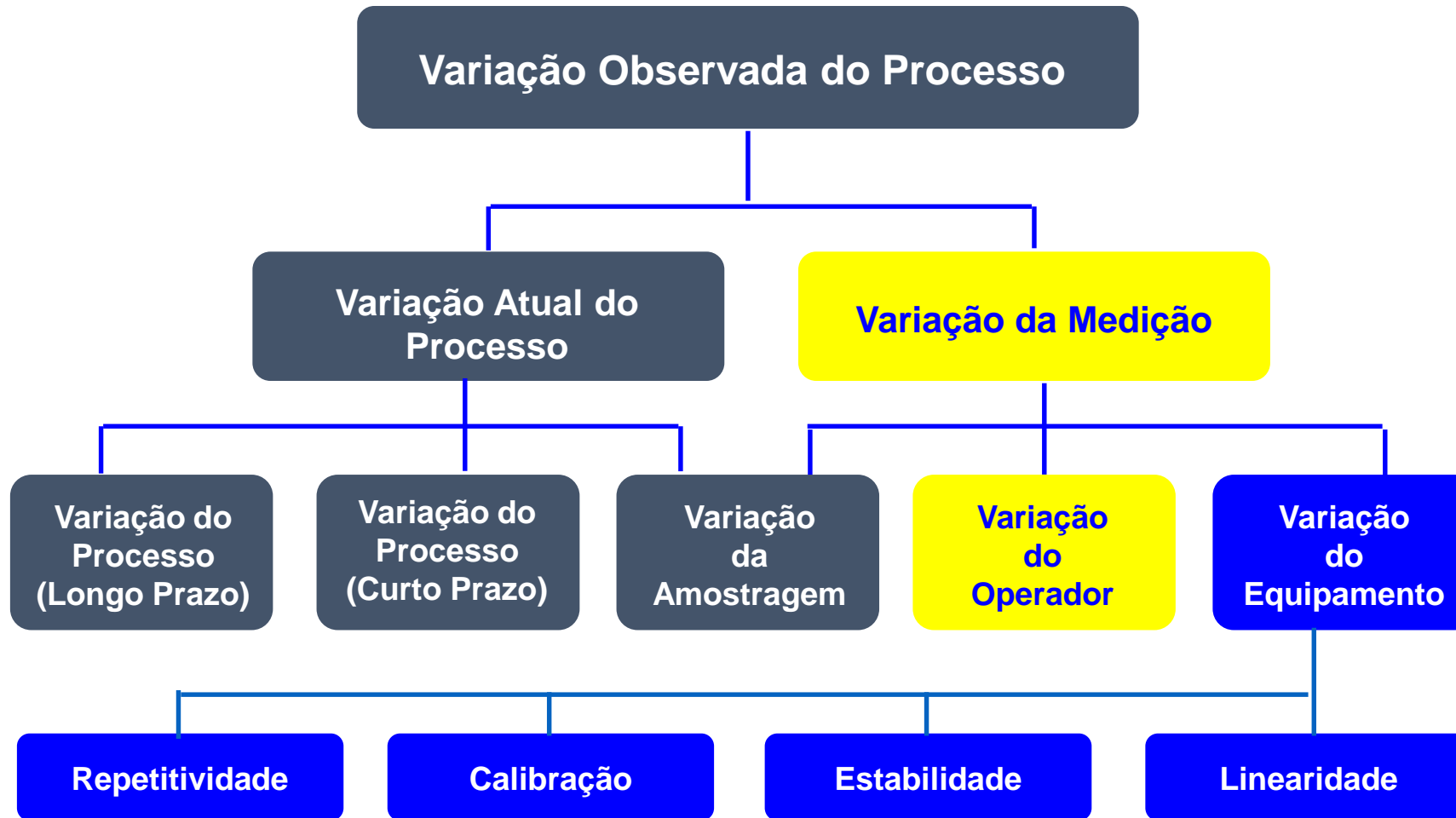


# MSA – Análise do Sistema de Medição



# MSA – Análise do Sistema de Medição

**Do que depende a validade da análise do desempenho dos processos industriais?**

- Depende da validade dos dados

**A que se deve a variação de uma medição extraída de um processo?**

- Variação das partes/peças
- Variação natural do processo
- Variação do SM



# MSA – Análise do Sistema de Medição

**A variação do SM pode ser maior que a variação natural do processo ou das parte?**

**De onde pode vir a variação associada ao SM?**

- do equipamento de medição (Instrumento + dispositivo + .....)
- Instalações
- Treinamento do operador ou técnico
- Método de medição, etc.

**O que é analisar a variação associada ao SM?**

- Avaliar as propriedades do SM assegurando sua adequabilidade para seu uso pretendido



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Quando analisar a variação do SM?

- Sempre que for iniciado ou revisado um processo produtivo

## O que verificar no SM?

- Confirmar se o SM tem: consistência, exatidão se e é capaz de discriminar a diferença natural existente entre as partes/peças

## O que a análise do SM pode dizer?

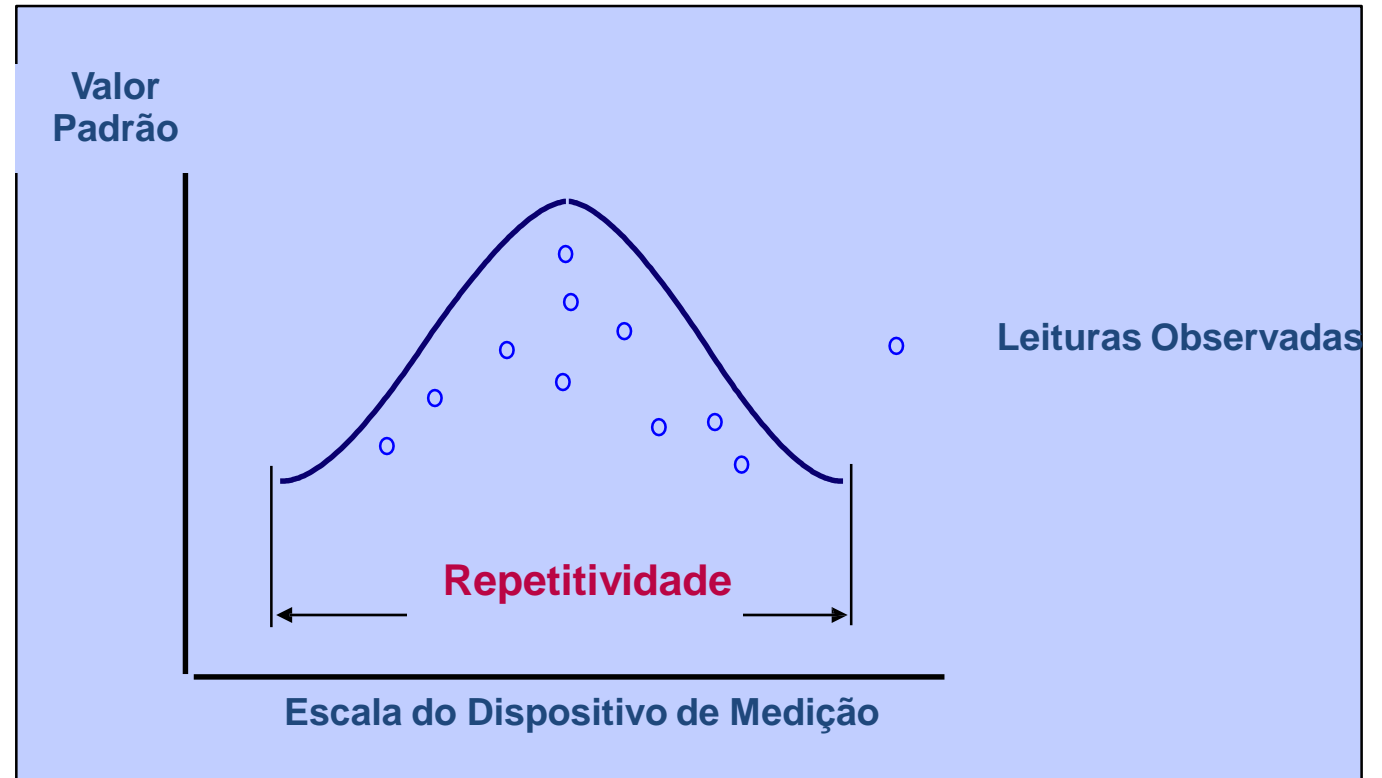
- se o SM é capaz de discriminar adequadamente a diferença entre os itens
- se o SM se apresenta-se estável ao longo do tempo se o SM apresenta-se exato e preciso



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## REPETITIVIDADE DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

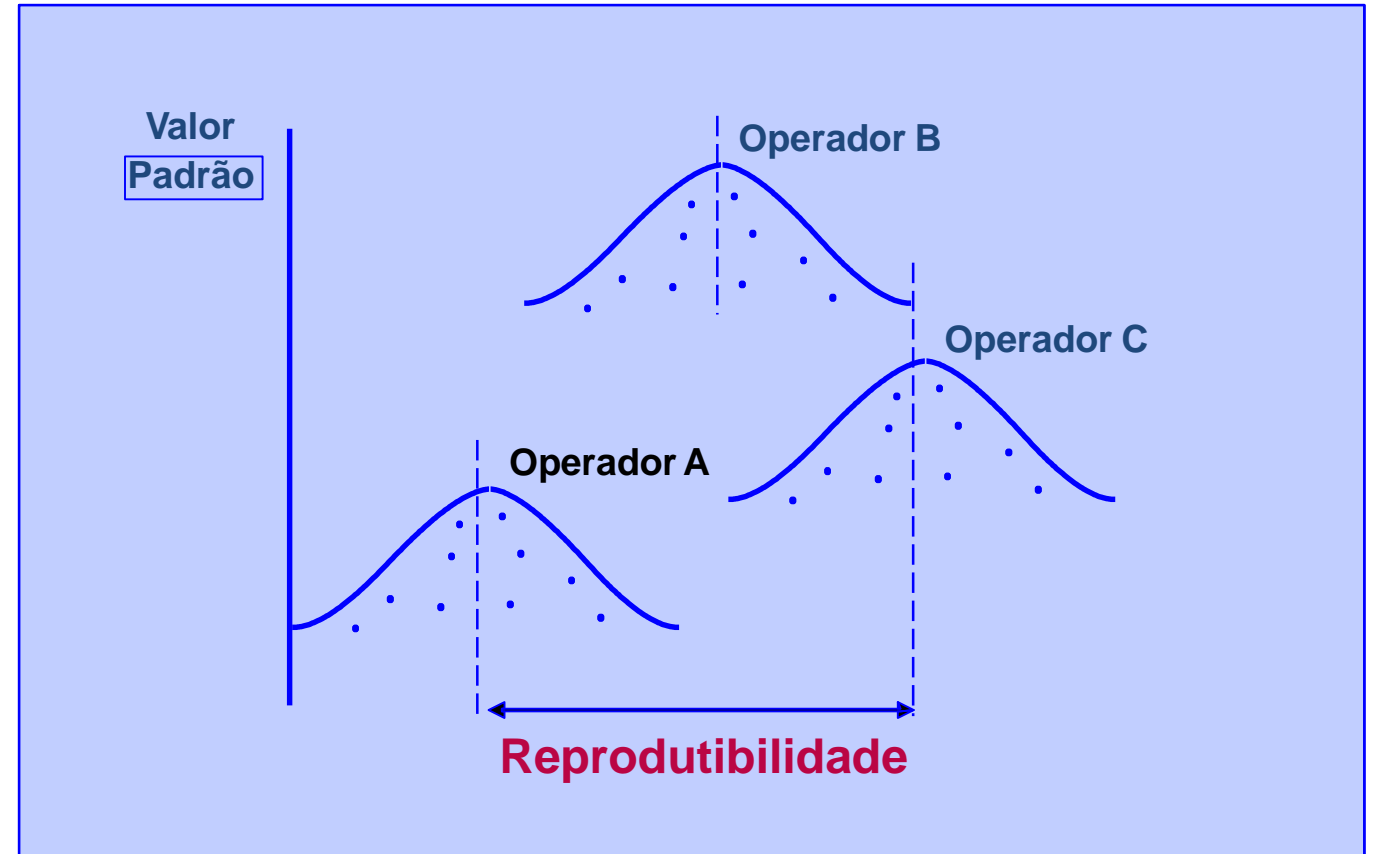
**Repetitividade do dispositivo de medição** é a variação na medição obtida com um dispositivo de medição quando usado várias vezes por um mesmo operador medindo características idênticas nas mesmas peças.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## REPRODUTIBILIDADE DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

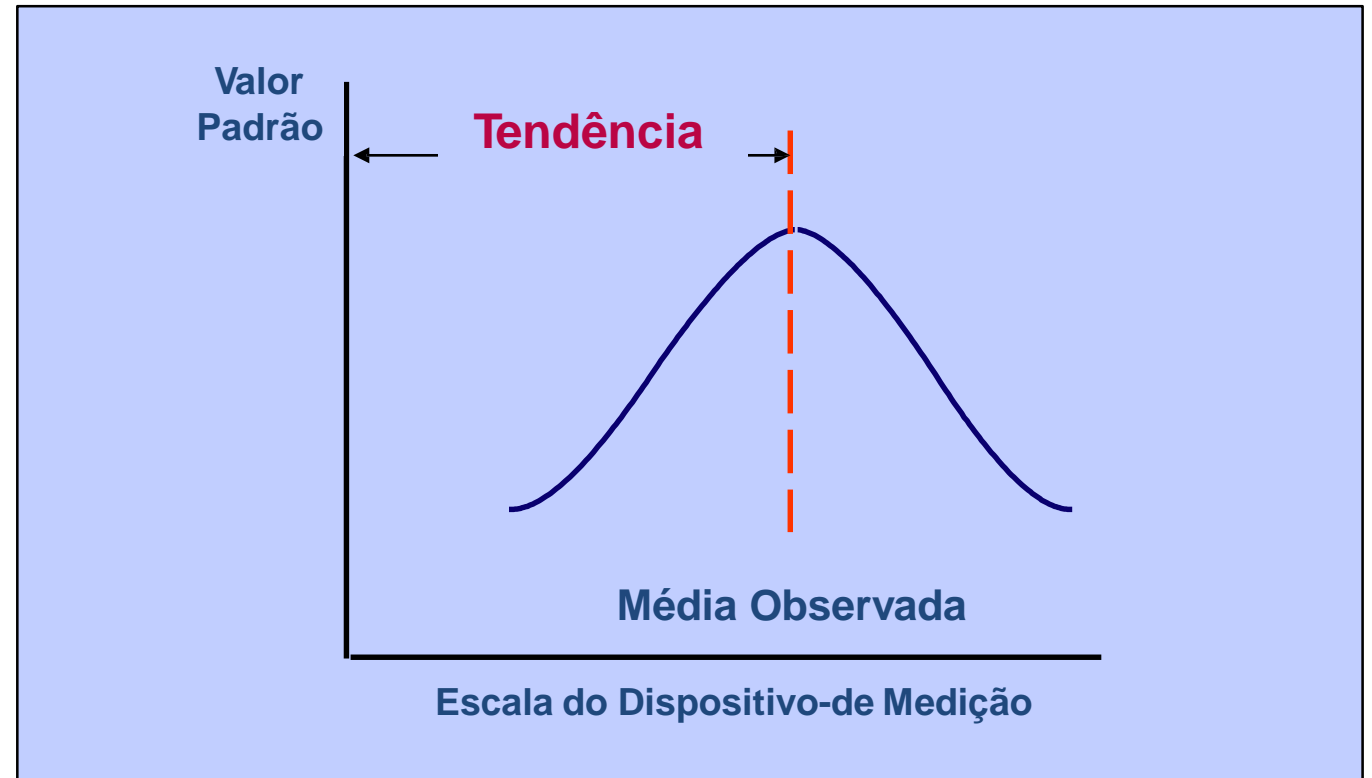
**Reprodutibilidade do dispositivo de medição** é a variação da média das medições feitas por diferentes operadores, utilizando o mesmo dispositivo medindo características idênticas nas mesmas peças.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## TENDÊNCIA DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

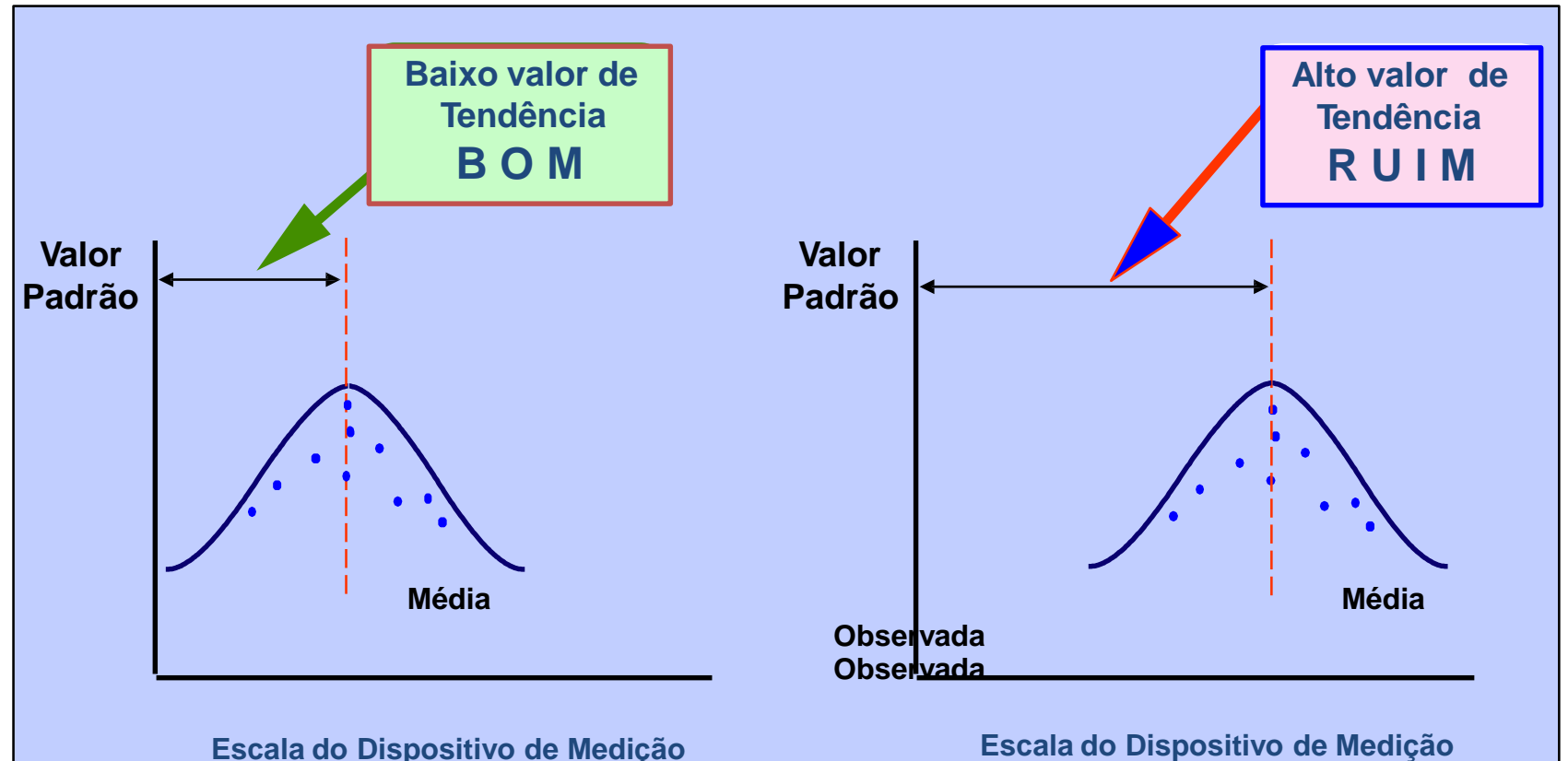
**Tendência do dispositivo de medição** é a diferença entre a média observada das medições e o valor padrão. O valor padrão pode ser determinado pela média de várias medidas, utilizando o dispositivo de medição de melhor exatidão disponível. (Normalmente o Valor padrão é obtido em um equipamento do laboratório metrológico)



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## LINEARIDADE DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO

**Linearidade** do dispositivo de medição, é a diferença entre as tendências, ao longo de uma esperada faixa de operação do dispositivo de medição.





# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Exemplo 1: Diâmetro do Bocal da Bomba de Combustível

### PROPOSTA

Avaliar como a precisão de um aparelho de medição e do operador afetam a variabilidade do sistema de medição, usando o Gage R&R Study (Crossed).

### PROBLEMA

O elaborador de um bocal para bomba de combustível instalou um novo sistema digital de medição. Especialistas da área desejam determinar o quão eficiente é este sistema.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## DADOS COLETADOS

9 bocais foram selecionados aleatoriamente ao longo do início de todos processos que podem provocar algum tipo de variação (máquina, tempo, turno, troca de turno) para representar todos os bocais tipicamente produzidos. Os bocais foram numerados para a identificação das medições de cada um deles. O primeiro operador efetuou as medições em ordem completamente aleatória. Então, os nove bocais foram novamente aleatorizados e um segundo operador efetuou novamente as medições dos mesmos bocais. Este processo foi repetido duas vezes para cada operador, totalizando 36 medições.

**NOTA:** Para uma boa análise do sistema de medição e inspeção é importante assegurar que a amostra foi obtida de forma aleatória, bem como que as medições efetuadas por cada operador também ocorreram em ordem completamente aleatória.

A especificação para o diâmetro dos bocais é de: 9012 +/- 4 microns (tolerância de oito microns).



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## FERRAMENTAS UTILIZADAS

Gage R&RStudy (Crossed).

**ARQUIVO DE DADOS: NOZZLE.MPJ**

Variável	Descrição
Nozzle	Unidade do bocal que será avaliada
Operator	Operador que efetuou a medição
Run Order	Ordem original do experimento
Diameter	Diâmetro (em microns) do bocal



# MSA – Análise do Sistema de Medição

1. Abra **Nozzle.MPJ**;
2. Selecione **Stat>Quality Tools>Gage Study>Gage R&R Study (Crossed)**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:

Estudo de Medição R&R (Cruzado) X

C1 Nozzle	Números de peça:	Nozzle	Informação do Estudo de Medição...
C2 Operator	Operadores:	Operator	Opções...
C3 Run Order	Dados da medição:	Diam	Int de conf...
C4 Diam			Armazenamento...

Selecionar

Ajuda

Método de Análise

ANOVA

Xbarra e R

OK

Cancelar

4. Clique em **Options**;
5. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:



# MSA – Análise do Sistema de Medição

6. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo .

Estudo de Medição R&R (Cruzado): Opções de Xbarra e R

Variação do estudo:  (número de desvios padrão)

Tolerância do processo

Inserir no mínimo um limite de especificação

    Espec inferior:

    Espec superior:

Espec superior - Espec inferior:

Desvio padrão histórico:

Não exibir contribuição percentual

Não exibir variação do estudo de percentual

Construir gráficos em gráficos separados, um gráfico por página

Título:

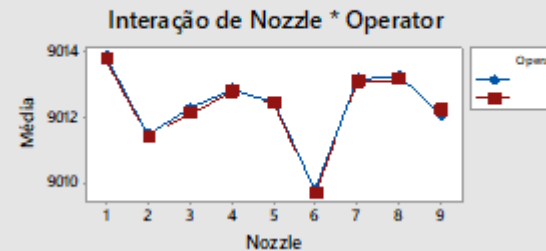
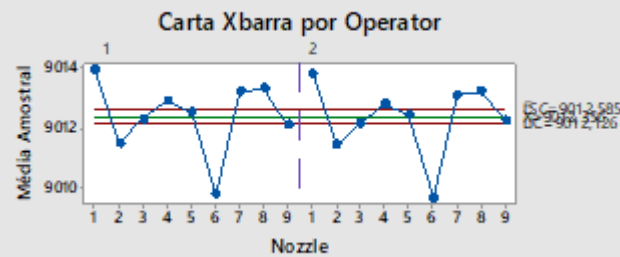
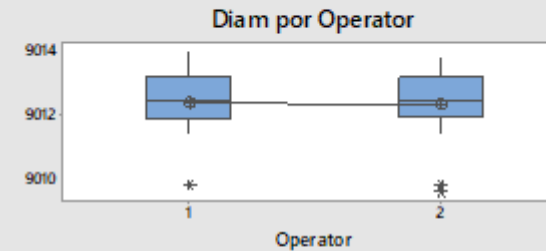
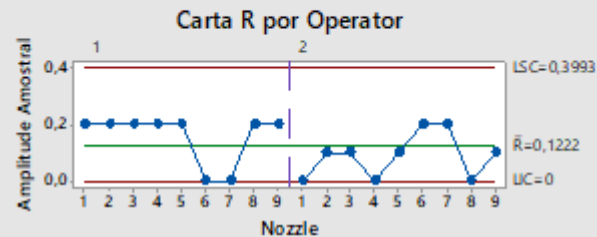
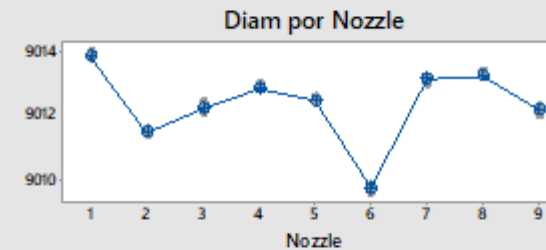
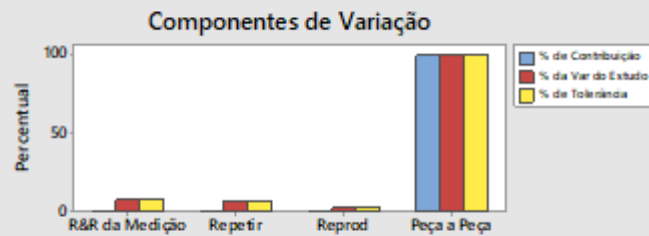


# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Relatório de R&R da Medição (Xbarra/R) para Diam

Nome do sistema de medição:  
Data do estudo:

Informado por:  
Tolerância:  
Div:

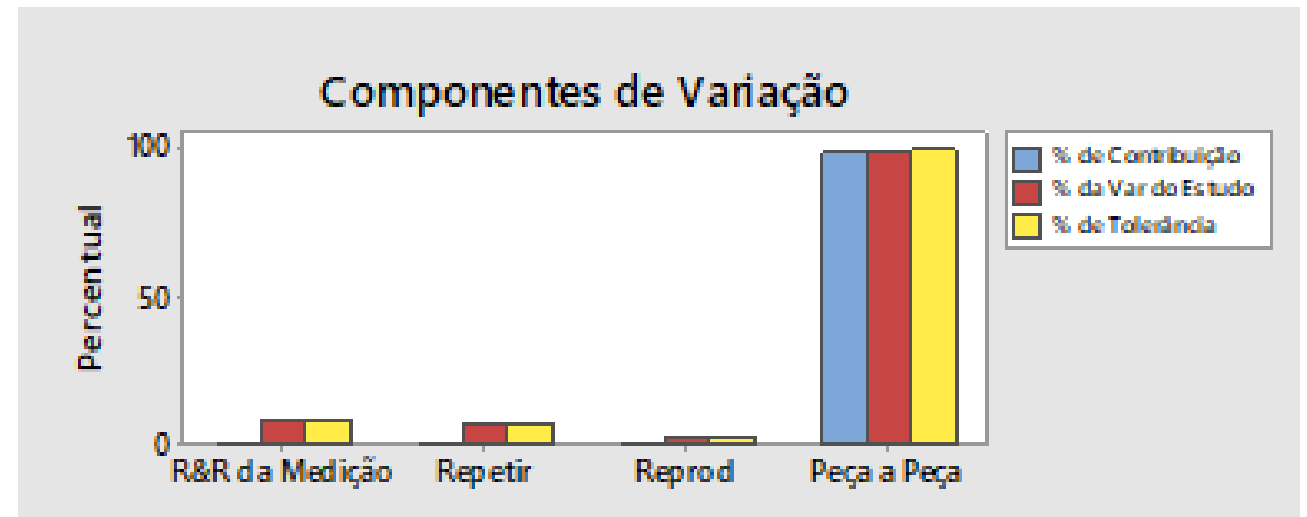


# MSA – Análise do Sistema de Medição

## COMPONENTES DA VARIAÇÃO

O gráfico Components of Variation representa graficamente os resultados da tabela Gage R&R. Cada grupo de barras representa uma fonte de variação. Por default, cada grupo deve conter duas barras para representar o %Contribution e o StudyVar. Se o usuário informar a tolerância ou o desvio-padrão histórico, barras para o %Tolerance e o %Process também serão emitidos no gráfico.

Em um bom sistema de medição, as maiores barras devem ser relacionados a variação natural existente entre os itens (part-to-part). Se ao invés disso, a maior parte da variação for atribuída ao sistema de medição, faz-se necessário a adoção de medidas corretivas.

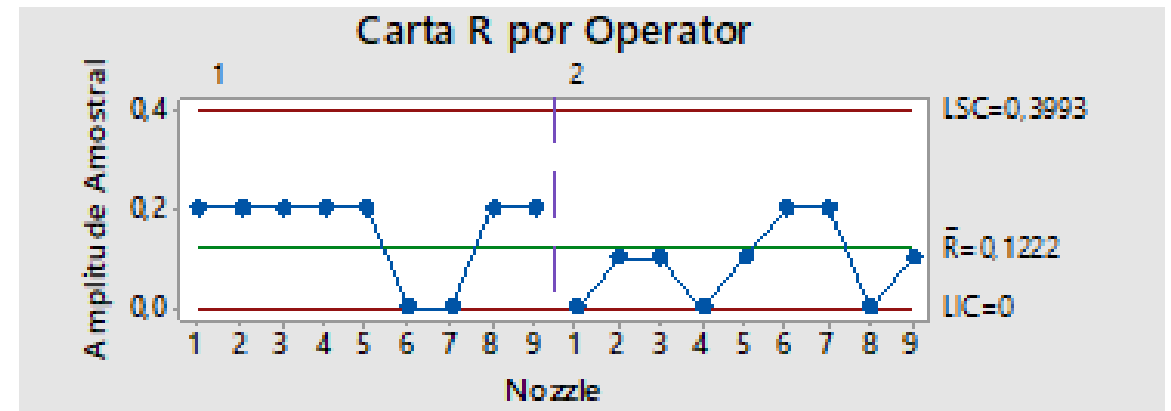


# MSA – Análise do Sistema de Medição

## A CARTA R

Se algum ponto da Carta R cair acima do limite superior de controle (UCL), concluímos que este operador tem grande dificuldade em proceder com as medições de um mesmo item com consistência. O cálculo do UCL leva em consideração o número de vezes que o operador mediu o item. Se os operadores estiverem fazendo as medições de forma consistente, essas amplitudes devem ser pequenas em relação aos dados e os pontos plotados na carta devem estar sob controle estatístico.

**NOTA:** A Carta R é emitido pelo MINITAB quando o número de medições para o mesmo item realizadas por cada operador é inferior a nove, caso contrário será



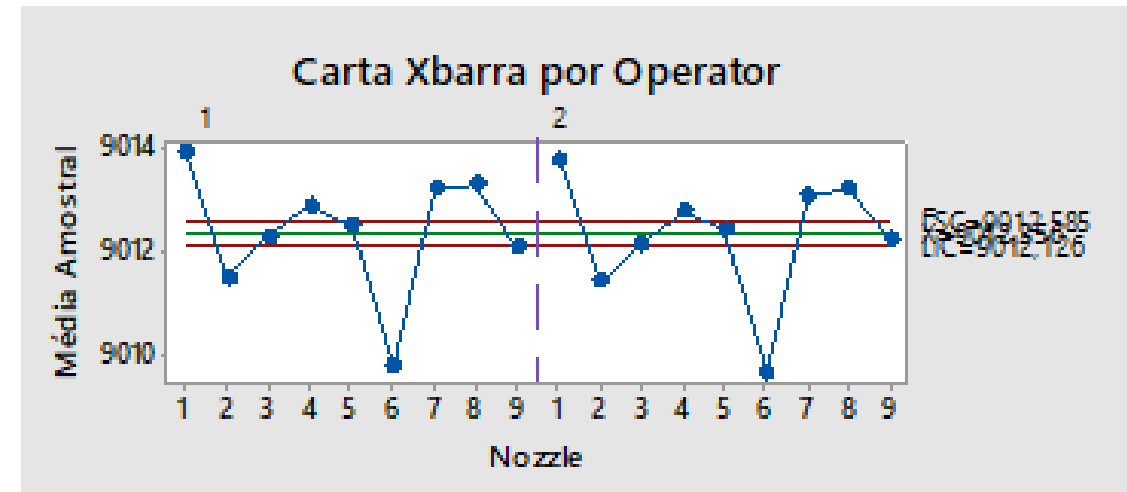


# MSA – Análise do Sistema de Medição

## A CARTA Xbar

Este gráfico deve nos mostrar a falta de controle do processo de medição, pois os itens escolhidos para um estudo Gage R&R devem representar todos os tipos possíveis de itens, e é desejável ter uma baixa variação da repetibilidade se comparada com a variação entre os itens (part-to-part).

A falta de controle estatístico existe quando muitos pontos são observados abaixo ou acima dos limites de controle. No exemplo, observamos pontos fora dos limites de controle, o que indica que a variação item-a-item é muito maior que a variação causada pelo sistema de medição. Em outras palavras, na análise do sistema de medição desejamos que a Carta Xbar esteja fora de controle estatístico.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## ANÁLISE DA INTERAÇÃO (OPERADOR - ITEM)

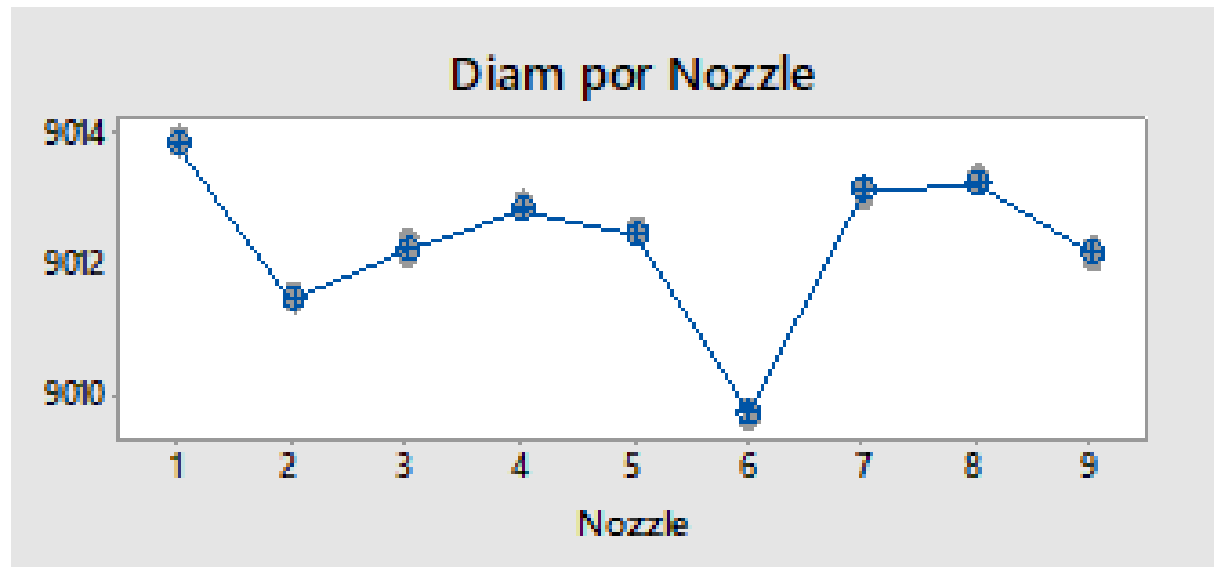
O gráfico **Operator Nozzle Interaction** exibe as médias das medições tomadas por cada operador para cada item. Cada linha que conecta as médias para um único operador. Idealmente, as linha e os pontos devem ser coincidentes.

Resultado	Significa ...
As linhas são "idênticas"	Os operadores mensuram os itens de forma similar.
Uma das linhas apresenta resultados muito maiores ou menores que as outras	Um operador está efetuando medições consistentemente maiores ou menores que os demais operadores para os mesmos itens.
As linhas não são paralelas ou se cruzam	A habilidade de um operador em mensurar um item depende de qual item está sendo mensurado (há interação entre operador e item).



# MSA – Análise do Sistema de Medição

No exemplo, observamos que as linhas estão próximas umas das outras, e as diferenças entre os itens são claras. Os operadores parecem estar medindo os itens de forma similar.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## ANÁLISE DAS MEDIÇÕES POR OPERADOR

O gráfico **Diam by Operator** pode nos ajudar a determinar se as medições e a variabilidade são consistentes entre os operadores.

Esse gráfico mostra todas as medições tomadas no estudo estratificadas por operador. Os pontos representam as medições; os círculos pretos representam as médias. A linha conecta as médias das medições para cada operador.

Se a linha for	Então ...
Paralela ao Eixo – X	Em média, os operadores estão medindo os itens de forma similar.
Não Paralela ao Eixo – X	Em média, os operadores estão medindo os itens de forma diferente

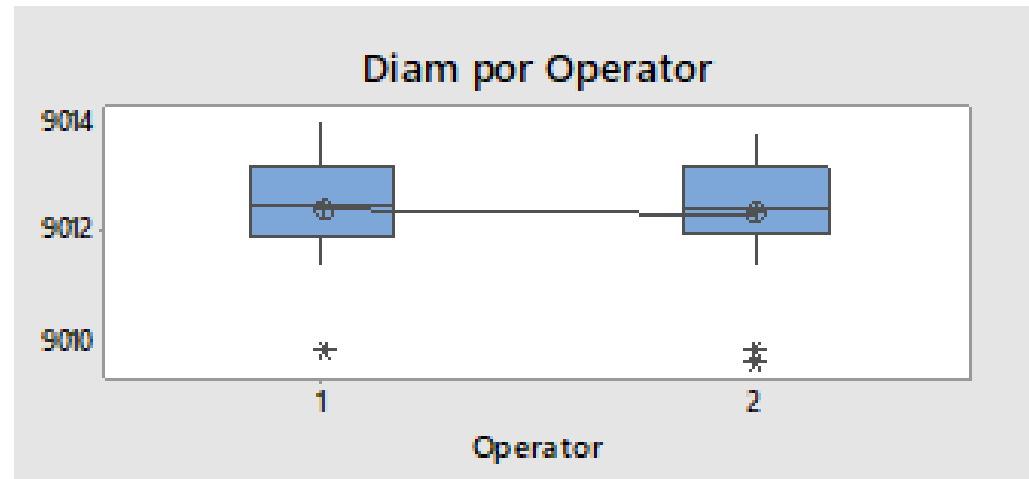


# MSA – Análise do Sistema de Medição

Também podemos usar esse gráfico para avaliar se a variabilidade geral nos medições dos itens para cada operador é a mesma:

- A distribuição das medições efetuados ocorre de maneira similar entre os operadores?
- Um operador apresenta maior variação nos medições em comparação com os outros?

No exemplo, observamos que os operadores procederam com as medições de maneira semelhante tanto na média, quanto na variação dos itens.



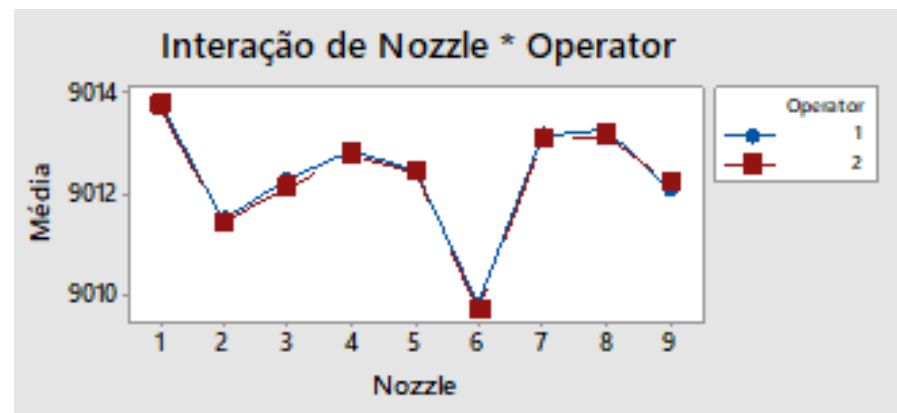
# MSA – Análise do Sistema de Medição

## ANÁLISE DAS MEDIÇÕES DE ACORDO COM O ITEM

O gráfico **Diam by Nozzle** mostra todas as medições tomadas no estudo, estratificadas pelos itens. As medições estão representadas pelos círculos vazios, - as médias pelos círculos preenchidos. A linha conecta as medições médias de cada item.

Idealmente:

- Múltiplas medições para o mesmo item têm pouca variação (os círculos vazios para cada item estarão bem próximos).
- As médias irão variar o suficiente para que as diferenças entre os diferentes itens esteiam claras.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## TABELA DE ANALISE DE VARIANCIA

O MIINITAB usa a metodologia de Análise de Variância (ANOVA) para calcular a variância dos componentes, que é usada para estimar o percentual de variação devido ao sistema de medição. O percentual de variação é emitido na tabela Gage R&R.

A tabela Two-WayANOVA para duas fontes de variação inclui o termo para a fonte de variação do item (Nozzle), operador (Operator) e da interação entre item e o operador (Nozzle \* Operator).

Se o P-Value (P-Valor) para a interação for maior ou igual a 0,25, o MIINITAB gera uma segunda tabela de ANOVA, omitindo o termo de interação do modelo. Para alterar o default do MINITAB, que assume uma taxa para o erro tipo I igual a 0,25, clique em Options e entre com o novo valor (por exemplo: 0,3).

Neste exemplo, o P-Valor para Nozzle\*Operator é 0,707. Portanto, o MIINITAB removeu o termo de interação do modelo e gerou uma segunda tabela de ANOVA.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Estudo de R&R da Medição - Método Xbarra/R

### Componentes de Variância

Tolerância do processo = 8

### Avaliação das Medições

Número de Categorias Distintas = 16

### R&R da Medição para Diam

Fonte	DesvPad (DP)	Var do Estudo (6 × DP)	%Var do Estudo (%VE)	% de Tolerância (VE/Toler)
Total de R&R da Medição	0,11385	0,68311	8,52	8,54
Repetibilidade	0,10664	0,63983	7,98	8,00
e Reprodutibilidade	0,03988	0,23928	2,98	2,99
Peça a Peça	1,33206	7,99236	99,64	99,90
Variação Total	1,33692	8,02150	100,00	100,27





# MSA – Análise do Sistema de Medição

## CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

A seguir apresentamos o guia da AIAG para um sistema de medição aceitável.

%Tolerance %StudyVar	%Contribuição	O sistema é...
< 10%	< 1%	Aceitável
10% - 30%	1% - 9%	Marginal
> 30%	> 9%	Inaceitável

Resultados desejáveis de serem observados na análise gráfica para estudo da variação do sistema de medição:

Gráfico	Resultado
Carta R	Baixa variabilidade entre as amplitudes médias
Carta $\bar{X}$	Carta fora de controle com grande parte dos pontos das amplitudes médias fora dos limites de controle
By part	Valores muito similares entre os operadores e variação entre os itens natural do processo
By operator	Valores muito similares para as medições de um mesmo item (pontos vazios muito próximos) e variação entre os itens (linha vermelha) natural do processo
Operator by part	Linhas semelhantes



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Exemplo 2: Espessura do Stillcord

### PROPOSTA

Identificar problemas no sistema de medição, usando o Estudo Cruzado da Medição R&R (Gage R&R Study) e um Gráfico de Colunas Emparelhadas.

### PROBLEMA

Um produtor de pneus de bicicletas BMX está avaliando o sistema de medição utilizado para mensurar a espessura do stillcord. O stillcord é introduzido no interior dos pneus para protegê-lo de perfurações. A tolerância para a espessura do stillcord é de 0,05 mm. O desvio padrão do processo é de 0,078 mm.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## DADOS COLETADOS

Uma amostra aleatório de 10 stillcords foi extraído do processo de produção para este estudo. Os itens foram mensurados por três operadores diferentes, e cada operador mensurou o mesmo item duas vezes, totalizando em 60 leituras. Os itens foram fornecidos para cada operador em ordem aleatória.

## FERRAMENTAS UTILIZADAS

- Gage R&R Study (Crossed).
- Gage Run Chart

## ARQUIVO DE DADOS: RIMSTRIRMPJ



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## TOLERÂNCIA

A tolerância para a espessura dos itens é de 0,5mm. Compare com o valor da tolerância para comparar a variação do sistema de medição com as especificações do cliente ( $USL - LSL = \text{Tolerance}$ ).

## VARIAÇÃO HISTÓRICA DO PROCESSO

Se forçarmos a obtenção de uma amostra que reflita a variação típica do processo, a variação part-to-part estimada para o processo poderá não refletir a variação natural do processo, retornando valores superestimados ou subestimados devido a amostra ter sido obtida com vício. Como resultado, seu sistema poderá aparentar ser melhor (ou pior) do que realmente o é.

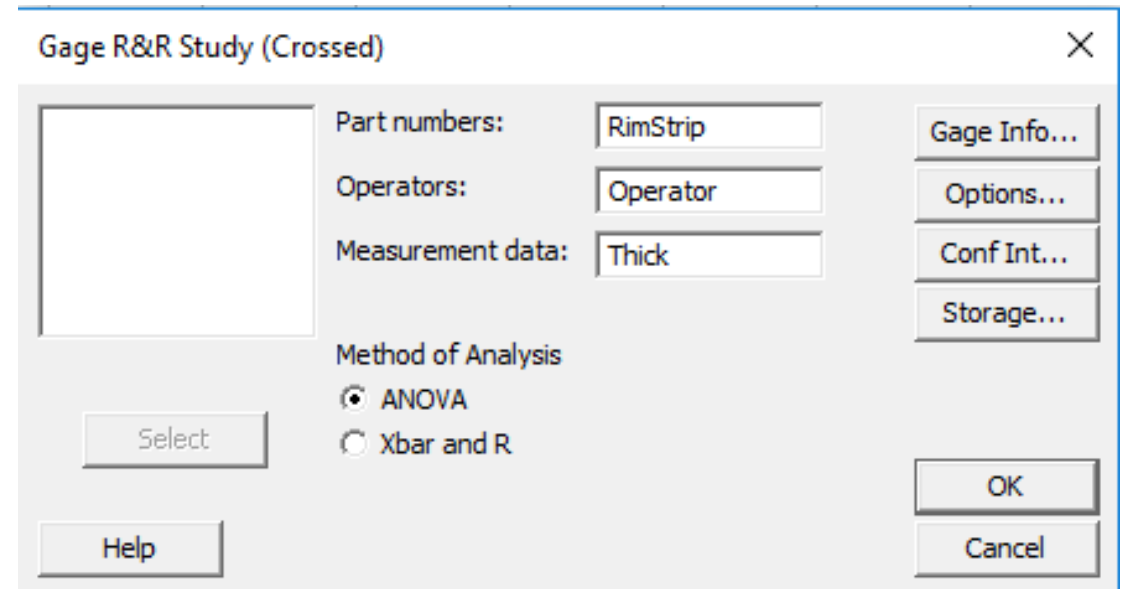
Neste caso, a estimativa da variação histórica do processo nos é bastante Útil. Com ela, o MINITAB calcula o %Process que compara a variação do sistema de medição com a variação histórica do processo.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## GAGE R&RSTUDY (CROSSED)

1. Abra o arquivo RIMSTRIRMPJ
2. Escolha **Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage R&RStudy (Crossed)**;
3. Complete a caixa de dialogo, como mostramos ao lado:
4. Clique em **Options**;
5. Em **Upper spec - Lower spec**, digite 0,5;
6. Em **Historical standard deviation**, digite 0,078,-
7. Clique em **OK** em todas as caixas de diálogo.



The screenshot shows the 'Gage R&R Study (Crossed)' dialog box. It contains the following fields and options:

- Part numbers: RimStrip
- Operators: Operator
- Measurement data: Thick
- Method of Analysis:  ANOVA,  Xbar and R
- Buttons: Select, Help, Gage Info..., Options..., Conf Int..., Storage..., OK, Cancel

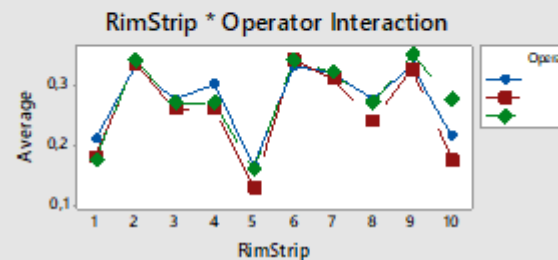
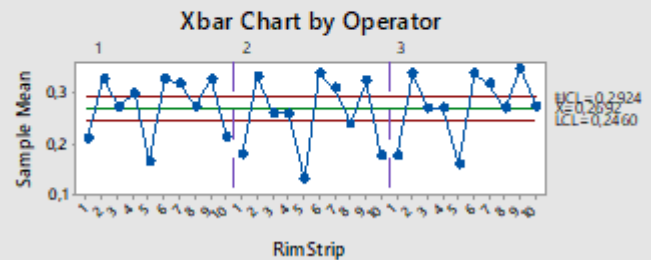
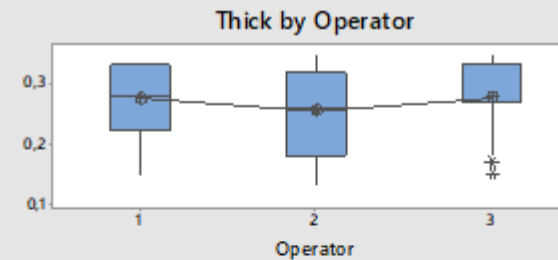
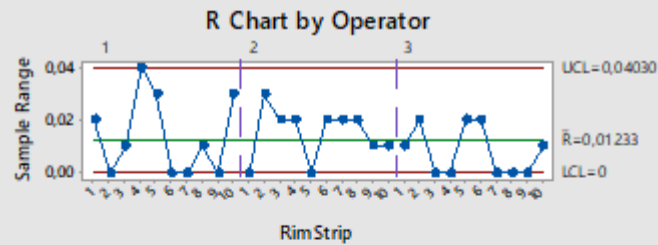
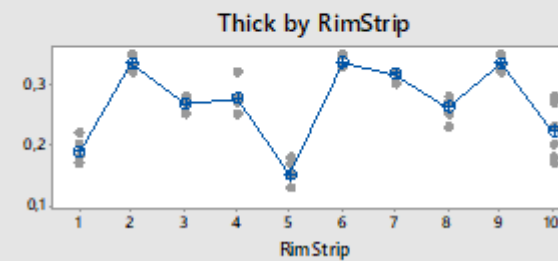
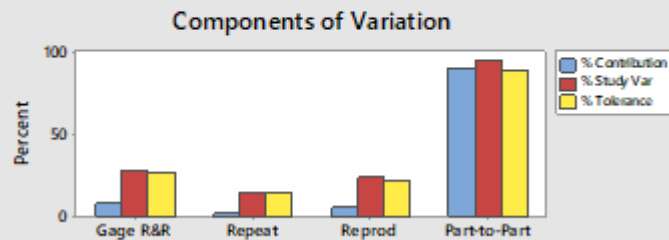


# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Gage R&R (ANOVA) Report for Thick

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
RimStrip	9	0,229142	0,0254602	38,7609	0,000
Operator	2	0,005643	0,0028217	4,2957	0,030
RimStrip * Operator	18	0,011823	0,0006569	4,6366	0,000
Repeatability	30	0,004250	0,0001417		
Total	59	0,250858			

$\alpha$  to remove interaction term = 0,05

## Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0005075	8,34
Repeatability	0,0001417	2,33
Reproducibility	0,0003658	6,01
Operator	0,0001082	1,78
Operator*RimStrip	0,0002576	4,23
Part-To-Part	0,0055765	91,66
Total Variation	0,0060840	100,00



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Gage Evaluation

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,0225278	0,135167	28,88	27,03
Repeatability	0,0119024	0,071414	15,26	14,28
Reproducibility	0,0191268	0,114761	24,52	22,95
Operator	0,0104039	0,062423	13,34	12,48
Operator*RimStrip	0,0160497	0,096298	20,58	19,26
Part-To-Part	0,0746760	0,448056	95,74	89,61
Total Variation	0,0780000	0,468000	100,00	93,60

*Historical standard deviation is used to calculate some values for StdDev, Study Var, and %Study Var.*

*Values for %Process are not displayed because they are identical to values for %Study Var.*

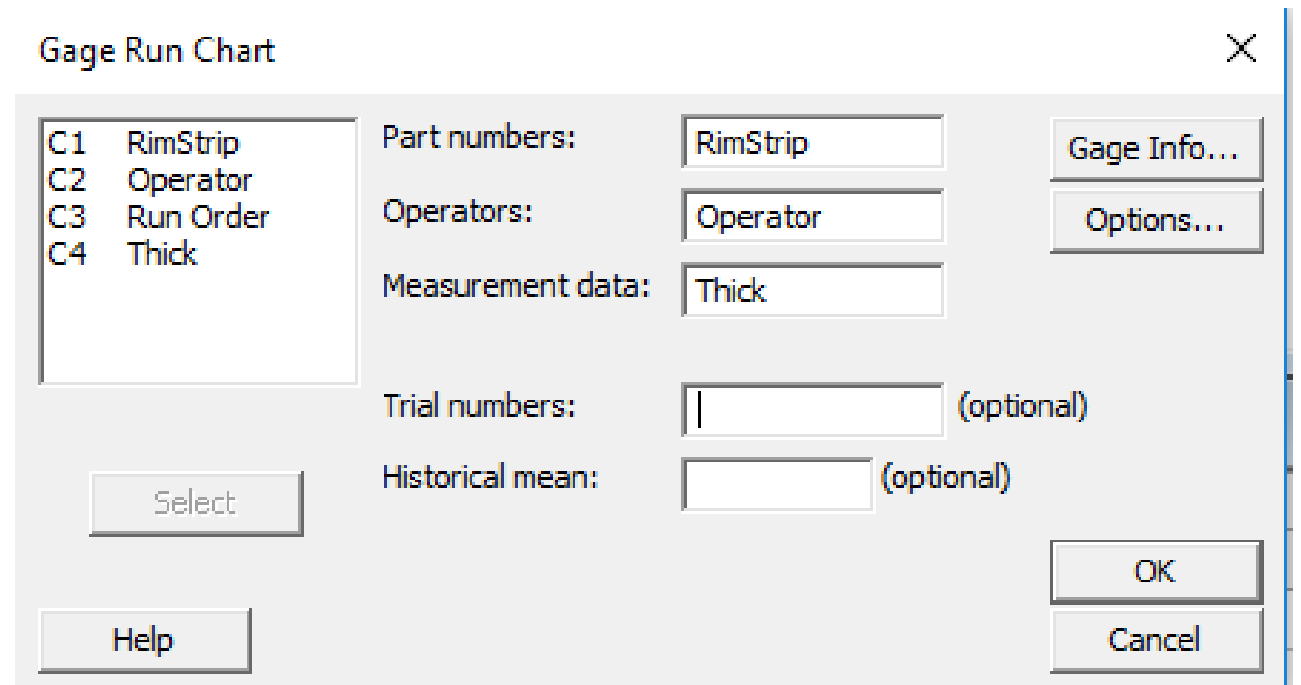




# MSA – Análise do Sistema de Medição

## GAGE RUN CHART

- 1, Escolha **Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage Run Chart**,
- 2 . Complete a caixa de diálogo, como mostramos abaixo:
3. Clique em OK.



The screenshot shows the 'Gage Run Chart' dialog box. On the left, a list contains four items: C1 RimStrip, C2 Operator, C3 Run Order, and C4 Thick. Below this list are 'Select' and 'Help' buttons. On the right, there are input fields for 'Part numbers:' (RimStrip), 'Operators:' (Operator), and 'Measurement data:' (Thick). There are also 'Gage Info...' and 'Options...' buttons. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons. The 'Trial numbers:' and 'Historical mean:' fields are empty and marked as optional.



# MSA – Análise do Sistema de Medição

## Gage Run Chart of Thick by RimStrip, Operator

