento.

As considerações importantes a serem definidas no plano de medição são:

- Avaliar características gerais do produto para verificar o que poderá interferir no processo de medição, tais como: função do objeto, processo de fabricação, rigidez, material, acabamento superficial;
- Avaliar sistema de referências (*datums*) especificado no desenho do produto e se necessário, realizar alterações. Nos casos, onde essas informações não constam no desenho deverão ser definidas;
- Definir as tolerâncias dimensionais e geométricas a serem avaliadas nos testes dimensionais nas etapas de desenvolvimento do produto e também as tolerâncias críticas, que merecem maiores esforços dos fornecedores;
- Definir os elementos funcionais³ a serem avaliados no produto, quando aplicável, pois serão elementos geométricos extras que não estão especificados no desenho do produto. Aplica-se principalmente para peças de chapa e plásticas;
- Definir os recursos de medição a serem utilizados: sistema de medição mínimo a ser utilizado, a necessidade de desenvolver ou não um dispositivo de fixação para a medição, o nível de qualificação mínima dos operadores de medição e, algum outro recurso específico necessário;
- E demais considerações importantes para que se tenha uma adequada estrutura para a realização da medição.

³ São elementos geométricos a serem medidos na peça para avaliar o mating e as folgas na montagem de peças em um conjunto. Aplicado principalmente para peças de chapa e peças plásticas

Na Figura 26 pode ser visualizado o modelo proposto para o *plano de medição*.

| PLANO DE MEDIÇÃO | | | |
|---|--|---|--|
| Peça: | | Nº desenho: | |
| Data desenho peça: | | Fornecedor: | |
| Grupo funcional: | | Nº peça: | |
| | | Responsável fornecedor: | |
| Análise do projeto da peça: | | Características gerais do produto: | |
| 1) Referências - Possuem referências ou datums no desenho? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - É necessário fazer alguma alteração nos datums especificados no desenho? <i>Em caso positivo, especificar o que será alterado.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | Função do objeto: Processo de fabricação: | |
| 2) Tolerâncias dimensionais e geométricas a serem medidas - Todas as tolerâncias geométricas especificadas no desenho serão medidas? <i>Em caso negativo, especificar quais deverão ser medidas, se necessário documentar no desenho do produto.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - Todas as tolerâncias dimensionais especificadas no desenho serão medidas? <i>Em caso negativo, especificar quais deverão ser medidas, se necessário documentar no desenho do produto.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | Acabamento superficial: Tamanho do objeto: | |
| - Deverá ser realizado estudo para validação do processo de medição? <i>Em caso positivo, quantas repetições e em quais características? Se necessário, especificar qual estudo deverá ser realizado.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | Massa do objeto: | |
| 3) Elementos funcionais - Será realizado teste de montabilidade da peça para analisar as folgas e mating? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - Serão definidos elementos funcionais para serem medidos? <i>Em caso positivo, definir no desenho do produto.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | Material: Rígido ou flexível: | |
| 4) Recursos de medição - A medição deverá ser realizada com MMC? <i>Especificar incerteza de medição recomendada, e acessórios considerados importantes.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - Será desenvolvido dispositivo de fixação para realizar a medição? <i>Especificar como deverá ser realizada a sua fixação.</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | Observações: | |
| - Será necessária alguma qualificação especial para o operador? <i>Em caso positivo, especificar qual a qualificação necessária</i> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> | | | |
| Data: dd/mm/aaaa | | Preparado por: _____ | |
| | | Página: 1 de 1 | |

Figura 26: Modelo proposto para o documento *plano de medição*

4.2.3 Documento *estratégia de medição*

Complementar ao banco de dados haverá o documento *estratégia de medição* (DEM), onde todos os parâmetros do processo de medição, que permitam a sua repetição e facilitem a análise dos resultados de medição, deverão ser registrados. São exemplos, o modo de fixação e a localização da peça na MMC, as configurações do apalpador, as condições ambientais (previsão, afinal a medição só será realizada posteriormente) e dentre outros. Vale ressaltar que a descrição da estratégia de medição para cada tarefa de medição, definida através do banco de dados, também será registrada nesse documento.

É considerado o documento mais importante para preenchimento do fornecedor, pois é o elo de comunicação com a montadora de veículos, que conterà informações sobre o planejamento e o acompanhamento do processo de medição, e a avaliação

das amostras do fornecedor. Será atualizado à medida que forem realizadas as análises no processo de medição e nas amostras do produto.

No documento *plano de medição*, a montadora de veículos deverá listar os recursos físicos necessários para realizar a medição. Entretanto, em relação ao sistema de medição mínimo a ser utilizado, cabe ao fornecedor avaliar o seu caso particular e verificar se a incerteza de medição será adequada para realizar a medição. Assim, as informações referentes ao sistema de medição (SM) a serem registradas no DEM são apenas para registrar qual SM será utilizado, e algumas informações gerais sobre o mesmo, como a data da última calibração e manutenção, o erro máximo e características do seu modelo e recursos utilizados.

Na Figura 27 pode ser visualizado o modelo proposto para esse documento, com as explicações dos parâmetros a serem descritos.

Estratégia de Medição:

1. Dados Gerais:

| | | | | | |
|----------------------|--|------------------|--|---------|--|
| Peça | | Nº desenho | | Nº peça | |
| Data desenho | | Fornecedor | | | |
| MMC | | Software | | | |
| IM _{3D} MMC | | Data calibração | | | |
| Local da medição | | Resp. fornecedor | | | |
| Fone fornecedor | | E-mail forn. | | | |

2. Dados peça:

| | | | | | | | | |
|---------------------|--|----------|--|---------|--|------|--|-------|
| Processo fabricação | | Material | | Rigidez | | Alta | | Baixa |
|---------------------|--|----------|--|---------|--|------|--|-------|

3. Fixação da peça:

| | | | | | |
|---|--|---|-----|--|-----|
| Dispositivo de fixação | | X | Sim | | Não |
| Fixação utilizada pode deformar a peça? | | X | Sim | | Não |
| Fixação tem influência na medição? | | X | Sim | | Não |

4. Orientação da peça ou dispositivo de fixação na MMC:

| | |
|------------|--|
| Descrição: | |
|------------|--|

Descrição dos dados gerais do fornecedor, do produto e do sistema de medição utilizado

Descrição do modo de fixação do produto e sua orientação no sistema de medição

5. Qualificação do apalpador:

| | | | | | |
|---------------------------|----------|---------------|---------------|--------------------|--------------|
| Tipo de medição | Scanning | | Ponto a ponto | | X |
| Tipo do apalpador | | | | | |
| Número do apalpador | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Haste + TP (mm) | | | | | |
| Diâmetro ponta (mm) | | | | | |
| Compr. apalpador (mm) | | | | | |
| Velocidade de apalpação | | | | Força de apalpação | - |
| Qualificação do apalpador | X | Esfera padrão | | Outro padrão | |
| | | Manual | | X | Programa CNC |
| | | | | | |

Descrição do apalpador a ser utilizado e todas as suas configurações

6. Definição dos elementos a medir da peça:

| Descrição do Elemento | Nomenclatura | Nº apalpador |
|--|--------------|--------------|
| furo de referência - possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura pequena | A1 | 1 |
| Plano vedação - Elemento - Grande - forma desconhecida | C1 | 1 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Descrição das características gerais dos elementos geométricos a serem medidos, baseado no índice do banco de dados

Cada elemento geométrico poderá ter mais de uma tolerância relacionada

7. Definição do Sistema de Referência da Peça:

| | | |
|-------------------------------|---|-------------|
| Referência Primária: | C1 | planeza 0,1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta - C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - forma - planeza | |
| Código da tarefa: | P1 | Obs: |
| Número do apalpador: | 1 | |
| Referência Secundária: | | |
| Tarefa de medição 1: | | |
| Descrição da tolerância: | | |
| Código da tarefa: | | Obs: |
| Número do apalpador: | | |
| Referência Terciária: | | |
| Tarefa de medição 1: | | |
| Descrição da tolerância: | | |
| Código da tarefa: | | Obs: |
| Número do apalpador: | | |
| Tarefa de medição 2: | | |
| Descrição da tolerância: | | |
| Código da tarefa: | | Obs: |
| Número do apalpador: | | |

Descrição da estratégia de medição dos sistema de referência, baseado no índice do banco de dados

Se houver mais de um sistema de referência deverá ser acrescentado nesse item

8. Estratégia de medição das tolerâncias do desenho:

| | |
|--------------------------|------|
| Tolerância 1: | |
| Tarefa de medição: | |
| Descrição da tolerância: | |
| Código da tarefa: | Obs: |
| Número do apalpador: | |
| Tolerância 2: | |
| Tarefa de medição: | |
| Descrição da tolerância: | |
| Código da tarefa: | Obs: |
| Número do apalpador: | |
| Tolerância 3: | |
| Tarefa de medição: | |
| Descrição da tolerância: | |
| Código da tarefa: | Obs: |
| Número do apalpador: | |

Descrição da estratégia de medição de cada tarefa de medição, baseado no índice do banco de dados

9. Temperatura:

| | | |
|-----------------------------------|----------|-----------|
| Ambiente (°C): | MMC (°C) | Peça (°C) |
| Material escala da MMC: | | |
| Tempo de estabilização da peça: | | |
| Resultados da medição corrigidos? | | |

É UMA PREVISÃO!

Descrição das condições ambientais do processo de medição

10. Relatórios:

| | | | |
|--|---|-----|-----|
| Modelo do relatório de medição padronizado? | X | Sim | Não |
| Modelo do relatório de validação do processo de medição padronizado? | X | Sim | Não |

Definição dos tipos de relatórios utilizados

11. Análises do processo de medição:

11.1 Aprovação processo de medição na reunião inicial (planejamento):

| | |
|---------------|-----------|
| Aprovado | Reprovado |
| Participantes | |
| Data | |
| Observações: | |

11.2 Processo de medição após validação do processo de medição pelo fornecedor:

| | |
|----------|-----------|
| Aprovado | Reprovado |
|----------|-----------|

| Itens a serem modificados no processo de medição: | |
|---|-------------------------------|
| Tarefa de medição | Alterações a serem realizadas |
| | |
| | |

Registro dos resultados das aprovações e validações dos processo de medição

11.3 Validação processo de medição (final), após avaliação da amostra pela montadora:

| | |
|---------------|-----------|
| Aprovado | Reprovado |
| Participantes | |
| Data | |
| Observações: | |

12. Análise da amostra:

| | | | | |
|-----------|----------------|--|-----------|--|
| 1º ciclo | Aprovada | | Reprovada | |
| | Realizada por: | | Data: | |
| | Observações: | | | |
| 2º ciclo | Aprovada | | Reprovada | |
| | Realizada por: | | Data: | |
| | Observações: | | | |
| ... ciclo | Aprovada | | Reprovada | |
| | Realizada por: | | Data: | |
| | Observações: | | | |

O ciclo engloba desde a realização do teste dimensional pelo fornecedor até a sua aprovação pela montadora

Registro das avaliações das amostras do fornecedor

13. Atualizações no banco de dados

Itens a serem incluídos no banco de dados:

| Tarefa de medição | Estratégia de medição | Cód. BD |
|-------------------|-----------------------|---------|
| | | |
| | | |

Itens a serem modificados no banco de dados:

| Cód. BD | Descrição da alteração |
|---------|------------------------|
| | |
| | |

Descrição dos parâmetros a serem alterados e incluídos no banco de dados, após a realização de todos os testes dimensionais

14. Fechamento do estudo da amostra

| | | | |
|-------|--|--------------|--|
| Data: | | Responsável: | |
|-------|--|--------------|--|

Fechamento do estudo do produto

Figura 27: Modelo proposto para o documento *estratégia de medição*

Assim, para cada tolerância deverão estar relacionados os elementos geométricos a serem medidos (no caso de medição associada deverá haver mais de um elemento) e o código do banco de dados, quando as recomendações do banco de dados estiverem de acordo com os seus processos. Caso contrário, deverá ser proposta uma nova estratégia de medição ou utilizar a recomendação do banco de dados (código) com a alteração do parâmetro desejado. Essa última sugestão foi criada, pois poderão existir particularidades operacionais da MMC do fornecedor que poderão não atender a recomendação proposta por completo, sendo necessário apenas alterar um parâmetro, por exemplo, o diâmetro da ponta do palpador.

A Figura 28 apresenta mais detalhadamente os parâmetros da estratégia de medição a serem definidos para descrever uma tarefa de medição específica, englobando também os casos em que deverão ser propostas novas estratégias de medição.

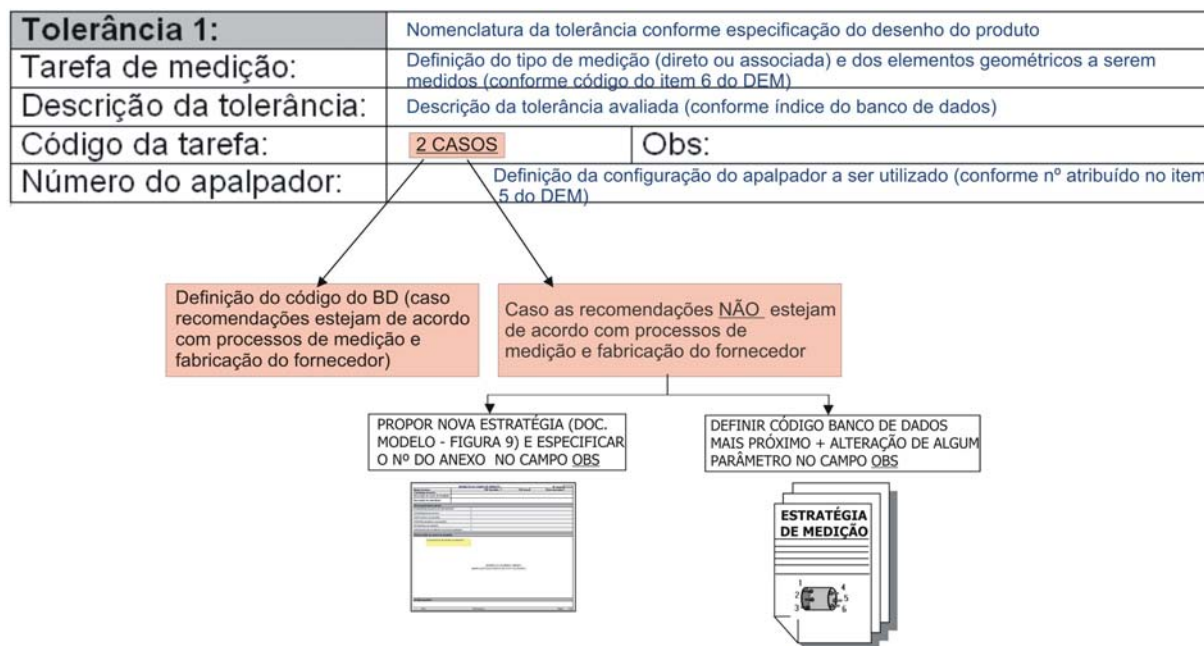


Figura 28: Possibilidades para a proposição de uma nova estratégia de medição

Para os casos, onde for proposta uma nova estratégia de medição poderá ser utilizado o documento modelo contido na Figura 29. Esse documento foi criado para que sempre seja mantida a mesma linguagem de comunicação, facilitando a descrição para o fornecedor e a interpretação pela montadora de veículos. Se for necessário realizar alguma observação recomenda-se ser o mais objetivo possível e de preferência utilizar figuras, para facilitar a interpretação.

Ademais, o DEM não trará benefícios somente para a montadora de veículos, mas também para os próprios fornecedores, que possuirão a descrição das suas medições, facilitando a realização das atividades necessárias para o desenvolvimento do produto e aumentando o conhecimento para uma adequada definição do processo de medição.

| DEFINIÇÃO DA TAREFA DE MEDIÇÃO | | Nº anexo relacionado com o documento estratégia de medição | |
|--|---|--|---------------|
| Nome da peça: | Nº desenho: | Nº peça: | Data desenho: |
| Tolerância da peça: | Descrever características físicas do elemento geométrico (índice) | | |
| Descrição da tarefa de medição: | Descrever a característica a ser avaliada | | |
| Descrição da tolerância: | | | |
| 1) Características gerais: | | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | | | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | | | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | Descrever os parâmetros gerais da estratégia de medição proposta | | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | | | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | | | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do palpador | | | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | | |
| <p>Características de tamanho do elemento:</p> <p>Descrever o tamanho do elemento geométrico dessa tarefa de medição</p> <p>DESENHO DO ELEMENTO MEDIDO (MARCAÇÃO DOS PONTOS NA FOTO OU FIGURA)</p> <p>Inserir figuras ou fotos para demonstrar visualmente os parâmetros gerais da estratégia de medição</p> | | | |
| 3) Observações: | | | |
| Colocar observações necessárias | | | |
| Data: | Preparado por: | Página: 1 de 1 | |

Figura 29: Modelo proposto para o fornecedor registrar uma nova estratégia de medição de uma determinada tarefa de medição

4.2.4 Relatório de medição

A uniformização dos relatórios de medição é outro aspecto que em muito contribui para evitar perdas de tempo e erros de interpretação e comunicação entre parceiros da cadeia de fornecimento. Para isso, é necessário determinar um modelo de relatório padronizado a ser utilizado por todos os envolvidos, e definir mecanismos que facilitem a sua geração. A uniformização dos processos de medição na cadeia de suprimentos traz como uma consequência quase natural a uniformização dos relatórios de medição.

Os relatórios de medição devem possuir o conteúdo necessário expresso e de forma objetiva, em um formato que permita uma interpretação rápida e segura da conformidade dimensional do componente, sem propiciar nenhuma margem de dúvida

na sua interpretação. A ambigüidade no relato de resultados pode trazer sérios problemas.

Assim, o fluxograma da Figura 30 detalha as etapas a serem realizadas para a definição do conteúdo e modelo geral do relatório de medição, a sua forma de geração e de transferência de informações. Praticamente, somente os itens 2 e 3 sofrerão alterações no seu conteúdo de um processo para outro.

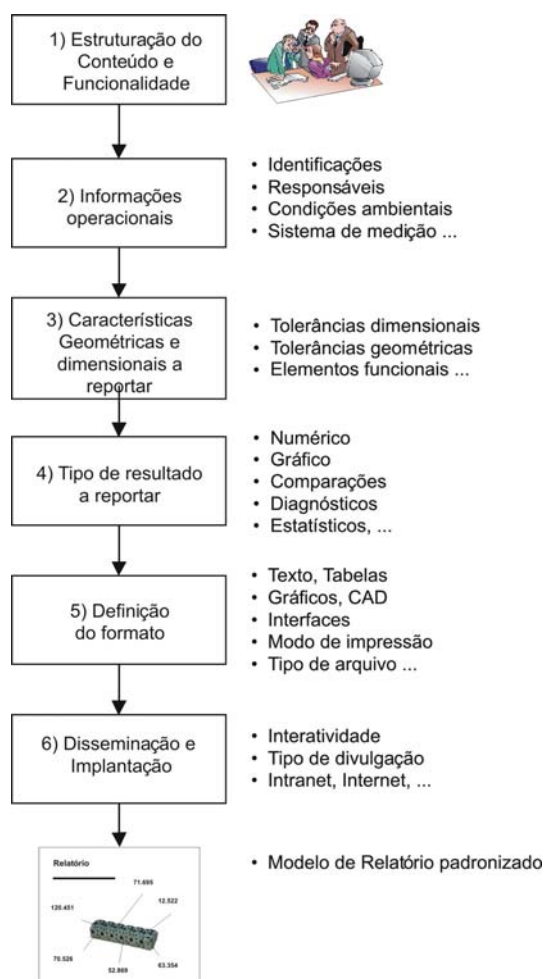


Figura 30: Fluxograma para a definição do conteúdo do relatório de medição [8]

O formato do relatório não pode estar desvinculado das possibilidades do *software* utilizado para essa finalidade. Relatórios que exigem recursos acima da capacidade do *software* de medição tornam o processo de confecção dos relatórios demorado e cansativo, potencializando erros na sua elaboração. Todo o processo tem que ser rápido e de preferência automatizado, pois evita a geração de erros no seu preenchimento, como erros de digitação e alterações no seu formato. Isso pode ser realizado utilizando aplicativos de uso geral, como editores de texto, planilhas

eletrônicas e *software* gráficos, ou através de um aplicativo com destinação específica para a confecção de relatórios de medição padronizados, que importa automaticamente os dados obtidos com a MMC (arquivo computacional), incluindo-os no modelo de relatório padronizado.

É necessário que a montadora de veículos informe para os seus fornecedores ferramentas que poderão auxiliar na geração dos relatórios de medição ou definir qual a ferramenta que deverá ser utilizada por todos, a fim de unificar todo o sistema.

Com as possibilidades trazidas pela tecnologia da informação, é possível ainda disponibilizar o acesso a relatórios de medição pela *internet*, minimizando barreiras de distância entre clientes e fornecedores. Mesmo na própria empresa é possível utilizar a *internet* ou a *intranet* para enviar os relatórios para os diversos setores. Assim, a montadora de veículos deverá determinar a maneira de envio dos relatórios gerados durante a sistemática.

Dessa forma, é de grande importância que os parceiros da cadeia de suprimentos tenham condições computacionais de operar sobre a mesma base de relatório e tenham a consciência da importância desse documento. Deve-se definir desde as etapas iniciais todo o conteúdo e o modelo de relatório a ser utilizado pelos fornecedores, facilitando a interpretação de todos.

4.2.5 Validação do processo de medição

Um outro estudo a ser realizado na sistemática proposta é a validação operacional e metrológica do processo de medição. Na variabilidade operacional o fornecedor deverá avaliar se o processo de medição atende os requisitos de tempo e praticidade necessários. Já para a validação metrológica deverá analisar se a variabilidade do processo de medição é pequena comparada com a variabilidade do processo de fabricação e/ou limites de especificação. Por este trabalho estar voltado para as etapas de desenvolvimento do produto, ainda não tendo o conhecimento adequado da variação do processo de fabricação, a variabilidade do processo de medição deverá ser verificada em relação aos limites de especificação das características avaliadas.

Existem diversos estudos existentes e propostos em normas para a validação metrológica, entretanto os mesmos possuem algumas variações nos seus objetivos e

parâmetros avaliados. A montadora de veículos poderá propor a realização de algum estudo específico ou deixar a critério do fornecedor, todavia é importante que se tenha o conhecimento sobre as particularidades do método escolhido e as suas limitações. Alguns estudos existentes em normas podem ser observados na seção 3.3.8.

Independente do estudo realizado, o importante é que se obtenha como resultado um conhecimento profundo sobre o processo de medição em questão, de modo a realizá-lo de uma maneira que permita a identificação e sempre que possível, a quantificação das fontes de incerteza. Outrossim, é importante que os resultados do estudo realizado e a sua interpretação sejam documentados e enviados para a montadora de veículos realizar a sua avaliação. A montadora poderá definir um documento modelo ou deixar a critério do fornecedor.

A automatização do relatório desse estudo também é um item que deve ser considerado pela montadora de veículos, apesar de ser um relatório simples de ser gerado, pois é comum a presença de erros de digitação que provavelmente só serão percebidos quando forem analisados pela montadora de veículos, ou poderão ocorrer casos que por não serem identificados, poderão gerar erros nas ações tomadas a partir deles.

4.3 ETAPAS PARA A IMPLANTAÇÃO DA SISTEMÁTICA

Com o conhecimento de todos os módulos integrantes da sistemática, nesta seção serão descritas as etapas para a implantação da sistemática proposta conforme o fluxograma da Figura 31. A descrição das atividades segue de acordo com a numeração indicada neste fluxograma.

Fase 1: A aplicação da sistemática se inicia com a definição do produto que será desenvolvido no fornecedor externo. Assim, deverá ser definido o grupo funcional que será o responsável por todo o desenvolvimento do produto até a sua liberação para produção em série. Após a seleção do fornecedor para o produto específico, este também deverá ter um representante no grupo funcional.

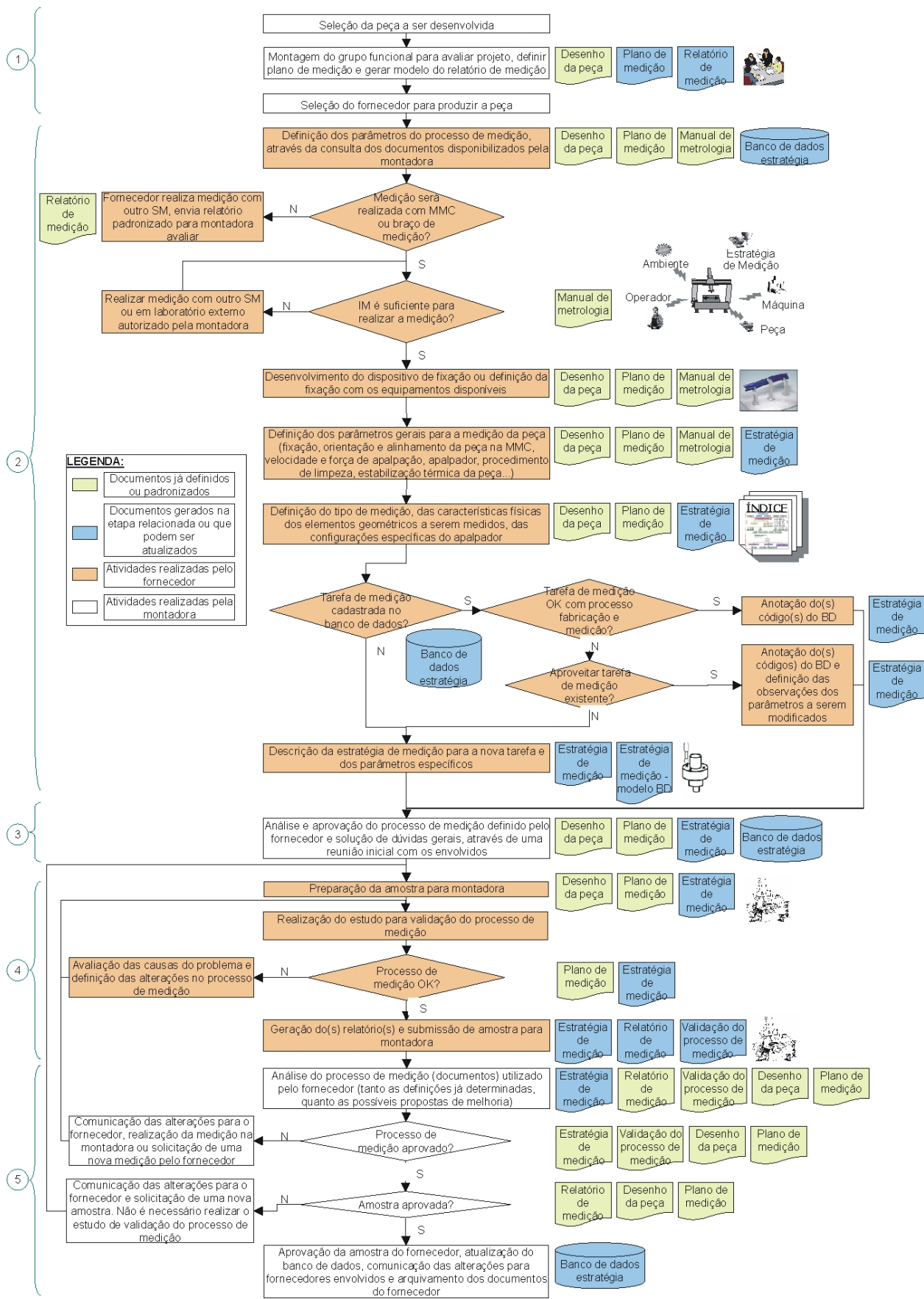


Figura 31: Fluxograma das etapas para a implantação da sistemática proposta

É muito importante a integração deste grupo, pois será o elo de ligação entre os departamentos internos da montadora de veículos e o fornecedor, sendo um ponto chave para o sucesso de um bom desenvolvimento do produto. Com isso, os fornecedores estarão mais integrados com a montadora, facilitando o seu acesso para a obtenção de informações e solução de dúvidas.

Este grupo funcional deverá avaliar criticamente o projeto do produto proposto pela engenharia, de modo a identificar tolerâncias inconsistentes e problemas no material especificado para o produto, definir novas tolerâncias consideradas importantes para o produto e o sistema de referência do produto (caso não tenha) e, demais itens necessários.

Após isso, deverá definir o *plano de medição* do produto (conforme seção 4.2.2) e o modelo de relatório de medição (conforme seção 4.2.4) para ser enviado para o fornecedor, juntamente com o desenho do produto, na etapa de cotação de um item por diversos fornecedores.

A seleção do fornecedor deverá ser realizada com a participação do grupo funcional, para que se tenha um parecer técnico sobre a capacidade do fornecedor em desenvolver o produto, além de ser possível avaliar tecnicamente os itens propostos nas cotações. Assim, ocorrerá uma grande probabilidade de selecionar um fornecedor com grandes potenciais de atender os níveis desejados, favorecendo um desenvolvimento mais harmonioso do produto, com menores custos e em um menor tempo.

Fase 2: Após a definição do fornecedor, o grupo funcional deverá entrar em contato com o fornecedor e disponibilizar todos os documentos necessários para a definição e realização dos testes dimensionais durante as etapas de desenvolvimento do produto.

Inicia-se a definição dos parâmetros do processo de medição por parte do fornecedor que deverão ser registrados no documento *estratégia de medição* (seção 4.2.3). Essas definições consistem do planejamento do processo de medição, pois a amostra do produto ainda não existe, não podendo utilizá-la para realizar a medição.

O fornecedor deverá consultar o *plano de medição* que irá conter os requisitos imprescindíveis a serem considerados no processo de medição; e o desenho do produto, que contém as características gerais do produto e as tolerâncias a serem avaliadas.

Se for solicitado pela montadora de veículos o desenvolvimento de um dispositivo de fixação, o fornecedor já terá que iniciar o seu desenvolvimento, para na etapa de submissão da amostra já estar validado. Caso não seja necessário desenvolver um dispositivo de fixação deverá planejar como serão realizadas a sua fixação e orientação na MMC.

Um ponto a ser avaliado pela montadora de veículos é se o seu sistema de medição e as fontes de influência no processo de medição serão adequadas para atender ao nível de tolerância do produto exigido. Essa é uma análise que cabe ao fornecedor realizar, para isso a montadora de veículos deverá desenvolver um manual de metrologia que contenha informações que facilitem essa avaliação do fornecedor, e complementar a isso, poderá haver um suporte metrológico da própria montadora.

Os parâmetros operacionais do processo de medição (ver seção 4.2.3) também deverão ser definidos com o devido cuidado, conhecimento e bom senso, baseando-se também nas orientações do manual de metrologia e no conhecimento do fornecedor.

Após isso, os parâmetros específicos de cada tarefa de medição deverão ser definidos através da consulta ao banco de dados, como: os elementos geométricos a serem medidos diretamente e as suas características físicas, o código do banco de dados ou a definição de uma estratégia de medição nova, as respectivas configurações do apalpador e dentre outras.

Fase 3: Deverá ser realizada uma reunião inicial para a avaliação dos parâmetros definidos no processo de medição pelo fornecedor, sendo de grande valia para solucionar dúvidas que apareceram até o momento, solicitar alterações de parâmetros do projeto do produto e dentre outros.

Nessa reunião deverá ser realizada a primeira aprovação do processo de medição do fornecedor, para quando os fornecedores forem realizar os testes dimensionais nas suas amostras, já utilizarem as definições acordadas por todos. Futuramente, essa aprovação será validada na prática pelo fornecedor com a medição da amostra a ser submetida para a montadora de veículos.

É importante que nesta etapa o dispositivo de fixação já esteja praticamente desenvolvido ou acabado, para que o grupo funcional possa validá-lo, afinal ele será utilizado nos testes dimensionais. Os resultados dessa reunião deverão ser registrados no DEM (seção 4.2.3).

Fase 4: Consiste na preparação pelo fornecedor da amostra a ser enviada para a montadora de veículos e, na realização e validação dos testes dimensionais realizados pelo fornecedor. Para a realização da medição deverão ser utilizados os parâmetros definidos na reunião inicial.

Se o processo de medição estiver sendo avaliado pela primeira vez, deverá ser realizada a sua validação metrológica (análise dos erros aleatórios e sistemáticos) e operacional, de acordo com o estudo proposto pela montadora de veículos ou a critério do próprio fornecedor (seção 4.2.5). As características a serem analisadas nesse estudo estarão expostas no documento plano de medição. Se este estudo apresentar dados aceitáveis, deverão ser gerados os relatórios necessários (DEM, relatório de medição e relatório de validação do processo de medição) e submetida a amostra para a montadora de veículos. No caso dos resultados não se apresentarem aceitáveis, deverão ser avaliadas as causas, realizadas as alterações na estratégia de medição e demais parâmetros necessários do processo de medição e realizado um novo estudo até encontrar valores aceitáveis. Para esses casos, é necessário registrar no DEM quais foram as alterações realizadas no processo de medição já aprovado anteriormente, para que a montadora de veículos possa avaliá-las.

Fase 5: Com os relatórios de medição e de validação do processo de medição gerados pelo fornecedor, a montadora de veículos irá avaliá-los, e se necessário, realizar a medição da peça nas suas instalações. Essa medição deverá ser realizada apenas nas situações mais críticas ou para esclarecer alguns resultados duvidosos.

Esta etapa consiste em duas avaliações, primeiro a validação final do processo de medição utilizado pelo fornecedor, realizada principalmente pela análise dos documentos, e segundo pela validação da amostra submetida pelo fornecedor. É importante ressaltar que o principal objetivo dessa sistemática é que a montadora de veículos saiba como o fornecedor realizou a sua medição, de modo a avaliá-la e confiar nos resultados obtidos. Assim, é essencial que o processo de medição seja aprovado, pois caso contrário não terá como confiar nos resultados obtidos pelo fornecedor.

Nos casos onde o processo de medição não for aprovado, cabe à montadora de veículos decidir se irá realizar a medição da amostra nas suas instalações, para verificar se a amostra está aprovada ou não, ou se irá solicitar ao fornecedor a repetição da medição utilizando as alterações propostas para o seu processo de medição. Um ponto importante aqui é a questão do tempo, que na opinião da autora

deste trabalho será um ponto principal, pois se o processo de desenvolvimento do produto já estiver atrasado, a própria montadora realizará a medição na amostra para verificar se está aprovada ou não, porém é imprescindível que seja comunicado ao fornecedor as alterações a serem realizadas no seu processo de medição, para poderem utilizá-las nas demais medições.

Com a aprovação do processo de medição do fornecedor, o próximo passo será avaliar o relatório de medição para verificar a conformidade de cada característica avaliada. Assim, se alguma característica não for aprovada deverá ser comunicado ao fornecedor, para que ele possa investigar as causas no seu processo de fabricação e submeter uma nova amostra em uma data determinada, para uma outra avaliação da montadora de veículos. Entretanto, a partir do momento que o processo de medição for validado pela montadora, ele deverá ser utilizado pelo fornecedor em todas as demais medições das etapas de desenvolvimento do produto sem a necessidade de realizar novos estudos para a análise das suas variações, a não ser que sejam realizadas modificações significativas no processo de fabricação. Para esses casos, o fornecedor deverá propor uma nova estratégia de medição, que deverá ser registrada no DEM, para ser avaliada pela montadora.

Por fim, se a amostra for aprovada, a montadora de veículos deverá comunicar os resultados ao fornecedor, arquivar todos os documentos gerados nos estudos, atualizar o banco de dados com as informações obtidas a partir do estudo concluído e comunicar essas alterações para os demais fornecedores que utilizam o mesmo banco de dados.

Essa fase 5 deverá ser repetida até a completa validação da amostra do fornecedor, sendo cíclica.

5 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA DESENVOLVIDA EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

O desenvolvimento de uma sistemática para a solução de um problema passa por etapas de melhorias e adaptações até ser constituída a versão operacional definitiva e, para isso, é de fundamental importância a execução de experimentos práticos. Neste trabalho, a aplicação prática da sistemática proposta foi realizada em um ramo de uma cadeia de suprimentos real da indústria automotiva.

Deste modo, neste capítulo são retratados as principais observações, características e resultados encontrados com a aplicação da sistemática proposta no caso prático, além de caracterizar as empresas envolvidas no estudo. Por questão de sigilo das informações, os nomes das empresas não serão relevados.

5.1 CARACTERÍSTICAS DA GARANTIA DA QUALIDADE NA CADEIA DE SUPRIMENTOS ESCOLHIDA

A cadeia de suprimentos escolhida para a aplicação constitui-se de uma montadora de veículos de veículos e um fornecedor direto. Inicialmente foram realizadas visitas e reuniões nos departamentos da montadora relacionados ao desenvolvimento do produto no fornecedor, para o entendimento do processo utilizado pela montadora, a determinação de em quais processos poderia ser aplicada a sistemática e a verificação das adaptações necessárias para o seu adequado funcionamento.

A montadora de veículos participante do estudo é uma empresa tradicional do ramo, situada no estado de São Paulo, possuindo cerca de 300 fornecedores diretos envolvidos no desenvolvimento e fabricação de seus produtos. O seu relacionamento

consiste basicamente com esses fornecedores e os demais níveis são responsabilidade destes. O projeto do produto é desenvolvido, em grande parte, pela sua matriz e o que é repassado para a maioria dos fornecedores é apenas a sub-contratação da produção. Somente em alguns casos, o fornecedor irá desenvolver o projeto do produto especificamente para a montadora e realizar a sua produção.

O fornecedor escolhido para participar do estudo de caso é uma fundição de alumínio (processo de fundição em alta pressão), cujos principais produtos são *carters*, carcaças de transmissão, mancais, suportes e tampas. A empresa é de médio porte (tanto pela quantidade de funcionários quanto pelo faturamento) e possui a sistemática de entregar os produtos diretamente na linha de produção da montadora de veículos.

Esse fornecedor possui uma linha de produção especificamente para os produtos desta montadora de veículos, bem como duas máquinas de medir por coordenadas também para controlar a qualidade dos mesmos. Eles também produzem peças para outras montadoras, porém em outra linha de produção. O projeto do produto é fornecido pela montadora e revisado por eles e, quando necessário, é solicitada a alteração de alguma especificação, entretanto é preciso a aprovação da matriz da montadora.

A escolha desse fornecedor para o estudo de caso ocorreu devido a presença de máquinas de medir por coordenadas nas suas instalações disponíveis para a execução das medições e por possuir mão de obra e recursos técnicos disponíveis para a realização das atividades da sistemática.

A montadora de veículos utiliza o modelo do APQP para o desenvolvimento do produto e, o envolvimento direto com o fornecedor ocorre através da área de desenvolvimento do fornecedor, que irá acompanhar e validar o produto e o processo de fabricação do fornecedor, além de solucionar as dúvidas que surgirem. A área de metrologia só irá avaliar e aprovar as amostras e resultados de medição enviados pelo fornecedor para a montadora, não tendo nenhum contato direto com os fornecedores e envolvimento no desenvolvimento do produto. É uma área prestadora de serviços para a área de desenvolvimento do fornecedor e somente nos casos mais críticos, é solicitada a sua participação nas atividades dos fornecedores.

Nesse modelo adotado pela montadora de veículos existem diversos testes a serem realizados pelos fornecedores nas suas amostras durante as etapas do desenvolvimento do produto (protótipo, amostras iniciais, pré-série), de modo a verificar

a conformidade do produto com o seu projeto. Dentre esses testes exigidos, estão os dimensionais. O processo atual para a realização desses testes pelo fornecedor está descrito na Figura 32:

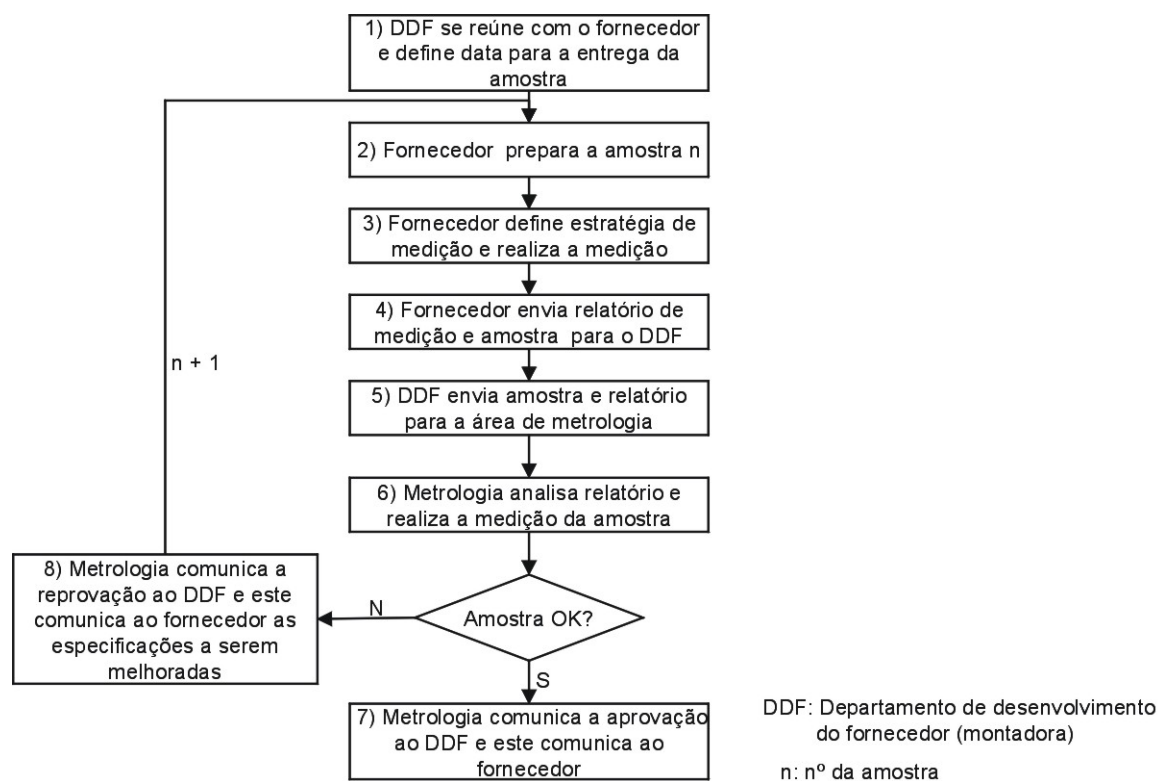


Figura 32: Fluxograma do processo atual utilizado pela montadora de veículos para a realização dos testes dimensionais nas amostras fornecidas

Na etapa 3 da Figura 32, pela montadora de veículos não fornecer recomendações de como realizar a medição, o fornecedor define por conta própria todos os parâmetros do processo de medição a serem utilizados, todavia a montadora não solicita a documentação dessas definições.

Na etapa 6, a montadora de veículos irá avaliar apenas o relatório de medição da peça, e não terá conhecimento de como foi realizada a medição. Pela falta de confiança nos fornecedores, principalmente devido à falta de envolvimento da metrologia com o fornecedor, a montadora irá repetir a mesma medição nas suas instalações, para poder avaliar com segurança a amostra fornecida. Entretanto, é comum o problema da divergência nos resultados encontrados, causando desentendimentos com os fornecedores.

Na etapa 8, quando a amostra não é aprovada, pode acontecer casos em que a área de metrologia entre em contato com o fornecedor para ajudar na solução dos

problemas, entretanto quando ocorre esse envolvimento já foram verificados problemas na realização do processo de medição no fornecedor, como a utilização de sistemas de medição inadequados e a falta de um dispositivo de fixação, sendo solicitado nessa etapa já avançada do desenvolvimento do produto, os reparos necessários.

Alguns problemas observados no processo de desenvolvimento do produto relacionados aos testes dimensionais que estão vinculados com a realidade retratada na sistemática proposta, a saber:

- A área de metrologia não é diretamente envolvida no início do desenvolvimento do produto e não determina os requisitos metrológicos a serem desenvolvidos pelo fornecedor para a garantia da qualidade dos seus produtos, causando cotações incompletas dos fornecedores e a necessidade dos fornecedores desenvolverem recursos nas etapas mais avançadas do desenvolvimento do produto;
- Falta suporte metrológico para o fornecedor, a ligação da montadora de veículos com o fornecedor ocorre pela área de desenvolvimento do fornecedor, dificultando a solução dos problemas metrológicos;
- Projeto do produto apresenta tolerâncias inconsistentes, sendo difíceis de serem atingidas. Quando existem solicitações de alterações de especificações por parte do fornecedor, estas necessitam ser aprovadas pela matriz da montadora de veículos;
- A maior parte dos desenhos do produto não possui cotas críticas e referências (*datums*) para o alinhamento da peça na medição, sendo responsabilidade dos fornecedores defini-las. Porém, na maioria dos casos o fornecedor não tem conhecimento da montagem da peça no conjunto, dificultando a definição das referências. Os fornecedores não informam como eles alinham a peça na medição, potencializando a ocorrência de divergências nos resultados;
- Falta de informação no modelo proposto pela montadora de veículos para o relatório de medição, por exemplo, a área de metrologia não tem conhecimento de qual sistema de medição foi utilizado pelo fornecedor, a temperatura ambiente e dentre outros. Além disso, os relatórios são elaborados manualmente e estão susceptíveis a erros de digitação;

- Não é acompanhada a medição das amostras nos fornecedores, só em casos extremos é solicitada a ajuda da metrologia da montadora de veículos;
- Etc.

Deste modo, a partir do mapeamento da realidade presente na montadora de veículos para a garantia da qualidade dos produtos fornecidos, a aplicação da sistemática na cadeia de suprimentos foi considerada de grande validade para o trabalho, devido à presença de diversos itens que foram avaliados e incluídos no desenvolvimento da sistemática, aumentando a probabilidade de verificar o seu comportamento na prática e realizar as validações e melhorias necessárias.

Para que pudesse ser aplicada a sistemática proposta, alguns pontos tiveram que ser alterados da configuração organizacional da montadora de veículos, a saber:

- Geração de um grupo funcional, responsável pelo desenvolvimento do produto fornecido, com participantes de diversos departamentos e um responsável do fornecedor;
- Participação da área de metrologia no início do desenvolvimento do produto, de modo a analisar criticamente o projeto do produto e definir os requisitos metrológicos a serem cumpridos pelo fornecedor no seu processo de medição;
- Envolvimento e suporte metrológico durante as etapas da sistemática, ou seja, a área de metrologia terá que lidar diretamente com o fornecedor, não havendo uma área intermediária para realizar esse contato.

Esses pontos tiveram que ser modificados da estrutura atual em que se encontra a montadora de veículos, só para a realização do estudo, de modo a avaliar os benefícios atingidos com essas alterações.

A peça selecionada para o estudo é uma peça já produzida em série (carcaça traseira do câmbio), principalmente para agilizar a execução do estudo, porém uma condição imposta para o estudo foi que a peça fosse considerada ainda em desenvolvimento, para que os parâmetros já definidos e utilizados na prática, não influenciassem na aplicação da sistemática. É uma peça fundida e, usinada em algumas características. Um desenho representativo da peça e do seu projeto do produto pode ser observado na Figura 33.

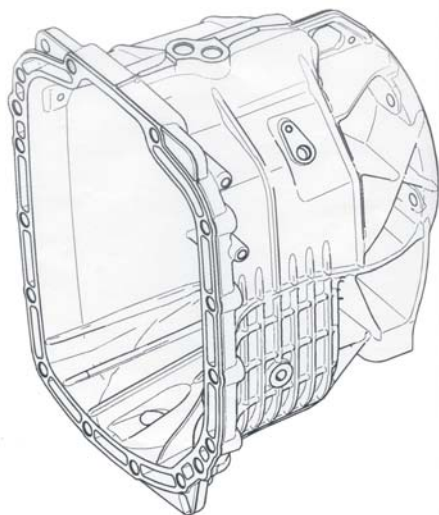


Figura 33: Desenho representativo da peça utilizada no caso prático

5.2 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA

A aplicação da sistemática ocorreu conforme o fluxograma exposto anteriormente no capítulo 4. Seguindo essa seqüência, foi realizado um ciclo de medição da peça no fornecedor, com objetivo de analisar a utilização das ferramentas e documentos propostos, os pontos a serem aprimorados e, o comportamento da montadora de veículos e do fornecedor frente a essa nova sistemática de trabalho.

A seguir será descrito o que foi realizado em cada etapa do caso prático de acordo com o fluxograma da Figura 31, e apresentadas as dificuldades encontradas e recomendações propostas para otimizar a sistemática. Vale ressaltar que os documentos presentes na sistemática sofreram modificações em alguns parâmetros, após a aplicação do caso prático, entretanto eles já se encontram na versão final para facilitar a interpretação.

- Fase 1:

Foi definido o grupo funcional, composto nesta fase, por dois representantes da área de metrologia e por um representante da área de desenvolvimento do produto. Para as demais etapas, um representante da área de metrologia do fornecedor também participará desse grupo, sendo o elo de ligação do fornecedor com a montadora de veículos.

Foi realizada a análise do desenho da peça e a definição do *plano de medição* (anexo 3) pelo grupo funcional, para que o fornecedor soubesse quais requisitos deveria desenvolver para o seu processo de medição. Foi determinado que a peça deveria ser fixada com um dispositivo de fixação e medida com uma MMC, devido a presença de tolerâncias estreitas. Neste estudo as medições foram focadas nas tolerâncias críticas, possuindo tanto tolerâncias dimensionais quanto geométricas.

Para a definição do sistema de medição a ser utilizado na medição da peça específica (parâmetro presente no *plano de medição*), foi recomendado que o fornecedor analisasse o erro máximo da MMC obtido no último certificado de calibração. Não foi exigido nenhum estudo para verificar a incerteza do processo de medição em específico, sendo responsabilidade do fornecedor avaliar as fontes de influência no seu processo e adotar as medidas necessárias.

Na análise do projeto do produto foi alterada uma referência do projeto do produto para representar a função da peça e por possuir superfícies melhores acabadas para a medição. Isso também foi registrado no *plano de medição* (anexo 3).

Ademais, foram definidas algumas estratégias de medição a serem cadastradas no banco de dados de estratégias, para a avaliação de como seria na prática a sua definição e como o fornecedor lidaria com essas informações. Para isso, foi analisado o próprio desenho da peça em estudo e definido alguns elementos geométricos que poderiam possuir recomendações de como realizar a medição, independente do processo de fabricação e medição e da peça, sendo a única exigência que a peça fosse usinada.

Essas estratégias de medição foram definidas pelo grupo funcional de acordo com a estrutura do banco de dados e o seu conhecimento de metrologia, totalizando 16 estratégias de medição para peças usinadas. As recomendações propostas são destinadas às medições mais investigativas, sendo utilizadas principalmente nas etapas de desenvolvimento do produto. Para ilustrar, uma dessas estratégias de medição está apresentada na Figura 34.

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|---|--|
| Código da tarefa medição: | F1 | Função do elemento: FURO DE REFERÊNCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica – localização - posição *1 - tolerância geométrica – forma - circularidade *2 | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | *2 Mínimo Máximo - (Mínima Zona) |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura pequena < 50 mm Diâmetro pequeno < 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. - *1 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

Figura 34: Exemplo de estratégia de medição cadastrada no banco de dados

Foi definido que o relatório de medição a ser utilizado pelo fornecedor seria o mesmo utilizado atualmente na montadora de veículos. Já para a validação do processo de medição foi definido que o fornecedor deveria realizar um estudo de repetitividade para algumas características listadas no *plano de medição* e registrar os resultados em um documento criado específico para esse caso prático.

Após todas as definições e preparação dos documentos, estes foram enviados para o fornecedor.

Nesta etapa, as principais dificuldade encontradas estavam relacionadas à pouca familiaridade dos envolvidos com a sistemática. Foi constatado que a definição da estratégia de medição de um elemento geométrico não é uma tarefa simples, e envolve muito conhecimento e responsabilidade. Os participantes tiveram uma certa dificuldade inicial para as definições; pois existem muitas particularidades nas tarefas de medição existentes. Assim, é importante que se inicie com algumas recomendações

e aos poucos ir expandindo o banco de dados, de acordo com as tarefas que aparecerão com os novos produtos.

Foi verificado um parâmetro importante que deverá ser acrescentado na definição de uma tarefa de medição, a função do elemento, que segundo o grupo de trabalho, é um parâmetro fundamental para a descrição de um elemento de acordo com a realidade da indústria. Além disso, essa alteração facilita o reconhecimento do elemento no banco de dados. Para ficar mais claro o entendimento desse parâmetro, tem-se como exemplo o furo onde será montado um rolamento, que foi definido como um furo de referência; furo onde será montado um parafuso, que foi definido como um furo passante; plano que será utilizado para montagem (contato) com uma outra peça, que foi definido como plano de vedação. Esse parâmetro foi incluído na estrutura do banco de dados (Figura 35) e foi utilizado nas etapas posteriores deste estudo.

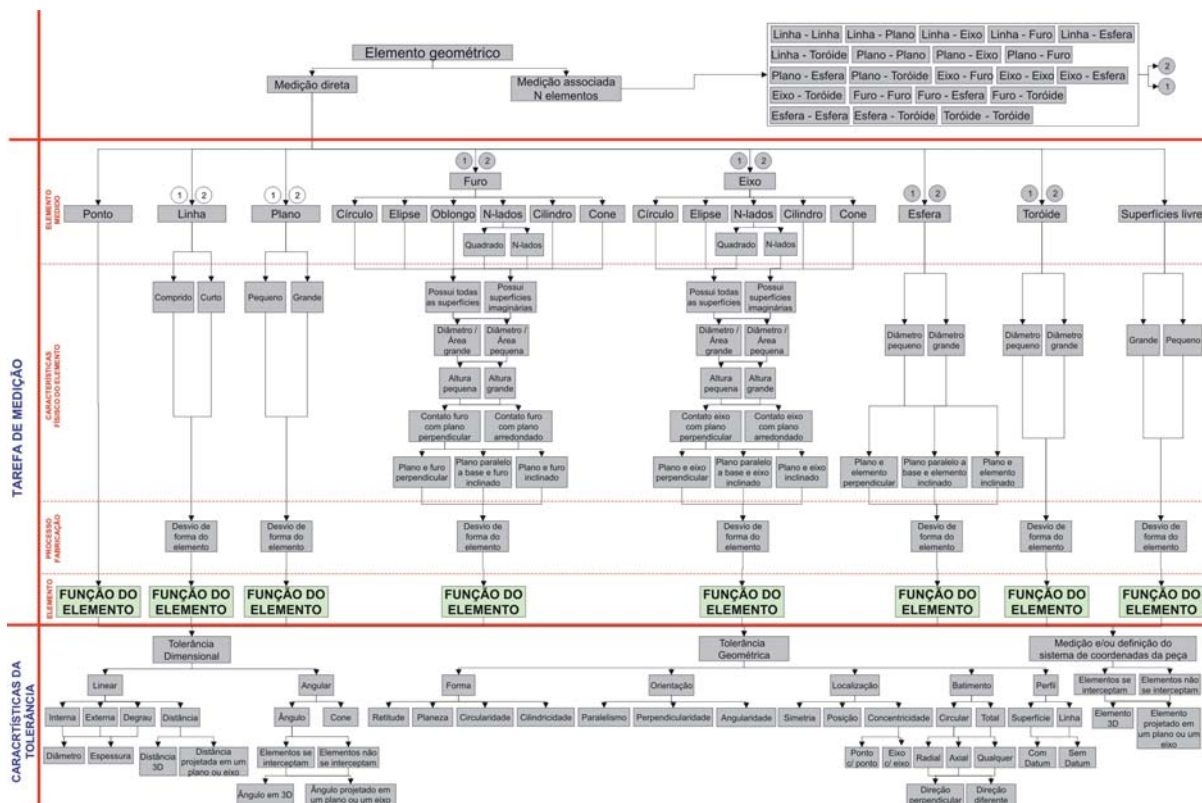


Figura 35: Inclusão do parâmetro *função do elemento* no índice do banco de dados

O parâmetro *erro de forma*, presente no índice do banco de dados para descrever uma tarefa de medição, foi considerado muito difícil de ser definido, principalmente pela montadora de veículos, devendo ser sempre avaliado pelo fornecedor, pois é uma variação que depende do seu processo de fabricação.

- Fase 2

Esta etapa foi realizada no fornecedor e consistiu da análise do desenho da peça, do *plano de medição* e das estratégias presentes no banco de dados, ou seja, de todos os documentos fornecidos pela montadora de veículos para o desenvolvimento, produção e garantia da qualidade do produto no fornecedor.

Foram definidas as características de cada tarefa de medição e consultado o banco de dados para ver as recomendações propostas. Além disso, foram consultados os responsáveis da produção para incluir as variações do processo de fabricação na estratégia de medição. Houveram casos que foram seguidas as recomendações propostas, casos que foram propostas algumas alterações nas recomendações propostas para melhor se adequar ao seu processo de medição e fabricação e, casos que foram definidas novas estratégias de medição, por não constar recomendações no banco de dados.

Além das informações de cada tarefa de medição, outras informações gerais do processo de medição da peça também foram definidas e documentadas (ver anexo 4), tais como: características do sistema de medição utilizado, modo de fixação da peça (já possuíam um dispositivo de fixação que já foi avaliado anteriormente pela montadora de veículos), orientação da peça ou dispositivo de fixação na MMC, configuração do apalpador utilizada, condições ambientais da sala, dentre outras. Assim, o documento *estratégia de medição* foi enviado para a montadora para a sua avaliação.

Na execução dessa etapa, inicialmente, o fornecedor apresentou certa dificuldade para definir os parâmetros dos elementos geométricos a serem medidos e consultar o índice do banco de dados, principalmente por não estarem habituados a definir tantos parâmetros para cada tarefa de medição. Entretanto, com o decorrer da análise do projeto do produto e a definição das demais tarefas de medição, as definições foram se tornando mais fáceis.

O documento *estratégia de medição* mostrou-se um pouco extenso e trabalhoso para preencher, principalmente na descrição de cada tarefa de medição. Para isso, foram realizadas alterações já incorporadas no modelo proposto na sistemática. Além disso, nesse documento foram incluídos os campos referentes às análises do processo de medição, de modo a existir um item para registrar os resultados da reunião inicial (planejamento do processo de medição) e após a realização da medição no fornecedor (confirmação e possíveis alterações dos parâmetros planejados), além de registrar os

pareceres da validação final do processo de medição e da amostra fornecida. Todas essas alterações já estão incluídas no modelo proposto na Figura 27. Isso, torna o DEM um documento que irá acompanhar todo o processo de validação da amostra fornecida.

O fornecedor apresentou dificuldade em avaliar o certificado de calibração da sua MMC e não foi realizado nenhum estudo para estimar a incerteza de medição do processo de medição. Entretanto, durante as definições dos parâmetros do processo de medição sempre se procurava minimizar a incerteza.

- Fase 3

A montadora de veículos analisou o DEM definido pelo fornecedor (anexo 4) e foram solucionadas as dúvidas dos itens necessários, através do contato com o fornecedor. Esta atividade foi realizada apenas com os funcionários da montadora, diferenciando-se da sistemática proposta, onde deveria ter a participação do fornecedor.

Através da proposta do fornecedor, foram aprovadas duas novas estratégias de medição a serem acrescentadas no banco de dados, além de realizar algumas alterações nas recomendações já existentes, conforme pode ser observado no DEM no item referente a aprovação da estratégia de medição realizada pela montadora de veículos no anexo 4. Todas as informações (na versão final) presentes no banco de dados podem ser observadas no anexo 5, após as alterações e com a inclusão das novas estratégias.

Após a primeira aprovação do processo de medição do fornecedor, a montadora de veículos entrou em contato com o fornecedor para determinar o prazo para a realização da medição na peça e envio dos relatórios necessários.

Nessa etapa foi verificado que alguns itens não podem ser completamente entendidos somente com as recomendações do banco de dados, por exemplo, a tolerância dimensional – distância entre dois planos que não estão situados no sistema de referência. Esses itens são principalmente referentes às avaliações das tolerâncias (algoritmo matemático), podendo variar de software para software e também depende da interpretação e conhecimento do usuário. Para minimizar isso, a montadora de veículos terá que frisar alguns itens relacionados à avaliação da tolerância no plano de medição e o fornecedor terá que informar os parâmetros necessários para descrever a

avaliação que poderiam causar dúvidas para quem irá interpretar. Deverá haver o comprometimento de ambas as partes.

Na atual estrutura organizacional da montadora de veículos é difícil a realização da reunião inicial com o fornecedor para a aprovação do processo de medição e resolução de dúvidas, pois não existe o contato direto da área de metrologia da montadora com o fornecedor. Constata-se com base nesse trabalho que esse contato da metrologia é considerada uma etapa de fundamental importância para a realização adequada da medição pelo fornecedor.

- Fase 4

O fornecedor adequou o programa de medição CNC já existente (utilizado para controle do processo) para realizar a medição da peça, de acordo com os parâmetros definidos e aprovados pela montadora de veículos.

Foram realizadas as medições na peça pelo fornecedor, totalizando 5 repetições para a realização do estudo de repetitividade de algumas características. É importante ressaltar que a peça foi fixada em um dispositivo de fixação e que, para cada repetição, a peça foi retirada desse dispositivo e fixada novamente.

Foi gerado o relatório de medição (anexo 6) e o documento *estudo de repetitividade* (anexo 7) e depois enviados para a montadora de veículos. O fornecedor realizou a análise dos resultados encontrados no estudo de repetitividade, de modo a verificar se seria necessário realizar alterações no processo de medição já aprovado. O fornecedor determinou que os resultados apresentaram-se adequados, e não alterou nenhum parâmetro do processo de medição aprovado na fase 3. A peça medida também foi enviada para a montadora de veículos.

Uma das dificuldades percebidas nessa etapa foi que o relatório de medição (modelo proposto pela montadora de veículos) é demorado e trabalhoso de preencher, além de estar sujeito a erros de digitação. O fornecedor preparou o relatório segundo o modelo da montadora, e para isso, foi necessária a digitação de todas as características avaliadas e dos resultados encontrados.

O relatório do estudo de repetitividade também está sujeito a erros de digitação e a falta de informações. O fornecedor apresentou dificuldades em avaliar o resultados do estudo de repetitividade. Primeiramente só estava verificando se os valores das

características estavam dentro dos limites de especificação e, após a explicação do objetivo do estudo, realizou uma análise mais aprimorada.

- Fase 5

Nessa etapa, a montadora de veículos analisou os relatórios enviados pelo fornecedor e decidiu realizar a medição da peça, apenas para confrontar os resultados obtidos pelo fornecedor. Vale ressaltar que na sistemática proposta, essa decisão cabe à montadora, porém se já foi realizado uma definição criteriosa do processo de medição não seria necessário repetir a medição já realizada pelo fornecedor.

Assim, foi realizada a medição da peça enviada pelo fornecedor nas instalações da montadora de veículos. Cada resultado obtido foi comparado com o resultado do fornecedor, para verificar as divergências. As estratégias de medição adotadas pela montadora foram baseadas no banco de dados e, para as tarefas de medição que não estavam cadastradas no banco de dados, o grupo definiu sua própria estratégia, mas sempre analisando e confrontando com a estratégia adotada pelo fornecedor. Na Figura 36 podem ser visualizados os resultados encontrados pelo fornecedor e pela montadora.

Foram avaliados os resultados do estudo de repetitividade e verificado que três tolerâncias dimensionais (distância) e duas tolerâncias geométricas (perpendicularidade e paralelismo), apresentam valores elevados (acima de 20% e abaixo de 50% do intervalo da tolerância), apesar dos resultados das medições estarem dentro dos limites de especificação. Mesmo com a presença desses valores, a montadora de veículos aprovou a amostra, afinal realizou a medição nas suas instalações, mas atribuiu para o fornecedor que realizasse um estudo para tentar reduzir esses valores, de modo a melhorar a confiabilidade dos resultados.

Assim, o processo de medição avaliado pelo fornecedor foi validado (2ª aprovação) e a peça fornecida também, de acordo com os resultados encontrados na medição da peça pela montadora de veículos e pelo fornecedor.

Ademais, foram realizadas as atualizações no banco de dados aprovadas na fase 3 (ver anexo 5) e validadas após a execução da medição no fornecedor; arquivados todos os documentos gerados e comunicado ao fornecedor os resultados das análises, através de uma reunião final para o fechamento do estudo de caso.

| Item DEM | Tolerância/Especificação | Esp. | FORNECEDOR | | | | | Media | Desvio Padrao | Repetitividade | MONTADORA Med_01 | |
|----------|--|------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|----------------|---------------------|--------|
| | | | Med_01 | Med_02 | Med_03 | Med_04 | Med_05 | | | | | |
| C1 | Planeza - 0,1 do C1 | | 0,035 | 0,034 | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,033 | 0,001 | 0,004 | 0,017 | |
| RS - F1 | Diâmetro (2x) - 12 E7 [12,032 a 12,050] | | 12,037 | 12,038 | 12,037 | 12,037 | 12,036 | 12,038 | 12,037 | 0,001 | 0,002 | 12,035 |
| | | | 12,037 | 12,037 | 12,038 | 12,038 | 12,039 | 12,038 | 0,001 | 0,002 | 12,035 | |
| A1 | Perpendicularidade - 0,03 C1 do 90N6 | | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | |
| A1 | Diâmetro - 90 N6 [89,962 a 89,984] | | 89,969 | 89,970 | 89,969 | 89,967 | 89,969 | 89,969 | 0,001 | 0,003 | 89,970 | |
| | | | 89,978 | 89,980 | 89,980 | 89,978 | 89,978 | 89,978 | 0,001 | 0,003 | 89,978 | |
| B1 | Planeza - 0,1 do B1 | | 0,019 | 0,020 | 0,020 | 0,019 | 0,020 | 0,020 | 0,001 | 0,001 | 0,027 | |
| E1 | Diâmetro - 124,46 ± 0,13 | | 124,502 | 124,510 | 124,508 | 124,509 | 124,509 | 124,508 | 0,003 | 0,009 | 124,506 | |
| | | | 124,503 | 124,510 | 124,507 | 124,508 | 124,509 | 124,507 | 0,003 | 0,007 | 124,507 | |
| E1 | Concentricidade - 0,1 A1 do 124,46 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,072 | |
| E1 | Perpendicularidade - 0,0,1 (M) C1 | | - | - | - | - | - | | | | 0,073 | |
| B3 | Perpendicularidade - 0,0,2 C1 | | - | - | - | - | - | | | | 0,005 | |
| B3 | Perpendicularidade - 0,0,2 C1 | | 0,008 | 0,007 | 0,003 | 0,011 | 0,001 | 0,006 | 0,004 | 0,011 | 0,004 | |
| B3 | Diâmetro - 32 G7 [32,009 a 32,034] | | 32,019 | 32,016 | 32,017 | 32,017 | 32,016 | 32,017 | 0,001 | 0,003 | 32,021 | |
| | | | 32,019 | 32,019 | 32,019 | 32,019 | 32,020 | 32,019 | 0,000 | 0,001 | 32,015 | |
| 1 | Diâmetro - 12 R7 [11,966 a 11,984] | | 11,976 | 11,976 | 11,969 | 11,973 | 11,974 | 11,974 | 0,003 | 0,008 | 11,974 | |
| 2 | Dimensão - 157,5 ± 0,1 | D | 157,515 | 157,516 | 157,513 | 157,514 | 157,515 | 157,515 | 0,001 | 0,003 | 157,498 | |
| | | E | 157,513 | 157,515 | 157,512 | 157,512 | 157,513 | 157,513 | 0,001 | 0,003 | 157,498 | |
| 3 | Paralelismo - 0,1 C1 do 157,5 | D | 0,010 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | |
| | | E | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | |
| 4 | Planeza - 0,1 do 157,5 | D | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,005 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | |
| | | E | 0,004 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | |
| 5 | Dimensão - 182,05 ± 0,1 | | 182,118 | 182,110 | 182,108 | 182,115 | 182,109 | 182,112 | 0,004 | 0,011 | 182,092 | |
| 6 | Paralelismo - 0,03 C1 do 161,25 | | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,000 | 0,001 | 0,010 | |
| 7 | Diâmetro - 80 N6 [79,967 a 79,986] | | 79,976 | 79,977 | 79,975 | 79,975 | 79,976 | 79,976 | 0,001 | 0,002 | 79,976 | |
| | | | 79,975 | 79,976 | 79,974 | 79,974 | 79,975 | 79,975 | 0,001 | 0,002 | 79,976 | |
| 8 | Dimensão - 161,25 ± 0,04 | | 161,267 | 161,259 | 161,259 | 161,263 | 161,258 | 161,261 | 0,004 | 0,010 | 161,251 | |
| 9 | Paralelismo - 0,03 C1 do 182,05 | | 0,026 | 0,025 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,012 | 0,012 | 0,033 | 0,005 | |
| 10 | Diâmetro - 78 H8 [78,000 a 78,046] | | 78,020 | 78,020 | 78,021 | 78,018 | 78,018 | 78,019 | 0,001 | 0,004 | 78,019 | |
| 11 | Concentricidade - 0,0,1 A1 do 78 H8 | | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | |
| 12 | Paralelismo - 0,0,05 C1 dos 2 planos | | 0,009 | 0,009 | 0,001 | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0,004 | 0,009 | 0,005 | |
| | | | 0,012 | 0,001 | 0,011 | 0,011 | 0,011 | 0,009 | 0,005 | 0,012 | 0,010 | |
| 13 | Concentricidade - 0,0,05 B3 | | 0,011 | 0,013 | 0,011 | 0,010 | 0,006 | 0,010 | 0,003 | 0,007 | 0,013 | |
| 14 | Diâmetro (2x) - 16 R6 [15,969 a 15,980] | | 15,974 | 15,974 | 15,970 | 15,975 | 15,975 | 15,974 | 0,002 | 0,005 | 15,972 | |
| | | | 15,975 | 15,974 | 15,971 | 15,975 | 15,974 | 15,974 | 0,002 | 0,004 | 15,973 | |
| 15 | Dimensão - 4,5 ± 0,1 | | 4,470 | 4,482 | 4,483 | 4,475 | 4,485 | 4,479 | 0,006 | 0,017 | 4,472 | |
| 16 | Dimensão - 13,5 ± 0,1 | | 13,526 | 13,515 | 13,513 | 13,523 | 13,512 | 13,518 | 0,006 | 0,017 | 13,525 | |
| 17 | Dimensão - 76,4 ± 0,1 | | 76,396 | 76,401 | 76,403 | 76,400 | 76,399 | 76,400 | 0,003 | 0,007 | 76,381 | |
| 18 | Dimensão - 93 ± 0,1 | | 93,003 | 93,007 | 93,007 | 93,004 | 93,007 | 93,006 | 0,002 | 0,005 | 92,989 | |
| 19 | Dimensão - 142 ± 0,04 | | 142,013 | 142,023 | 142,022 | 142,014 | 142,023 | 142,019 | 0,005 | 0,013 | 142,018 | |
| 20 | Dimensão - 49 ± 0,04 | | 48,990 | 49,003 | 49,003 | 48,992 | 49,003 | 48,998 | 0,007 | 0,018 | 49,003 | |
| 21 | Dimensão - 217 ± 0,04 | | 217,007 | 217,018 | 217,016 | 217,008 | 217,016 | 217,013 | 0,005 | 0,014 | 217,012 | |
| 22 | Dimensão - 271,5 ± 0,04 | | 271,508 | 271,522 | 271,520 | 271,510 | 271,520 | 271,516 | 0,006 | 0,017 | 271,515 | |
| 23 | Dimensão - 101,17 ± 0,03 | | 101,197 | 101,178 | 101,183 | 101,198 | 101,184 | 101,188 | 0,009 | 0,024 | 101,196 | |
| | | | 101,197 | 101,178 | 101,182 | 101,198 | 101,184 | 101,188 | 0,009 | 0,024 | 101,196 | |
| 24 | Dimensão - 70 ± 0,15 | | 69,992 | 69,991 | 69,990 | 69,990 | 69,988 | 69,990 | 0,001 | 0,004 | 69,988 | |
| 25 | Dimensão - 35 ± 0,15 | | 34,993 | 35,007 | 35,001 | 34,991 | 35,002 | 34,999 | 0,007 | 0,018 | 34,989 | |
| | | | 34,999 | 34,985 | 34,989 | 34,999 | 34,986 | 34,992 | 0,007 | 0,018 | 35,000 | |

Figura 36: Resultados de medição obtidos pelo fornecedor e pela montadora

Como dificuldade, verificou-se que no relatório de medição do fornecedor, a definição de cada tolerância não estava muito clara, principalmente nos casos onde possuem tolerâncias com o mesmo valor. Surgiram dúvidas que só foram solucionadas através do relatório de medição enviado pelo fornecedor no seu formato interno. Além disso, faltam parâmetros importantes a serem documentados sobre o processo de medição. Por exemplo, deveria estar descrito o valor da temperatura da sala em que foi realizada a medição, qual o sistema de medição foi utilizado. No caso deste estudo, todas as características foram medidas com a mesma MMC registrada no DEM, mas

se esse documento não existisse não teria nenhuma informação a respeito; além disso, o fornecedor retratou que em determinadas peças alguns parâmetros são medidos com outros sistemas de medição e isso também não é documentado. Seria necessário incluir esses parâmetros no modelo de relatório de medição proposto pela montadora de veículos.

Foi definido que, para minimizar os erros de digitação e a falta de informação no relatório de medição, o fornecedor irá criar um modelo de relatório no próprio software de medição, que corresponde ao modelo proposto da montadora de veículos, de modo que ao gerar o relatório a partir da MMC, já esteja no modelo adequado.

Foram encontrados erros de digitação no relatório do *estudo de repetitividade*, possuindo valores à primeira vista, inadequados, porém com a análise do relatório de medição enviado pelo fornecedor no seu formato interno, foi identificado o problema. É necessária uma atenção redobrada no preenchimento desse relatório, devido à sua importância. Também ocorreram problemas com a definição de cada tolerância, principalmente nos casos onde as tolerâncias têm o mesmo valor.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS E COMENTÁRIOS GERAIS

Como resultados da aplicação da sistemática no caso prático têm-se a definição dos requisitos metrológicos a serem desenvolvidos pelo fornecedor, a documentação e a validação de todo o processo de medição do fornecedor, e a aprovação da amostra fornecida através da análise dos relatórios de medição do fornecedor. Além disso, o trabalho iniciou a formação do banco de dados de medição.

Foi realizada uma análise dos documentos propostos na sistemática, após a aplicação do estudo para verificar a sua utilização e a sua validação. Com base nessa análise, as seguintes considerações foram determinadas:

- O *Plano de medição* mostrou a importância do envolvimento da metrologia no início do desenvolvimento do produto, definindo os requisitos metrológicos a serem fornecidos. O fornecedor achou muito boa a existência do *plano de medição*, pois eles saberão sobre quais itens serão cobrados, além de minimizar as dúvidas. Nesse documento é importante que a montadora de veículos especifique as recomendações extras ao banco de dados que poderão causar dúvidas nas avaliações de

determinadas tolerâncias. É essencial a conscientização da montadora na responsabilidade que está por traz das informações presentes nesse documento.

- O Índice do banco de dados mostrou-se flexível para a inclusão de um novo parâmetro sugerido pelos envolvidos (Figura 35), “função de medição”; sendo esse o caminho para a adaptação do banco de dados em qualquer montadora de veículos, que normalmente apresentam determinadas particularidades que variam de empresa para empresa e mesmo em qualquer outro ramo de negócios.

- O Documento para registrar informações no banco de dados foi considerado de fácil utilização, porém deve-se evitar colocar observações em forma de texto, o ideal é expressar sempre que possível através de figuras.

- O Documento *estratégia de medição* será muito útil tanto para a montadora de veículos quanto para o fornecedor, pois ambos irão possuir registros das estratégias de medição utilizadas. A partir do estudo de caso, alguns parâmetros foram alterados para facilitar o seu preenchimento, porém neste trabalho já foi apresentada a sua versão final.

- O Documento modelo para o registro de novas estratégias de medição foi considerado de muito valor para o fornecedor, pois assim, eles poderão descrever as estratégias de acordo com seus processos, através de fotos e figuras. É uma maneira de permitir que o fornecedor proponha as suas estratégias, mesmo existindo as recomendações do banco de dados e, com isso, poder incluir as particularidades do seu processo de fabricação e medição.

- O Documento para validação do processo de medição foi desenvolvido especificamente para o estudo, para registrar a repetitividade de cada característica avaliada. Foi considerado de grande validade para ambas as empresas que puderam avaliar a variação do erro aleatório do processo de medição definido. É um estudo simples, que pode fornecer informações consideráveis.

- O Documento relatório de medição é fundamental, uma vez que é a maneira de expressar os resultados dos esforços realizados. É essencial o desenvolvimento de um modelo de fácil geração, que contenha somente as informações essenciais e, com a mínima probabilidade de estar sujeito a erros.

- Apesar do Manual de Metrologia não ter sido desenvolvido para o estudo de caso, a montadora de veículos achou excelente a sua existência, pois poderá incluir

informações conceituais de metrologia, sendo um meio de transferência de conhecimento entre empresas, afinal a montadora lida com tecnologias mais modernas e possui mais recursos para a realização de treinamentos do que os fornecedores.

Após a aplicação do estudo de caso, algumas recomendações propostas inicialmente para o banco de dados foram melhoradas, de acordo com as novas proposições do fornecedor. Isso mostra a responsabilidade em definir e avaliar as estratégias de medição, e a necessidade de possuir uma estrutura dinâmica para armazenar as informações do banco de dados e divulgar as suas atualizações. Com isso, o banco de dados já teve a sua primeira atualização, podendo incorporar as particularidades do fornecedor.

Observou-se claramente o compartilhamento de conhecimento entre as empresas, onde o fornecedor propôs recomendações úteis sobre os desvios proporcionados pelos seus processos de fabricação, que foram incluídos no banco de dados e a montadora de veículos propôs recomendações gerais para a execução da medição, análise do sistema de medição e das fontes de influência.

Outro ponto positivo da realização do estudo de caso foi o interesse do fornecedor em querer aprender sobre a sistemática proposta, e estar muito disposto a ajudar, oferecendo sugestões muito boas, mostrando-se interessado em melhorar a comunicação com as montadoras de veículos, de modo a facilitar o seu trabalho.

A participação da metrologia já no início do processo de desenvolvimento do produto foi muito apropriada, uma vez que foi realizada a análise crítica do processo voltada para os requisitos de medição, definindo os requisitos a serem exigidos do fornecedor. Isso possibilita eliminar erros e inconsistências que poderiam causar problemas em etapas mais adiantadas do ciclo de vida do produto.

Outro tópico que trouxe um resultado favorável foi o envolvimento da área de metrologia da montadora de veículos com o fornecedor durante as diversas etapas da sistemática, tendo um relacionamento mais próximo e facilitando a troca de informações e solução das dúvidas. Esse envolvimento da área de metrologia com os seus fornecedores desde a etapa inicial irá ajudá-los na sua capacitação. O nível técnico da montadora é normalmente maior do que o dos fornecedores e esse contato irá ajudar na melhoria de nível técnico dessas empresas, normalmente de menor porte.

A realização da medição da amostra na montadora de veículos só ocorreu por decisão da montadora e a título de estudo, pois pela definição mais criteriosa dos

parâmetros do processo de medição e baseando-se no banco de dados, não seria necessária a sua execução. Isso permite economizar esforços da área de metrologia da montadora, permitindo maior dedicação para tarefas preventivas e de análises, ao invés de realizar tarefas corretivas e de repetições das atividades que são de responsabilidade dos fornecedores. Nesse sentido as medições realizadas pelos fornecedores têm um grande potencial de agregar valor.

A medição da amostra pela montadora de veículos revelou plena concordância com os resultados obtidos pelo fornecedor (Figura 36). Todos os envolvidos no processo creditaram essa conformidade à orientação e acompanhamento que existiu nas medições do fornecedor, devido à aplicação da sistemática proposta.

6 DISCUSSÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho percebeu-se claramente o momento de reestruturação e os desafios de qualidade pelos quais a indústria automotiva está passando, com a criação de diversas cadeias de fornecimento e conseqüentemente, o surgimento de muitos conflitos técnicos causados, dentre outros fatores, pela incompatibilidade de diagnóstico de conformidade de produtos. As freqüentes discordâncias de diagnósticos quanto à conformidade dimensional de componentes mecânicos, geram conflitos técnicos que repercutem nas relações entre parceiros de fornecimento e potencializam aumento de custos com perdas de tempo e material, e a confiabilidade nas medições está na raiz desse problema.

O mapeamento desse cenário, realizado através de visitas a quatro montadoras de veículos instaladas no Brasil, foi a motivação inicial e principal para a realização dessa dissertação de Mestrado. Em maior ou menor grau esses problemas estão presentes em todas as empresas, entretanto, o nível de reação em cada uma delas é um pouco diferente. Foram observadas iniciativas isoladas de solução desses problemas, todavia não existe uma proposta que englobe todos os problemas de uma forma integrada ao longo de toda a cadeia de suprimentos.

Assim, desde o primeiro momento deste trabalho foi proposta a criação de uma padronização de práticas de medição entre parceiros, a fim de minimizar a ocorrência desses problemas, uniformizando as estratégias de medição e a forma de relato dos resultados.

Contudo, o objetivo dessa padronização de estratégias de medição, não era desenvolver um “manual” que definisse a melhor estratégia de medição para cada tarefa de medição, mas sim desenvolver uma maneira de armazenar e disponibilizar para os fornecedores as recomendações de estratégias de medição propostas pela montadora de veículos.

Outrossim, foi observado que se fosse proposta apenas a padronização de estratégias de medição entre montadora de veículos e seus fornecedores, também seria uma solução isolada. De fato, para alcançar a solução dos diversos problemas constatados nas etapas de desenvolvimento de um produto no fornecedor, foi preciso desenvolver uma sistemática que acompanhe todas essas etapas desde o momento inicial, onde nem mesmo ocorreu a seleção do fornecedor, para que a área de metrologia já possa incluir as suas considerações no projeto do produto e definir os requisitos metrológicos a serem desenvolvidos pelos fornecedores. Esse é um ponto chave, onde se pode agregar maior valor ao projeto do produto e prover o seu desenvolvimento e produção de forma mais eficiente.

A partir dessas constatações, foi desenvolvida uma sistemática que procurou contemplar todos os problemas observados nas montadoras de veículos visitadas para a garantia da qualidade dos produtos comprados durante as etapas de desenvolvimento, onde normalmente se produzem os maiores desvios com relação à qualidade do produto. Adicionalmente, também procurou-se englobar todos os parâmetros voltados para as tarefas de medição por coordenadas, considerados importantes para uma adequada medição. Esses parâmetros estão armazenados em uma estrutura flexível que poderá ser adaptada às particularidades de cada empresa.

Essa sistemática desenvolvida foi aplicada em um caso prático para que fosse adaptada à realidade industrial e validada a sua utilização. Assim, foram escolhidos uma montadora de veículos e um fornecedor para essa aplicação, podendo ser observado como seria a aceitação das ferramentas e documentos propostos, bem como a definição de oportunidades de melhorias.

Entretanto, não basta somente a utilização da sistemática proposta, cujo objetivo é aprofundar os estudos durante o desenvolvimento do produto. É preciso dar continuidade na garantia da qualidade do produto através da aplicação de ferramentas que controlam o seu processo produtivo no fornecedor, como por exemplo, a aplicação de métodos de controle estatístico de processo.

Cabe ressaltar que o objetivo das medições na produção é totalmente diferente das medições nas etapas de desenvolvimento, pois elas precisam ser rápidas para não introduzir gargalos no processo produtivo. Ademais, essas inspeções não irão melhorar a qualidade do produto que já foi pré-definida no desenvolvimento; entretanto, elas são essenciais para a incluir a melhoria contínua do produto e do processo [6].

Portanto, conclui-se ser imprescindível que se realize um trabalho adequado nas tarefas de medição em ambas as etapas. Na etapa de desenvolvimento do produto, é necessária uma alta exatidão das medições, pois os erros de medição produzidos serão congelados e a qualidade dos produtos produzidos será inferior à ótima. Esse é o foco de atuação da sistemática proposta neste trabalho, com o potencial de proporcionar grandes benefícios nas relações clientes e fornecedores, já que auxiliará na definição e realização das medições e no aumento da confiança nos fornecedores.

Entretanto, para a etapa de produção em série é essencial que ocorra a continuidade do controle de qualidade do produto fornecido, através do controle do processo, atividade que também deverá ter um acompanhamento e suporte da montadora de veículos.

6.1 ANÁLISE TÉCNICA E GERENCIAL DA SISTEMÁTICA APLICADA

A aplicação da sistemática possibilitou a observação de como seria na prática o seu comportamento frente aos problemas mapeados e a sua manipulação pelas pessoas que irão utilizá-la no dia a dia. Com isso, ficou evidente que a sua aplicação depende fundamentalmente das pessoas envolvidas no processo, tanto para prover as recomendações do banco de dados quanto para o preenchimento dos documentos e análises dos processos para a realização das definições. Deste modo, se as pessoas não se mostrarem dispostas a realizar um processo de garantia da qualidade do produto de forma criteriosa, os benefícios proporcionados pela utilização da sistemática proposta não serão obtidos.

Com base na experiência obtida pela realização deste trabalho, foi estabelecida uma relação quantitativa entre o grau de confiança nas tarefas de medição do fornecedor em relação ao tempo (Figura 37) e a quantidade de problemas existentes nas medições realizadas pelos fornecedores durante as etapas de desenvolvimento do produto em relação ao tempo (Figura 38). Essa relação estabelecida está relacionada com os tipos de fornecedores existentes em relação à qualidade das medições executadas, e com a utilização ou não da sistemática proposta. Foram estabelecidos 3 níveis de fornecedores, com a seguinte classificação:

N1: Fornecedores que já se encontram bem desenvolvidos nas tarefas de medição dimensional (boa qualificação dos operadores, sistema de medição adequado, ambiente controlado), não proporcionando problemas nas relações com a montadora de veículos, conseqüentemente existe uma confiança entre as empresas.

N2: Fornecedores que apresentam problemas com a montadora de veículos nas tarefas de medição dimensional, e a montadora começa a utilizar a sistemática proposta. Existe um processo inicial para a introdução da sistemática, treinamento dos envolvidos e entendimento dos conceitos empregados. Após essa fase, com a definição mais criteriosa do processo de medição pelo fornecedor, provavelmente, os problemas nas medições irão reduzindo e conseqüentemente, a confiança entre as empresas aumentará. A tendência é que essa confiança ao atingir um certo nível permaneça constante, afinal caso ocorra um futuro fornecimento, o fornecedor irá aplicar os conceitos já aprendidos no primeiro processo.

A montadora de veículos irá modelar mais rapidamente o fornecedor de acordo com as suas exigências, através de documentos e ferramentas padronizadas. Além disso, com o envolvimento da área de metrologia da montadora com o fornecedor, ocorrerá uma troca de informações entre as empresas, ajudando os fornecedores na sua capacitação e assessorando-os nas definições do processo de medição e, com isso, o aumento da confiança será favorecido.

N3: Fornecedores que apresentam problemas com a montadora de veículos nas tarefas de medição dimensional, e a montadora não utiliza a sistemática proposta. O grau de confiança entre as empresas ocorre em um processo mais demorado. De qualquer maneira o fornecedor terá que se adequar às exigências impostas pela montadora, porém, devido a uma falta de clareza dos requisitos a serem desenvolvidos e de recomendações para a realização das medições, esse processo é mais desgastante. No mercado atual, essa lentidão no aumento da confiança poderá significar um aumento significativo de custo, atraso no desenvolvimento do produto e problemas na qualidade do produto, conseqüentemente perda do mercado.

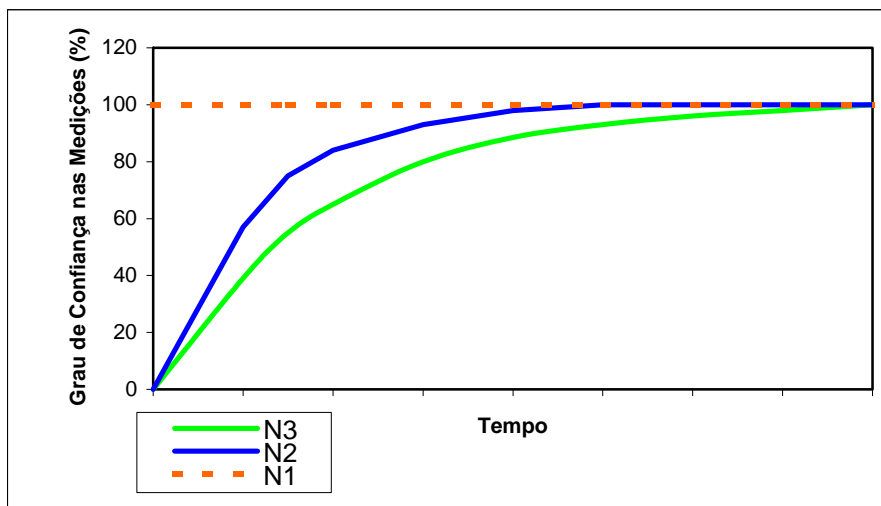


Figura 37: Relação entre o grau de confiança nas medições realizadas pelos fornecedores e o tempo

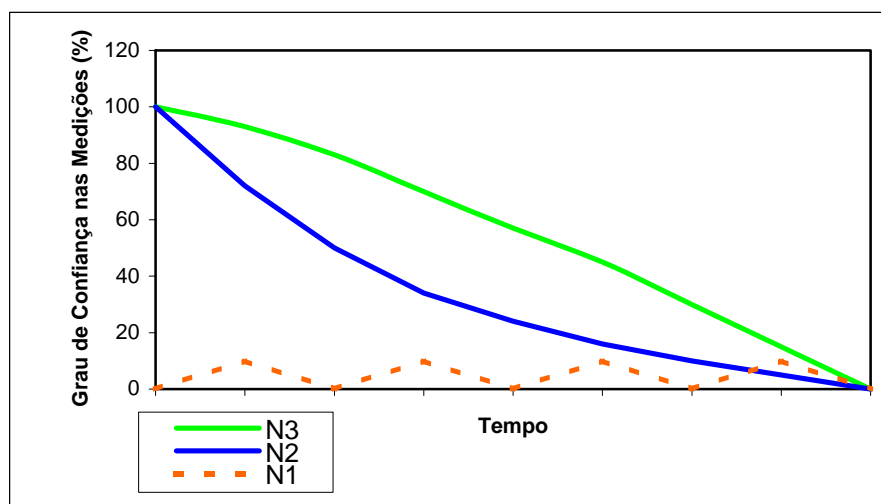


Figura 38: Relação entre a quantidade de problemas nas medições realizadas pelos fornecedores e o tempo

Ressalta-se nesses gráficos a direta dependência da qualificação dos fornecedores e montadora de veículos com a ocorrência de não conformidades, e com o tempo necessário para atingir um nível de excelência. A sistemática proposta nessa dissertação é uma ferramenta com potencial de ação direta na melhoria desses aspectos. A Figura 39 traz uma abordagem geral dos diversos benefícios observados com a utilização da sistemática proposta no decorrer do processo de desenvolvimento do produto no fornecedor.

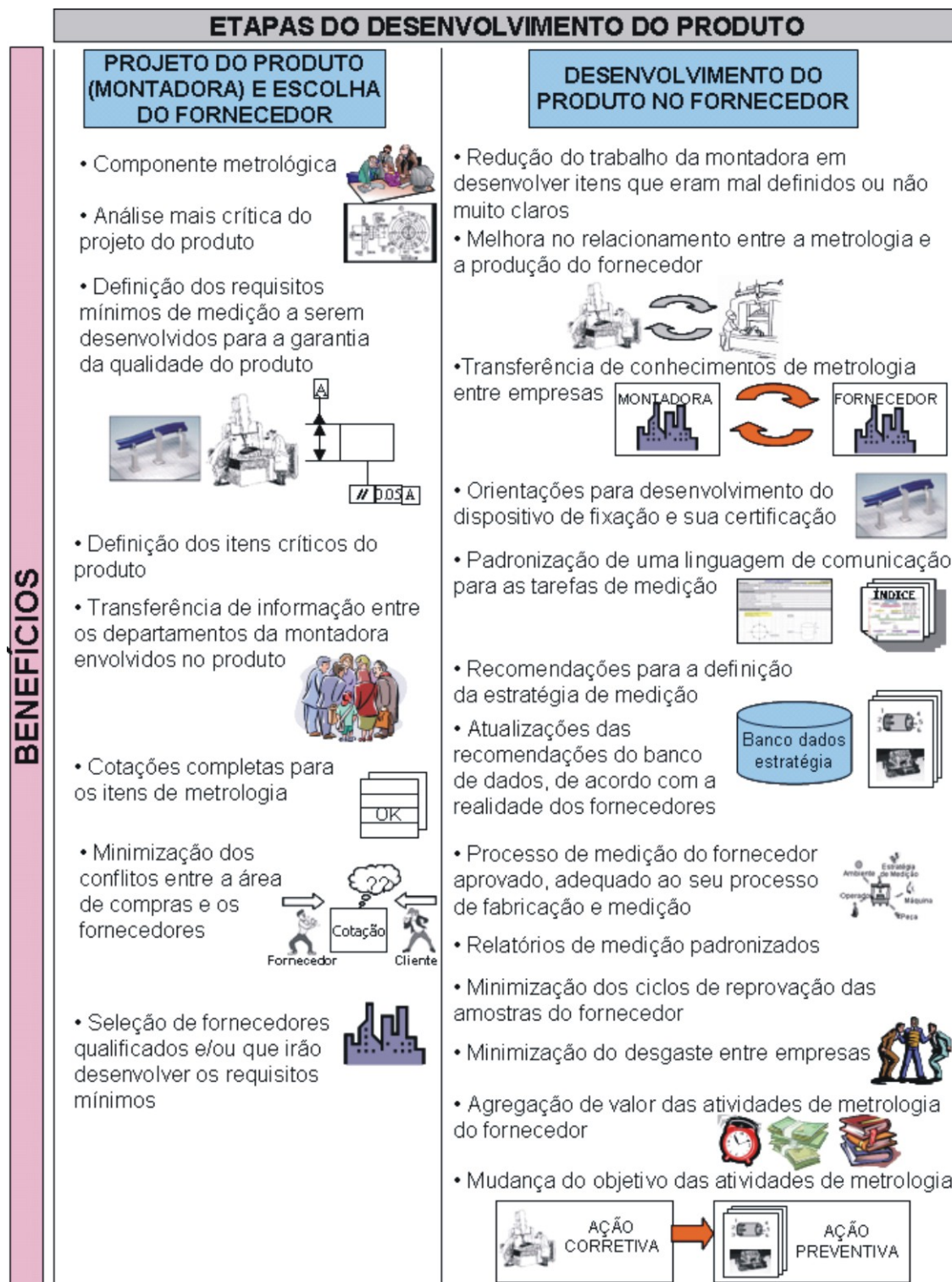


Figura 39: Benefícios a serem obtidos pela utilização da sistemática proposta durante as etapas de desenvolvimento do produto

Uma maneira encontrada para quantificar os possíveis ganhos obtidos com a implantação da sistemática proposta foi a realização da previsão do tempo do ciclo de um teste dimensional realizado sem e com a utilização da sistemática proposta (Figura 40 e Figura 41). Os tempos para cada etapa foram estimados e representam um valor

médio, podendo apresentar variações de acordo com a criticidade do produto e a qualidade das atividades desenvolvidas pelo fornecedor e a dedicação da montadora de veículos. A estrutura definida para o caso onde não ocorre a utilização da sistemática foi baseada na realidade observada na empresa do caso prático, onde ocorre obrigatoriamente a medição da amostra do fornecedor nas instalações da montadora.

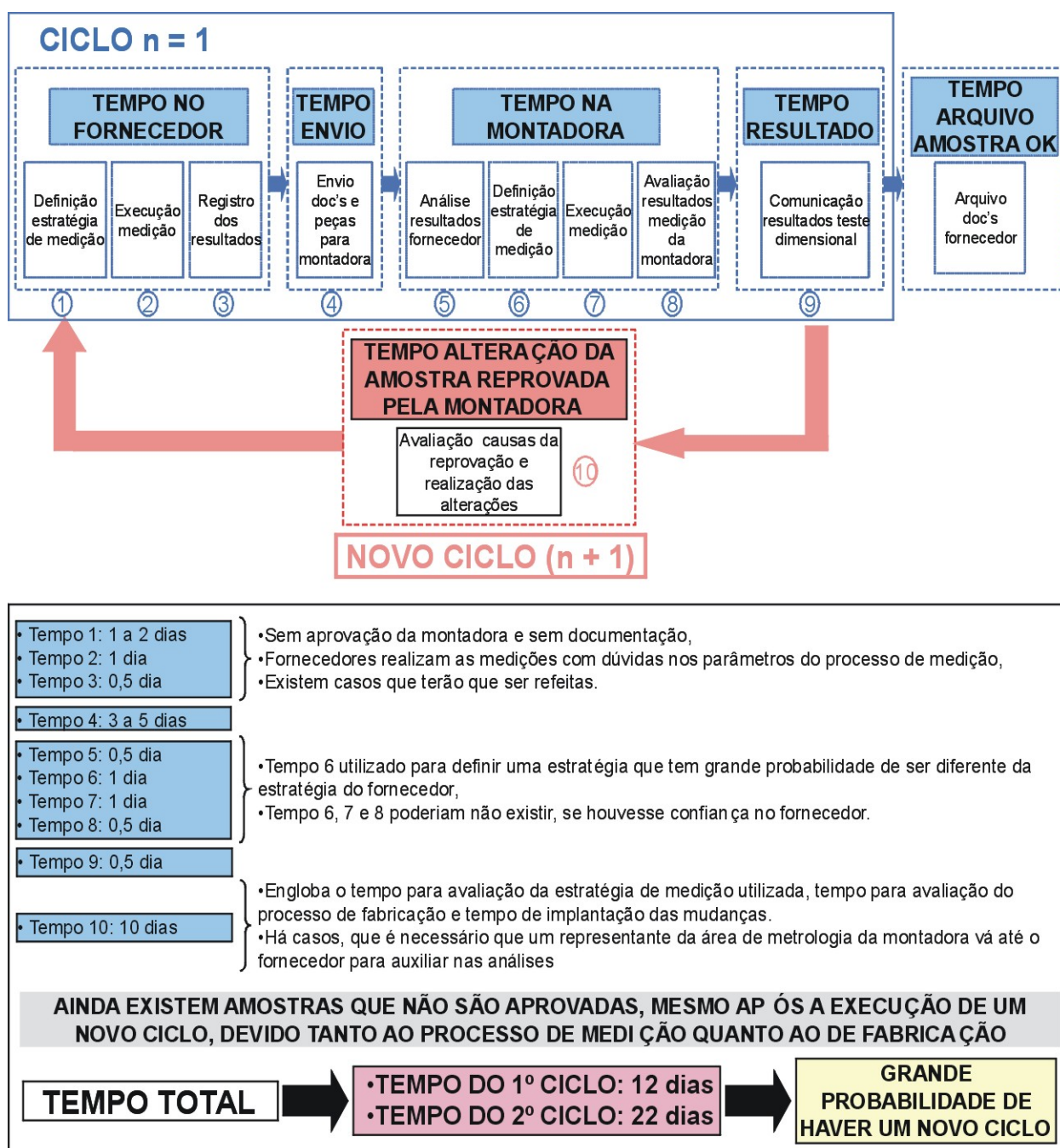


Figura 40: Previsão do tempo do ciclo de medição sem a utilização da sistemática

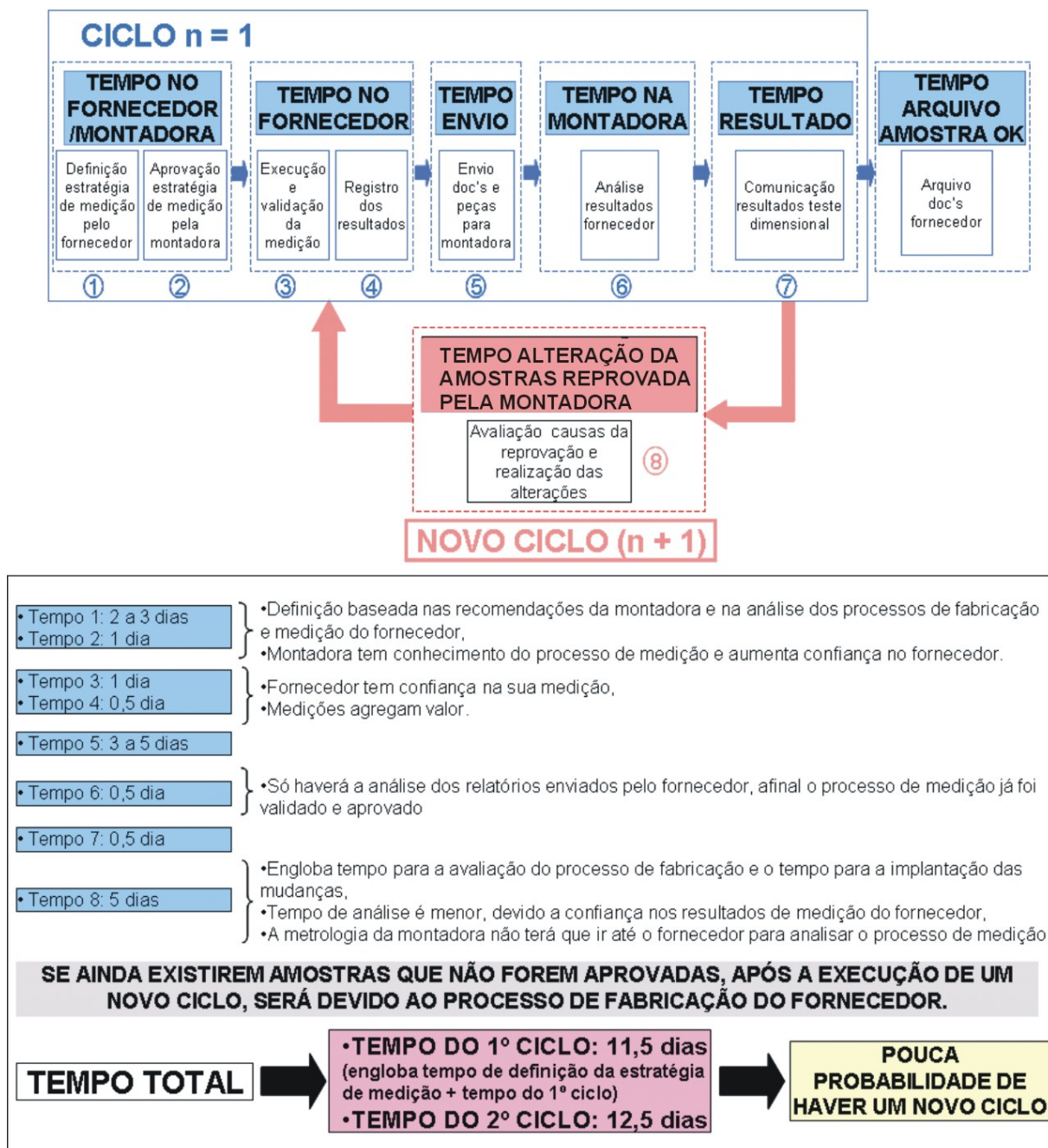


Figura 41: Previsão do ciclo de medição com a utilização da sistemática

O que pode ser observado nas Figura 40 e Figura 41 é a grande possibilidade de redução do tempo de realização do ciclo da medição até a aprovação da amostra enviada pelo fornecedor e do número de ciclos para a aprovação da amostra do fornecedor, pois, com a utilização da sistemática, o processo de medição do fornecedor será validado anteriormente à execução da medição nas suas instalações. Conseqüentemente a probabilidade de ter que repetir a medição, por ter definido algum parâmetro de maneira inadequada, será minimizado. Adicionalmente, irá facilitar a avaliação dos resultados de medição, pois com a definição mais criteriosa do processo

de medição, minimizará o risco de fornecer resultados não confiáveis e a probabilidade de que os resultados não aprovados sejam causados por más definições dos parâmetros do processo de medição.

O tempo total do primeiro ciclo da análise da amostra do fornecedor com a utilização da sistemática é praticamente o mesmo se comparado à situação atual da montadora de veículos. Porém, quando forem realizados os demais ciclos com as alterações do processo de fabricação (grande probabilidade de ocorrer outro ciclo, pois está na fase de desenvolvimento do produto) o tempo será minimizado, afinal o processo de medição já estará validado, não despendendo tempo em sua definição e em avaliar se a incompatibilidade dos resultados foi ocasionada pelos parâmetros presentes nele. Além disso, a longo prazo com a utilização da sistemática, o fornecedor incorporará essas definições nos seus processos de medição automaticamente, além do banco de dados se expandir com informações adequadas aos processos de fabricação do fornecedor, minimizando o tempo de análise dos processos de medição definidos pelo fornecedor.

Já em relação aos custos das medições para a montadora de veículos durante as etapas de desenvolvimento do produto no fornecedor, os valores foram estimados a título de comparação, de forma a permitir a visualização das diferenças proporcionadas pela utilização ou não da sistemática proposta (Figura 42). A descrição de cada parcela de custo, com e sem a implementação da sistemática, pode ser visualizada nas Tabela 10 e Tabela 11.

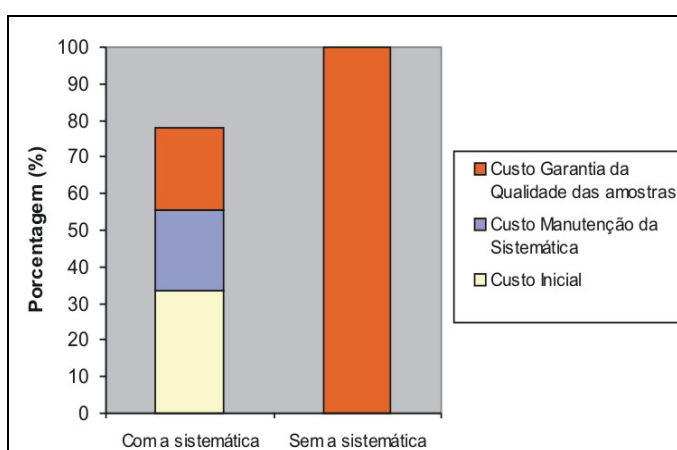


Figura 42: Previsão dos custos para a garantia da qualidade das amostras fornecidas em relação aos testes dimensionais

Tabela 10: Parcelas de custos com a implementação da sistemática

| | |
|---|--|
| Custo inicial (CI): | <ul style="list-style-type: none"> • Preparação dos documentos, banco de dados; • Mão de obra específica e integral (suporte para o fornecedor, aprovação dos processos de medição, atualizações do banco de dados); • Treinamento para utilização da sistemática (montadora e fornecedores). |
| <u>Custo manutenção da sistemática (CM):</u> | <ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra específica e integral (suporte para o fornecedor, aprovação dos processos de medição, atualizações do banco de dados); • Manutenção do banco de dados e documentos. |
| <u>Custo para garantir a qualidade das amostras do fornecedor (CG):</u> | <ul style="list-style-type: none"> • Análise dos documentos do processo de medição definido pelo fornecedor, liberando a MMC para outras medições; • Problemas na qualidade das amostras fornecidas (minimização); • Suporte metrológico para os fornecedores (ao longo do tempo haverá uma minimização). |

Tabela 11: Parcelas de custo sem a implementação da sistemática

| | |
|---|--|
| <u>Custo para garantir a qualidade das amostras do fornecedor (CG):</u> | <ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra da área de metrologia (analisar amostras e documentos do fornecedor, medir peças do fornecedor e realizar outros trabalhos da empresa); • Problemas na qualidade das amostras fornecidas são mais freqüentes, aumentando nº de ciclos para avaliação e aprovação das amostras; • Avaliação das causas das divergências dos resultados de medição; • Utilização da MMC para realizar medições das amostras fornecidas, quando necessário; • Desenvolvimento de requisitos faltantes nas cotações dos fornecedores; • Alterações de especificações inadequadas no projeto do produto. |
|---|--|

Vale ressaltar que, uma vez que a sistemática esteja implementada, a médio e longo prazo os benefícios diretos e indiretos farão ainda mais diferença em relação ao estado atual com que os processos são realizados. Todos esses benefícios foram levantados em conjunto e de concordância com as várias empresas estudadas.

6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS PARA DESENVOLVER A SISTEMÁTICA

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho foram encontradas diversas dificuldades que, embora exigindo retrabalhos e impondo desafios, foram direcionando a linha de pesquisa e favorecendo a tomada de algumas decisões.

Primeiramente, em relação à **pesquisa bibliográfica** realizada para o desenvolvimento da sistemática, os principais problemas vivenciados de acordo com o tópico estudado foram em relação a:

- Cadeias de suprimentos da indústria automotiva

Foram identificados diversos trabalhos e estudos já realizados até o momento, porém quando se trata das tarefas de medição a serem realizadas para a garantia da qualidade do produto fornecidos, não foi encontrado nenhum trabalho. Alguns trabalhos encontrados retratam os sistemas de gestão da qualidade exigidos dos fornecedores, descrevem de forma geral o desenvolvimento do produto no fornecedor e citam a existência de testes dimensionais a serem realizados em determinadas etapas pelos fornecedores, entretanto não foram encontradas referências bibliográficas com o detalhamento dos problemas que ocorrem nas relações entre montadora de veículos e fornecedores para a realização e comunicação desses testes.

Essa realidade foi mais um motivador que resultou na visita a algumas montadoras de veículos para o mapeamento da realidade existente. Com isso, abriu-se a possibilidade de desenvolver uma sistemática que fosse flexível aos diversos modelos de desenvolvimento do produto adotados pelas montadoras.

- Estratégia de medição por coordenadas

Foi constatada a falta de normas para a definição dos parâmetros do processo de medição, além de existirem poucos trabalhos publicados na área, principalmente por essa definição ser muito dependente do processo de medição e de fabricação, conseqüentemente, esses parâmetros são muito difíceis de serem determinados e são baseados principalmente na experiência do operador. Após os estudos realizados, foram definidos os parâmetros que seriam necessários para as recomendações do banco de dados, os parâmetros que deveriam constar no processo de medição e os parâmetros que devem ser compreendidos e utilizados pelos envolvidos. Essa

definição foi baseada na literatura existente, na experiência dos envolvidos e através de recomendações de especialistas da área.

Diversos parâmetros inicialmente contidos na definição do processo de medição tiveram que ser retirados, para que fosse possível a sua aplicação na indústria. Porém, os parâmetros contidos na sistemática proposta foram considerados suficientes para uma adequada definição do processo de medição.

Após o estudo bibliográfico, o mapeamento da realidade da indústria automotiva brasileira e o desenvolvimento da sistemática proposta, ocorreu a **aplicação** dessa sistemática em um caso real, onde surgiram as seguintes dificuldades:

- Diferença na linguagem utilizada pela indústria e a linguagem utilizada nos estudos científicos, principalmente relacionados aos parâmetros do processo de medição. É preciso que haja um entendimento verbal e no registro e compartilhamento de informações. Para isso, os documentos propostos na sistemática foram avaliados pelo pessoal da indústria para observar a sua compreensão, resultando na alteração e inclusão de alguns parâmetros. Percebeu-se a pouca obediência ao VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia [77];
- Diferença no nível de conhecimento técnico entre a montadora de veículos e os seus fornecedores, dificultando na troca de informações, na definição e registro dos parâmetros do processo de medição;
- Necessidade de maior envolvimento da alta administração das montadoras de veículos. Os departamentos envolvidos no desenvolvimento do produto no fornecedor querem resolver esses problemas observados, mas ainda falta um maior envolvimento da alta administração, imprescindível para que seja concretizada a implantação das soluções propostas;
- Pelo próprio tamanho das organizações, as mudanças nas montadoras de veículos ocorrem em um ritmo lento, devido à necessidade de diversas aprovações. Com isso, para que ocorra a implantação da sistemática proposta é necessário que a alta administração esteja muito interessada e facilite esses caminhos;
- Falta de maior envolvimento da área de metrologia no projeto do produto. Para a aplicação do estudo foi criado o grupo funcional com participantes da

área de metrologia, para realizar toda as etapas da sistemática e observar os benefícios. Torna-se, assim, necessária a alteração da estrutura organizacional, para envolver a metrologia logo no início do processo, caso contrário dificulta-se a implantação da sistemática;

- Falta de automatização dos documentos tornaram mais trabalhoso o seu preenchimento. Apesar de existirem modelos eletrônicos já definidos, o seu preenchimento ainda é demorado. Para a aplicação do caso prático foi suficiente, entretanto, no dia a dia da indústria, provavelmente esse tempo não estaria disponível. Ademais, as informações do banco de dados também precisam ser automatizadas, de modo que todos os fornecedores tenham acesso às informações atualizadas.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como base nas atividades realizadas, dificuldades encontradas e oportunidades de melhoria identificadas na indústria, são recomendadas algumas linhas de trabalho como sugestão para novos trabalhos técnico-científicos, a saber:

- Automatização de toda sistemática: criação de um banco de dados de estratégias de medição eletrônico, com a possibilidade do seu acesso via internet. Além disso, automatização de todos os documentos da sistemática para a facilidade na sua geração;
- Automatização da geração do relatório de medição: criação de um software que gere relatórios de medição a partir de um modelo padronizado pela montadora de veículos e da importação dos dados obtidos do arquivo computacional da MMC;
- Expandir a sistemática para toda a cadeia de suprimentos de uma montadora de veículos. Uma proposta seria a sua inicialização por um processo de fabricação até a sua total exploração e, por conseguinte, ir expandindo para os demais processos, assim, seriam criados bancos de dados de estratégias de medição bem específicos. Entretanto, as atividades propostas na sistemática não irão alterar de um processo de fabricação para o outro, o que irá alterar é o conteúdo das recomendações e as suas particularidades;

- Aplicar a sistemática proposta em um outro setor produtivo, realizando as alterações dos parâmetros necessários, de modo a adequá-la a realidade do produto escolhido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMATO NETO, J.; D'ANGELO, F. **Supply chain and new industrial organization forms: the case of Brazilian automobile complex**. Disponível em: <<http://www.prd.usp.br/redcoop>>. Acesso em 23 fev. 2005.
- [2] POSTHUMA, A.C. **Auto peças na Encruzilhada: modernização desarticulada e desnacionalização**. In: ARBIX, G.; ZILBOVICIUS, M.(Ed.). **De JK a FHC: a reivenção dos carros**. São Paulo: Scritta, 1997. p 389-412.
- [3] INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **APQP - Planejamento Avançado da Qualidade do Produto e Plano de Controle**. Manual de Referência. Chrysler Corporation, Ford Motor Company e General Motors Corporation. São Paulo, 1997.
- [4] PFEIFER, T.; TORRES, F. **Manual de Gestión e Ingeniería de la Calidad**. 1.ed. España: Mira Editores, 1999.
- [5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDIZATION. **ISO/TS 16949:2002**, Quality management systems — Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. Genebra, 2002.
- [6] DONATELLI, G.D.; GONÇALVES, A.A.; SCHNEIDER, C.A.; PFEIFFER, G. **Metrologia Goemétrica na Indústria: Tendências e Desafios**. Material didático da Palestra proferida no SENAI/SC, Florianópolis, 2005.
- [7] PFEIFFER, G. **Uma metodologia para determinação da necessidade de inspeção na manufatura**. Florianópolis, 1999. 91 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [8] SOUSA, A. R.; VIANA, C. Z.; OROSCO, D.B.; GIAMMUSSO, L. **Padronização de procedimentos e relatórios de medição por coordenadas: elemento chave na garantia da qualidade dimensional das peças de fornecedores**. In:

CONGRESSO SAE BRASIL - TECNOLOGIA E NEGÓCIOS. CRESCIMENTO E COMPETITIVIDADE NAS ÁREAS DE MOBILIDADE, 13, 2004, São Paulo.

- [9] SCAVARDA, L.F.; HAMACHER, S. **Análise Parcial da SCM na Indústria Automobilística**. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Industriais, 2., 1999, São Paulo. Disponível em: <<http://www.ind.puc-rio.br/artigos1.htm>>. Acesso em 3 mar. 2005.
- [10] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE VEÍCULOS. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira 2005**. São Paulo, 2005.
- [11] SALERNO, M. S. (Coord.). **A nova configuração da cadeia automotiva Brasileira**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, departamento de Engenharia de Produção, 2001. (BNDES. Contrato 00.2.557.1.1). Projeto concluído. Disponível em: <<http://www.prd.usp.br/cadeia-automotiva/>>. Acesso em 12 jan. 2005.
- [12] SANTOS, A.M.M.; PINHÃO, C.A.M. **Panorama geral do setor de autopeças: 2000**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/Bnset/set1104.pdf>>. Acesso em 10 out. 2004.
- [13] SANTOS, A.M.M.; COSTA, C.S. **Reestruturação da indústria de autopeças: 1996**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/setorial/g2_is_10.pdf>. Acesso em 10 out. 2004.
- [14] SCAVARDA, L.F.; HAMACHER, S. **Considerações sobre a cadeia de suprimentos da indústria automobilística no Brasil**. In: ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ind.puc-rio.br/artigos1.htm>>. Acesso em 14 mar. 2005. apud MIRANDA, S.M.; OLIVEIRA, D.R.; **Globalização e o Setor Automotivo: a visão dos trabalhadores**. 1996.
- [15] COLLINS, R.; BECHLER, K.; PIRES, S. Outsourcing in the Automotive Industry: From JIT to Modular Consortia. **European Management Journal**, Britain, v. 15, n. 5, p. 498-508, 1997.

- [16] SALERNO, M.S.; ZIBOVICIUS, M.; ARBIX, G.; DIAS, A. Mudanças e Persistências no padrão de relações entre Montadoras e Autopeças no Brasil. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 16-28, jul./set. 1998.
- [17] MARINI, M.L.; GONÇALVES, M.B.; GAICOBO, F. **O relacionamento e as novas configurações entre montadoras de automóveis e seus fornecedores**. In: SEMEAD – Seminários em Administração FEA-USP, 7., 2004, São Paulo. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/Semead/7semead>>. Acesso em 12 jan. 2005. apud PIRES, S. Gestão da Cadeia de Suprimentos e o Modelo de Consórcio Modular. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 5-15, jul./set. 1998.
- [18] KALIFE, L.M.P.F. **Relações interfirmas dentro do conceito de condomínio industrial: estudo de uma cadeia produtiva da Daimler Chrysler do Brasil**. Belo Horizonte, 2002. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Minas Gerais.
- [19] KUEHNE JÚNIOR, M. O processo de desenvolvimento de fornecedores: um diferencial estratégico na cadeia de suprimentos. **Revista da FAE**, Curitiba, v.4, n. 3, p. 37-44, set./dez. 2001. Disponível em: <http://www.fae.edu/publicacoes/revista.asp#4_3>. Acesso em 13 jan, 2005.
- [20] PIRES, F.E.B. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: tendências da indústria automobilística brasileira**. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.htm>. Acesso em 12 jan, 2005.
- [21] MIRANDA, N.G.M de; CORRÊA, H.L. Uma análise parcial da rede de suprimentos da indústria automobilística brasileira. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, v. 31, n. 1, jan./mar. 1996.
- [22] CARMO, L.R.R.S. do. **Contribuição para sistematizar a análise da dinâmica de cadeia de suprimento: Proposta de um método de análise e sua aplicação à indústria automotiva**. Rio de Janeiro, 2003. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia Industrial, PUC-Rio.

- [23] MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; SALERNO, M. S. The modular consortium in a new VW truck plant in Brazil: new forms of assembler and supplier relationship. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 8, n. 5, p. 292-298, 1997.
- [24] RACHID, A.; BRESCIANI FILHO, E.; GITAHY, L. Relações entre grandes e pequenas empresas de autopeças e a difusão de práticas de gestão da produção. **Revista Gestão & Produção**, v. 8, n. 3, p. 319-333, dez. 2001.
- [25] TRENT, R.J.; MONCZAKA, R.M. Achieving world-class supplier quality. **Total Quality Management**, v. 10, n. 6, p. 927-938, 1999.
- [26] CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- [27] PUGH, S. **Total design: integrated methods for successful product engineering**. Wokingham, England: Addison-Wesley, 1991.
- [28] CLAUSING, D. **Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. New York: Asme Press, 1993.
- [29] PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization**. v. II. New Jersey: Prentice Hall International Series, 1997.
- [30] PETERSEN, K.J.; HANDFIELD, R.B.; RAGATZ, G.L. Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design. **Journal of Operations Management**, v. 23, p. 371-388, 2005.
- [31] INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. **PPAP - Processo de Aprovação de Peça de Produção (PPAP)**. Chrysler Corporation, Ford Motor Company e General Motors Corporation. São Paulo, 3. ed., 2000.
- [32] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERINGS. **ANSI/ASME Y14.5M-1994: Dimensioning and Tolerancing**. New York, 1995.
- [33] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1101: Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out**. Geneva, 2004.

- [34] SOUSA, A.R.; WANDECK, M.; SILVA, D.C. da. O uso do GD&T aliado ao cálculo computacional de tolerâncias. **Revista Máquinas e Metais**, São Paulo, nº 463, p. 56-75, ago. 2004.
- [35] PASIN, A.O.; SILVA, D.C. da; CRNKOVIC, S.J. Análise crítica de software de medição aplicado a máquinas de medição por coordenadas com relação ao uso do GD&T segundo a norma ASME Y14.5M-1994. In: Congresso brasileiro de metrologia, 2003, Recife. **Anais...** Recife: SBM, 2003. 1 CD-ROM.
- [36] SILVA, D.C. da; PASIN, A.O.; MARQUES, L.H. **Curso básico de GD&T Embraer segundo a norma ASME Y14.5M-1994**. São José dos Campos: Embraer, 2004.
- [37] SOUSA, A.R. **Forma 3D - Formação regular de metrologistas 3D – Módulo C**. Apostila do curso: 2004.
- [38] WECKENMANN, A.; GAWANDE, B. **Koordinaten-meßtechnik**. Germany: Carl Hanser Verlag München Wien, 1999.
- [39] HUMIENNY, Z.; BIALAS, S.; HOSANNA, P.H.; TAMRE, M.; WECKENMANN A.; BLUNT, L.; JAKUBIEC, W. **Geometrical Product Specifications**. 1. ed. Poland: Warsaw University of Technology Printing House, 2001.
- [40] BOSCH, J.A. **Coordinate Measuring Machines and Systems**. United States of America: Marcel Dekker, 1995.
- [41] FUNDAÇÃO CERTI. **Garantia da Confiabilidade Metrológica na Medição por Coordenadas**: apostila do curso. Florianópolis: Fundação Certi, 2003.
- [42] WECKENMANN, A.; KNAUER, M. Comparability of coordinate measurements. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE COORDINATE MEASURING TECHNIQUE, n. 3, 1998. **Anais...**Bielsko-Biala: 1998, p. 245-256.
- [43] STARCZAK, M.; JAKUBIEC, W. Optimization of Measuring Strategies in Coordinate Measuring Technique. **Measurement Science Review**, v. 1, n. 1, p. 191-194, 2001.
- [44] STARCZAK, M.; JAKUBIEC, W. Optimization Model of Measuring Strategy on CMM. **Measurement Science Review**, v. 3, n. 3, p. 119-122, 2003.

- [45] KNAUER, M. Objective-Oriented measurement Strategies. In: IMEKO SYMPOSIUM, n.6, 1998, Vienna. **Anais...**Vienna: Ogma, 1998. p. 337-343.
- [46] WECKENMANN, A.; KNAUER, M. The Influence of Measurement Strategy on the Uncertainty of Coordinate Measurements. In: CIRP, n. 47, 1998, Athens. **Anais...** Athens: 1998. p. 451-454.
- [47] KLEN, E.R. **Calibração de Máquinas de Medir por Coordenadas utilizando placas de esferas – uma técnica econômica, rápida e metrologicamente eficiente.** Florianópolis, 2000. 103 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [48] BENNICH, P. Dimensional Quality Control and Quality Management in Manufacturing Companies. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE METROLOGIA PARA CONTROLE DE QUALIDADE: METROLOGIA DIMENSIONAL, n. 3, 1997, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Fundação CERTI, 1997.
- [49] FLACK, D. **CMM Measurements – Measurements Good Practice Guide.** N. 41. Teddington: HMSO, 2001.
- [50] WILHELM, R.G.; HOCKEN, R.; SCHWENKE, H. Task Specific Uncertainty in Coordinate Measurement. In: CIRP, n. 50, 2001. **Anais...** 2001. p. 553-563.
- [51] FLACK, D. **CMM Probing – Measurements Good Practice Guide.** N. 43. Teddington: HMSO, 2001.
- [52] HOCKEN, R.J.; RAJA, J.; BABU, U. Sampling Issues in Coordinate Metrology. In: INTERNATIONAL FORUM ON DIMENSIONAL TOLERANCING AND METROLOGY, 1993, Dearborn, Michigan. **Anais...** ASME, 1993, p. 97-112.
- [53] CHAN, F.M.M.; KING, T.G.; STOUT, K.J. The influence of sampling strategy on a circular feature in coordinate measurements. **Measurement**, Netherlands, v. 19, n. 2, p. 73-81, 1996.
- [54] WECKENMANN, A.; EITZERT, H.; GARMER, M.; WEBER, H. Functionality-oriented evaluation and sampling strategy in coordinate metrology. **Precision Engineering**, New York, v.17, p. 244-252, 1995.

- [55] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 7172:** British Guide to Assessment of position, size and departure from nominal form of geometric features. England, 1989.
- [56] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 11562:** Geometrical Product Specification (GPS) – Surface texture: Profile method – Metrological characteristics of phase correct filters. Switzerland, 1996.
- [57] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 12180-1:** Geometrical Product Specification (GPS) – Cylindricity - Part 1: Terms, definitions and parameters of cylindrical form. Switzerland, 2001.
- [58] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **DRAFT ISO/DFIS 12180-2:** Geometrical Product Specification (GPS) – Cylindricity - Part 2: Specification operators. Switzerland, 2001.
- [59] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 12781-1:** Geometrical product specifications (GPS) - Flatness Part 1: Terms, definitions and parameters of flatness. Switzerland, 2001.
- [60] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **DRAFT ISO/DFIS 12781-2:** Geometrical product specifications (GPS) - Flatness Part 2: Specification operators. Switzerland, 2001.
- [61] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 12780-1:** Geometrical product specifications (GPS) – Straightness Part 1: Terms, definitions and parameters of straightness. Switzerland, 2001 .
- [62] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **DRAFT ISO/DFIS 12780-2:** Geometrical product specifications (GPS) – Straightness Part 2: Specification operators. Switzerland, 2001.
- [63] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 12181-1:** Geometrical Product Specification (GPS) – Roundness – Part 1: Terms, definitions and parameters of roundness. Switzerland, 2001.

- [64] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/DFIS 12181-2:** Geometrical Product Specification (GPS) – Roundness – Part 2: Specification operators. Switzerland, 2001.
- [65] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE/ VERBAND DER ELEKTROTECHNIK, ELETRONICK, INFORMATIONSTECHNIK. **VDI/VDE 2617** blatt 2.2: Genauigkeit von Koordinatenmessgeräten Kenngrößen und deren prüfung Formmessung. Düsseldorf, 1999.
- [66] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE/VERBAND DER ELEKTROTECHNIK, ELETRONICK, INFORMATIONSTECHNIK. **VDI/VDE 2631** blatt 1: Formprüfung - Grundlagen zur Bestimmung von Form und Lageabweichungen. Düsseldorf, 1999.
- [67] OLIVEIRA, A.L. **Validação de Processos de Medição por Coordenadas em Operações de Controle de Qualidade.** Florianópolis, 2003. 154 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Curso de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina.
- [68] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Guia para a Expressão da Incerteza de Medição.** 3 ed. brasileira. Rio de Janeiro: ABNT, INMETRO, 2003.
- [69] AUTOMOTIVE INDUSTRIES ACTION GROUP. **MSA - Análise dos Sistemas de Medição.** 3 ed. Brasil: IQA, 2002.
- [70] WHEELER, D.J.; LYDAY, R.W. **EMP - Evaluation the Measurement Process.** 2. ed. Knoxville: SPC Press, 1989.
- [71] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10360-2:** Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance test and reverification test for Coordinate Measuring Machines (CMM) – Part 2: CMMs used for measuring size. Switzerland, 2001.
- [72] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 15530-3:** Geometrical Product Specifications (GPS) – Coordinate Measuring Machines – Techniques for Evaluation of the Uncertainty of Measurement – Part 3: use of calibrated workpieces. Switzerland, 2004.

- [73] MAAS, G.A. **A Tecnologia da Medição por Coordenadas na solução de problemas da indústria: sistematização de informações e do processo metrológico do laboratório prestador de serviços**. Florianópolis, 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em Metrologia Científica e Industrial) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- [74] ROZENFELD, H. **Desenvolvimento de Produtos na Manufatura Integrada por Computador (CIM)**. Disponível em:
<http://www.numa.org.br/download/Desenv_Produto/DP_CIM.doc>. Acesso em 12 jan. 2005.
- [75] BROWN, C.W. Feature-based Tolerancing for intelligent inspection process definition. In: INTERNATIONAL FORUM ON DIMENSIONAL TOLERANCING AND METROLOGY, 1993, Dearborn, Michigan. **Anais...** ASME, 1993, p. 249-258.
- [76] HAN, J. **Survey of feature research**: 1996. Disponível em: <http://www-pal.usc.edu/papers/IRIS-96-346.pdf>. Acesso em 17 jun. 2005.
- [77] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **VIM: Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**. Brasília, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1 - TÓPICOS PARA A REUNIÃO NAS MONTADORAS

1. Cadeia de suprimentos:
 - Disposição dos fornecedores (estrutura geral - níveis)
 - Quantidade e função dos fornecedores
 - Tipo de relacionamento (com todos os níveis ou só o 1º)?
 - Duração dos contratos
 - Qual é a área interna que é responsável pelos fornecedores?

2. Projeto do produto:
 - Os desenhos possuem referências (*datums*) e cotas críticas?
 - Existem tolerâncias mal definidas depois da solicitação do fornecimento?
 - Existem modificações nos desenhos quando o produto já está em produção? Como é o processo de comunicação com o fornecedor?
 - Quais são os principais problemas que ocorrem com os desenhos técnicos (internamente e externamente)?
 - Existe a participação do fornecedor no desenvolvimento do projeto do produto?

3. Processo de compras:
 - As áreas técnicas são envolvidas no processo de escolha de um fornecedor?
 - Escolha do fornecedor é baseada no menor preço ou na qualidade do fornecimento?
 - Os fornecedores recebem quais documentos para avaliar antes de propor o orçamento? Existe algum documento que contenha quais os requisitos mínimos necessários para fornecer uma determinada peça (máquinas ferramenta, sistema de medição...)?
 - Existem problemas de cotações incompletas nos itens de metrologia a serem desenvolvidos e cumpridos pelos fornecedores?
 - Como é a comunicação de compras com os fornecedores para o envio de desenhos e cotações?

4. Avaliação dos fornecedores:
 - Como é feita? Quais as etapas de avaliação?
 - Quais são os critérios / parâmetros avaliados?
 - Os resultados dos parâmetros avaliados nos fornecedores ficam armazenados em um banco de dados? Quais áreas têm acesso a essas informações?
 - É feita avaliação na fábrica do fornecedor? Quem vai ao fornecedor (técnico, engenharia, qualidade...)?
 - Como é a classificação dos fornecedores?
 - Como a classificação interfere no fornecimento?
 - Como é o processo de avaliação ao longo do tempo?
 - Tem algum programa para desenvolver futuros fornecedores?
 - A montadora fornece treinamentos para seus fornecedores?

5. Metrologia nos fornecedores:
 - É realizada uma avaliação na sala de medidas dos fornecedores e do nível de qualificação técnica do pessoal?
 - É realizado o levantamento dos sistemas de medição existentes?
 - É realizado algum acompanhamento das condições metrológicas das MMC's dos fornecedores?
 - Quais os requisitos metrológicos necessários para iniciar o fornecimento?
 - Existe algum manual de referência (recomendações para minimização da incerteza e realização da medição)?

6. Desenvolvimento do produto no fornecedor:

- Qual é o modelo de desenvolvimento do produto adotado pela montadora?
 - Ocorre um desenvolvimento integrado com o fornecedor? Como é esse envolvimento da montadora com o fornecedor?
 - Quais as áreas envolvidas no desenvolvimento do produto no fornecedor?
7. Qualidade das peças fornecidas:
- Quais são as exigências em cada fase do desenvolvimento do produto?
 - Quais testes são realizados para a liberação do fornecimento de uma peça por um fornecedor específico (projeto novo e peça em série)? Quais áreas internas são responsáveis pelos testes?
 - Nos testes dimensionais nas etapas de desenvolvimento do produto o fornecedor deve medir todas as tolerâncias especificadas no desenho, somente as tolerâncias críticas ou mais algum elemento extra especificado pela montadora?
 - A montadora tem informação de qual estratégia de medição foi adotada pelo fornecedor nos testes dimensionais da fase de desenvolvimento?
 - Existe algum manual que possua recomendações para a definição da estratégia de medição por coordenadas?
 - A estratégia de medição dos testes dimensionais adotada pelo fornecedor deve ser registrada e aprovada pela montadora?
 - Ocorrem divergências nos resultados das medições realizadas pelo fornecedor e avaliada pela montadora?
 - Existe um acompanhamento e/ou suporte da área de metrologia da montadora para os fornecedores?
 - Se o fornecedor não possuir um sistema de medição adequado para medir uma peça nas etapas de desenvolvimento do produto, poderá realizar as medições em um laboratório externo? Existe alguma recomendação por parte da montadora?
 - Se o fornecedor utilizar algum dispositivo de fixação nos testes dimensionais nas etapas de desenvolvimento do produto será avaliado pela montadora?
 - É realizada uma avaliação dos dispositivos de controle do fornecedor?
 - É realizada uma avaliação dos lotes fornecidos no momento da entrega?
 - Como ocorre a ação corretiva diante de um problema na qualidade do produto fornecido? Como é a avaliação da causa do problema? Qual área é responsável pelo fornecedor na produção em série?
 - O fornecedor recebe alguma penalização quando seu produto apresenta problemas?
 - O fornecedor envia relatórios periódicos informando a capacidade de seus processos?
8. Relatórios de medição:
- Como são expressos os resultados de medição?
 - Possui um relatório padrão?
 - Como é feita a comunicação entre montadora e fornecedores?
 - Os relatórios sofrem alguma avaliação dos resultados ou são confiados sem nenhuma análise?
9. Programa de medição CNC:
- Os programas de medição CNC dos fornecedores são avaliados?
 - Existe um documento para registrar os parâmetros do programa CNC?

ANEXO 2 - MANUAL DE METROLOGIA

1. Preservando a confiabilidade metrológica das medições
 - 1.1. Avaliação das fontes de influência na medição por coordenadas
 - 1.2. Calibração e verificações periódicas da MMC
 - 1.3. Estudos para a avaliação da incerteza de medição do processo de medição por coordenadas
 - 1.4. Programa de inter-comparação entre fornecedores
2. Interpretação do desenho da peça
 - 2.1. Normas para especificar as tolerâncias no desenho do produto (ASME, ISO, DIN)
 - 2.2. Tipos e definições das tolerâncias dimensionais e geométricas
 - 2.3. Referências (*datums*)
 - 2.4. Cotas críticas
 - 2.5. Definições das características do produto que interferem no processo de medição
 - 2.5.1. Material
 - 2.5.2. Tipo de geometria
 - 2.5.3. Erros de forma
 - 2.5.4. Acabamento superficial
 - 2.5.5. Rigidez
 - 2.5.6. Nível de precisão dimensional
3. Interpretação e desenvolvimento do documento *plano de medição*
4. Seleção das características das peças a serem medidas
 - 4.1. Definição das características físicas dos elementos geométricos a serem medidos
 - 4.2. Utilização do banco de dados de estratégias de medição
5. Definições gerais para o processo de medição
 - 5.1. Seleção do sistema de medição
 - 5.2. Seleção da fixação e da orientação da peça na MMC
 - 5.3. Limpeza da peça
 - 5.4. Estabilização térmica da peça
 - 5.5. Seleção e qualificação do apalpador
 - 5.5.1. Seleção do apalpador
 - 5.5.2. Configurações do apalpador (diâmetro, comprimento da haste, prolongadores)
 - 5.5.3. Calibração das pontas
 - 5.5.4. Velocidade e força de apalpação
 - 5.5.5. Direção de apalpação
 - 5.6. Definição do alinhamento matemático da peça
 - 5.6.1. Sistema de coordenadas da peça
 - 5.6.2. Recomendações para medição das referências na MMC
 - 5.7. Definição dos parâmetros da estratégia de medição para as tarefas de medição específicas
 - 5.7.1. Quantidade e distribuição dos pontos
 - 5.7.2. Algoritmo de avaliação
 - 5.7.3. Configuração do apalpador
 - 5.7.4. Filtro digital
 - 5.8. Preenchimento do documento estratégia de medição
 - 5.9. Estudo para a validação do processo de medição
6. Relatório de medição

ANEXO 3 – DOCUMENTO PLANO DE MEDIÇÃO

| PLANO DE MEDIÇÃO | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|---|--------------------------------|------|
| Peça: | Carcaça traseira do câmbio | Nº desenho: | A 971 261 04 03 | Nº peça: | - |
| Data desenho peça: | 6/4/2005 | Fornecedor: | XXXX | Responsável fornecedor: | João |
| Grupo funcional: | José, Maurício - montadora | | | | |
| Análise do projeto da peça: 1) Referências - Possuem referências ou datums no desenho? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> - É necessário fazer alguma alteração nos datums especificados no desenho? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Referência primária: C1, referência secundária: 2 furos 12 E7, referência terciária: A1 Os 2 furos 12E7 serão utilizados para travar o giro no plano. Gerar a linha que passa pelos pontos de centro dos furos. O ângulo nominal entre os furos deve ser utilizado como referência. Para a medição da parte traseira da carcaça, utilizar como referência primária: B1, referência secundária D1 e referência terciária E1. Para a medição da concentricidade e diâmetro do furo 32G7, utilizar como referência local B3. | | | Características gerais do produto: Processo de fabricação: Fundição e usinagem Acabamento superficial: as tolerâncias a serem medidas são usinadas e possuem um bom acabamento superficial Tamanho do objeto: médio aproximadamente 260 X 300 X 400 Material: Alumínio liga 3 Rígido ou flexível: alta rigidez | | |
| 2) Tolerâncias dimensionais e geométricas a serem medidas - Todas as tolerâncias geométricas especificadas no desenho serão medidas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Todas as tolerâncias geométricas críticas deverão ser medidas, conforme especificado no desenho. - Todas as tolerâncias dimensionais especificadas no desenho serão medidas? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Todas as tolerâncias dimensionais críticas deverão ser medidas, conforme especificado no desenho. - Deverá ser realizado estudo para validação do processo de medição? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Deverá ser realizada 5 repetições das seguintes características: diâmetro do rolamento 90 N6, tolerâncias dimensionais relacionadas aos furos 12 E7, diâmetro e concentricidade do furo 32 G7. Documentar os resultados no documento para estudo de repetitividade. | | | Observações: Desenho deverá ser "boleado" para identificação dos elementos medidos. | | |
| 3) Elementos funcionais - Será realizado teste de montabilidade da peça para analisar as folgas e mating? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> - Serão definidos elementos funcionais para serem medidos? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | |
| 4) Recursos de medição - A medição deverá ser realizada com MMC? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> A MMC deverá ter erro máximo compatível com as tolerâncias a serem medidas. - Será desenvolvido dispositivo de fixação para realizar a medição? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Posicionar a peça conforme a sua orientação no desenho e de maneira a maximizar o nº de medições, sem modificar a sua posição na MMC. - Será necessária alguma qualificação especial para o operador? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Curso operacional da MMC e de conceitos metroológicos. | | | | | |
| Data: dd/mm/aaaa | | Preparado por: | | Página: 1 de 1 | |

ANEXO 4 – ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO

1. Dados Gerais:

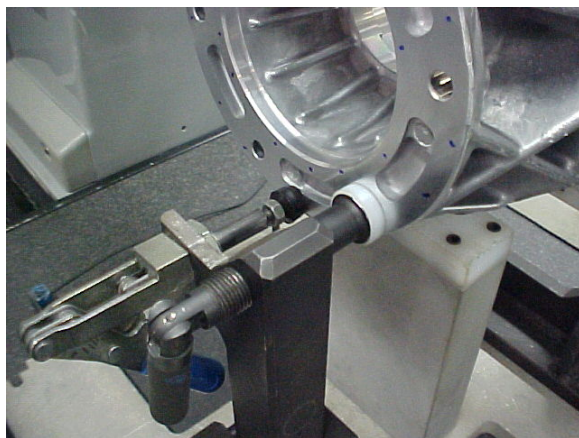
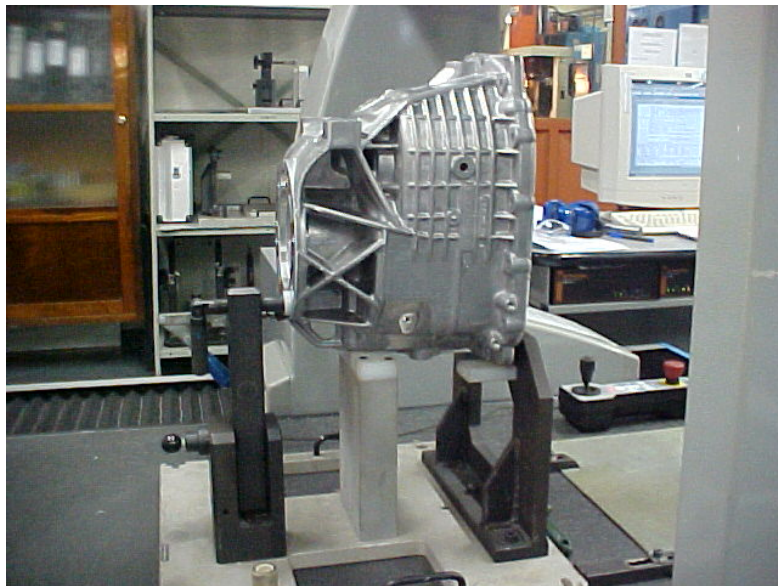
| | | | | | |
|----------------------|--------------------|------------|------------------|------------|---|
| Peça | Carc. tras. câmbio | Nº desenho | A9712610403 | Nº peça | - |
| Data desenho | 23/03/2004 | | Fornecedor | XXXXX | |
| MMC | DEA GLOBAL | | Software | PC-DMIS | |
| IM _{3D} MMC | U3D = 1,6 + L/254 | | Data calibração | 25/02/2005 | |
| Local da medição | Sala de metrologia | | Resp. fornecedor | João | |
| Fone fornecedor | 11111111111 | | E-mail forn. | xxxxxxx | |

2. Dados peça:

| | | | | | | | |
|---------------------|----------|----------|----------------|---------|---|------|-------|
| Processo fabricação | Usinagem | Material | Alumínio Liga3 | Rigidez | X | Alta | Baixa |
|---------------------|----------|----------|----------------|---------|---|------|-------|

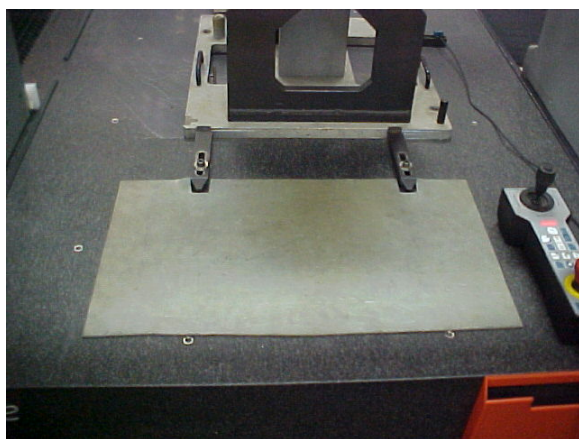
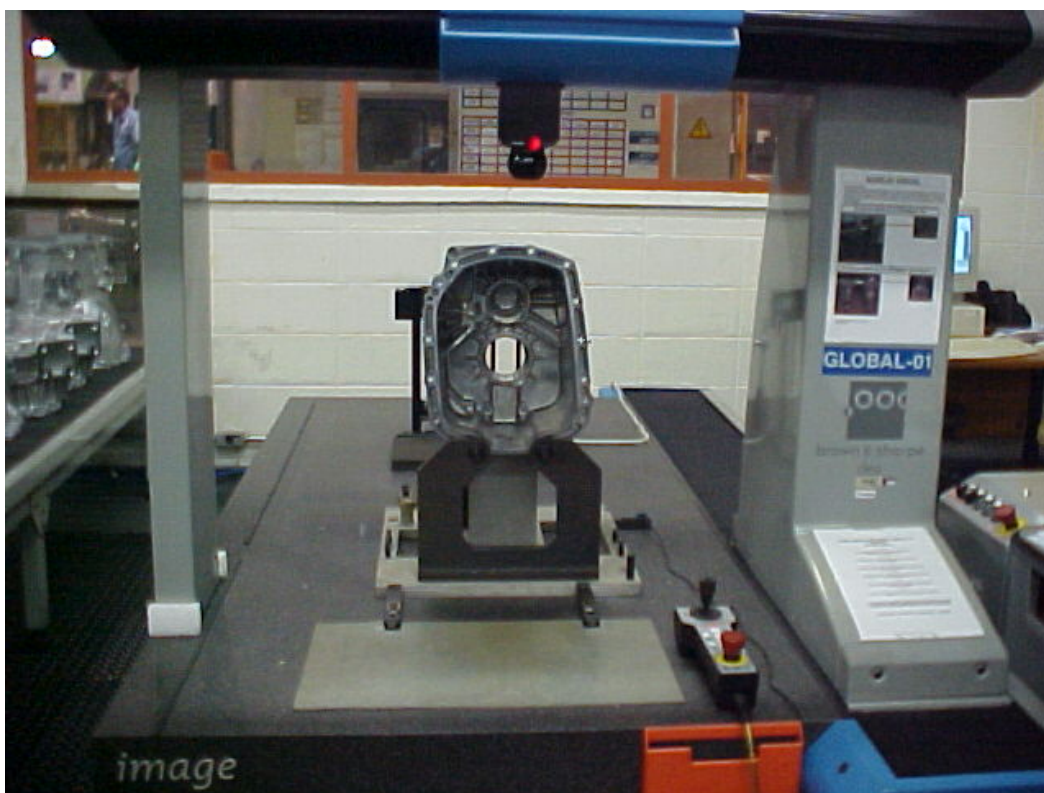
3. Fixação da peça:

| | | | |
|---|---|-----|-----|
| Dispositivo de fixação | X | Sim | Não |
| Fixação utilizada pode deformar a peça? | X | Sim | Não |
| Fixação tem influência na medição? | X | Sim | Não |



4. Orientação da peça ou dispositivo de fixação na MMC:

Descrição: No desempenho da MMC possui "stops" para posicionar o dispositivo de fixação sempre na mesma posição.

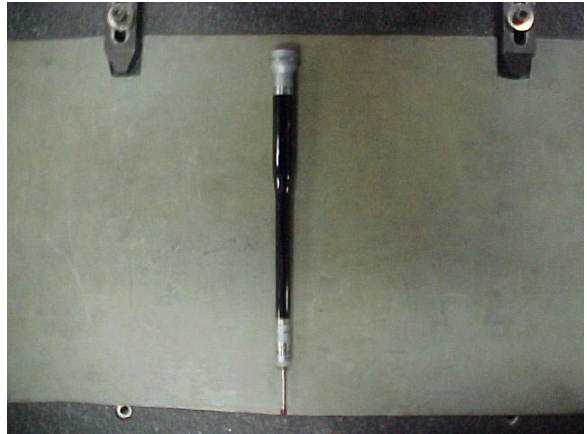


5. Qualificação do apalpador:

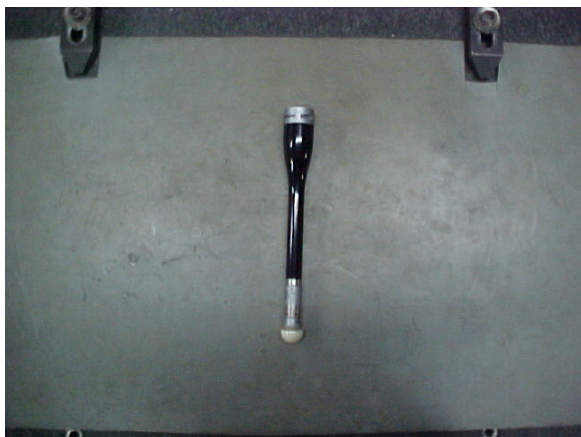
| | | | | | |
|---------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|
| Tipo de medição | Scanning | | Ponto a ponto | | X |
| Tipo do apalpador | Renishaw PH10 | | | | |
| Número do apalpador | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Haste + TP (mm) | 240 | 180 | 90 | 240 | 240 |
| Diâmetro ponta (mm) | 6 | 16 (semi-esfera) | 3 | 2 (estrela) | 4 |
| Compr.apalpador (mm) | 40 | - | 40 | - | 60 |
| Velocidade de apalpação | 2% Veloc. Desloc. | | Força de apalpação | | - |
| Qualificação do apalpador | X | Esfera padrão | | Outro padrão | |
| | | Manual | | X | Programa CNC |



Renishaw



Slot 1



Slot 2



Slot 3



Slot 4



Slot 5

6. Definição dos elementos a medir da peça:

| Descrição do Elemento | Nomenclatura | Nº apalpador |
|---|--------------|--------------|
| Plano vedação – grande - forma desconhecida | C1 | 1 |
| Furo de referência – possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | T1 | 1 |
| Furo de referência - possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | A1 | 1 |
| Plano vedação - Grande - forma desconhecida | B1 | 1 |
| Furo de referência - possui todas as superfícies - diâmetro grande - altura curta - forma circular | E1 | 3 |
| Furo de referência - não possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | B3 | 2 |
| Furo passante - possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | T2 | 4 |
| Plano de assentamento pequeno - forma desconhecida | T3 | 1 |
| Furo - não possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | T4 | 1 |
| Furo passante - possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura curta - forma circular | T5 | 1 |
| Plano assentamento circular - com todas as superfícies - pequeno | T6 | 5 |
| Furo semicírculo – não possui todas as superfícies - diâmetro pequeno - altura pequena - forma: face do semicírculo pode não estar paralela à referência B3 | T7 | 1 |
| Furo passante - altura pequena - diâmetro pequeno | T8 | 4 |
| Furo de rosca – diâmetro pequeno - altura pequena | T9 | 1 |

7. Definição do Sistema de Referência da Peça:

| | | |
|-------------------------------|--|---------------------------------|
| Referência Primária: | C1 | planeza 0,1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta – C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - forma - planeza | |
| Código da tarefa: | P1 | Obs.: Foram apalpados 21 pontos |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |
| Referência Secundária: | 2 x Ø12E7 | 2 x Ø12E7 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta – T1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | Anexo 1 | |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |
| Tarefa de medição 2: | Med. Direta – T1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | Anexo 1 | |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Referência Terciária: | A1 | Ø90N6 perpendicularidade 0,03 C1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Associada – A1 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - perpendicularidade | |
| Código da tarefa: | F1G - P1 | F1G - P1 |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tarefa de medição 2: | Med. Direta – A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | F1* | Obs.: No F1 - seção inferior 5 mm antes da face de encosto do rolamento |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|---|---------------------------------|
| Referência local: | B1 | planeza 0,1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta – B1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - forma - planeza | |
| Código da tarefa: | P1 | Obs.: Foram apalpados 21 pontos |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|----------------|----|
| Referência local: | D1 | D1 |
| Tarefa de medição 1: | Não foi medido | |
| Descrição da tolerância: | - | |
| Código da tarefa: | - | |
| Número do apalpador: | - | |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Referência local: | E1 | Ø124,46 ± 0,13 Concentricidade 0,1, A1 Perpendicularidade Ø0,1, C1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta – E1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | F2 | |
| Número do apalpador: | Slot 3 | |
| Tarefa de medição 2: | Med. Associada – E1 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - localização - concentricidade | |
| Código da tarefa: | F2G - F1G | Obs.: acrescentar tolerância geométrica - Concentricidade em F2G e F1G |
| Número do apalpador: | Slot 3, Slot 1 | |
| Tarefa de medição 3: | Med. Associada – E1e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - perpendicularidade | |
| Código da tarefa: | F2G - P1 | |
| Número do apalpador: | Slot 3, Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Referência local: | B3 | Ø32G7 Perpendicularidade Ø 0,02, C1 |
| Tarefa de medição 1: | Med. Direta – B3 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | F1 | Obs.: Foram utilizados 8 pontos distribuídos uniformemente na região, seção inferior 10 mm da face de encosto. |
| Número do apalpador: | Slot 2 | |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Tarefa de medição 2: | Med. Associada – B3 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - perpendicularidade | |
| Código da tarefa: | F1G - P1 | Obs.: Foram utilizados 8 pontos distribuídos uniformemente na região, seção inferior 10 mm da face de encosto. |
| Número do apalpador: | Slot 2, Slot 1 | |

8. Estratégia de medição das tolerâncias do desenho:

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tolerância 1: | Ø12 R7 | |
| Tarefa de medição: | Med. Direta – T2 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 | |
| Número do apalpador: | Slot 4 | |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tolerância 2: | 157,5 ± 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada - C1 e T3 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância - projetada em plano | |
| Código da tarefa: | P1 - anexo 3 | |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tolerância 3: | Paralelismo 0,1, C1 | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada - C1 e T3 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - paralelismo | |
| Código da tarefa: | P1 - Anexo 3 | Obs.: Inserir em P1 tolerância geométrica – paralelismo. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Tolerância 4: | Planeza 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Med. direta – T3 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - forma - planeza | |
| Código da tarefa: | Anexo 3 | |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Tolerância 5: | 182,05 + 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T3 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | P2 – P1 | Obs.: P2 - foram medidos 9 pontos distribuídos pelo plano. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tolerância 6: | Paralelismo Ø0,03, C1 (na referência A1) | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T3 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - paralelismo | |
| Código da tarefa: | P2 – P1 | Obs.: P2 - foram medidos 9 pontos distribuídos pelo plano. Inserir em P1 e P2 tolerância geométrica – paralelismo. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |

| | | |
|--------------------------|--|--|
| Tolerância 7: | Ø 80 N6 | |
| Tarefa de medição: | Med. Direta – T4 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | F1 | Obs.: Seção inferior 5 mm da face de encosto |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |
| Tolerância 8: | 161,25 ± 0,04 | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T3 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância - projetada em plano | |
| Código da tarefa: | P2 – P1 | Obs.: P2 - foram medidos 9 pontos distribuídos pelo plano. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 9: | Paralelismo 0,03, C1 (furo Ø80N6) | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T3 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - paralelismo | |
| Código da tarefa: | P2 – P1 | Obs.: P2 - foram medidos 9 pontos distribuídos pelo plano. Inserir em P1 e P2 tolerância geométrica – paralelismo. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 10: | Ø 78 H8 | |
| Tarefa de medição: | Med. Direta – T5 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 | |
| Número do apalpador: | Slot 1 | |
| Tolerância 11: | Concentricidade 0,1, A1 (furo Ø78H8) | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T5 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - localização - concentricidade | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 – F1G | Anexo 2 – F1G |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 12: | Paralelismo Ø 0,05, C1 | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – 2 X T6 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - orientação - paralelismo | |
| Código da tarefa: | P2 - P1 | Obs.: P2 - foram medidos 9 pontos distribuídos pelo plano. Inserir em P1 e P2 tolerância geométrica – paralelismo. Foi avaliado o paralelismo de cada plano de assentamento separado em relação ao plano C1. |
| Número do apalpador: | Slot 8, Slot 1 | |
| Tolerância 13: | Concentricidade 0,05, B3 (furo Ø 32 G7) | |
| Tarefa de medição: | Med. Associada – T7 e B3 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância geométrica - localização - concentricidade | |

| | | |
|--------------------------|--|---|
| Código da tarefa: | F1G* – F1G | Obs.: No F1G* - foram medidos 8 pontos distribuídos no semicírculo. Acrescentar tolerância geométrica - concentricidade no F1G. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 2 | |
| Tolerância 14: | Ø 16 R6 (2x) | |
| Tarefa de medição: | Medição direta – T8 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - interna - diâmetro | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 | |
| Número do apalpador: | Slot 4 | |
| Tolerância 15: | 4,5 ± 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada T8 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 – F1 | Obs.: F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 4, Slot 1 | |
| Tolerância 16: | 13,5 ± 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T8 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 – F1 | Obs.: F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 4, Slot 1 | |
| Tolerância 17: | 76,4 ± 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T8 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 – P1 | |
| Número do apalpador: | Slot 4, Slot 1 | |
| Tolerância 18: | 93 ± 0,1 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T8 e C1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 2 – P1 | |
| Número do apalpador: | Slot 4, Slot 1 | |
| Tolerância 19: | 142 ± 0,04 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T1 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 1 – F1 | Obs.: F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 20: | 49 ± 0,04 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T1 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Código da tarefa: | Anexo 1 – F1 | Obs.: F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 21: | 217 ± 0,04 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T1 e T1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 1 - Anexo 1 | |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 22: | 271,5 ± 0,04 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T1 e T1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 1 - Anexo 1 | |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 23: | 101,17 ± 0,03 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada - B3 e A1 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | F1 - F1 | Obs.: Em ambas tarefas de medição F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 2, Slot 1 | |
| Tolerância 24: | 70 ± 0,15 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada – T9 e T9 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | Anexo 4 - Anexo 4 | |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |
| Tolerância 25: | 35 ± 0,15 | |
| Tarefa de medição: | Medição Associada - A1 e T9 | |
| Descrição da tolerância: | Tolerância dimensional - linear - distância | |
| Código da tarefa: | F1 - Anexo 4 | Obs.: F1 – para calcular a distância adota-se o ponto de centro da seção superior. |
| Número do apalpador: | Slot 1, Slot 1 | |

9. Temperatura:

| | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------|--|-----------|--|
| Ambiente (°C): | | MMC (°C) | | Peça (°C) | |
| Material escala da MMC: | | | | | |
| Tempo de estabilização da peça: | - | | | | |
| Resultados da medição corrigidos? | | | | | |

10. Relatórios:

| | | | | |
|--|---|-----|--|-----|
| Modelo do relatório de medição padronizado? | X | Sim | | Não |
| Modelo do relatório do estudo de repetitividade padronizado? | X | Sim | | Não |

11. Análises do processo de medição:

11.1 Aprovação processo de medição na reunião inicial (planejamento):

Aprovado Reprovado

| | |
|---------------|------------|
| Participantes | José |
| | Maurício |
| | Cristiana |
| Data | 10/07/2005 |

| Dúvidas no processo de medição do fornecedor: | |
|---|--|
| Tarefa de medição | Alterações a serem realizadas |
| 2 | A distância foi projetada no sistema de referência ou foi medida no ponto de centro do plano de assentamento com o plano C1? |
| 8 | A distância foi projetada no sistema de referência ou foi medida no ponto de centro do plano de assentamento com o plano C1? |
| 11 | Como foi avaliada a concentricidade? Foi utilizado o sistema de referência geral da peça e apenas medido o furo A1 para zerar ou foi criado um novo eixo no furo A1 e então avaliada a concentricidade do furo em relação a esse eixo? |
| 12 | Verificar o paralelismo de cada plano em relação a C1. Como vocês garantem que toda a face esteja paralela a C1 e não só a região do semicírculo avaliada? |
| 13 | Como é avaliada a concentricidade? |

11.2 Processo de medição após estudo de repetitividade (fornecedor):

Aprovado Reprovado

| Itens a serem modificados no processo de medição: | |
|---|-------------------------------|
| Tarefa de medição | Alterações a serem realizadas |
| - | - |

11.3 Validação processo de medição, após avaliação da amostra (montadora):

Aprovado Reprovado

| | |
|---------------|------------|
| Participantes | José |
| | Maurício |
| | Cristiana |
| Data | 16/07/2005 |

| | |
|--------------|--|
| Observações: | Apesar da aprovação, o fornecedor terá que realizar estudos para melhorar o valor da repetitividade das tolerâncias 9, 20, 22, 23 e referência local B3 – tarefa de medição 2. |
|--------------|--|

12. Análise da amostra:

| | | | | |
|-----------|----------------|------|-----------|------------|
| 1º ciclo | Aprovada | X | Reprovada | |
| | Realizada por: | José | Data: | 16/07/2005 |
| | Observações: | | | |
| 2º ciclo | Aprovada | - | Reprovada | - |
| | Realizada por: | - | Data: | - |
| | Observações: | - | | |
| ... ciclo | Aprovada | - | Reprovada | - |
| | Realizada por: | - | Data: | - |
| | Observações: | - | | |

13. Atualizações no banco de dados

| Itens a serem incluídos no banco de dados: | | |
|---|--|---------|
| Tarefa de medição | Estratégia de medição | Cód. BD |
| Medição direta – plano – elemento – pequeno – função: assentamento (parafuso) | N.º pontos – 6, distribuídos no plano, algoritmo de avaliação - Mínimos Quadrados, diâmetro do apalpador – máximo 5 mm | P3 |
| Medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro e altura pequena – função: furo de rosca | N.º pontos – 4, distribuídos no plano, n.º seções – 1 (3 mm da face superior), algoritmo de avaliação - Mínimos Quadrados, diâmetro do apalpador – máximo 8 mm | F7 |

| Itens a serem modificados no banco de dados: | |
|--|--|
| Cód. BD | Descrição da alteração |
| P1 | Incluir tolerância geométrica – orientação – paralelismo Alterar: diâmetro máximo do apalpador de 5 mm para 8 mm Incluir observação: Deve ser dada atenção especial na medição de distância entre planos para se evitar erros de projeção, nos casos onde o ponto zero não estiver no ponto central das superfícies medidas. |
| P2 | Incluir na função da peça: Plano de assentamento (retentores e rolamento) Incluir tolerância geométrica – orientação – paralelismo Incluir observação: Deve ser dada atenção especial na medição de distância entre planos para se evitar erros de projeção, nos casos onde o ponto zero não estiver no ponto central das superfícies medidas. |
| F5, F5G | Alterar altura pequena de < 20 mm para < 30 mm |

14. Conclusão dos testes dimensionais da amostra

| | | | |
|-------|------------|--------------|------|
| Data: | 18/07/2005 | Responsável: | José |
|-------|------------|--------------|------|

ANEXO 5 – BANCO DE DADOS

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|---|---|
| Código da tarefa medição: | F1 | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica – localização - posição *1 - tolerância geométrica – forma - circularidade *2 | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | *2 Mínimo Máximo - (Mínima Zona) |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| Altura pequena < 50 mm Diâmetro pequeno < 100 mm | | |
| | | |
| Figuras não estão em escala, apenas para ilustração | | |
| 3) Observações: | | |
| - Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. - Se não tiver tolerância de forma nesse furo, deverá ser criada uma tolerância de forma sob a condição de envelope e o seu valor será metade do valor da tolerância dimensional. Porém nesse caso, o algoritmo de avaliação deverá ser Mínimo Máximo (Mínima Zona). - *1 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|---|---|
| Código da tarefa medição: | F1G | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – orientação - perpendicularidade - tolerância geométrica – orientação - paralelismo - tolerância geométrica – localização - concentricidade | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| Altura pequena < 50 mm Diâmetro pequeno < 100 mm | | |
| | | |
| Figuras não estão em escala, apenas para ilustração | | |
| 3) Observações: | | |
| Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|--|--|
| Código da tarefa medição: | F2 | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro grande – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica – localização - posição *1 - tolerância geométrica – forma - circularidade *2 | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 12 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | *2 Mínimo Máximo - (Mínima Zona) |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura pequena < 50 mm Diâmetro grande > 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| <p>- Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. - Se não tiver tolerância de forma nesse furo, deverá ser criada uma tolerância de forma sob a condição de envelope e o seu valor será metade do valor da tolerância dimensional. Porém nesse caso, o algoritmo de avaliação deverá ser Mínimo Máximo (Mínima Zona). - *1 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento.</p> | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|--|--|
| Código da tarefa medição: | F2G | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro grande – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – orientação - perpendicularidade - tolerância geométrica – orientação - paralelismo - tolerância geométrica – localização - concentricidade | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 12 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura pequena < 50 mm Diâmetro grande > 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|--|---|
| Código da tarefa medição: | F3 | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura grande – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica – localização - posição *1 - tolerância geométrica – forma - circularidade *2 | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Minimos quadrados | *2 Mínimo Máximo - (Mínima Zona) |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura grande > 50 mm Diâmetro pequeno < 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. | | |
| - Se não tiver tolerância de forma nesse furo, deverá ser criada uma tolerância de forma sob a condição de envelope e o seu valor será metade do valor da tolerância dimensional. Porém nesse caso, o algoritmo de avaliação deverá ser Mínimo Máximo (Mínima Zona). | | |
| - *1 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|--|---|
| Código da tarefa medição: | F3G | Função do elemento: FURO DE REFERENCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura grande – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – orientação - perpendicularidade - tolerância geométrica – orientação - paralelismo | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Minimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura grande > 50 mm Diâmetro pequeno < 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|---|---|
| Código da tarefa medição: | F4 | Função do elemento: FURO DE REFERÊNCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro grande – altura grande – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica – localização - posição *1 - tolerância geométrica – forma - circularidade *2 | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 12 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | *2 Mínimo Máximo - (Mínima Zona) |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura grande > 50 mm Diâmetro grande > 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. - Se não tiver tolerância de forma nesse furo, deverá ser criada uma tolerância de forma sob a condição de envelope e o seu valor será metade do valor da tolerância dimensional. Porém nesse caso, o algoritmo de avaliação deverá ser Mínimo Máximo (Mínima Zona). - *1 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|---|---|
| Código da tarefa medição: | F4G | Função do elemento: FURO DE REFERÊNCIA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo grande, pequeno – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de referência | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – orientação - perpendicularidade - tolerância geométrica – orientação - paralelismo | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 12 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Altura grande > 50 mm Diâmetro grande > 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| - Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|--|--|
| Código da tarefa medição: | F5 Função do elemento: FURO PASSANTE |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno, grande – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo passante, parafuso |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância dimensional – distância - projetada em um plano ou eixo - tolerância geométrica – localização - posição |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 4 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 1 (ver desenho) |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Altura pequena < 30 mm Diâmetro pequeno < 20 mm e diâmetro grande > 20 mm</p> <p style="text-align: center;">Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | |
| 3) Observações: | |
| Data: 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página: 1 de 1 | |

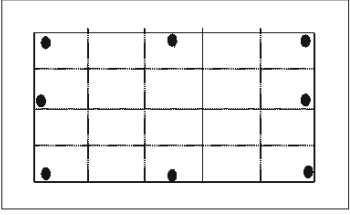
| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|--|--|
| Código da tarefa medição: | F5G Função do elemento: FURO PASSANTE |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno, grande – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo passante, parafuso |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – orientação - perpendicularidade |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 4 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Altura pequena < 30 mm Diâmetro pequeno < 20 mm e diâmetro grande > 20 mm</p> <p style="text-align: center;">Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | |
| 3) Observações: | |
| - Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. | |
| Data: 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página: 1 de 1 | |

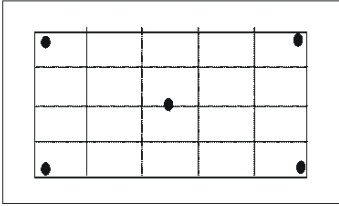
| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|---|---|
| Código da tarefa medição: | F6 Função do elemento: FURO PASSANTE |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno, grande – altura grande – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo passante, parafuso |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 4 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do palpador: | Diâmetro máximo 5 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Altura grande > 30 mm Diâmetro pequeno < 20 mm e diâmetro grande > 20 mm</p> <p style="text-align: center;">Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | |
| 3) Observações: | |
| - Cada seção medida deverá ser avaliada separadamente em relação a tolerância especificada. | |
| Data: 5/11/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página: 1 de 1 | |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|--|---|
| Código da tarefa medição: | F6G Função do elemento: FURO PASSANTE |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno, grande – altura grande – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo passante, parafuso |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – distância - projetada no plano *1 - tolerância geométrica – localização - posição *2 - tolerância geométrica - orientação - perpendicularidade |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 4 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 2 (ver desenho) |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do palpador: | Diâmetro máximo 5 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Altura grande > 30 mm Diâmetro pequeno < 20 mm e diâmetro grande > 20 mm</p> <p style="text-align: center;">Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | |
| 3) Observações: | |
| - Deverá ser gerada a linha que passa pelos pontos de centro das seções e avaliada a tolerância desejada. - *1 Projetar o eixo no plano "0" e avaliar a tolerância desejada. - *2 Avaliar a tolerância de posição em toda a extensão (altura) do elemento. | |
| Data: 5/11/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página: 1 de 1 | |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|---|--|
| Código da tarefa medição: | F7 Função do elemento: FURO ROSCA |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – círculo – medição direta – furo – círculo – possui todas as superfícies – diâmetro pequeno – altura pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular – função: furo de rosca |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância dimensional – interna – diâmetro - tolerância geométrica - localização - posição |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 4 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 1 (ver desenho) |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 8 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Características de tamanho do elemento: Independente do diâmetro e da altura</p> | |
| Figuras não estão em escala, apenas para ilustração | |
| 3) Observações: | |
| Data: 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página de 1 | |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | |
|---|--|
| Código da tarefa medição: | P1 Função do elemento: PLANO DE VEDAÇÃO |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – plano – medição direta – plano – comprimento – função: vedação - |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – forma - planeza - tolerância dimensional - distância - projetada entre planos - tolerância geométrica – orientação - paralelismo |
| 1) Características gerais: | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | mínimo 20 |
| 1.2) Distribuição dos pontos | distribuídos no plano |
| 1.3) Nº seções e sua posição | - |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 8 mm |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | |
| <p>Comprimento < 300 mm Largura < 300 mm</p> <p>As posições dos pontos foram definidas de maneira aleatória. Não é obrigatório seguir esse modelo. É apenas um exemplo.</p> | |
| Figura não está em escala, apenas para ilustração. | |
| 3) Observações: | |
| Data: 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| Página: 1 de 1 | |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|--|----------------------------------|
| Código da tarefa medição: | P2 | Função do elemento: Assentamento |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – plano – medição direta – plano – comprido – função: assentamento (rolamento, retentores) | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – forma - planeza - tolerância dimensional - distância - projetada entre planos - tolerância geométrica – orientação - paralelismo | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | mínimo 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | distribuídos no plano | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | - | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Comprimento < 300 mm Largura < 300 mm</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>As posições dos pontos foram definidas de maneira aleatória. Não é obrigatório seguir esse modelo. É apenas um exemplo.</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Figura não está em escala, apenas para ilustração.</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|--|---|
| Código da tarefa medição: | P3 | Função do elemento: Assentamento (parafuso) |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – plano – medição direta – plano – pequeno – função: assentamento (parafuso) | |
| Descrição da tolerância/medição: | - tolerância geométrica – forma - planeza - tolerância dimensional - distância - projetada entre planos - tolerância geométrica – orientação - paralelismo | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | mínimo 5 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | distribuídos no plano | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | - | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimos quadrados | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do apalpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Características de tamanho do elemento: Área < 400 mm²</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>As posições dos pontos foram definidas de maneira aleatória. Não é obrigatório seguir esse modelo. É apenas um exemplo.</p> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">Figura não está em escala, apenas para ilustração.</p> | | |
| 3) Observações: | | |
| | | |
| Data: | 5/7/2005 | Preparado por: Cristiana |
| | | Página: 1 de 1 |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|--|---|---------------------|
| Código da tarefa medição: | CL1G | Função do elemento: |
| Descrição da tarefa de medição: | - contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular - tolerância geométrica – forma - cilindridade | |
| Descrição da tolerância/medição: | | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 8 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimo Máximo (Mínima Zona) | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do palpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Diâmetro pequeno < 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |

| ESTRATÉGIA DE MEDIÇÃO | | |
|---|---|---------------------|
| Código da tarefa medição: | CL2G | Função do elemento: |
| Descrição da tarefa de medição: | Peça usinada – cilindro – medição direta – furo – cilindro – possui todas as superfícies – diâmetro grande – altura grande, pequena – contato furo com plano perpendicular – plano e furo perpendicular - tolerância geométrica – forma - cilindridade | |
| Descrição da tolerância/medição: | | |
| 1) Características gerais: | | |
| 1.1) Quantidade de pontos em cada elemento | 12 | |
| 1.2) Distribuição dos pontos | espaçados uniformemente | |
| 1.3) Nº seções e sua posição | 3 (ver desenho) | |
| 1.4) Nº linha geratrizes e sua posição | - | |
| 1.5) Algoritmo de avaliação | Mínimo Máximo (Mínima Zona) | |
| 1.6) Especificação do diâmetro da ponta do palpador: | Diâmetro máximo 5 mm | |
| 2) Descrição da tarefa de medição: | | |
| <p>Diâmetro grande > 100 mm</p> <p>Figuras não estão em escala, apenas para ilustração</p> | | |
| 3) Observações: | | |

ANEXO 6 – RELATÓRIO DE MEDIÇÃO

| Aprovação de Peça de Produção | | | | PPAP Nº | |
|-------------------------------|--|--------------------------|--|---|----|
| Resultados Dimensionais | | | | 1 | 1 |
| Fornecedor | | Número da Peça (Cliente) | | Página | de |
| XXXXXXXX | | A971 261 04 03 | | 23/02/2004 | |
| Local da Inspeção | | Nome da Peça | | Páginas | |
| | | Carcaça Traseira Cambio | | | |
| Número/Rev. Peça (Fornecedor) | | Caract. Esp. | | Resultados das Medições pelo Fornecedor | |
| 2463 - Base | | | | NÃO OK | |
| Item | Dimensão/Especificação | Caract. Esp. | Resultados das Medições pelo Fornecedor | NÃO OK | OK |
| 024 | Dimensão - 182,05 ±0.1 | E | 182,118 | | |
| 026 | Dimensão - 157,5 ±0.1 | E | 157,515 | | |
| 027 | Paralelismo - 0,1 C1 | E | 0,01 | | |
| 028 | Planicidade - 0.1 | E | 0,006 | | |
| 031 | Planicidade - 0,1 | E | 0,035 | | |
| 035 | Diâmetro - 78 H8 [78,000 a 78,046] | E | 78,02 | | |
| 036 | Diâmetro - 124,46 ±0.13 | E | 124,503 | | |
| 041 | Paralelismo - 0,03 C1 | E | 0,004 | | |
| 042 | Dimensão - 161,25 ±0.04 | E | 161,267 | | |
| 055A | Paralelismo - 0,03 C1 | E | 0,026 | | |
| 060 | Diâmetro - 80 N6 [79,967 a 79,986] | E | 79,976 | | |
| 061 | Perpendicularismo - 0,03 C1 | E | 0,001 | | |
| 062 | Diâmetro - 90 N6 [89,962 a 89,984] | E | 89,978 | | |
| 073 | Diâmetro - 12 F7 [11,966 a 11,984] | E | 11,976 | | |
| 089 | Concetricidade - 0,1 A1 | E | 0 | | |
| 090 | Perpendicularidade - 0,1 (M) C1 | E | OMITIDO (NÃO ESTÁ SAINDO NO PROGRAMA MODIFICADO PARA TESTE) | | |
| 091 | Concetricidade - 0,1 A1 | E | 0,003 | | |
| 117 | Perpendicularidade - 0,02 C1 | E | OMITIDO (NO PROGRAMA MODIFICADO NÃO ESTÁ SAINDO O RESULTADO) | | |
| 118 | Diâmetro - 32 G7 [32,009 a 32,034] | E | 32,019 | | |
| 126 | Concetricidade - 0,05 B3 | E | 0,011 | | |
| 133 | Paralelismo - 0,05 C1 | E | 0.009/0.012 | | |
| 135 | Dimensão - 64,56 ±0.03 | E | 64,572 | | |
| 142 | Diâmetro (2x) - 16 R6 [15,969 a 15,980] | E | 15.974/15.975 | | |
| 150 | Dimensão - 70 ±0.15 | E | 69,992 | | |
| 151 | Dimensão - 35 ±0.15 | E | 34.993/34.999 | | |
| 168 | Dimensão - 271,5 ±0.03 | E | 271,508 | | |
| 174 | Dimensão - 142 ±0.04 | E | 142,013 | | |
| 183 | Dimensão - 49 ±0.04 | E | 48.99/49.003 | | |
| 188 | Dimensão - 101,17 ±0.03 | E | 101,197 | | |
| 190 | Dimensão - 217 ±0.04 | E | 217,02 | | |
| 197 | Dimensão - 4,5 ±0.1 | E | 4,47 | | |
| 198 | Dimensão - 13,5 ±0.1 | E | 12,526 | | |
| 201 | Dimensão - 93 ±0.1 | E | 93,003 | | |
| 202 | Dimensão - 76,4 ±0.1 | E | 76,396 | | |

Assinatura do Fornecedor

Data

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)