

Implantação da Ferramenta *Gage R&R* em uma Indústria de Embalagens

Implementation of the *Gage R & R* Tool in a Packaging Industry

Jéssica Naihara Nunes Bueno

Universidade Tecnologia Federal Paraná, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências e Engenharia de Materiais. PR. Brasil.
E-mail: jessicanai@hotmail.com

Resumo

A proposta deste artigo é avaliar o sistema de medição em um estudo de caso utilizando a ferramenta *Gage R&R*, com o objetivo de descobrir a variação das medições, podendo ser por Repetibilidade e/ou Reprodutibilidade. Na ferramenta *DMAIC* utilizada no Seis Sigma, a etapa Medir é usualmente a mais complicada e demorada pela baixa qualidade dos sistemas de medições da maioria das empresas. Pretende-se uma revisão literária para melhor conhecimento do assunto, assim, a primeira etapa foi a criação de um procedimento para a empresa em estudo. Após a elaboração do procedimento, os colaboradores foram treinados e a gerência definiu as principais inspeções que afetam o produto para a realização do estudo. Em seguida, a ferramenta foi aplicada e cada saída foi analisada comprovando a presença de variações que poderiam não ser consideradas.

Palavras-chave: Sistema de medição. *DMAIC*. *Gage R&R*.

Abstract

*The proposal is to evaluate the measurement system in a case study using the tool *Gage R & R* in order to find the variation of the measurements may be for repeatability and / or reproducibility. The tool used in Six Sigma *DMAIC*, the Measure step is usually the most complicated and delayed by the poor quality of measurement systems of most companies. We performed a literature review to better knowledge of the subject, so the first step was to create a procedure for the company under study. Following completion of the procedure were trained employees and management identified key inspections that affect the product for the study. Then the tool was applied and each output was analyzed demonstrating the presence of variations that could not be considered.*

Keywords: Measurement System. *DMAIC*. *Gage R&R*.

Introdução

Em meio ao cenário extremamente competitivo atual, no qual o Brasil se encontra inserido, o ambiente industrial vem crescendo consideravelmente e, como consequência direta, ocorre a busca por técnicas diferenciadas para obtenção de melhores desempenhos em todos os aspectos do processo industrial. Nessa corrida incessante por excelência de desempenho, as empresas recorrem a diversos métodos e programas, cujos esforços são direcionados a alcançar a qualidade e aprimorar os resultados.

Ao longo dos anos, muitos “modelos de melhoria” têm sido utilizados desde que o movimento da qualidade se iniciou, um deles é o ciclo *DMAIC*, utilizado na abordagem Seis Sigmas, cuja etapa Medir é usualmente a mais complicada e demorada pela baixa qualidade dos sistemas de medição da maioria das empresas.

Há um consenso das empresas de consultoria e vários autores como Hart e Bogan (1994) e Paladini (1995) de que o processo de implantação de sistemas da qualidade começa com o conhecimento da realidade da empresa e para isso é necessário confiabilidade de seus dados.

Neste artigo, o estudo *Gage R&R* será aplicado e utilizado

para avaliar o sistema de medição, descobrir a variação das medições nos dispositivos de medição e/ou método de inspeção que afetam diretamente na qualidade do produto em um estudo de caso desenvolvido numa empresa que atua no setor de embalagens flexíveis odonto-médico-hospitalar situada na região sul do Brasil. Para preservar o anonimato, a empresa será referenciada como “empresa A”.

2 Desenvolvimento

2.1 Seis Sigma

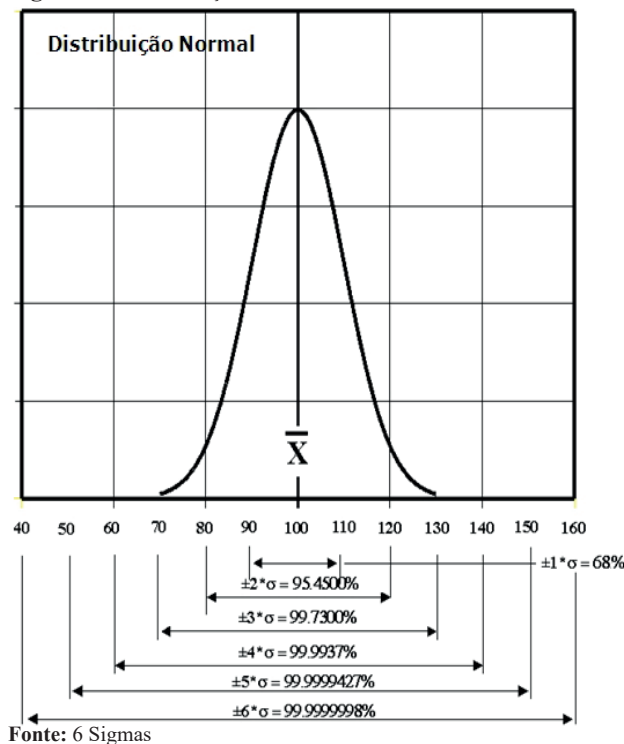
Após analisar vários trabalhos publicados desde o início dos anos 1990, Santos e Martins (2004) definiram Seis Sigma como:

[...] uma abordagem que impulsiona a melhoria do desempenho do negócio, baseando-se na aplicação do pensamento estatístico em todos os níveis de atividades; no enfoque estratégico de gerenciamento; na valorização da satisfação dos clientes; na utilização de uma metodologia sistematizada que integre técnicas variadas para se avaliar e otimizar processos; na capacitação e na mudança de cultura proveniente da aprendizagem.

Na verdade, o próprio termo “Seis Sigma” refere-se a um alvo de desempenho estatisticamente derivado de operar

com apenas 3,4 defeitos para cada milhão de atividades ou “oportunidades”, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Distribuição normal



O Seis Sigma, segundo Linderman (2003) é um método organizado e sistemático para melhoria dos processos e do desenvolvimento de produtos e serviços, baseado em técnicas estatísticas e científicas, com objetivo de reduzir defeitos definidos pelos clientes.

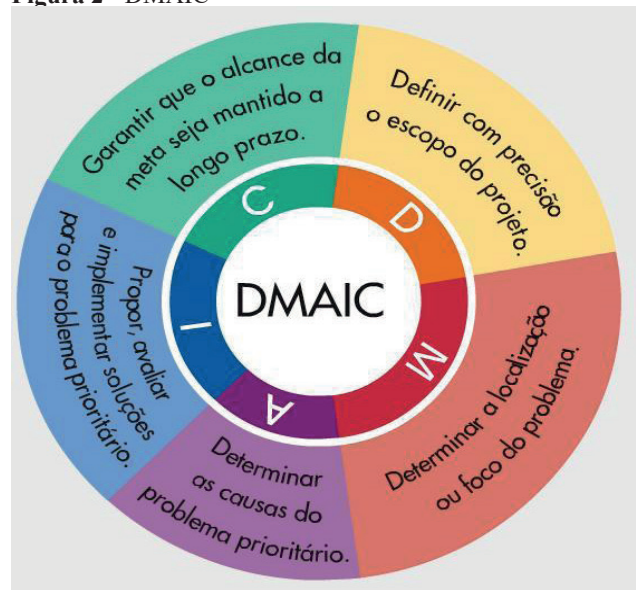
Um dos elementos da infraestrutura do Seis Sigma é a constituição de equipes para executar projetos que contribuem fortemente para o alcance das metas estratégicas da empresa. O desenvolvimento desses projetos é realizado com base do método DMAIC.

2.2 DMAIC

O ciclo PDCA originou o ciclo DMAIC, estratégia Seis Sigma que utiliza esse ciclo com cinco fases para a solução de problemas, visando à melhoria de processo e qualidade. O método DMAIC, cuja sigla em inglês representa as iniciais para *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, respectivamente), visa ao aperfeiçoamento do processo por meio da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas para obter os resultados.

Rivera e Marovich (2001) afirmam que a metodologia DMAIC representa as fases fundamentais no desenvolvimento de projeto Seis Sigma, demonstradas na Figura 2, na sua forma geral e frases que resumem cada etapa.

Figura 2 - DMAIC



Fonte: Domenech (2018).

Em cada subitem uma fase do DMAIC será descrita:

- D – Definição - A fase Definir é o primeiro passo no processo, estabelece as diretrizes para um projeto 6σ bem-sucedido. Nesta etapa, é importante para definir metas para alcançar resultados que sejam consistentes com as necessidades e desejos dos clientes e a própria estratégia do negócio.
- M- Medida - No segundo passo, é medido o sistema existente e são estabelecidas as métricas válidas e confiáveis para ajudar a monitorar o progresso da equipe rumo às metas definidas no passo anterior.
- A – Análise - Durante esta etapa, o time do projeto analisa os dados do processo, levando a determinação das causas raízes do problema ou defeito (Eckes, 2001).
- I – Implementação - São desenvolvidas soluções potenciais para intervir no processo para reduzir significativamente os níveis de defeitos eliminando as causas fundamentais do problema. A equipe deve ser criativa e procurar a melhor maneira de fazer as coisas acontecerem, de uma forma mais econômica ou mais rápida.
- C – Controle - Este é o último passo na metodologia DMAIC. O estabelecimento de um sistema permanente de avaliação e controle que garanta que o alcance da meta seja garantido ao longo prazo, identificando os desvios ou novos problemas que podem surgir e devem ser corrigidos antes que influencie negativamente, causando defeitos.

O DMAIC é uma metodologia mais utilizada por companhias norte-americanas que empregam o programa Seis Sigma com o objetivo de realizar melhorias, projetar/reprojetar produtos, serviços e processos (AGUIAR, 2002).

Para Werkema (2000) e Aguiar (2002), os métodos PDCA e DMAIC são análogos, havendo apenas uma mudança a nomenclatura. Dessa forma as empresas que já utilizam o método PDCA não precisam mudar a metodologia para implementar o programa Seis Sigma.

Diversas ferramentas são utilizadas de maneira integrada

às fases do DMAIC, que se transforma então em um método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas estatísticas para se atingir os resultados buscados pelas empresas. Enfocando em problemas reais diretamente relacionados ao desempenho atual, sustentando a melhoria ao longo prazo.

Nesse ciclo, a etapa Medir é usualmente a mais complicada e demorada pela baixa qualidade do sistema de medição da maioria das empresas, deste modo para que o processo seja controlado de forma adequada é necessário ter confiabilidade nos dados medidos.

2.3 Gage R&R

A calibração e o estudo de *Gage R&R* dos meios de medição são técnicas fundamentais para garantir que medições produzam resultados confiáveis.

O estudo *Gage R&R* determina quanto da variação observada do processo é devida à variação do sistema de medição, verificando a sua adequação, deste modo mede a quantidade de variação no sistema de medição resultante do equipamento de medição e o do operador.

O *Gage R&R* é a variação estimada, combinada de repetibilidade e reprodutibilidade, AIAG, (2002). Repetibilidade avalia a variação nas medidas obtidas com um dispositivo de medição, quando usado várias vezes por um operador medindo a mesma característica na mesma peça, AIAG (2002).

A Reprodutibilidade avalia variação na média das medidas realizadas por diferentes operadores, utilizando o mesmo dispositivo de medição, medindo característica idêntica nas mesmas peças. Quantificar a variação de um sistema de medição resultante de operadores e fatores ambientais, tais como o tempo (TSAI, 1989).

O estudo pode ser usado segundo Silva et al. (2008) como:

- Um critério para julgar um novo equipamento de medição;
- Uma comparação entre os equipamentos de medição;
- Um meio para melhorar a desempenho dos equipamentos de medição;
- Uma comparação para avaliar o equipamento antes e depois do reparo;
- Um componente necessário para melhorar a estimativa da variação do processo;
- Uma medida da necessidade de treinamento dos operadores para utilização dos equipamentos de medição.

As diretrizes para resultados aceitáveis são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Padrões da o sistema de medição

%R&R	Situação do Sistema de Medição
< 10%	Sistema de medição aceitável
Entre 10 e 30%	Sistema de medição aceitável, dependendo da aplicação
> 30%	Sistema de medição inaceitável.

Fonte: Dados da pesquisa.

O número de categorias também é um item a ser avaliado, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Número de categorias

Nº de Categoria	Descrição
Menos de 2	Não pode ser utilizado para controle de processo
2	Dados podem ser divididos em 2 grupos-alto e baixo
3	Dados podem ser divididos em 3 grupos-alto, médio e baixo
5 ou mais	Sistema de medição aceitável

Fonte: Dados da pesquisa.

Com a ajuda do software Minitab® pode-se avaliar o *Gage R&R* por dois métodos para análise, sendo ANOVA e *Xbar and R*. O método *Xbar and R* parte a variação global em 3 componentes: peça-a-peça, repetitividade e reprodutibilidade. O método ANOVA, além de considerar essas três componentes da variação, acrescenta ainda a interação operador e peça.

Barrentine (2003) em seu livro sobre estudos de repetitividade e reprodutibilidade, afirma que a única vantagem do método ANOVA, isto é a capacidade de separar o efeito da interação operador-peça, é relativamente pouco interessante para a indústria. Ele reporta que sistemas de medição usados por operadores treinados têm uma baixa tendência a produzir interações relevantes e afirma que estudos de repetitividade e reprodutibilidade não devem envolver operadores leigos. Assim, no estudo realizado será utilizado o método *Xbar and R*.

3 Estudo de Caso

Este artigo é uma aplicação prática da etapa medir da ferramenta DMAIC com o uso dos princípios básicos dos estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R). Este estudo irá avaliar se os dispositivos de medição e/ou método de inspeção realizada na empresa A, que afetam diretamente na qualidade do produto estão aceitáveis ou é necessária melhoria.

Os produtos produzidos na empresa A são embalagens flexíveis odonto-médico-hospitalar, sendo:

- Envelope: Embalagem, também chamada de pouche, que possui três lados previamente selados termicamente e um quarto que será selado por seladora térmica ou com fita já incorporada à embalagem (autosselável) após a colocação do produto dentro da embalagem (Figura 3).
- Tubular: Embalagem que possui dois lados selados termicamente e dois outros que serão selados por seladora térmica após o acondicionamento do produto, conforme Figura 3.

Figura 3 - Envelopes e Tubulares



Fonte: Empresa (2018).

A primeira etapa foi a criação de um procedimento para a empresa A de como realizar o estudo *Gage R&R* com ajuda do software Minitab®, esse procedimento ajudará a empresa a utilizar deste estudo nos atuais e futuros equipamentos e/ou métodos de controle usados para medir e identificar se alguma característica do produto está em conformidade.

Após o procedimento elaborado a segunda etapa foi à realização de um treinamento em *Gage R&R* para os operadores, inspetores e analistas de qualidade, já que os mesmos serão peça importante na realização do estudo, como colaboradores atuantes. Um fator importante considerado no treinamento foi o baixo nível de instruções dos colaboradores, deste modo o foco do treinamento foi mostrar através de exemplos práticos os benefícios trazidos pela ferramenta.

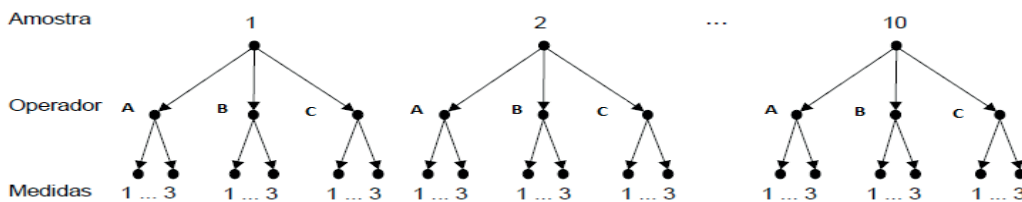
A próxima etapa foi a discussão entre a gerência das principais inspeções realizadas durante o processo que serão estudadas conforme *Gage R&R*, dois itens foram considerados importantes para a decisão, sendo primeira a característica mais importante para o cliente no produto e segunda o maior problema de rejeição interna na empresa. Partiu-se então para a escolha de duas inspeções, sendo:

1. Resistência de selagem: Item crítico em produtos para a saúde por ser um dos responsáveis em garantir a confiabilidade da esterilização do produto do cliente;
2. Teste dimensional do passo: Item de alta rejeição interna e utilizado pelo cliente como referência de tamanho de corte em suas máquinas.

3.1 Teste de resistência de selagem

Para determinar a resistência de selagem, a empresa A utiliza

Figura 5 - Plano experimental utilizado no estudo

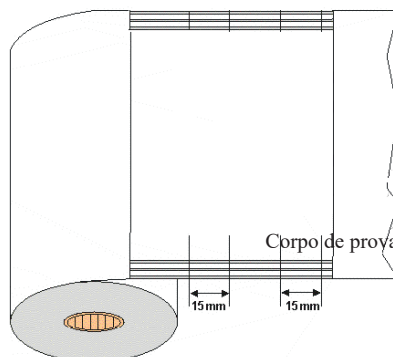


Fonte: Adaptado de Domenech (2018).

o teste de ensaio de tração com o equipamento máquina universal de ensaio, que irá realizar uma velocidade de tração de 200 mm/min em uma das pontas do corpo de prova (Figura 4) retirados da área de selagem do material, sendo de 15 mm conforme. O resultado do teste de tração terá como saída a unidade gf/15 mm.

O equipamento utilizado é calibrado no período de 12 meses o que aumenta a confiabilidade dos resultados.

Figura 4 - Corpo de prova



Fonte: Empresa (2018).

Apesar das amostras serem destrutivas, optou-se pela utilização de um plano cruzado, onde todos os analistas fazem as análises na mesma amostra ao invés de um plano hierárquico utilizado quando os analistas não conseguem fazer a análise nas mesmas amostras. Assim as amostras retiradas são próximas e serão consideradas idênticas. Nessa situação, a variação de curtíssimo prazo passa a fazer parte da variação do sistema de medição.

As dez amostras submetidas ao estudo foram selecionadas para assegurar que a medição tivesse alguma variabilidade. Três operadores treinados e um observador participaram do estudo. Abaixo, a descrição sequencial realizada:

- a. As amostras foram enumeradas de 1 a 10, porém não visíveis para os operadores;
- b. As amostras foram colocadas em ordem aleatórias;
- c. O observador solicitou para que o operador realizasse o teste com as amostras.
- d. O observador acompanhou e inseriu os resultados na linha apropriada conforme a numeração das amostras do formulário elaborado para o estudo *Gage R&R*.
- e. Repetiu os itens acima com o mesmo operador;
- f. Repetiu o procedimento para os outros operadores conforme o plano experimental mostrado na Figura 5.

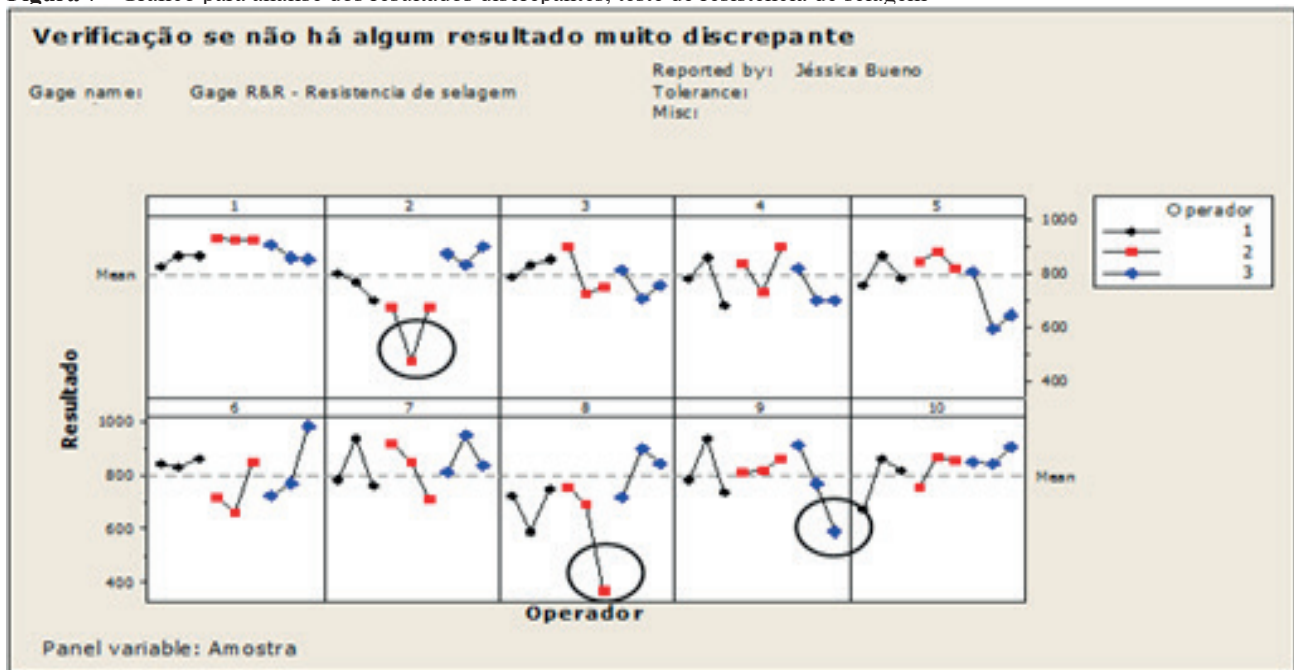
Figura 6 - Resultados do teste de resistência de selagem

Estudo de R&R - Repetitividade e Reprodutibilidade

Característica Controlada: Resistencia de selagem										
Equipamento Utilizado: Máquina Universal de ensaio	Código do Equipamento: ME-061									
Responsável pelo Estudo: Jéssica Naihara Nunes Nbueno										
Planilha de coleta de dados										
Colaborador A	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	824,00	797,20	784,30	778,30	757,70	840,70	784,30	727,50	783,30	673,70
2ª Medição	862,30	764,30	831,70	858,10	864,40	823,20	940,80	587,60	940,30	865,80
3ª Medição	864,60	698,70	854,10	678,60	783,50	860,40	768,50	750,30	737,00	815,00
Colaborador B	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	927,70	671,10	836,30	840,00	844,40	713,80	920,80	760,50	812,30	812,30
2ª Medição	920,10	467,00	722,40	726,60	876,20	661,50	851,30	695,30	818,40	818,40
3ª Medição	925,60	673,00	747,50	835,00	820,30	847,30	710,60	364,70	864,40	864,40
Colaborador C	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	904,10	868,30	811,50	816,40	807,30	723,10	808,70	718,30	917,30	850,50
2ª Medição	860,60	835,50	704,70	698,40	590,50	773,60	957,30	905,10	775,00	843,30
3ª Medição	853,60	898,10	755,50	694,30	642,00	987,30	840,40	844,50	591,20	906,50

O segundo passo foi inserir os resultados no software Minitab®. O primeiro item a analisar é a verificação se não há algum resultado muito discrepante dos demais, além de analisar graficamente a diferença entre os analistas.

Figura 7 - Gráfico para análise dos resultados discrepantes, teste de resistência de selagem



Os resultados discrepantes são um alerta da possível existência de variabilidade no sistema de medição. Conforme a Figura 7, pode-se verificar que há resultado discrepante, apesar disso será considerado na análise por se tratar da primeira análise da empresa A em utilizar a ferramenta *Gage R&R*, o ideal é que os resultados sejam

apresentados em linhas horizontais.

Após a verificação dos itens discrepantes, será analisado no software o *Gage R&R*. No estudo realizado será utilizado o método *Xbar and R* no software Minitab®. Na Figura 8, segue a primeira saída do software.

Figura 8 - Resultado do comando *Gage R&R Study – XBar/R*, resistência de selagem

Gage R&R Study - XBar/R Method

Gage R&R for Resultado

Gage name: Resistencia de Selagem
 Reported by: Jéssica Bueno
 Tolerance:
 Misc:

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	7414,8	70,66
Repeatability	7414,8	70,66
Reproducibility	0,0	0,00
Part-To-Part	3079,4	29,34
Total Variation	10494,3	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5,51 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	86,109	474,463	84,06
Repeatability	86,109	474,463	84,06
Reproducibility	0,000	0,000	0,00
Part-To-Part	55,493	305,765	54,17
Total Variation	102,442	564,453	100,00

Number of Distinct Categories = 1

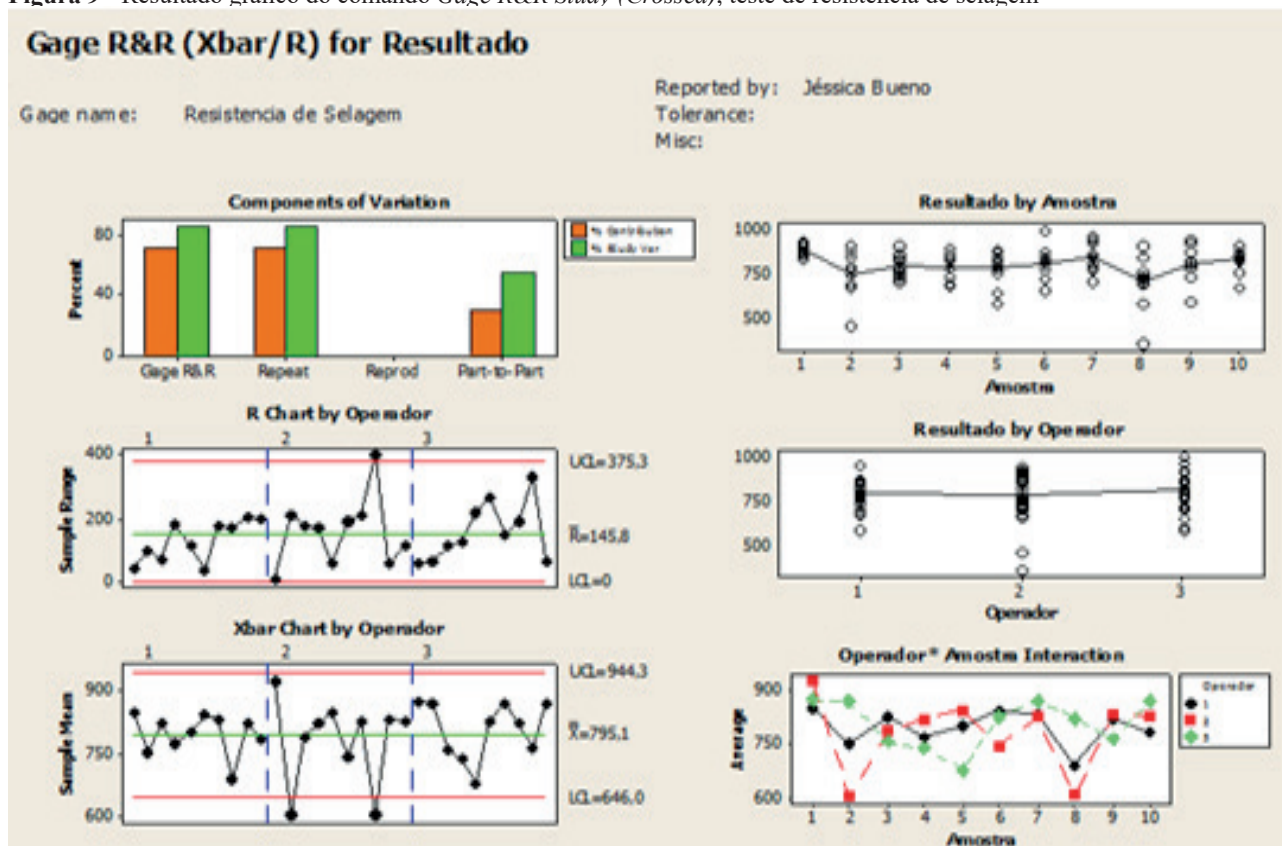
Essa saída do Minitab® apresenta a variação existente em cada fonte de variação, medida pela variância – Var Comp, sendo de 7415,8 e o respectivo percentual de contribuição

de sua variação em relação à variação total, 70,66%. Traz também o desvio-padrão de cada fonte de variação, StdDev, e a amplitude da variação, sendo neste estudo 5,51 vezes o desvio padrão, com o resultado respectivamente 86,109 e 474,463. A outra coluna mostra o percentual de contribuição da variação do estudo de cada fonte de variação em relação à variação total, % Study Var, 84,06%.

Na coluna % Study Var é o principal valor para avaliar o R&R. O valor Total *Gage R&R* é de 84,06%, 84,06 é devido repetibilidade e 0% devido à reprodutibilidade. O que indica que há uma variação alta do operador (baixa reprodutibilidade) e uma variação muito baixa do equipamento (alta repetibilidade). O percentual total R & R de tolerância é superior a 10%, sendo de 84,06 % o que demonstra que a técnica de medição deve ser revista (Quadro 1).

O número de categorias é igual a 1, conforme quadro 2 o teste não pode ser utilizado para controle de processo. A representação gráfica dos resultados é apresentada na segunda saída do Minitab®, mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Resultado gráfico do comando *Gage R&R Study (Crossed)*, teste de resistência de selagem



Fonte: Os autores.

No gráfico Components of Variation, as barras laranja representam o percentual de contribuição de cada fonte de variação e as barras verdes representam o percentual de variação do estudo, em relação a cada fonte de variação. Nota-se que a variação do estudo é devido ao componente peça-a-peça (Part-to-Part) e Repetibilidade (Repeat), esta é uma

situação não desejada para um sistema de medição.

R Chart by operador é um gráfico de controle de amplitude entre as medidas de cada operador. Este gráfico deve conter todos os pontos dentro dos limites de controle calculados, diferente do que apresentado no estudo realizado.

O gráfico Xbar Chart by operador é de controle para as

médias das medidas de cada operador. Para o sistema seja considerado adequado é necessário que a maioria dos pontos esteja fora dos limites de controle diferente do resultado apresentado.

Resultado by amostra é um gráfico seqüencial, onde as médias de cada peça são marcadas, evidenciando o valor médio.

Resultado by operador é um gráfico onde todas as medidas feitas no estudo são plotadas, divididas por operador. Espera-se que os operadores tenham médias iguais ou muito próximas.

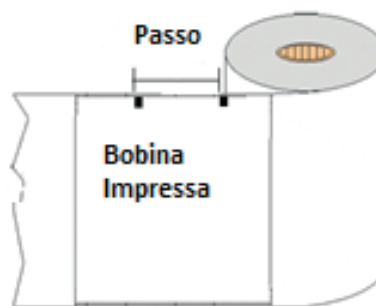
Operador * amostra Interaction mostra uma possível interação existente entre o operador e a amostra.

3.2 Teste dimensional do passo

O teste dimensional do passo é realizado para medir a distância da marca de uma fotocélula de um ponto a outro com o equipamento paquímetro, conforme mostra a Figura 10.

O equipamento utilizado é calibrado no período de 12 meses o que aumenta a confiabilidade dos resultados.

Figura 10 - Bobina impressa, teste de passo



Fonte: Empresa (2018).

As amostras não são destrutivas, assim foi utilizado o plano cruzado. O mesmo procedimento realizado no teste de resistência de selagem foi adotado para o teste dimensional do passo. Neste estudo apenas serão apresentados os resultados do estudo. A tabela 2 apresenta os resultados dos testes realizados.

Figura 11 - Resultados do teste dimensional passo

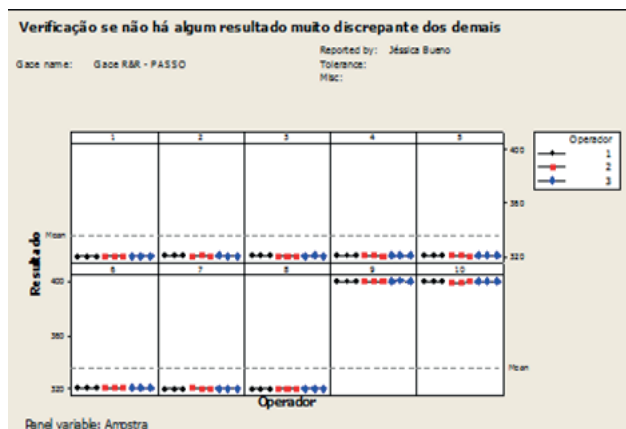
Estudo de R&R - Repetitividade e Reprodutibilidade

Característica Controlada: Teste dimensional passo										
Equipamento Utilizado: PAQUÍMETRO BIDIMENSIONAL	Código do Equipamento: PA-202									
Responsável pelo Estudo: Jéssica Naihara Nunes Nbueno										
Planilha de coleta de dados										
Colaborador A	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	319,90	320,55	320,26	320,53	320,55	320,55	320,16	320,07	399,96	399,57
2ª Medição	319,94	320,51	320,32	320,45	320,41	320,58	320,10	320,00	400,13	399,72
3ª Medição	320,07	320,51	320,29	320,41	320,53	320,83	320,15	320,08	399,94	399,62
Colaborador B	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	319,91	319,96	320,07	320,37	320,38	320,67	320,29	319,97	399,81	399,34
2ª Medição	319,65	320,24	320,02	320,27	320,33	320,48	319,96	319,87	399,71	399,26
3ª Medição	319,78	320,19	320,16	320,20	320,16	320,47	320,03	319,94	399,78	399,45
Colaborador C	Nº Amostras									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1ª Medição	320,04	320,41	320,21	320,47	320,41	320,57	320,19	320,08	400,02	399,70
2ª Medição	319,99	320,23	320,29	320,42	320,56	320,67	320,15	320,05	400,61	399,76
3ª Medição	319,79	320,23	319,97	320,44	320,32	320,34	320,09	319,83	399,87	399,67

Os resultados foram inseridos no software Minitab®. Observa-se, no gráfico da Figura 11, que não há nenhum resultado discrepante dos demais e baixa diferença entre os analistas.

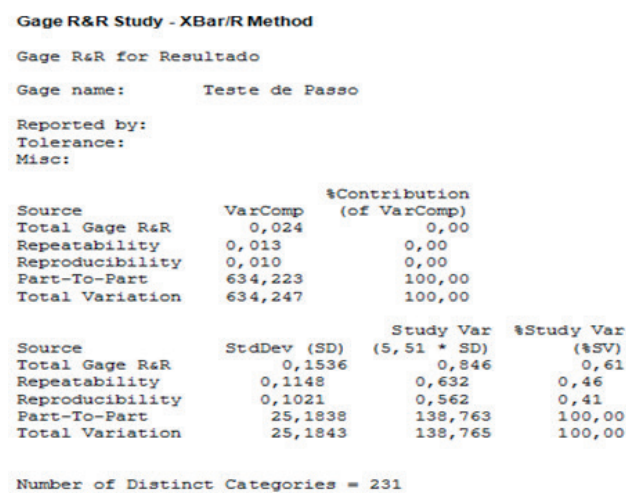
Verificada a discrepância ou não de itens, será analisado no software o Gage R&R. No estudo realizado será utilizado o método Xbar and R. A Figura 12 mostra a primeira saída do software Minitab®:

Figura 11 - Gráfico para analisar resultados discrepantes, teste dimensional passo



Fonte: Os autores.

Figura 12 - Resultado do comando *Gage R&R Study - XBar/R*, teste de passo



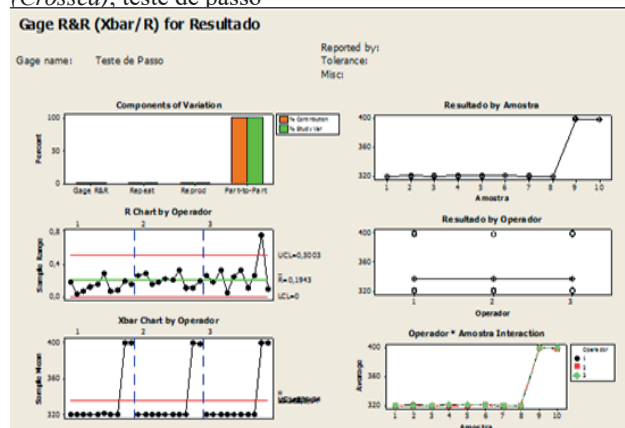
Fonte: Os autores.

O valor Total *Gage R&R* é de 0,61%, 0,46 é devido à repetibilidade e 0,41% devido à reprodutibilidade. O que indica que há uma variação muito pequena do operador (alta reprodutibilidade) e também uma variação muito baixa do equipamento (alta repetibilidade). O percentual total R & R de tolerância é inferior a 10%, sendo de 0,61 %, o que demonstra que é uma técnica de medição robusta e adequada.

O número de categorias é igual a 231, conforme quadro 2, o sistema de medição pode ser considerado aceitável.

Mostra-se, na Figura 13, a representação gráfica dos resultados na segunda saída do Minitab®.

Figura 13 - Resultado gráfico do comando *Gage R&R Study (Crossed)*, teste de passo



Fonte: Os autores.

No gráfico *Components of Variation*, nota-se que quase toda variação do estudo é devida ao componente peça-a-peça (*Part-to-Part*), sendo que a Repetibilidade e a Reprodutibilidade têm influência mínima. O gráfico *R Chart by operator* contém apenas um ponto fora do limite de controle, já no gráfico *Xbar Chart by operator*, a maioria dos pontos está fora dos limites de controle. Resultado by operador tem médias muito próximas.

4 Conclusão

O trabalho, independente de resultados alcançados, atingiu o objetivo primordial, estudar e aplicar de forma estruturada a ferramenta *Gage R&R*. Os resultados do estudo reforçaram a importância de se conhecer o sistema de medição onde as variações encontradas como no teste de resistência de selagem podem trazer o risco de classificar produto bom como ruim ou ao contrário.

Deste modo é recomendável que o estudo seja executado antes do instrumento entrar em uso pela primeira vez e/ou quando houver mudança nos funcionários da produção que usem os instrumentos de medição.

Estudo *Gage R&R* na etapa medir do DMAIC ajuda na confiabilidade dos dados, se os mesmos são confiáveis permiti, deste modo, que a empresa passe para as próximas etapas do DMAIC com a certeza que ações tomadas estarão mais próximo da resolução da causa raiz do problema.

Está ferramenta complementa os esforços de melhoria contínua que está sendo realizada em instalações de manufatura de hoje.

Referências

AGUIAR, D.C.; SALOMON, V.A.P. Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. *Produção*, v. 17, n.3, 2002.

AIAG - Automotive Industry Action Group. *Measurement systems analysis*. Southfi: Author, 2002

BARRENTINE, L.B. *Concepts for R&R studies*. USA: ASQ, 2003.

DOMENECH, M.I. Disponível em <<http://www.midomenech.com>>

com.br. Acesso em 20 jun. 2018

ECKES, George. A revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar os processos em lucro. Trad. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

HART, C.W., BOGAN, C.E. O que é o prêmio Baldrige e o que representa para as empresas. São Paulo: Makroon Books, 1994.

MINITAB. 2008. Minitab for Windows [Minitab-Inc, USA] Versão 15. English Ink Copyright

RIVERA, A.; MAROVICH, J. Use of six sigma to optimize cordis sales ad management process. In: Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference, Phoenix, Arizona, 2001.

SILVA, D.; REGO, L. et al. Melhorias do sistema de manufatura na fabricação de placas de circuito impresso. 2008. Trabalho apresentado a disciplina Sistema Flexível de Manufatura. Salvador: Faculdade de Tecnologia e Ciências Engenharia Mecatrônica, 2008.

SIX SIGMA: a goal theoretic perspective. *J. Oper. Manag.*, v.21, p.193-203, 2003.

TSAI, P. Variable gauge repeatability and reproducibility study using the analysis of variance method. *Quality Engineering*, 1, 1, 107-115, 1989.

WERKEMA, M.C. *Criando a cultura Seis Sigma*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.