

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

LEONARDO SCHRAMM

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO SOBRE
OS RESULTADOS DE INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
(Tcc 2)

CURITIBA

2016

LEONARDO SCHRAMM

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO SOBRE
OS RESULTADOS DE INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Walter Mikos

CURITIBA

2016

TERMO DE ENCAMINHAMENTO

Venho, por meio deste termo, encaminhar para apresentação a Proposta do Projeto de Pesquisa “Análise da Influência do Sistema de Medição sobre os resultados de inspeções de recebimento”, realizada pelo aluno Leonardo Schramm, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Walter Mikos
UTFPR - Damec

Curitiba, 11 de Novembro de 2016

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a Proposta de Projeto de Pesquisa “Análise da influência do sistema de medição sobre os resultados de inspeção de recebimento”, realizada pelo aluno Leonardo Schramm, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Dr. Walter Luis Mikos
DAMEC, UTFPR
Orientador

Prof. M. Sc. João Vicente Falleiro Salgado
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Prof. Dr. Daniel Hioki
DAMEC, UTFPR
Avaliador

Curitiba, 11 de Novembro de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente, como não deveria deixar de ser, a *Deus*, por sua bondade e misericórdia é que pude chegar a este ponto e alcançar as conquistas que vem por meio deste trabalho, agradeço por acolher a mim e à minha família todas as vezes que nos foi necessário.

Neste ensejo, dedico também este trabalho à minha base maior: meus pais Valter e Daisy que dedicaram sua vida à minha formação e educação, pelas vezes que não mediram esforços para garantir que me fosse possível chegar onde agora estou e por jamais deixarem de acreditar em mim.

Ao meu irmão Lucas que me apoiou, me incentivou e sempre esteve à disposição para qualquer necessidade e me acompanhou nos bons e maus momentos.

Dedico e agradeço especialmente este trabalho às duas melhores pessoas que tive o prazer de conhecer. Obrigado Caroline! Obrigado Fernanda! O passar dos semestres não faria o mesmo sentido se não fosse com vocês. Ambos sabemos da importância que vocês tiveram nesse processo, serei eternamente grato, minhas melhores amigas.

Ao meu professor orientador, Walter Luis Mikos, à minha mentora Karla Piovesan, aos mestres Carlos Magno e Inácio Andruski deixo esta simples representação da vossa importância nesta etapa da minha vida.

Agradeço por último, mas não de forma menos especial, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos a mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

Para que se tenha um controle de qualidade consistente no ambiente produtivo, faz-se necessário o processo de medição. Muitas indústrias do ramo automobilístico e de precisão aplicam os requisitos técnicos da normativa ISO TS 16949:2009 e do Manual de Análise de Sistemas de Medição (MSA) para estabelecer os sistemas de medição, em geral, em inspeções de produtos acabados. Mas há processos de medição intermediários que também interferem na qualidade e fluxo produtivo do processo e, quando os resultados destes não são os esperados, o sistema como um todo sofre uma quebra. Portanto, neste trabalho serão avaliados estes processos de medição intermediários sobre a ótica de normativas largamente utilizadas, e que garantem bons resultados no seu campo de atuação. Serão avaliados os sistemas de medição do cliente e fornecedor para que se levante causas-raíz de divergências que ocorrem eventualmente, de modo que se possa tomar uma ação e estabelecer uma estratégia para minimizar a ocorrência destes casos, garantindo melhoria contínua e mais qualidade ao processo.

Palavras-chave: análise do sistema de medição, repetitividade e reprodutibilidade, gestão da qualidade de fornecedores.

ABSTRACT

Measuring processes are needed to guarantee total quality control in a production field. Many automotive and precision mechanics industries apply the technical requirements of ISO TS 16949:2009 and Measurement System Analysis Manual in order to establish the measuring systems used to examine final products. Otherwise, there are many measuring processes over the production flux which have an effect on products and processes quality and when this results are not becoming as it should, the entire quality system gets damaged. Therefore, this work focused on these intermediary processes based on widely used regulations, specially on the automotive industry which ensures reliable results in its field of activity. The measurement systems of customer and supplier will be evaluated to determine the root-causes of deviations which have been observed along the industry activity so it will become possible to act and establish a strategy to minimize these cases which ensures continuous improvement of the supply chain quality.

Palavras-chave: measurement system analysis, repeatability and reproducibility, supply chain quality management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo global – da Matéria-Prima à montadora	13
Figura 2 – Processo de Aprovação de Peças de Produção até a produção no cliente.....	14
Figura 3 - Diagrama de Processo	18
Figura 4 - "Caixa Preta" do Processo de Medição.....	19
Figura 5 - Fluxograma do processo de execução do cronograma do MSA	24
Figura 6 - Detalhe desenho da cota em estudo	28
Figura 7 - Coleta de dados MSA no fornecedor	29
Figura 8 - Resultados de R&R para análise no fornecedor	31
Figura 9 - Coleta de dados MSA no cliente	33
Figura 10 - Resultados de R&R para análise no cliente	34
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa para análise de possíveis Causas-Raízes	37
Figura 12 - Diagrama de Dificuldade x Impacto	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Julgamento dos valores de R&R - AIAG - MSA Manual.....	22
Tabela 2 - Parâmetros de Influência MSA para o caso estudado	30

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

MSA – Análise do Sistema de Medição (do inglês: *Measurement System Analysis*)

R&R – Repetitividade & Reprodutibilidade de Medição (do inglês: *Gage Repeatability & Reproducibility*)

PAPP – Processo de Aprovação de Peças de Produção

AIAG – do inglês: *Automotive Industry Action Group*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Contexto do Tema	12
1.2	Caracterização do Problema	15
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivos Específicos	16
1.4	Justificativa	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	PROCESSO DE MEDIÇÃO	17
2.2	ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO (MSA)	19
2.3	Estudos de R&R	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	Descrição da Metodologia	23
3.2	Justificativa da Metodologia	25
3.3	Produtos do Projeto	26
4	ASPECTOS OPERACIONAIS	26
4.1	Folha de Coleta de Dados	26
4.2	Cronograma das Etapas do Tcc	26
5	ESTUDO DE CASO	27
5.1	Seleção do item	27
5.2	Análise no fornecedor	28
5.3	Análise no cliente	31
5.4	Análise Comportamental	34
5.5	Análise das Causas-Raízes	36
6	AÇÕES CORRETIVAS	39
6.1	Variação de Temperatura/Umididade – nº11	39
6.2	Equipamento não calibrado – nº9	40
6.3	Falta de padrão de posicionamento – nº4	41
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
7.1	Implementação das ações	42
7.2	Redução de Custo	43
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
9	Bibliografia	45
	APÊNDICE A – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	47
	APÊNDICE B – CRONOGRAMA DO PROJETO	48
	ANEXO A – FOLHA DE COLETA DE DADOS	49

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, com a revolução da manufatura japonesa e a introdução dos conceitos de qualidade no setor produtivo em massa, houve uma grande alteração das rotinas do setor fabril, devido principalmente à inclusão de postos de inspeção ao longo de todo o fluxo produtivo. O foco deixava de ser apenas a quantidade produzida ou o tempo de produção, e passava a ser garantir produtos de qualidade, ao longo da cadeia, garantia maior satisfação dos clientes, além de garantir menores índices de refugo menores e melhorar a competitividade da empresa (LINS, 2009).

Para garantir o controle de qualidade, as empresas aplicam diversos métodos de medição das mais variadas formas e frequências ao longo do processo produtivo e os dados gerados destas análises são tratados estatisticamente ou obtidos através deles, serão posteriormente comparados com limites pré-estabelecidos a fim de analisar se a qualidade do processo (LINS, 2009).

Porém, sabe-se que o processo de aquisição destes dados se dá sob influência de algumas variáveis importantes, entre elas, destacam-se: Máquina, Método, Mão de Obra, Meio Ambiente e que, portanto, são suscetíveis a divergência de resultados. A fim de garantir a validade dos dados obtidos em controles de qualidade, uma grande diversidade de métodos foram inventados e posteriormente desenvolvidos e são largamente aplicados no ambiente industrial, principalmente da indústria automotiva. (PAN, 2006)

O principal foco destes métodos é na variação total da medição, geralmente chamada de incerteza de medição. Em muitos processos de manufatura, peças são medidas para garantir que certas especificações estão sendo atendidas, porém os dados resultantes dessas aferições podem ser até mesmo ilusórios se o sistema de medição utilizado não for adequado à aplicação. Estes erros de medição podem ser originados principalmente pelos seguintes fatores: instrumentos de medição, objetos medidos, pelos próprios operadores ou até mesmo pelo ambiente de medição. (STEVENS *et al.*, 2010)

Neste cenário, é comum que além das inspeções parciais (aquelas que ocorrem durante o processo produtivo, em produtos ainda inacabados) exista uma

inspeção principal do produto acabado, responsável por liberar as peças para expedição ao cliente e ainda, que os resultados dessa inspeção sejam divulgados ao cliente, ou que pelo menos estejam à disposição do mesmo sempre que requisitados. Já do lado do cliente, existe uma inspeção de recebimento para garantir que os produtos estejam conforme especificação antes de liberá-los para o estoque e posteriormente para a linha de produção.

Portanto, é importante garantir que ambos os sistemas de medição, do cliente do fornecedor estejam alinhados e confiáveis, já que esse é um ponto essencial em programas de qualidade assegurada usado por muitas companhias. A análise do sistema de medição é um importante aspecto de muitas atividades de melhoria de qualidade e implementação de processos (PAN, 2006), e atualmente, com a introdução das normativas QS 9000 e TS 16949, além de programas como o Six Sigma, as equipes de controle de qualidade tem focado de maneira intensa no sistema de medição utilizado, bem como em fatores determinantes e característicos ao processo como Repetitividade e Reprodutibilidade. Repetitividade é definida como “variação nas medições obtidas com um instrumento sendo operado diversas vezes pelo mesmo operador enquanto medindo uma peça”. Reprodutibilidade é definida como “média das variações das medições feitas por diferentes operadores usando o mesmo instrumento enquanto medindo uma característica de uma peça”. (PAN, 2004)

Montgomery e Runger (1993) afirmam que o sistema de medição deve ser ativamente influente em ações de melhoria de qualidade em empresas, sendo usados os valores de R&R para identificar as fontes de variação envolvendo processos de medição. Sabe-se que na prática, nem sempre um sistema de medição fornece as dimensões exatas da peça, mas sim uma faixa de valores que se estende em torno do valor verdadeiro. Além disso, há sempre incertezas acerca das imprecisões pois estes erros são extremamente difíceis de serem apurados.

Na normativa ISO/IEC 17025 são definidos dois tipos de erros: Erros Tipo I (α), que são o risco de fornecedores julgarem itens conforme como defeituosos e Erros Tipo II (β), relativos ao risco de serem julgados itens defeituosos como qualificados. Este segundo tipo de erros (β) requer uma atenção especial, pois estes podem afetar diretamente os processos subsequentes, causar reclamação de

clientes e afetar inclusive os custos de falha de qualidade. Estes erros são vistos sucessivamente no ambiente estudado e portanto, os dados de relativos a inspeções dimensionais não podem ser considerados como não confiáveis.

Pesquisas anteriores conduzidas neste ambiente analisaram como as empresas costumam conduzir suas análises de comparação dos sistemas de medição (PAN, 2006) e concluíram que métodos estatísticos são largamente utilizados para garantir a validade de um sistema de medição. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma estratégia de análise dos sistemas de medição entre fornecedor e cliente baseando-se ou fazendo uso de algum destes métodos para garantir o alinhamento de ambos os sistemas.

Os resultados desta análise podem vir a serem usados como base para que se crie uma estratégia padrão de análise de sistemas de medição entre fornecedor e cliente a ser feita desde o início do desenvolvimento do produto garantindo a melhoria contínua do sistema de controle de qualidade, permitindo maior eficiência na análise dimensional de recebimento e conseqüentemente no restante da cadeia produtiva, melhorando a satisfação do cliente.

1.1 Contexto do Tema

O problema será analisado em situação real, no ambiente de uma indústria do ramo automotivo da região de Curitiba – PR, Brasil, que atua no primeiro nível de fornecimento de montadoras de automóveis e encarroçadoras de ônibus brasileiras, ou seja, fornece diretamente a estes setores. A situação será avaliada no recebimento de itens de subfornecedores. Na Figura 1 abaixo, tem-se uma visão geral da cadeia de fornecimento, ele é apresentado de forma a localizar o campo de atuação da proposta deste trabalho, em destaque está a localização de onde está inserida a empresa na qual serão realizados os estudos, dentro do fluxo geral de produção:

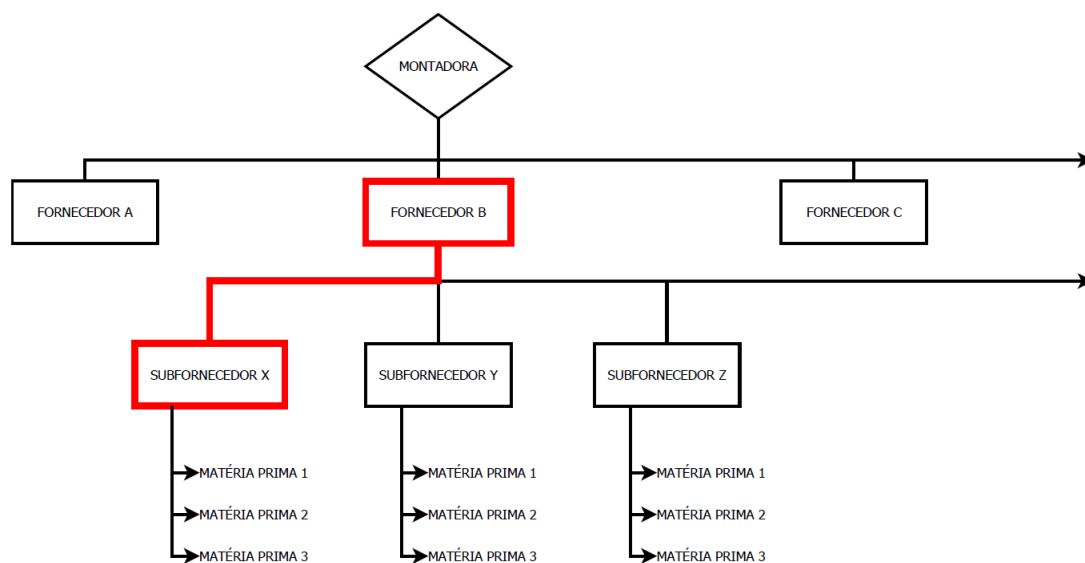


Figura 1 – Fluxograma do processo global – da Matéria-Prima à montadora
Fonte: Própria

Como foi dito anteriormente, será avaliado aqui a situação de disparidade entre resultados de inspeções realizadas entre o fornecedor (Subfornecedor X) e o Cliente (Fornecedor B) nas inspeções de recebimento deste último, antes da liberação das peças para o processo produtivo. Sabe-se que todo esse processo é governado, principalmente pela normativa ISO TS 16949:2015 que exige que seja submetida uma documentação de aprovação das peças de produção (PAPP – Processo de Aprovação de Peças de Produção) antes do início efetivo do fornecimento. Este requisito é obrigatório e exige que documentos de controle de qualidade sejam enviados pelo fornecedor ao cliente a fim de garantir a conformidade dos itens durante o processo de fornecimento, além disso, é conveniente que resultados de *Tryouts* sejam também reportados ao cliente e que seja feito o envio de amostras para eventuais medições, testes de montagem e comprovação por parte do cliente, de que efetivamente o fornecedor está atendendo os requisitos e cumprindo com aquilo que fora exposto previamente no PAPP. Este processo é demonstrado basicamente na Figura 2 a seguir:

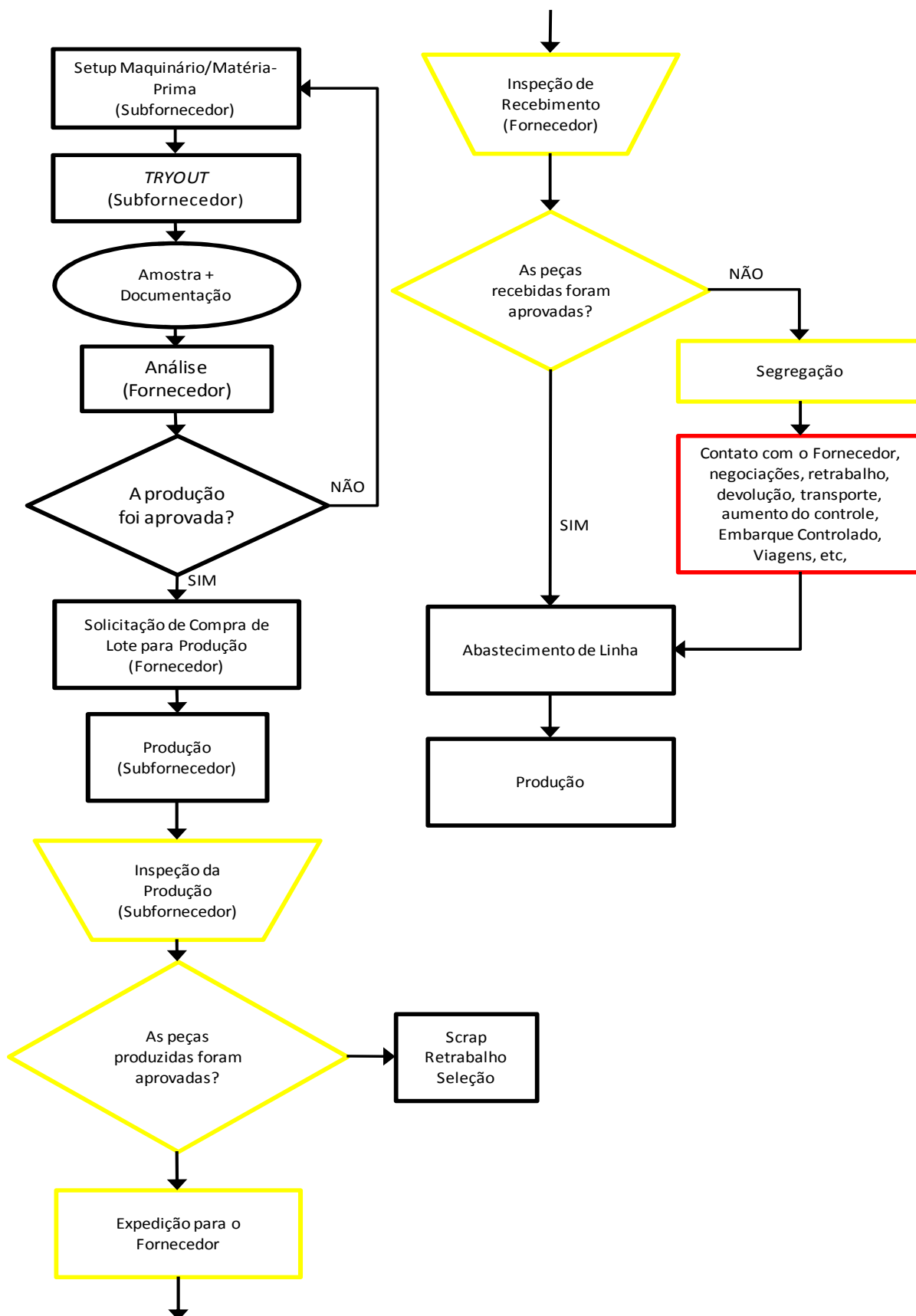


Figura 2 – Processo de Aprovação de Peças de Produção até a produção no cliente
Fonte: Própria

1.2 Caracterização do Problema

A caracterização dimensional da maioria dos itens na indústria automobilística é de suma importância para a sua aplicabilidade e para que o mesmo exerça sua função corretamente. Não obstante, já no processo de aprovação de peças para produção (*PAPP*) são requisitados ensaios dimensionais ao fornecedor, formalmente declarados sob um relatório assinado atestando sua responsabilidade acerca dos resultados apresentados que serão posteriormente verificados em uma análise dimensional de amostras feita pelo cliente.

Este processo visa demonstrar a capacidade do fornecedor em atender as especificações técnicas dimensionais requisitadas em desenho pelo cliente, possibilitando a aprovação do processo de fornecimento. Feito isso, os lotes de produtos começarão a chegar ao recebimento do cliente acompanhados de relatório de análise dimensional feita no fornecedor e serão inspecionados conforme Instrução de Trabalho e Plano de Controle, que deve abranger aqueles requisitos de projeto testados previamente, a fim de garantir que os itens estão sendo enviados conforme aprovação.

Caso as análises comprovem que o produto atende ao especificado este é liberado para estoque/produção e continua seu fluxo no processo produtivo, porém, o que muitas vezes ocorre, é que os resultados das inspeções de recebimento venham a reprová-la amostra medida, sendo então o lote bloqueado até que fornecedor e cliente entrem em um consenso quanto à aprovação ou não do(s) item(ns). Este processo atrasa o fluxo produtivo em virtude das peças paradas não liberadas, podendo inclusive, gerar uma parada de linha, ocupa espaço na área de recebimento de materiais, gera custos em função de análises que precisam ser refeitas e, adicionalmente, em virtude do fato de geralmente ser necessário o deslocamento de um Engenheiro de Qualidade do cliente ter que parar sua rotina de trabalho e deslocar-se até o fornecedor para averiguar a situação e tentar levantar a causa-raiz da divergência nos resultados dimensionais.

Analisar esta diferença entre resultados dimensionais de um mesmo item em dois ensaios diferentes requer tempo, conhecimento e envolve custos variáveis, dependendo do(s) instrumento(s) utilizado(s) e da mão de obra necessária para

tanto. Cada análise é efetuada individualmente, por Engenheiros diferentes e em fornecedores diferentes e, portanto, requerem ainda mais tempo e empenho.

1.3 Objetivos

O presente trabalho visa avaliar a influência do sistema de medição (mão de obra, instrumento, ambiente, material) na divergência de resultados entre fornecedor e cliente para que, utilizando os conhecimentos adquiridos no curso de engenharia, se possa desenvolver uma estratégia para alinhar as características dos dois sistemas e assim promover um sistema único de medição do item desde o seu desenvolvimento e aprovação.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Analisar a causa raiz das divergências encontradas entre os ensaios dimensionais de uma mesma amostra executados pelo fornecedor e pelo cliente, levantando dados do sistema de medição.
- Buscar uma ferramenta possível de ser aplicada na situação problema, objetivando reduzir o número de casos das divergências anteriormente citadas.
- Desenvolver uma estratégia de análise dos sistemas de medição do fornecedor e do cliente a ser aplicada no momento do desenvolvimento do produto (*PAPP*).

1.4 Justificativa

Análises dimensionais contam com um grande número de variáveis que podem comprometer ou ao menos colocar em xeque os seus resultados. No caso em questão se justifica a análise do sistema de medição em função da grande quantidade de reclamações que se tem neste processo, na empresa em análise. São muitos os casos em que o fornecedor apresenta relatórios dimensionais dos itens enviados, informando que as peças estão conforme especificação, porém, ao serem inspecionados, os mesmos apresentam a situação totalmente oposta e

acabam por ser reprovados e segregados, não sendo usados para abastecer a linha de produção. Ocorre que estas divergências geram um subprocesso que atrasa o fluxo normal do produto, trata-se da análise das inspeções feitas tanto pelo fornecedor quanto pelo cliente, a fim de averiguar qual deles está apresentando o resultado mais verossímil. Este subprocesso gera perda de tempo e custo, já que envolve parada de um ou mais responsáveis pelo item e em alguns casos o deslocamento dos mesmos até o fornecedor para reuniões e simulações presenciais da medição e alinhamento de estratégias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Todo projeto de pesquisa deve ser baseado naquilo que já se tem conhecido e previamente documentado, para que se tenha um conhecimento quanto ao estado da arte relativo àquele assunto e, assim, o projeto seja facilitado e devidamente embasado. Aqui serão resgatados conhecimentos importantes para este desenvolvimento.

2.1 PROCESSO DE MEDIÇÃO

De acordo com o Manual do MSA 4ª edição (2010) o gerenciamento de qualquer processo exige o conhecimento dos pontos abaixo:

- O que o processo deveria estar fazendo;
- O que pode dar errado;
- O que o processo está fazendo.

O primeiro ponto, que consiste no que o processo deveria estar fazendo, é definido pelas especificações e requisitos de engenharia.

Já a Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial do Processo (PFMEA), ajuda a definir os riscos associados às potenciais falhas que possam ocorrer no processo e é uma ferramenta bastante utilizada para a definição do segundo ponto. Os resultados do PFMEA são traduzidos para os planos de controle.

O terceiro ponto, que consiste em levantar dados acerca do processo, ou seja, tomar conhecimento do que o processo está fazendo, é feito por meio de uma avaliação de parâmetros utilizados e resultados gerados, atividade comumente

conhecida por inspeção, uma atividade que consiste basicamente em avaliar o processo no seu decorrer, em pontos estratégicos e/ou analisar a saída com o apoio de padrões ou dispositivos de inspeção que transmitem ao operador informações que permitem interpretar a estabilidade e variação do processo, de maneira que o mesmo possa julgar (ou repassar a um responsável) a admissibilidade segundo um determinado objetivo de cliente a ser atingido.

O manual destaca, porém, que a inspeção é por si só um processo também. A Figura 3 a seguir ilustra um processo como ele será avaliado neste trabalho, um conjunto de métodos e ações que visa transformar entradas em saídas para atender uma necessidade ou requisito de cliente.

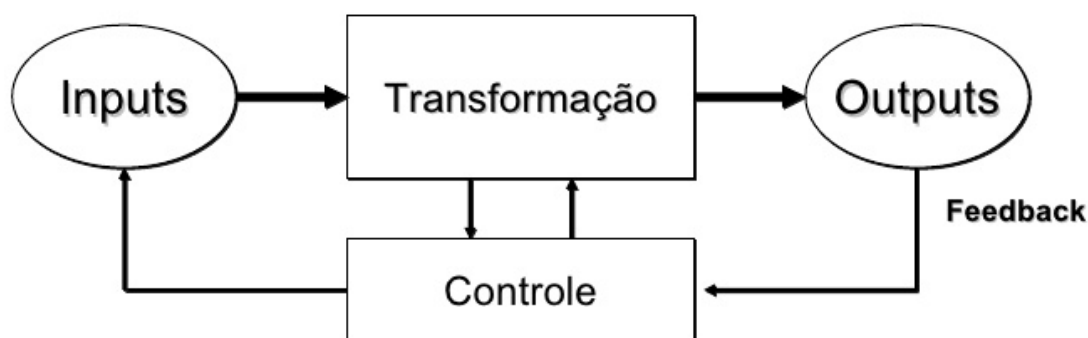


Figura 3 - Diagrama de Processo
Fonte: Carllos Souza

Ainda segundo o Manual do MSA 4ª Edição de 2010, a indústria tem visto o processo de medição como “caixa preta” onde o foco era dado quase exclusivamente ao equipamento com o raciocínio de que quanto mais importante e crítico fosse o parâmetro avaliado, maior o valor investido no instrumento que irá mensurá-lo, raramente o ambiente, o operador e a aplicabilidade deste equipamento eram questionados e, por consequência, nem sempre esse equipamento gerava o retorno esperado, por ser usado de forma inadequada ou, em alguns casos, nem ser usado. A Figura 4, também baseada no Manual aqui referido, demonstra o que há dentro da “caixa preta” do processo de medição, a análise dos valores é parte integrante e indispensável desta etapa e sua não aplicação pode intervir na busca por resultados bem como afetar no momento da geração dos mesmos.

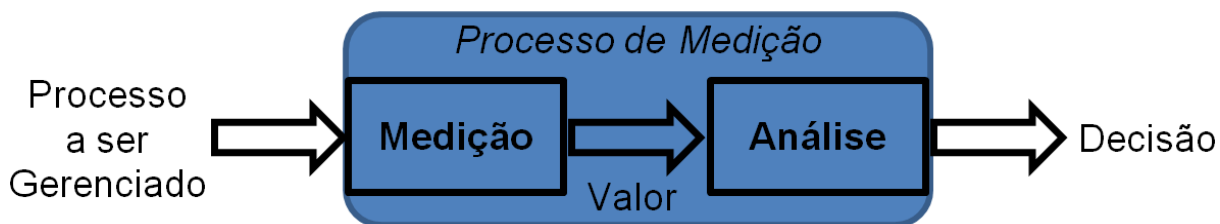


Figura 4 - "Caixa Preta" do Processo de Medição
Fonte: Própria

No procedimento de análise, serão levadas em conta as propriedades estatísticas dos Sistemas de medição, bem como será feito um levantamento das fontes de variação que segundo o manual, tem suas causas levantadas em torno de cinco elementos essenciais do sistema de medição: Peça, Instrumento, Pessoa, Procedimento e Ambiente, sendo que os fatores que as afetam devem ser compreendidos para que possam ser controlados ou eliminados.

O Anexo A mostra um diagrama de causa e efeito retirado do Manual do MSA que apresenta algumas fontes potenciais de variação de medição.

2.2 ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO (MSA)

Measurement system analysis (MSA) é um procedimento sistemático capaz de identificar a fonte de variações nas avaliações de precisão e exatidão dos instrumentos de medição utilizados em um sistema de medição. Com um estudo de MSA é possível: determinar a extensão da variação observada causada por um instrumento; Identificar as causas das variações em um sistema e avaliar a capacidade de um instrumento.

MSA é uma ferramenta importante no escopo do *Six Sigma* e da normativa ISO/TS 16949 por permitir uma análise que relaciona as entradas e saídas em um processo de manufatura permitindo avaliar e entender as variações causadas pelos fatores envolvidos: pessoas, máquinas, materiais, métodos e o ambiente utilizado para obtenção dos dados. Aplicando cartas e técnicas estatísticas, o MSA permite a análise dos erros gerados pelo sistema de medição bem como a avaliação dos instrumentos e dos operadores envolvidos. Se os erros que ocorrem com os instrumentos de medição e seus operadores forem significantes, isso indica que os

resultados de medição não são confiáveis e tornam as saídas do processo duvidosas. Um sistema ideal de medição deve, estatisticamente, apresentar zero erro em relação ao produto medido, o que é impossível na prática.

Para esta aplicação, três características básicas devem ser atendidas na medição: 1- O sistema deve contar com uma divisão de escala apropriada sendo capaz de identificar 1/10 do valor total 6σ do processo, ao contrário do que se acredita e é usual no ambiente industrial onde se pratica 1/10 da tolerância. 2- O sistema de medição deve ter estabilidade estatística em um momento específico de avaliação, sendo que isso se aplica não somente ao instrumento de medição, mas sim a reprodutibilidade como um todo. 3- Os erros de medição devem ser estatisticamente condizentes com a faixa de valores esperada, garantindo que esses valores possam posteriormente ser usados na análise e controle do processo. (BARRANTINE, 1991)

Ou seja, os dados devem apresentar boa exatidão e precisão. Sendo que, exatidão se refere à diferença entre o valor medido e o valor real da amostra, enquanto precisão denota a variação dos resultados de um instrumento medindo repetidamente a mesma amostra. Além disso, o fator precisão pode ser subdividido ainda em dois elementos: repetitividade e reprodutibilidade. Sendo primeiro causado pelo instrumento de medição e o segundo a variação resultante do sistema de medição.

2.3 Estudos de R&R

Resultados de medição se tornam imprecisos sem o sistema de medição adequado para avalia-los e monitorá-los, o que posteriormente irá culminar em cálculos também imprecisos com relação às capacidades do processo.

O método mais comumente utilizado na indústria automobilística, em especial as três maiores empresas americanas do ramo (GM, Ford e Chrysler) é o *Long Form*, construído baseado no manual do MSA (AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG), 2010). Esta estratégia é capaz de estimar a variação total de R&R e a razão entre precisão e tolerância (P/T), tendo sido desenvolvida especificamente para fins de qualidade sem uma base estatística. Neste caso o valor médio

observado nas medições deve se aproximar do valor verdadeiro do produto, enquanto a variação deve ser inferior a 10% da variação total do processo. O valor da Capacidade do Processo (CP) é mostrado na fórmula (1) abaixo, sendo Tolerância o limite de especificação e σ o desvio padrão dos valores obtidos.

$$CP = \frac{\textit{Tolerância}}{6\sigma} \quad (1)$$

(BARRANTINE, 1991) apresentou uma forma de estudo de R&R contando com um sistema de medição que poderia ser formado por menos de 10 amostras ou apenas um operador. E propôs também que valores aceitáveis para julgar a precisão do instrumento de medição, calculado conforme a fórmula (2) é de 10% a 20%, enquanto valores menores que 10% são tidos como excelentes, valores entre 20% e 30% estão no limite da aceitação e valores maiores são inaceitáveis e, portanto, requerem ajustes.

$$\%R\&R = \frac{\sigma_{\textit{instrumento}}}{\sigma_{\textit{Total}}} \times 100 \quad (2)$$

Além disso, pode-se basear também na tabela contida no (AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG), 2010), para julgar estes valores:

RR	Decisão	Comentários
Abaixo de 10%	Sistema de medição geralmente considerado aceitável	Recomendável, especialmente útil quando tentamos ordenar ou classificar peças ou quando for requerido um controle apertado do processo.
Entre 10% e 30%	Poder ser aceito para algumas aplicações	A decisão deve ser baseada primeiro, por exemplo, na importância da aplicação da medição, custo do dispositivo de medição, custo do retrabalho ou reparo. O sistema de medição deve ser aprovado pelo cliente.
Acima de 30%	Considerado inaceitável	Todos os esforços devem ser tomados para melhorar o sistema de medição. Esta condição pode ser resolvida pelo uso de uma estratégia apropriada para a medição; por exemplo, utilizar a média de diversas medições da mesma característica da mesma peça a fim de reduzir a variabilidade da medida final.

Tabela 1 - Julgamento dos valores de R&R - AIAG - MSA Manual
Fonte: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG), 2010

3 METODOLOGIA

Com o intuito de desenvolver uma estratégia para alinhar os sistemas de medição entre cliente e fornecedor, serão feitos estudos comparativos entre os resultados dimensionais de ambos a fim de garantir que os resultados entre eles sejam válidos e condizentes entre si. Este resultado garantiria que os sistemas são equivalentes, ou seja, se ambos avaliarem a mesma peça a variação deve ser nula ou mínima a ponto de não afetar o julgamento entre aprovação ou reprovação da mesma. Baseado no método da Média e da Amplitude do Manual do MSA, fornecedor e cliente devem gerar 90 resultados sendo utilizadas 10 peças, 3 avaliadores em 3 avaliações a serem registrados em uma folha de coleta (ANEXO A).

Na empresa avaliada, e em outras do mesmo ramo, este estudo é largamente aplicado para avaliar o R&R do sistema de medição, verificar a capacidade da medição e a qualidade do instrumento de medição, em suma para atestar a validade de um sistema de medição. O procedimento de levantamento dos dados para análise se dará da seguinte forma: Este trabalho se dará seguindo a Diretriz do MSA, o estudo será conduzido de maneira a validar o processo de inspeção de

recebimento na empresa em questão. Nesta seção será mostrado como o trabalho será desenvolvido, bem como serão relacionados os materiais (peças, instrumentos de medição, pessoal, etc.) e os métodos de trabalho (a construção de planilhas de cálculos e outras ferramentas pertinentes no desenvolvimento do trabalho).

3.1 Descrição da Metodologia

O primeiro passo para descrever a metodologia aqui utilizada será a elaboração de um cronograma seguindo o fluxograma de desenvolvimento de atividades para a validação, esta etapa garante que o estudo do sistema de medição seja aplicado corretamente sendo realizado passo a passo conforme se pode ver no fluxograma abaixo.

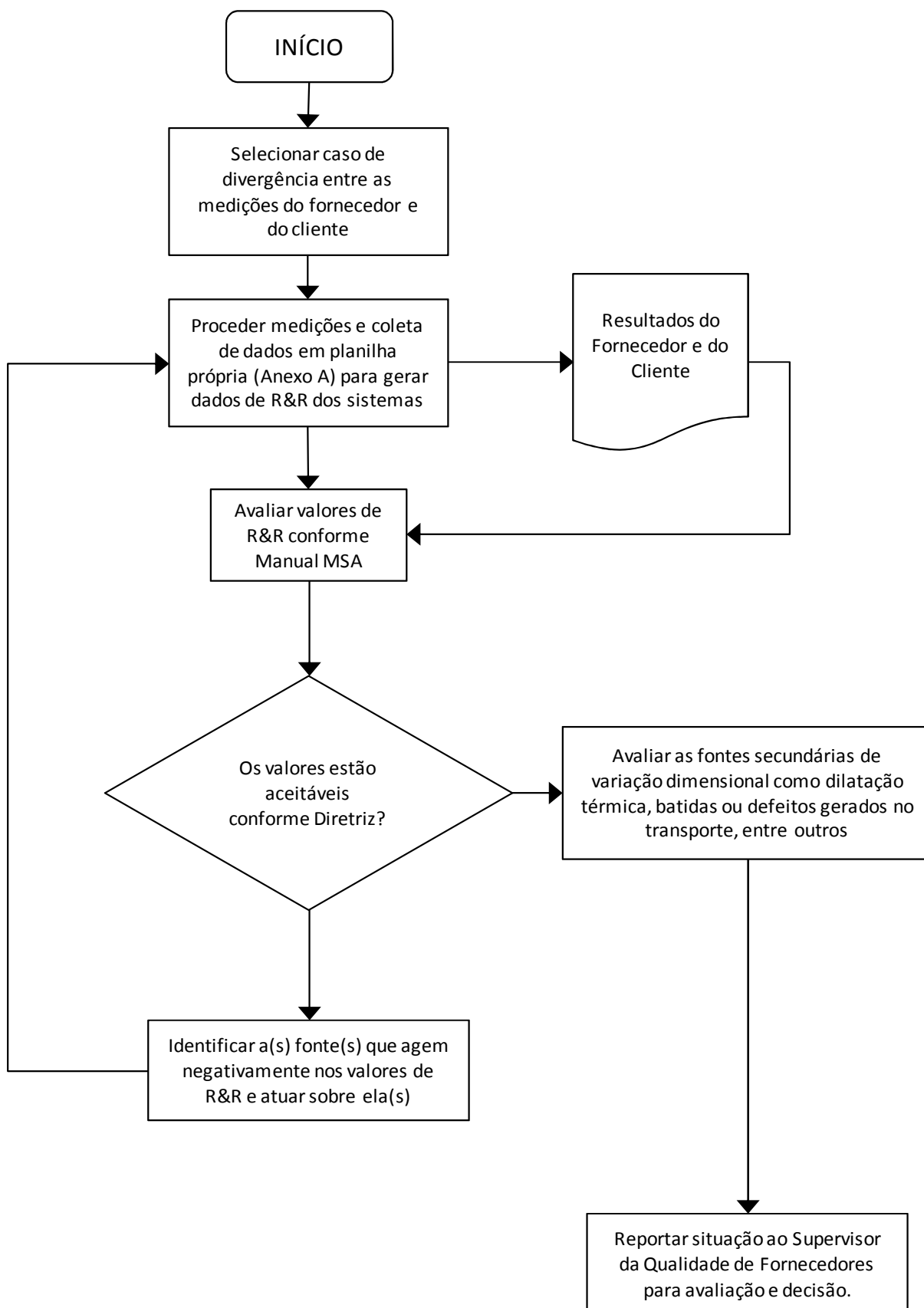


Figura 5 - Fluxograma do processo de execução do cronograma do MSA

Fonte: Própria

As atividades de desenvolvimento da pesquisa se darão com base neste fluxograma. Conforme informado anteriormente, os casos com esta divergência entre os resultados dimensionais ocorrem com frequência, portanto, será selecionado pelo autor deste projeto de pesquisa um caso inicial para análise. Sendo identificada a fonte da variação, usando a metodologia selecionada, as correções serão acordadas com as partes interessadas do cliente e do fornecedor, e uma nova verificação será feita.

Ao final do trabalho, este processo de análise do sistema de medição será implementado juntamente ao desenvolvimento das atividades de aprovação do item para produção (*PAPP*), para que desde o início do processo, o item seja medido seguindo as mesmas estratégias tanto no fornecedor quanto no cliente.

De acordo com a metodologia adotada, pelo método das Médias e das Amplitudes, o valor de R&R é capaz de validar o sistema de medição e, com isso, será possível estabelecer um comparativo entre os sistemas avaliados neste trabalho. O julgamento dos resultados obtidos será feito pelo próprio autor do trabalho, cabendo ao seu supervisor aprovar esta avaliação. As fontes de variação entre os resultados, ou seja, aquelas que afetam os valores de R&R serão registradas e os responsáveis (do fornecedor ou cliente) deverão agir sobre elas de modo a alinhar as estratégias de medição e tornar os valores de Repetitividade e Reprodutibilidade aceitáveis (na metodologia aqui adotada, valores inferiores a 10% para R&R).

3.2 Justificativa da Metodologia

O Manual do MSA é o texto que estabelece a diretriz do processo de validação do sistema de medição, portanto, segui-lo é estar de acordo com os procedimentos aceitos como válidos e pertinentes no ambiente industrial. Os estudos se darão na empresa em questão, da mesma forma que são exigidos os estudos de seus fornecedores, bem como em concordância com os requisitos de clientes (montadoras). Serão analisados criticamente os sistemas de medição com o apoio de profissionais com experiência na área, bem como interessados nos seus

resultados e, portanto, atentos a todos os fatores que devem ser levados em consideração.

3.3 Produtos do Projeto

O cotidiano no ambiente estudado demonstrou que o setor de Qualidade de Fornecedores vem sofrendo com a discussão aqui apresentada. O “retrabalho” das medições, o questionamento por parte dos fornecedores e o custo agregado a cada vez que isso acontece, afetam a produtividade e a qualidade do trabalho deste setor. Em comum acordo com os gestores da área, aproveitou-se a oportunidade de desenvolver um trabalho aplicando conhecimentos de Engenharia Mecânica para resolver ou ao menos minimizar estas perdas. O trabalho contará com uma documentação de cálculo de Repetitividade e Reprodutibilidade que estará à disposição da empresa em questão, mas terá principalmente, uma estratégia de alinhamento das inspeções de recebimento a ser reproduzida sempre que se julgar necessário, quando se buscar melhorar a qualidade do processo, ou ainda para atender um eventual requisito de cliente. Os benefícios da aplicação deste procedimento estarão descritos nos aspectos operacionais a seguir.

4 ASPECTOS OPERACIONAIS

4.1 Folha de Coleta de Dados

A fim de garantir a menor variação possível em todo o processo, será usada uma folha de coleta de dados padrão em formato Excel® conforme Anexo A – Folha de Coleta de Dados, produzida para análise dos sistemas de medição na empresa em estudo.

4.2 Cronograma das Etapas do Tcc

Baseado no Manual do MSA 4ª Edição de 2010, algumas etapas devem ser cumpridas para que os objetivos possam ser atingidos, estes estudos demandam tempo, material e instrumentação específicos, bem como alocam horários nas

agendas de cada operador envolvido. A fim de atender os prazos da disciplina, bem como ter um norte e apresentar uma solução para o problema da empresa, fora elaborado um cronograma que lista as principais atividades ao serem desenvolvidas, bem como seu responsável e seus prazos. O Cronograma pode ser encontrado no Apêndice B deste documento e em planilha em formato Excel®. Alterações que possam ocorrer em função de pessoal ou material, serão acordadas com o professor orientador e o gestor do aluno na empresa em estudo e serão documentadas.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Seleção do item

Fora selecionado como alvo desta análise, um conector fornecido por uma empresa da região metropolitana de Curitiba, que passou por repetidas reprovações em inspeções de recebimento na empresa em estudo. O mesmo era inspecionado no fornecedor, eram gerados relatórios de conformidade para liberação do lote, porém, ao ser recebido era reprovado na análise dimensional. O caso, que inicialmente passou despercebido, tornou-se alvo deste estudo devido à reprodução deste modo de acontecimento em outros itens, alguns similares, outros totalmente diferentes. O que sugeria que não necessariamente havia um erro dimensional no produto “conector” e sim nos sistemas de medição envolvidos.

Esta seleção contou com critérios que favorecessem o livre acesso à informação e a dados relevantes ao estudo, de maneira que o autor deste documento pudesse acompanhar a realização dos estudos *in loco* e assim aprofundar as análises sobre o que eventualmente estivesse gerando estas não conformidades.

Na Figura 6 abaixo, há o detalhe da cota que será inicialmente utilizada para o estudo proposto, o restante do documento (desenho) fora suprimido a fim de reduzir a divulgação de dados confidenciais da empresa em estudo.

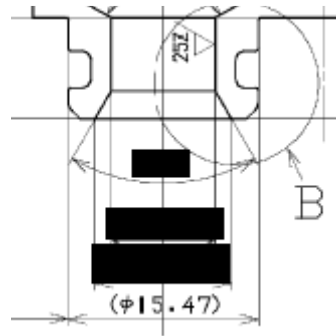


Figura 6 - Detalhe desenho da cota em estudo

A falha no diâmetro $\varnothing 15,47$ mm (tolerância $+0,00/-0,08$) mostrado na figura acima poderá ocasionar falha de vedação do conector no condensador do veículo, permitindo o vazamento do gás refrigerante que circula no sistema de ar condicionado do mesmo, caso esteja menor que a especificação. Caso esteja menor, a montagem será afetada, impedindo a utilização do item. Ambos os casos são passíveis de reprovação na análise dimensional de recebimento, antes mesmo de liberar o lote de peças para ser estocado.

5.2 Análise no fornecedor

Tendo definida a grandeza a ser analisada, que é um dos itens integrantes da inspeção de recebimento do mesmo na empresa em que se dá este estudo, agora ter-se-ia o início das análises que visam revelar a causa-raiz das divergências nas inspeções dimensionais do item em questão. A primeira delas fora realizada nas dependências do fornecedor do Conector analisado, localizada na região metropolitana de Curitiba.

Apesar de, na aprovação do PAPP, já ter sido enviado este tipo de estudo ao cliente, em virtude dos problemas ocorridos citados anteriormente e do objetivo desta análise, julgou-se necessário refazer o estudo de MSA, a fim de garantir o levantamento de dados suficientes, que possam acusar ou dar uma diretriz de onde se encontrariam as principais divergências.

O primeiro ponto avaliado na visita, fora o treinamento dos operadores que participariam do estudo, todos possuem registro documentado de que foram

treinados e estão aptos a realizarem a atividade, os treinamentos foram ministrados por um profissional com capacidade técnica atestada para tal função, capacidade esta também devidamente documentada.

Além disso, o paquímetro a ser utilizado durante os testes fora calibrado e aprovado para esta finalidade, o mesmo é armazenado em ambiente de umidade e temperatura controladas no laboratório de metrologia, que atende à normativa ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005. As análises são todas feitas no mesmo ambiente citado.

Nas dependências do fornecedor, no laboratório onde é realizada a inspeção final deste item, antes de liberar o lote para embalagem, há um dispositivo de fixação que permite que o operador coloque a peça de uma maneira que ela não se movimenta durante as medições e continua acessível ao instrumento, isso faz com que todas as medições se deem de maneira similar, com a peça na mesma posição, independente do operador.

Os resultados encontrados são mostrados na Figura 7 abaixo retirada do Anexo A que é a folha padrão de coleta de dados, apresentada na proposta deste trabalho, esta forma de apresentação dos dados facilitará a interpretação dos mesmos.

COLETA DE DADOS												
PEÇAS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MÉDIAS
OPER. A	1ª Leitura	15,440	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,450	
Nome :	2ª Leitura	15,450	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,470	15,500	15,460	
	3ª Leitura	15,450	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,460	
	Média	15,447	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,463	15,500	15,457	Xa 15,465
	Amplitude	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	Ra 0,003
OPER. B	1ª Leitura	15,450	15,490	15,460	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,450	
Nome :	2ª Leitura	15,450	15,490	15,450	15,460	15,460	15,470	15,440	15,470	15,500	15,460	
	3ª Leitura	15,450	15,490	15,460	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,450	
	Média	15,450	15,490	15,457	15,460	15,467	15,470	15,440	15,463	15,500	15,453	Xb 15,465
	Amplitude	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	Rb 0,004
OPER. C	1ª Leitura	15,450	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,450	
Nome :	2ª Leitura	15,450	15,490	15,450	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,460	
	3ª Leitura	15,450	15,490	15,460	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,450	
	Média	15,450	15,490	15,453	15,460	15,470	15,470	15,440	15,460	15,500	15,453	Xc 15,465
	Amplitude	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	Rc 0,002
MÉDIA DAS PEÇAS		15,449	15,490	15,453	15,460	15,469	15,470	15,440	15,462	15,500	15,454	Xbar 15,465
												Rp 0,060

Figura 7 - Coleta de dados MSA no fornecedor

Estes dados permitem agora, a análise do sistema de medição conforme metodologia especificada. O método a ser utilizado é o método da Média e da Amplitude, cujo desenvolvimento será mostrado a seguir, a partir dos dados mostrados na Figura 7.

Antes de proceder a análise citada, é válido avaliar os dados presentes na tabela. Este tipo de levantamento de dados é criterioso e estratégico, e a forma de apresentação escolhida, permite fazer algumas deduções prévias.

Nota-se então que, apesar da proximidade dos valores, os resultados das medições dos três operadores apontam para a ocorrência de uma amplitude não nula na medição de algumas peças, atenta-se ainda um pouco mais, ao caso da peça de número 10, que apresentou a mesma amplitude com todos os envolvidos. Este ponto será explorado posteriormente, juntamente aos resultados da análise com os operadores da empresa na qual se desenvolve este trabalho.

Os valores dos parâmetros que influenciam nos cálculos são apresentados na tabela 2 abaixo. Sendo a tolerância do processo, a diferença entre os limites superior e inferior de especificação, dados estes retirados do desenho do produto. O fator k1 é um parâmetro referente ao número de vezes que as medições são repetidas, no caso deste estudo, 3 vezes. O parâmetro k2 é referente ao número de operadores que participaram do estudo. Enquanto o parâmetro k3 é relativo ao número de peças ensaiadas, neste caso serão 10 peças.

TOLER. DO PROCESSO		
80,000	µm	

VALOR DE K1	VALOR DE K2	VALOR DE K3
0,5908	0,5231	0,3146

Nº PEÇAS "K3" :	Nº CICLOS "K1" :	Nº OPER. "K2" :
10	03	03

Tabela 2 - Parâmetros de Influência MSA para o caso estudado
Fonte: AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG), 2010

De posse de todos os dados necessários à análise, agora é possível calcular todos os parâmetros necessários conforme o método da Média e da Amplitude

apresentado anteriormente, e chegar ao resultado do valor de R&R, necessário para aprovar ou reprová-lo o sistema de medição. A folha de coleta de dados em Excel® fora programada conforme a revisão bibliográfica deste trabalho, para que os cálculos fossem efetuados automaticamente.

A Figura 8 abaixo, retirada da folha de coleta de dados apresenta os resultados referentes ao ensaio.

AMPLITUDE MÉDIA	LIMITE DE CONTROLE INF.	LIMITE DE CONTROLE SUP.	D3 :	D4 :	XDif:	A2:	
$R_{\bar{bar}}$ 0,003	$LIC_{R_{\bar{bar}}}$ = 0,000	$LSC_{R_{\bar{bar}}}$ = 0,0080	0,00	2,58	0,0003	1,023	
LIMITE CONTROLE INF.	LIMITE CONTROLE SUP.	APROX. MÉDIAS	APROX. CÁLC.		d_2 :		
$LIC_{X_{\bar{bar}}}$ 15,462	$LSC_{X_{\bar{bar}}}$ 15,468	10	10		1,693		
CÁLCULOS DE REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE							
REPETIBILIDADE- VARIAÇÃO DO EQUIPAMENTO		Repetitividade e Reprodutibilidade :			REPRODUTIBILIDADE VARIAÇÃO ENTRE OPERADORES		
VE = 0,0018		R&R = 0,0018			VO = 0,0000		
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA			VARIAÇÃO DO PROCESSO				
Variação peça a peça		Variação Total		Variação Peça a Peça		Variação Total	
VP= 13,3333		VT= 13,3333		VP= 0,0189		VT= 0,0190	
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA (%) :				VARIAÇÃO DO PROCESSO (%) :			
VE	VO	R&R	ndc	VE	VO	R&R	ndc
0,01	0,00	0,01	10607,00	9,35	0,00	9,35	15,00
NÚMERO DE CATEGORIAS		VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA		VARIAÇÃO DO PROCESSO			
APROVADO		APROVADO		APROVADO			

Figura 8 - Resultados de R&R para análise no fornecedor

Nota-se que, considerando a recomendação do Manual do MSA apresentado anteriormente, este sistema está aprovado pois apresenta uma porcentagem de R&R de 9,35, encaixando-se na categoria englobada na primeira linha da tabela 1, usada para julgar a aceitabilidade e aplicabilidade de um sistema de medição.

5.3 Análise no cliente

Feita a análise no fornecedor, conforme cronograma planejado, o próximo sistema de medição a ser analisado é o do cliente, onde ocorrem as reprovações dos itens nas inspeções de recebimento, e é neste posto de trabalho que será feito o estudo. Originalmente o MSA é uma ferramenta desenvolvida para inspeções finais, conforme o manual, porém dada sua aplicabilidade e a forma de apresentação dos resultados, como já dito anteriormente, julgou-se esta ferramenta adequada para

analisar um sistema de medição genérico, independentemente de ser um ponto intermediário do processo produtivo.

Além disso, os postos onde foram feitas as inspeções com os operadores A e B, não estão em ambiente com temperatura e umidades controladas como no caso do laboratório do fornecedor. Apenas o operador C faz as inspeções em um laboratório com essas condições, pois este é um funcionário do terceiro turno e o único responsável pela operação da Máquina de medir por Coordenadas, portanto, todas as medições que este executa, são dentro do laboratório onde está instalada esta máquina.

Por esta inspeção, passa uma grande gama de itens diariamente, ou seja, um mesmo inspetor usa uma grande variedade de equipamentos ao longo do dia e não há, como no caso do fornecedor, dispositivos específicos para fixação dos itens a serem inspecionados, em virtude da alta rotatividade desta etapa do processo.

Porém, apesar disso, vale lembrar que reprovações nessas inspeções desencadeiam uma série de consequências bastante prejudiciais ao processo produtivo que podem vir a ser até mesmo onerosas para o cliente, em função das ações corretivas a serem tomadas diante dessa situação.

Os valores de tolerância do processo, e dos parâmetros k_1 , k_2 e k_3 são os mesmos mostrados na tabela 2, já que o estudo será repetido exatamente sob as mesmas diretrizes, alterando-se apenas os operários envolvidos, local e o instrumento utilizado.

A Figura 9 abaixo, retirada da folha de coleta de dados apresenta os resultados referentes ao ensaio.

COLETA DE DADOS													
		PEÇAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MÉDIAS	
OPER. A	1ª Leitura	15,460	15,530	15,470	15,480	15,470	15,480	15,520	15,460	15,500	15,460		
Nome:	2ª Leitura	15,460	15,530	15,470	15,480	15,470	15,490	15,520	15,470	15,500	15,460		
	3ª Leitura	15,470	15,530	15,470	15,490	15,480	15,490	15,530	15,460	15,510	15,470		
	Média	15,463	15,530	15,470	15,483	15,473	15,487	15,523	15,463	15,503	15,463	Xa	15,486
	Amplitude	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	Ra	0,008
OPER. B	1ª Leitura	15,460	15,520	15,480	15,480	15,470	15,480	15,520	15,460	15,500	15,460		
Nome :	2ª Leitura	15,470	15,530	15,480	15,480	15,470	15,490	15,520	15,470	15,510	15,460		
	3ª Leitura	15,470	15,530	15,480	15,480	15,480	15,490	15,530	15,460	15,510	15,470		
	Média	15,467	15,527	15,480	15,480	15,473	15,487	15,523	15,463	15,507	15,463	Xb	15,487
	Amplitude	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	Rb	0,008
OPER. C	1ª Leitura	15,430	15,500	15,450	15,440	15,440	15,470	15,500	15,440	15,490	15,450		
Nome :	2ª Leitura	15,430	15,500	15,450	15,440	15,440	15,470	15,500	15,450	15,500	15,450		
	3ª Leitura	15,440	15,500	15,460	15,450	15,450	15,470	15,510	15,450	15,500	15,460		
	Média	15,433	15,500	15,453	15,443	15,443	15,470	15,503	15,447	15,497	15,453	Xc	15,464
	Amplitude	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	Rc	0,008
MÉDIA DAS PEÇAS		15,454	15,519	15,468	15,469	15,463	15,481	15,517	15,458	15,502	15,460	Xbar	15,479
												Rp	0,064

Figura 9 - Coleta de dados MSA no cliente

Assim como no estudo feito no fornecedor, com uma pré-análise dos dados colhidos neste procedimento. Pode-se perceber que os valores médios obtidos são maiores que os valores obtidos nas medições nas dependências do fornecedor. A conclusão inicial que sai deste dado é que o estudo permitiu reproduzir a característica da falha que é objeto de estudo dessa análise.

As reprovações nas inspeções deste item estavam ocorrendo em virtude de o diâmetro verificado estar maior que o indicado no relatório dimensional do fornecedor, portanto, agora é possível trabalhar sobre estes resultados para tentar entender o motivo desta diferença e planejar uma estratégia para que este tipo de situação não volte a ocorrer.

Para concluir a análise, a figura 10 abaixo apresenta os valores dos resultados de R&R referentes a este ensaio:

AMPLITUDE MÉDIA	LIMITE DE CONTROLE INF.	LIMITE DE CONTROLE SUP.	D3 :	D4 :	XDif:	A2:	
$R_{\bar{b}}$ 0,008	$LIC_{R\bar{b}} =$ 0,000	$LSC_{R\bar{b}} =$ 0,0210	0,00	2,58	0,0227	1,023	
LIMITE CONTROLE INF.	LIMITE CONTROLE SUP.	APROX. MÉDIAS	APROX. CÁLC.		d_2 :		
$LIC_{\bar{x}}$ 15,471	$LSC_{\bar{x}}$ 15,487	10	10		1,693		
CÁLCULOS DE REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE							
REPETIBILIDADE- VARIAÇÃO DO EQUIPAMENTO		Repetitividade e Reprodutibilidade :			REPRODUTIBILIDADE VARIAÇÃO ENTRE OPERADORES		
VE = 0,0047		R&R = 0,0127			VO = 0,0118		
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA			VARIAÇÃO DO PROCESSO				
Variação peça a peça		Variação Total		Variação Peça a Peça		Variação Total	
VP= 13,3333		VT= 13,3333		VP= 0,0203		VT= 0,0239	
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA (%) :				VARIAÇÃO DO PROCESSO (%) :			
VE	VO	R&R	ndc	VE	VO	R&R	ndc
0,04	0,09	0,10	1476,00	19,74	49,39	53,19	2,00
NÚMERO DE CATEGORIAS		VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA		VARIAÇÃO DO PROCESSO			
REPROVADO		APROVADO		REPROVADO			

Figura 10 - Resultados de R&R para análise no cliente

Como se pode notar, o resultado desta análise traz a uma porcentagem de R&R de 53,19, um valor que acaba por reprovar o sistema de medição aplicado, conforme recomendação do Manual do MSA.

Em uma primeira análise, o que se pode notar é que há uma grande diferença dos valores médios observados nos resultados dos operadores A e B para com os valores obtidos no ensaio com o operador C. Um resultado esperado até certo ponto, haja vista a observação de que estes ensaios foram operados em ambiente de temperatura e umidade controladas.

Porém, mesmo estes últimos resultados estando mais próximos dos valores obtidos pelo fornecedor, ainda há discrepância entre os mesmos no mesmo sentido anteriormente comentado, ou seja, os valores ainda estão maiores que os resultados obtidos na inspeção de saída do fornecedor. Logo, pode-se pressupor neste ponto que há ainda, mais alguns pontos a serem considerados, que serão objeto de estudo da continuação deste trabalho.

5.4 Análise Comportamental

As indústrias do ramo automobilístico, juntamente as indústrias do ramo aeronáutico, apresentam os padrões extremamente rígidos de controle e

monitoramento da qualidade. Em uma observação simples, baseada apenas em limites de controle e especificações relativas a cada aplicação, ficam atrás apenas das indústrias dos ramos militar e aeroespacial.

Estes rígidos padrões, pré-estabelecidos em normalizações comuns a toda a cadeia de fornecedores, estabelecem que métodos de avaliação e comparação sejam largamente validados e aplicados para controle e manutenção de padrões de qualidade.

Para isso, um amplo conhecimento em engenharia é aplicado ao longo de toda a cadeia produtiva, até os processos de inspeção, que também devem ser monitorados conforme os mesmos padrões de qualidade aplicados à produção propriamente dita.

No caso em análise, nota-se que os resultados obtidos no processo de inspeção do cliente, aquele que cobra o atendimento aos padrões de qualidade do seu fornecedor, apresentam uma pequena defasagem, cujas causas-raízes serão analisadas na próxima seção.

Porém, antes de prosseguir à esta análise, deve-se observar a importância do trabalho de engenharia em todas as esferas do ambiente industrial. Com a difusão do método de produção puxada e o *Just-in-Time*, o desenrolar das atividades cotidianas dos colaboradores tende a ficar cada vez mais mecanizada e repetitiva, o que pode acabar por mascarar erros, levando o processo a conviver com eles.

Neste âmbito, cabe ao engenheiro questionar os métodos de trabalho utilizados, levando em conta todos os parâmetros que possam influenciar a qualidade do processo. Ser capaz de enxergar as deficiências do processo ou aplicar as ferramentas necessárias para exteriorizar os pontos fracos do processo é de importância fundamental para garantir atendimento às normas de qualidade e melhoria contínua.

Por padrão, neste caso, seria admitido que as inspeções do cliente estão corretas e o fornecedor deveria promover o esforço em melhorar seus produtos até que as inspeções de recebimento aprovassem os itens pois, teoricamente o padrão de qualidade em uma cadeia puxada é ditado pelo cliente.

Porém, para garantir a qualidade total dos produtos, todas as etapas do processo devem ser levadas em conta e, como esta análise demonstra, as inspeções de recebimento do cliente apresentam uma pequena defasagem, a qual ao ser analisada deve trazer à tona os motivos de tal divergência.

Em resumo, cabe ao engenheiro questionar as premissas pré-estabelecidas afim de levantar as causas-raízes de falhas em situações em que outros profissionais poderiam ignorar ou tomar como verdade absoluta. Na próxima seção, proceder-se-á a dita análise para determinação dos motivos das divergências nos ensaios dimensionais.

5.5 Análise das Causas-Raízes

Como observado na seção anterior, é fato que há um modo de falha induzindo a uma discrepância entre os resultados das inspeções dimensionais deste item. Porém, não é simples inferir no(s) motivo(s) que leva(m) a esta situação. É preciso uma análise de engenharia para que se possa chegar à causa-raiz desta situação e, depois disso, atuar de maneira corretiva, para que o problema não volte a ocorrer.

Para esta análise, todos os pontos que envolvem um sistema de medição devem ser levados em conta, de maneira que caso haja mais de um modo de falha presente na situação estudada, todos sejam englobados no estudo.

Portanto, neste caso, uma ferramenta que permite levantar de maneira dinâmica e visual todas as influências do sistema de medição é o *Diagrama de Causa-Efeito* também conhecido como *Diagrama de Ishikawa* ou ainda *Espinha de Peixe* dada sua maneira construtiva.

O preenchimento do Diagrama de Causa-Efeito se dá com a participação das partes interessadas e com profissionais que possuam *know-how* a respeito do assunto, para que possam colaborar com o levantamento das possíveis causas envolvidas no processo. Na Figura 11 abaixo, pode-se ver o referido Diagrama na sua construção final para esta situação.

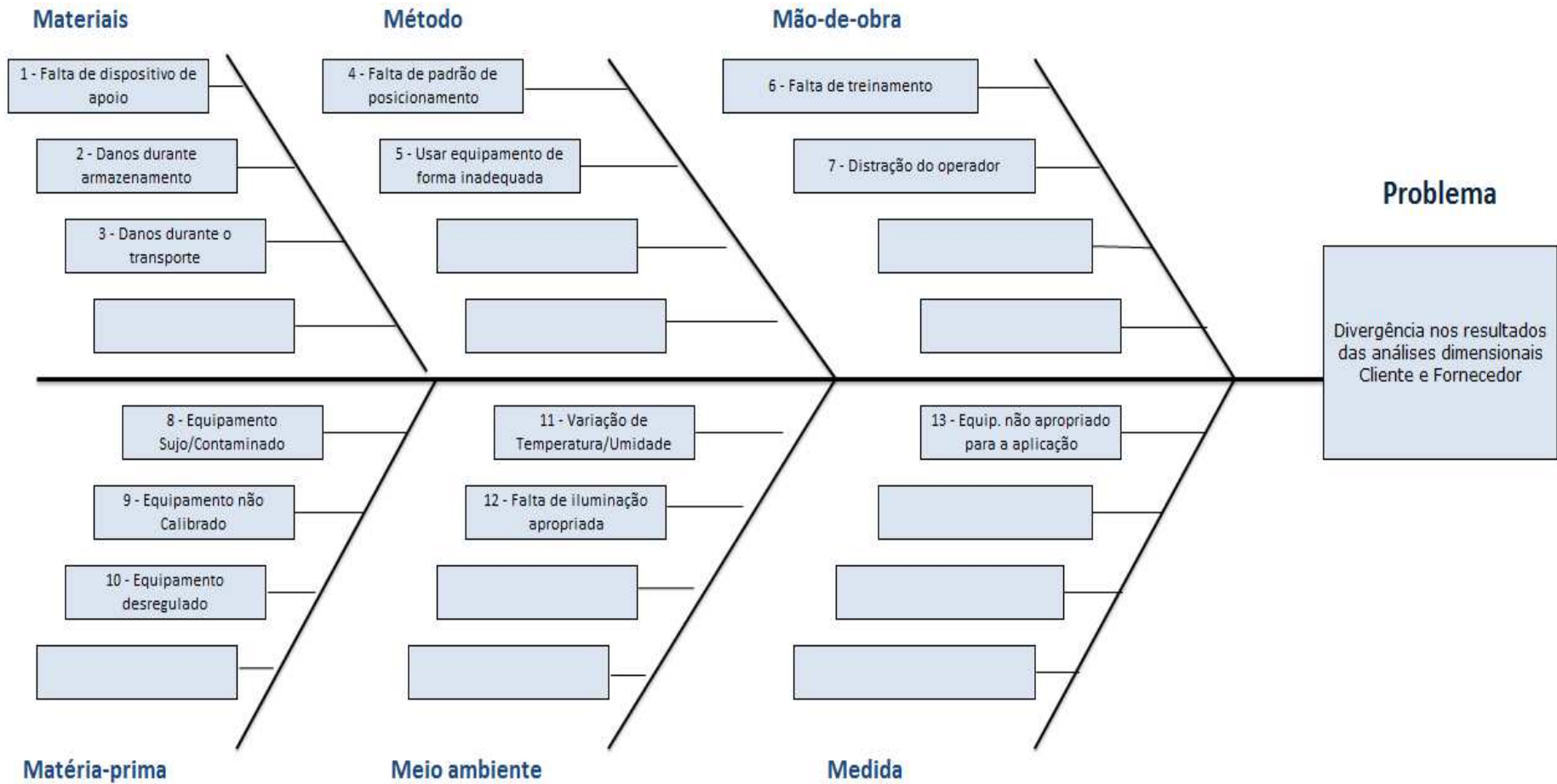


Figura 11 - Diagrama de Ishikawa para análise de possíveis Causas-Raízes

Os resultados deste diagrama servem como entrada para o próximo passo da análise, que se dará com o uso do Diagrama de *Dificuldade x Impacto* que permitirá a seleção das ações que promovem maior impacto e que possuam menor dificuldade, para que assim se possa atingir resultados mais expressivos em menos tempo e com pouco ou nenhum custo.

Assim como o *Diagrama de Causa-Efeito*, o *Diagrama de Dificuldade x Impacto* é elaborado com o auxílio de colaboradores que conhecem e/ou participam do processo, que permitem assim pontuar a exata localização de cada item no diagrama, conferindo confiabilidade à análise.

Na Figura 12 abaixo, pode se ver a conclusão do *Diagrama de Dificuldade x Impacto* com os itens numerados de acordo com sua classificação no *Diagrama de Causa-Efeito*. Nota-se que os itens de menor dificuldade e maior impactos são os números 11 (Variação de Temperatura/Umididade), 9 (Equipamento Não Calibrado) e 4 (Falta de padrão de posicionamento), que serão alvos principais deste estudo.

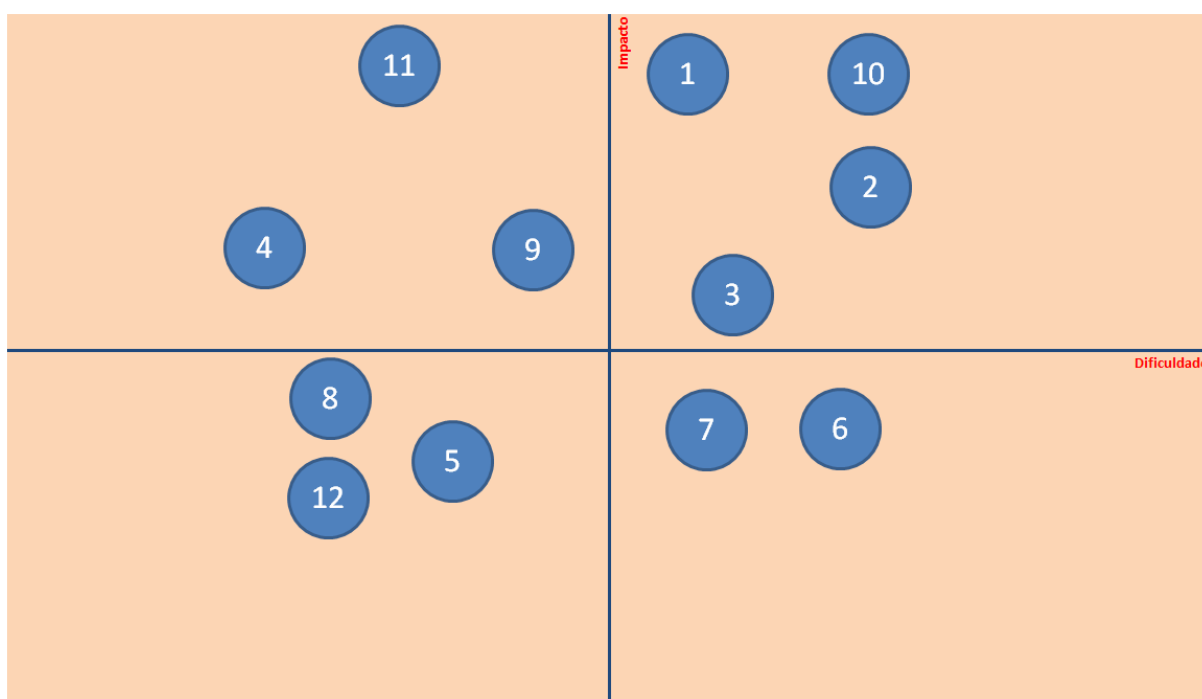


Figura 12 - Diagrama de Dificuldade x Impacto

Vale lembrar que esta ferramenta, aliada ao conhecimento dos envolvidos no processo, ajuda a identificar as principais ações a serem executadas anteriormente às outras, porém, não torna as demais menos importantes sendo que todas ainda são possíveis causas-raízes, apenas tendo menor impacto e maior dificuldade para resolução.

Ou seja, as demais ações podem ser onerosas tanto temporal quanto financeiramente e trazer resultados pouco ou nada expressivos frente aos outros pontos de análise.

Desta forma, como foi sugerido na etapa inicial deste trabalho, o objetivo seria utilizar ferramentas conhecidas e validadas para identificar as causas-raízes das divergências nos resultados das inspeções dimensionais entre expedição do fornecedor e recebimento do cliente e assim procedimentar ações para evitar a reocorrência destes casos. O desenrolar destas ações será visto na próxima seção.

6 AÇÕES CORRETIVAS

6.1 Variação de Temperatura/Umidade – nº11

É conhecida a influência dos parâmetros relacionados a ambiente nos resultados de medições de grandezas dimensionais. Esta influência se dá devido principalmente à sensibilidade térmica dos materiais à variação de temperatura. Com o aumento da temperatura, os corpos (especialmente os metálicos) dilatam, mudando sua estrutura dimensional.

Pressupõe-se que, no momento do projeto, estas variações dimensionais são consideradas para a aplicação da peça em questão, porém, no momento da inspeção, a mesma deve ser verificada em seu estado zero, ou seja, estritamente conforme desenho, em condições normais de temperatura e umidade, já que essas inspeções são responsáveis por garantir que a peça atende suas especificações antes de se tornar funcional (ser montada e utilizada).

Sabendo-se disso, fora incluído nos procedimentos e instruções de trabalho pertinentes da empresa em questão, a necessidade de se considerar que as divergências possam ser, em primeiro plano, por fatores ambientais.

Logo, para todo item reprovado por motivos dimensionais no ambiente em que é hoje efetuada a inspeção, o procedimento adotado será o que se descreve no texto abaixo, retirado do procedimento revisado e aprovado pela supervisão e gerência da área de qualidade:

“Para todo caso de item reprovado por motivo dimensional nas inspeções de recebimento comuns (aquelas realizadas fora do laboratório de metrologia), deve-se identificar as peças inspecionadas, dobrar o tamanho da amostra coletando peças aleatoriamente do mesmo lote e encaminhar para medição em ambiente controlado (laboratório de metrologia), no qual os itens devem, juntamente ao instrumento, permanecer por pelo menos 2 (duas) horas antes da inspeção para efeitos de adequação climática. Caso o item persista reprovado, proceder o informe de rejeição normalmente conforme Instrução de Trabalho. O mesmo vale para o caso de o item ser aprovado nesta segunda inspeção.”

A validade desta ação pode ser comprovada pelos mesmos resultados desta análise obtidos no item 5.3 *Análise In-house* na qual se observa a variação entre inspeções pelo simples fato de o operador realiza-las em ambiente com temperatura e umidade controladas.

Sendo assim, caso este seja o único motivo das divergências nos resultados, o operador tem autonomia para resolver a situação sem fugir do seu escopo de trabalho, o que promove ainda a aplicação de novos conceitos que vêm sendo aplicados na indústria como a “autonomação”, onde o operador tem autonomia para verificar, validar uma avaliação e inferir no processo por sua própria conta.

6.2 Equipamento não calibrado – nº9

O processo de calibração de instrumentos de medição consiste na avaliação da variação do seu funcionamento comparado a um padrão de medida e, de acordo com esse resultado liberá-lo ou não para o uso. Logo, é importante manter uma rotina de calibração dos instrumentos utilizados para inspeções afim de garantir que essa variação não se torne prejudicial aos resultados das inspeções.

Na empresa em questão, todos os instrumentos possuem registro, plano de calibrações e inspeção rigorosamente controlados e atualizados, porém, como se viu

na essência deste trabalho, é importante questionar as premissas, logo, quando da ocorrência destas divergências, cabe ao responsável pela inspeção verificar a validade da calibração do seu instrumento quando do seu uso utilizando-se da rastreabilidade gravada no mesmo.

6.3 Falta de padrão de posicionamento – nº4

Alguns itens permitem variação nos resultados dimensionais dada a sua forma construtiva, especialmente cita-se os diâmetros internos e externos, quando há a dificuldade de posicionar os instrumentos exatamente na linha que delimita esta grandeza passando pelo centro da circunferência, entre outros casos conhecidos no ambiente da metrologia.

Na Análise feita no item 5.2 *Análise in Loco no Fornecedor*, fora observado que, dada a especialidade do produtor em fornecer esse tipo de produto, o mesmo possuía um dispositivo de posicionamento para o item a ser inspecionado, afim de garantir que em todas as inspeções sejam realizadas com a peça e o instrumento na mesma posição.

Com isso, erros como os citados no primeiro parágrafo dessa seção, e outros como o erro de paralaxe, são evitados ou até mesmo eliminados. O que garante uma maior reprodutibilidade dos resultados.

Neste caso, assim como na seção 6.1 deste trabalho, fora adicionado ao procedimento de trabalho, desta vez do engenheiro de qualidade e ao inspetor uma especificação para minimizar ou até mesmo zerar esse tipo de divergência:

“Nos casos em que a divergência se der na inspeção de recebimento do cliente e a solução de repetir a inspeção no laboratório de metrologia persistir reprovando o lote e, somado a isso, houve questionamento por parte do fornecedor em virtude de não estar sendo usado qualquer tipo de dispositivo para inspeção (que geralmente não está disponível nestas dependências), a solução ficará a critério do próprio fornecedor que poderá optar por receber o engenheiro de qualidade do cliente em suas dependências para realizar as inspeções com o uso do dispositivo ou, levar o dispositivo até as dependências do cliente para que se repita (no laboratório de

metrologia, com equipamentos e peças devidamente climatizados) a inspeção com o uso do dispositivo adequado.”

Além disso, em casos de itens com características críticas ao funcionamento do sistema instalado no veículo, pode-se cotar a fabricação de um dispositivo similar ao do fornecedor já na etapa de desenvolvimento do item, com valores a serem negociados entre cliente e fornecedor, afim de evitar os retrabalhos citados neste documento.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Implementação das ações

Feitas as alterações das documentações de trabalho citadas na seção anterior, os operadores e demais envolvidos foram devidamente treinados e instruídos a assim proceder para novos casos de divergências. Nos primeiros 3 (três) meses de atuação com a nova sistemática, foram 4 casos de lotes que precisaram ser levados ao laboratório de metrologia e foram posteriormente aprovados, e nenhum caso de equipamento não calibrado ou de questionamento do fornecedor quanto a utilização de dispositivos de posicionamento adequados.

Estes resultados atestam a robustez de ações práticas tomadas com base em levantamento de dados confiável, que permitiu ao avaliador enxergar prontamente as fontes de variação nos resultados das inspeções dimensionais.

Em um ambiente industrial, principalmente do ramo automotivo, é importante que se tenha a solução para problemas conhecidos diretamente ligada ao operador, para que situações possam ser desembaraçadas sem maiores esforços, paradas ou envolvimento desnecessário de pessoal. Como citado anteriormente, um lote reprovado na inspeção dimensional ocupa espaço em uma área de rotatividade de lotes para inspeção.

Garantir o pronto atendimento a este tipo de situação, garante que não haja perda de produtividade e menor desgaste por parte dos envolvidos. Além disso, vale ressaltar que ações são simples e robustas de modo que não demande maior

burocracia para sua execução e os registros gerados são os mesmos de uma inspeção normal, o que não altera o fluxo de trabalho dos inspetores.

7.2 Redução de Custo

Conforme mencionado na primeira parte deste trabalho existia, anteriormente à implementação das ações aqui citadas, um custo que poderia ser evitado quando da resolução deste tipo de situação.

Em um breve e simplificado levantamento, analisa-se um custo base médio de R\$ 1000,00 (hum mil reais) para cada vez que o Engenheiro responsável pelo fornecedor precisa se deslocar até as dependências do mesmo para que seja feita uma análise do sistema de medição de maneira presencial, para tentar resolver problemas de divergências nos resultados.

Tomando-se por base o ano de 2015, foram 16 casos desse tipo de deslocamento, logo, excluindo-se outros 33 casos em que o fornecedor se deslocou até as dependências do cliente, estima-se uma redução de custo anual de cerca de R\$16000,00 (dezesesseis mil reais) apenas com a implementação destas ações, o que pode ser apontando como *kaizen* na atividade de desenvolvimento de produto.

Isso sem considerar as horas de trabalho perdidas até que se chegue a uma solução, os retrabalhos, devolução de lotes, custos com frete, logística interna à empresa, entre outros fatores onerosos envolvidos nesse processo.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a diretriz MSA foi desenvolvida para validação de Sistemas de Medição e por ser de baixo (ou nenhum) custo extra à empresa em questão, a implementação desta atividades trouxe à tona a solução de uma situação problema com a qual os colaboradores da empresa conviviam de maneira indiferente. O ambiente de trabalho conta com a cultura japonesa onde o “KAIZEN” (*Melhoria Contínua*) não somente é recomendado como é requisito interno e de clientes, por norma inclusive. Em tempos em que a situação financeira é delicada, momento em

que historicamente o número de falhas aumenta em função da grande perda de *know-how* de todo o ambiente industrial em função da rotatividade empregatícia, ter uma estratégia de análise definida, baseada em uma diretriz internacionalmente utilizada e aplicada, pode ser um grande diferencial de redução de custo e aumento da competitividade no setor automobilístico.

Este é o padrão de ações robustas que as empresas esperam dos profissionais que atuam nestas áreas, garantir a qualidade dos produtos agindo na causa-raiz do modo de falha, o primeiro objetivo específico deste trabalho (Seção 1.3.1) é fundamental para garantir a não reincidência e confiabilidade dos produtos.

É importante estar atento e saber questionar as premissas para garantir que nenhum modo de falha ou possível causa-raiz passe despercebido frente à uma análise como essa, a fim de permitir a correta execução das ações aplicações das ferramentas.

Neste ponto é crucial a escolha de uma ferramenta possível e adequada ao processo que se analisa, o estudo de MSA mostrou-se eficaz diante desta situação garantindo o cumprimento do segundo objetivo específico como ferramenta válida e garantida para a situação.

Possibilitando assim a obtenção de diretrizes que levam ao cumprimento do terceiro objetivo, com o desenvolvimento de estratégias robustas de análise dos sistemas de medição possíveis de serem aplicadas no desenvolvimento de produto.

9 BIBLIOGRAFIA

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG). **Statistical Process Control (SPC), Reference Manual**, 2nd Edition, Southfield, MI, 2005.

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG). **Measurement System Analysis (MSA), Reference Manual**, 4th edition, Chrysler, Ford, GM, 2010.

BARRANTINE, L. B. **Concepts for R&R studies**, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI, 1991.

CERCAL, A. J. (. A. **Sistemática para Análise de Sistemas de Medição (MSA): Estudo aplicado em uma empresa fornecedora de produtos para a indústria automotiva**, XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, Bahia, 2009. 15 p.

DA FONSECA, M. P. **A Análise do Sistema de Medição (MSA) como ferramenta no controle de processos em uma indústria de dispositivos médicos descartáveis**, Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção 1. Análise do Sistema de medição I. EPD/UFJF II, 2008. 78 p.

ISO. **ISO/IEC17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories**, 2nd edition, 2005.

LINS, B. E. **Gestão da Qualidade**, 2009. Disponível em: <<http://gqpgunit.blogspot.com.br/2009/03/historia-da-qualidade.html>>. Acesso em: 4 de Abril de 2016.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Gauge Capability and Designed Experiments Part I: Basic Methods**, Quality Engineering, Vol.6, No.1, 1993. p. 115-135.

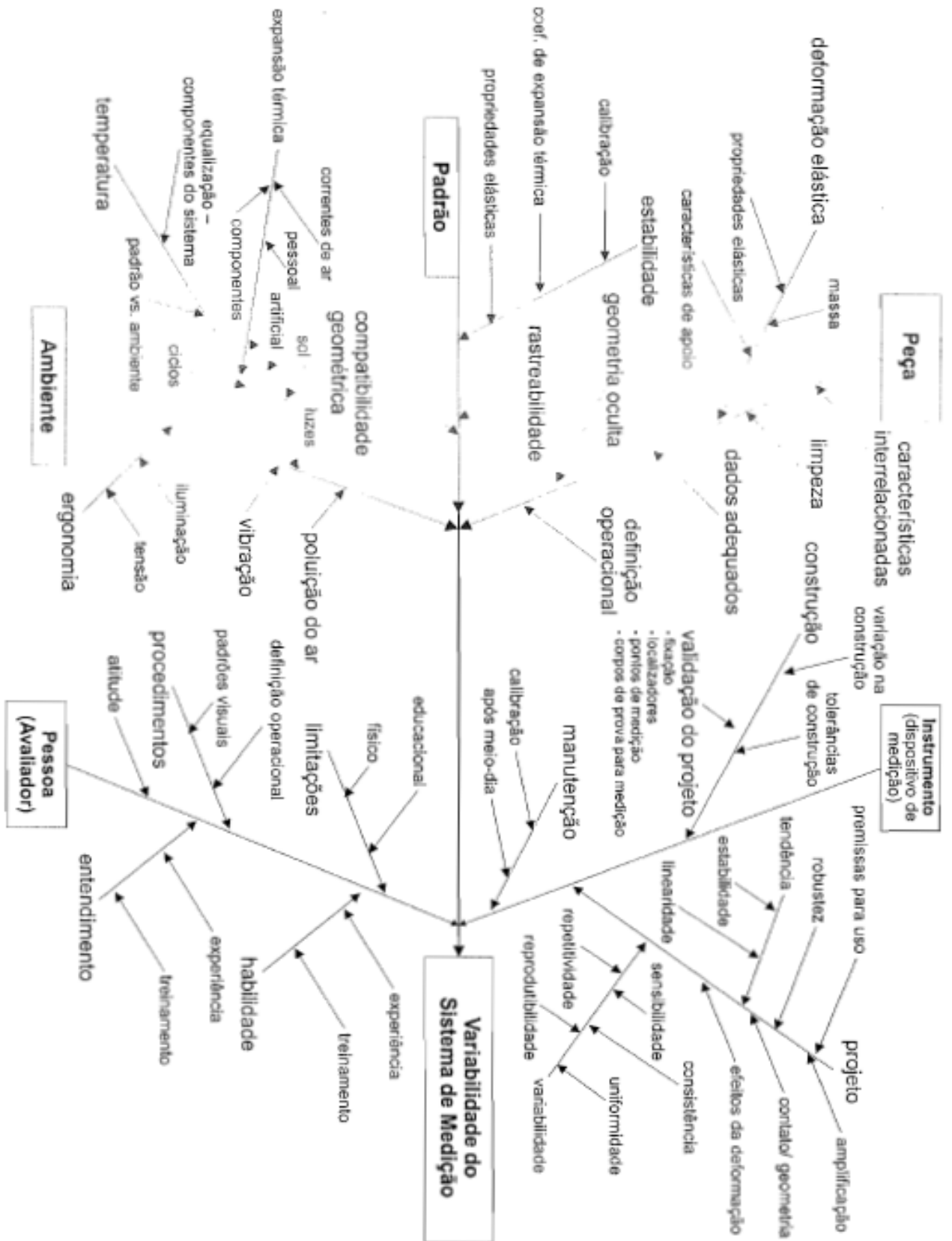
PAN, J.-N. **Determination of the optimal allocation of parameters for gauge repeatability and reproducibility study**, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.21, No. 6, 2004. p. 672-682.

PAN, J.-N. **Evaluating the Gauge Repeatability and Reproducibility for Different Industries**, Quality & Quantity, Vol.40, No.4, 2006. p. 499-518.

SOUZA, C. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/carlos.souza/gpii-aula-ii-slackcaptulo-ii-sistemas>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

STEVENS, N. T. et al. **Augmented Measurement System Assessment**, Journal of Quality Technology, Vol.42, No.4, 2010. p. 388-399.

APÊNDICE A – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO



ANEXO A – FOLHA DE COLETA DE DADOS

		ANÁLISE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO <u>REPETIBILIDADE & REPRODUTIBILIDADE</u> MÉTODO DA MÉDIA E AMPLITUDE										Nº: Data : 30/05/2016 Página : 01 de 02	
NOME E NO. DA PEÇA		PROCESSO			EQUIPTO. DE MEDIÇÃO			CÓDIGO		RESPONSÁVEL PELO ESTUDO			
COLETA DE DADOS													
PEÇAS													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MÉDIAS	
OPER. A	1ª Leitura												
Nome:	2ª Leitura												
	3ª Leitura												
	Média	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Xa #DIV/0!	
	Amplitude	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Ra 0,000	
OPER. B	1ª Leitura												
Nome :	2ª Leitura												
	3ª Leitura												
	Média	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Xb #DIV/0!	
	Amplitude	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Rb 0,000	
OPER. C	1ª Leitura												
Nome :	2ª Leitura												
	3ª Leitura												
	Média											Xc	
	Amplitude											Rc	
MÉDIA DAS PEÇAS		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	Xbar #DIV/0! Rp #DIV/0!	
TOLER. DO PROCESSO	VALOR DE K1	VALOR DE K2		VALOR DE K3		Nº PEÇAS "K3" :		Nº CICLOS "K1" :		Nº OPER. "K2" :			
µm	0,59	0,5231		0,31		10		03		03			
AMPLITUDE MÉDIA	LIMITE DE CONTROLE INF.	LIMITE DE CONTROLE SUP.		D3 :		D4 :		XDif:		A2:			
R _{bar} 0,000	LIC _{Rbar} = 0,000	LSC _{Rbar} = 0,0000		0,00		2,58		#DIV/0!		1,023			
LIMITE CONTROLE INF.	LIMITE CONTROLE SUP.	APROX. MÉDIAS			APROX. CÁLC.			d ₂ :					
LIC _{Xbar} #DIV/0!	LSC _{Xbar} #DIV/0!	10			10			1,693					
CÁLCULOS DE REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE													
REPETIBILIDADE- VARIAÇÃO DO EQUIPAMENTO			Repetititvidade e Reprodutibilidade :						REPRODUTIBILIDADE VARIAÇÃO ENTRE OPERADORES				
VE = 0,0000			R&R = #DIV/0!						VO = #DIV/0!				
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA						VARIAÇÃO DO PROCESSO							
Variação peça a peça			Variação Total			Variação Peça a Peça			Variação Total				
VP= #DIV/0!			VT= 0,0000			VP= #DIV/0!			VT= #DIV/0!				
VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA (%) :						VARIAÇÃO DO PROCESSO (%) :							
VE	VO	R&R	ndc	VE	VO	R&R	ndc	VE	VO	R&R	ndc		
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
NÚMERO DE CATEGORIAS				VARIAÇÃO DA TOLERÂNCIA				VARIAÇÃO DO PROCESSO					
#DIV/0!				#DIV/0!				#DIV/0!					

ANÁLISE DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO <u>REPETIBILIDADE & REPRODUTIBILIDADE</u> MÉTODO DA MÉDIA E AMPLITUDE		Nº: _____ Data : 30/05/2016 Página : 02 de 02
ANÁLISE GRÁFICA		
GRÁFICO DA AMPLITUDE		
GRÁFICO DA MÉDIA		
DESCRIÇÃO DAS CONDIÇÕES DO ESTUDO		
<p>Descreva as condições em que o estudo foi realizado: Temperatura do ambiente, da peças. Se o equipamento encontrava-se sujo, com óleo ou cavaco. Se as peças foram escolhidas de um lote significativo de produção.</p>		
ANÁLISE CRÍTICA		
<p>Se o %R&R (Variação do Processo) for maior que 10% deve-se analisar a possibilidade de se implementar melhorias , ou substituir o equipamento.</p>		
APROVAÇÃO		
Assinatura requerida somente quando impresso		
APROVADO POR : _____		DATA: _____
LAUDO FINAL		
#DIV/0!		