Introdução

O MSA é um conjunto de estudos estatísticos para observar a eficiência e eficácia do sistema de medição, e não somente a realização do R&R (Repetitividade & Reprodutibilidade), engano muito comum. Outro engano comum é dado pela afirmativa de que o sistema de medição é somente o estudo do instrumento de medição a ser observado.

A implementação desta ferramenta é trabalhosa, mas por este e-book serão compartilhadas estratégias para facilitar o entendimento de tópicos e assim colaborar com a qualidade de seus processos produtivos, assim sua implementação será menos custosa e resultados sejam colhidos de maneira mais perceptiva para até justificar investimentos!

Definição dos Objetivos e Escopo do MSA

O MSA (Measurement System Analysis), ou Análise do Sistema de Medição, tem como objetivo estudar os sistemas de medição para maximizar a qualidade dos processos e qualquer outro que exija a medição de características processuais (CEP – Controle Estatístico do Processo). Isso inclui evitar que peças boas sejam classificadas como ruins e vice-versa, além de avaliar o desgaste de equipamentos produtivos. No momento em que este e-book está sendo escrito, o MSA está em sua quarta edição, cada versão refletindo avanços tecnológicos e tendências de mercado.

Processos seriados frequentemente enfrentam problemas e variações devido aos fatores identificados no Diagrama de Ishikawa (6M). Desgaste de máquinas, variação de insumos por troca de fornecedor e outros fatores podem interferir diretamente. Por isso, conhecer a variação do processo de medição é essencial, pois este é um dos “Ms”: a Medição. Se o processo de medição não for confiável, todos os outros “Ms” podem ser interpretados incorretamente, levando a decisões erradas e gerando impactos indesejados.

O MSA deve priorizar as características críticas identificadas pelo FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) dos processos fabris. O FMEA detalha características, variações, métodos de avaliação e consequências para o cliente, utilizando uma pontuação de 1 a 10 para analisar os impactos. As notas refletem prejuízos potenciais e são multiplicadas para priorizar melhorias nos processos, focando nos maiores NPRs (Número de Prioridade de Risco).

Durante a análise do FMEA, é essencial observar as faixas de tolerância para que uma característica seja considerada conforme ou não.

É dentro desta faixa de tolerância e na escolha dos instrumentos a serem utilizados que o estudo observará um de seus critérios, a ser explicado mais adiante. Quando possível, recomenda-se a utilização de instrumentos com resolução igual ou menor que um décimo da tolerância. Quando isso não for possível, como em tolerâncias muito pequenas ("apertadas"), instrumentos com um quinto da tolerância podem ser usados se os resultados dos estudos ainda estiverem dentro dos limites de controle apontados pela norma. Em caso de não conformidade com a norma, recomenda-se informar aos clientes, especialmente os OEMs, para que uma derrogação (waiver) possa ser emitida, evitando não conformidades em auditorias de organismos certificadores como ISO 9000 e TS 16949.

É crucial priorizar características que afetam a segurança do cliente e, em seguida, aquelas processuais que aumentam o PPM interno. Esta ordem é recomendada pois os ganhos para o processo produtivo serão melhor percebidos por todos na cadeia produtiva.

Para planejar e coordenar os estudos, recomenda-se a designação de um líder para o MSA. Esta pessoa deve ter conhecimento dos processos de calibração de instrumentos e dos processos de fabricação para contribuir de maneira mais assertiva em discussões de melhoria.

Premissas

Premissas sociais para se realizar estudos de MSA:

É muito comum encontrar no mercado narrativas citando nervosismo de colaboradores (tremores, crises de choro, desmaios e outras demonstrações de tensão extrema) durante a execução de um estudo de MSA. Isso se deve ao fato de que muitas vezes, a explicação do que realmente a ferramenta é não fica clara.

Há sempre a desconfiança de que esse é um teste para ver quem realiza melhor uma atividade, e este seja um critério para desligamento de funcionários da equipe que estiverem abaixo de uma “média”.

Porém o MSA tem como foco exatamente contrário a esta percepção popular: por este conjunto de estudos busca-se dar o melhor método de medição ao time operacional, diminuindo assim o tempo de medição e aumentando sua acurácia, pois é sabido que as atividades de medição não são agregadoras de valor aos produtos, mas são extremante importantes para garantir a estabilidade do processo produtivo com qualidade.

Como um dos “Ms” do Digrama de Ishikawa é justamente a Mão de Obra, atente-se sempre a deixar claro aos envolvidos qual é o foco do MSA, tranquilizando a equipe. Até porque, se as pessoas não estiverem mais próximas possível do modo de trabalho, observar a realidade do processo será algo extremamente difícil e o estudo poderá ser “uma perda de tempo”.

É muito mais amigável para a empresa quando o MSA é apresentado para os colegas antes de que qualquer estudo seja executado. Isso irá mostrar que toda a operação passará pelo mesmo processo, além exibir para a equipe o investimento que a empresa está fazendo com conhecimento para todos!

Premissas técnicas para se ter um estudo de MSA:

Como explanado na introdução deste e-book, um estudo de MSA completo não abrange somente o estudo comumente chamado de R&R. Aliás este é o último da série de estudos que devem ser realizados.

Independentemente do tipo de estudo, alguns itens importantes são relevantes para todos:

1. Instrumentos em condição de uso atestadas pelo time de metrologia
2. Instrumentos de medição devidamente calibrados (aqui uma ressalva importante: o responsável por realizar a análise técnica dos certificados de calibração necessita ter um documento exibindo os limites de aceitação em função da resolução dos instrumentos utilizados no sistema fabril)
3. Avaliar se o instrumento realmente atende a resolução prevista pelo FMEA / folha de operação
4. Clareza no método de medição (pontos de contato do instrumento, método de alinhamento, entre outros relevantes para observação da característica)
5. Amostras para realização do estudo necessitam conter itens conformes e não conformes (simulando o andamento de um lote produtivo), quando o estudo em questão necessitar mais de uma amostra.
6. Importante alinhamento com o time de planejamento produtivo para estruturar todo o ambiente de estudo em função de um modelo de peça que contenha uma característica interessante para ser estudada: Dificuldade de medição, método complexo, e assim por diante.
7. Criar priorização das características a serem estudadas seguindo o FMEA de processo / Produto (a depender da estratégia da empresa). Características de segurança, principais e de processo são itens especiais e que devem ser cuidadosamente observados. Posterior a estas, as características de monitoramento (itens gerais) também necessitarão de estudo.
8. Obter visão do que o time de pós vendas tem a dizer sobre a qualidade do produto também é algo importante. Relacione as características as quais o mercado mais observa desvios e faça o cruzamento sobre eventos pós uso e o sistema de fabricação: isso poderá revelar que as especificações de produto ou processo não estão sendo eficientes frente a necessidade do mercado.

Apesar de o número de pontos listados acima estarem em sua maioria relacionados aos instrumentos, o método de medição costuma ser o mais sensível, pois a replicação do mesmo por todos os colaboradores nem sempre é idêntica, por melhor que tenha sido o treinamento.

Por isso o estudo de MSA é composto por fases onde a repetitividade (capacidade de o sistema reproduzir o mesmo resultado independente das variações do 6M) será avaliada de forma exclusiva e em outros, o cruzamento desta com a reprodutibilidade (habilidade do sistema de medição apresentar resultados próximos independente do operador).

Se em cada fase do houver alguma reprovação, observar as dificuldades dos envolvidos no estudo para prover melhorias será necessário. Só é recomendável seguir para uma próxima fase quando houver aprovação na atual.

Para uma completa análise, o MSA precisa conter pelo menos as seguintes fases:

* Estudo de Tendência
* Estudo de Linearidade
* Estudo de Estabilidade
* Estudo de R&R / ANOVA

A seguir detalhamos cada uma e seus objetivos principais:

Estudo de Tendência

Este estudo provê a análise da tendência do sistema de medição, testando principalmente sua repetitividade. Para realiza-lo é necessário:

1. Um único operador, de preferência aquele que tem maior habilidade / experiência com o sistema de medição a ser testado;
2. Uma única peça, de preferência uma que tenha sido calibrada por um sistema de medição com resolução maior do que aquele que será testado. Ideal que tenha sido medida previamente em um laboratório de metrologia, pois este será o valor de referência para observação da tendência.
3. O mesmo local para efetuar as medições, as quais necessitam ser repetidas de dez (no mínimo) ou mais vezes seguidas.

Com a coleção de medições e o valor de referência, será necessário observar a tendência do sistema. Essa tendência precisa ser analisada frente aos seguintes critérios:

A tendência de variação do instrumento é maior do que a resolução do mesmo? Se sim, é muito provável que o instrumento em questão esteja com desgaste e necessite ser substituído, ou ainda, sua construção ou tolerâncias internas estão afetadas por algum acidente durante o uso. Importante, durante o estudo, observar as condições da bateria, caso este acessório seja utilizado. Por experiência do autor, níveis de bateria baixos interferem negativamente a execução das medições, provendo decisões incorretas sobre o projeto do sistema de medição.

Estudo de Estabilidade:

Este estudo tem como foco observar o comportamento do sistema de medição ao longo do tempo, tendo como itens do estudo o mesmo operador, o mesmo instrumento, a mesma peça, o mesmo local onde a medição será realizada (de preferência, recomenda-se usar uma peça que esteja dentro dos limites de aceitação de engenharia. Melhor ainda se esta estiver exatamente no meio da faixa de tolerância definida). Normalmente para cada bloco de medição (no mínimo cinco repetições) são realizados na peça em condições que testem todas as influências previstas. São previstos pelo menos vinte blocos de medições. Tendo como exemplo um estudo de uma característica dimensional para um item de aço, poderíamos testar as seguintes condições:

1. Medições em dias mais frios e mais quentes, em função da variação que itens de aço sofrem em função da variação de temperatura ambiente (variação linear, de área e volumétrica).
2. Amostras pelo período da manhã, tarde e noite, ou ainda dias nublados e ensolarados, quando a iluminação do local onde são realizadas medições varia em função da faixa de horário ou que tenham influência em função do clima (testando a facilidade em realizar a leitura dos instrumentos pela questão do iluminação).

Estudo de Linearidade:

Aqui o foco é observar se o sistema de medição possui o mesmo comportamento em todo o seu range de medição. Podemos, como exemplo usar um paquímetro com capacidade de medição até 150mm. Para estudar a sua linearidade, é possível definir estudos diversos explorando faixas de medição ao longo de sua escala (faixas de 0 a 10 mm, de 10 a 20 mm e assim por diante até o final de sua escala / capacidade).

Na prática, o objetivo deste estudo é saber se uma faixa de medição tem a mesma facilidade / dificuldade do que todas as outras de se manter estável. É muito importante para instrumentos que usem componentes eletrônicos (baterias, capacitores eletrolíticos), escalas logarítmicas (aqui podemos referenciar decibelímetros) e instrumentos de medição dimensional muito grandes, os quais tem uma probabilidade de terem tendências de medição diferentes em cada faixa de medição em função dos processos de fabricação ou até por dificuldade em realizar seu manuseio.

Estudo de R&R

Talvez o mais conhecido entre todos os estudos de MSA, pois seu método matemático é bem similar ao empregado em outro método de avaliação estatístico, o CEP.

O R&R ou seja, Repetitividade e Reprodutibilidade avalia a interação entre as capacidades de repetir a medição seja pela análise do instrumento sendo utilizado pelo mesmo operador, seja pela alteração do operador com o uso do sistema nas mesmas peças / amostras a serem avaliadas.

Na prática, qual é o objetivo deste estudo: observar se os operadores “concordam” entre si com as avaliações de cada peça e se os operadores estão conseguindo reproduzir suas medições, uma vez que cada amostra necessita ser medida pelo menos três vezes por cada operador.

Referente ao número de peças a serem estudados, temos a seguinte diretriz:

Sistemas variáveis: 10 amostras no mínimo

Sistema atributivos: 30 amostras no mínimo

A seguir, faremos um descritivo referente a como realizar com cada tipo de sistemas, pois cada um possui suas características próprias frente ao método de execução.

Os gráficos que este estudo provê, bem como alguns indicadores precisam ser avaliados em conjunto.

Indicador NDC (número de classes distintas): Este indicador avalia se o sistema consegue classificar as peças submetidas a medição em categorias de maneira efetiva. Este indicador necessita ter como resultado o número 5 ou acima. A explicação é simples, para se ter um histograma que tenha uma confiabilidade razoável, são necessários pelo menos 5 classes, pois entre essas classes há 4 períodos de incerteza (sigma). Abaixo disso, o sistema dificilmente terá confiabilidade.

Indicador %R&R: Este é o cruzamento de todas as características durante o estudo, ou seja, qual é a variação esperada no sistema de medição durante o seu uso no processo produtivo. Este valor é analisado em percentual em relação a tolerância. O ideal é que este percentual fique abaixo de 10%.

Lembre-se: para aprovar um estudo de R%R, é necessário combinar a análise dos indicadores NDC e %R&R. Só um ou outro não validam o estudo de maneira confiável!

Importante: O estudo R&R possui dois métodos de cálculo, o tradicional e o ANOVA, onde o segundo provê os mesmos indicadores de saída, porém traz itens complementares para tomada de decisão.

Por isso, o método ANOVA é recomendado para observar sistemas de medição que estejam correlacionados a características de segurança do produto / processo frente ao FMEA de referência.

Próximos passos após a realização dos estudos:

Seguindo o que a TS16949 sugere, a observação de melhoria contínua dos processos é algo saudável e necessário para prover a competitividade da empresa no mercado. Para os processos de medição, isso não é diferente, até porque, os fabricantes de instrumentos trabalham arduamente para oferecer novidades! Outros adendos como metodologias de treinamento, melhorias na iluminação ou estabilização de temperatura podem ser adicionados ao ambiente, provendo melhores condições ao sistema, por exemplo.

Para os estudos que ficarem abaixo dos limites de aceitação, é altamente recomendável prover análise de melhorias do 6M que envolvem o sistema estudado com sua posterior implementação e novo ciclo de estudo na intenção de observar se as melhorias foram ou não efetivas.

9. Documentação e Relatório:

Documentar todas as etapas do MSA, incluindo planos experimentais, resultados da análise de dados e ações corretivas tomadas.

Preparar um relatório final para comunicar os resultados e recomendações para aprimoramento.

10. Revisão e Melhoria Contínua:

Revisar periodicamente o sistema de medição para garantir que continue atendendo aos requisitos de qualidade.

Implementar melhorias contínuas com base em feedbacks e novos requisitos.