

Introdução ao Minitab 17



Prof. Dr. Fabrício Maciel Gomes

Junho de 2017



Iniciando o Minitab 17



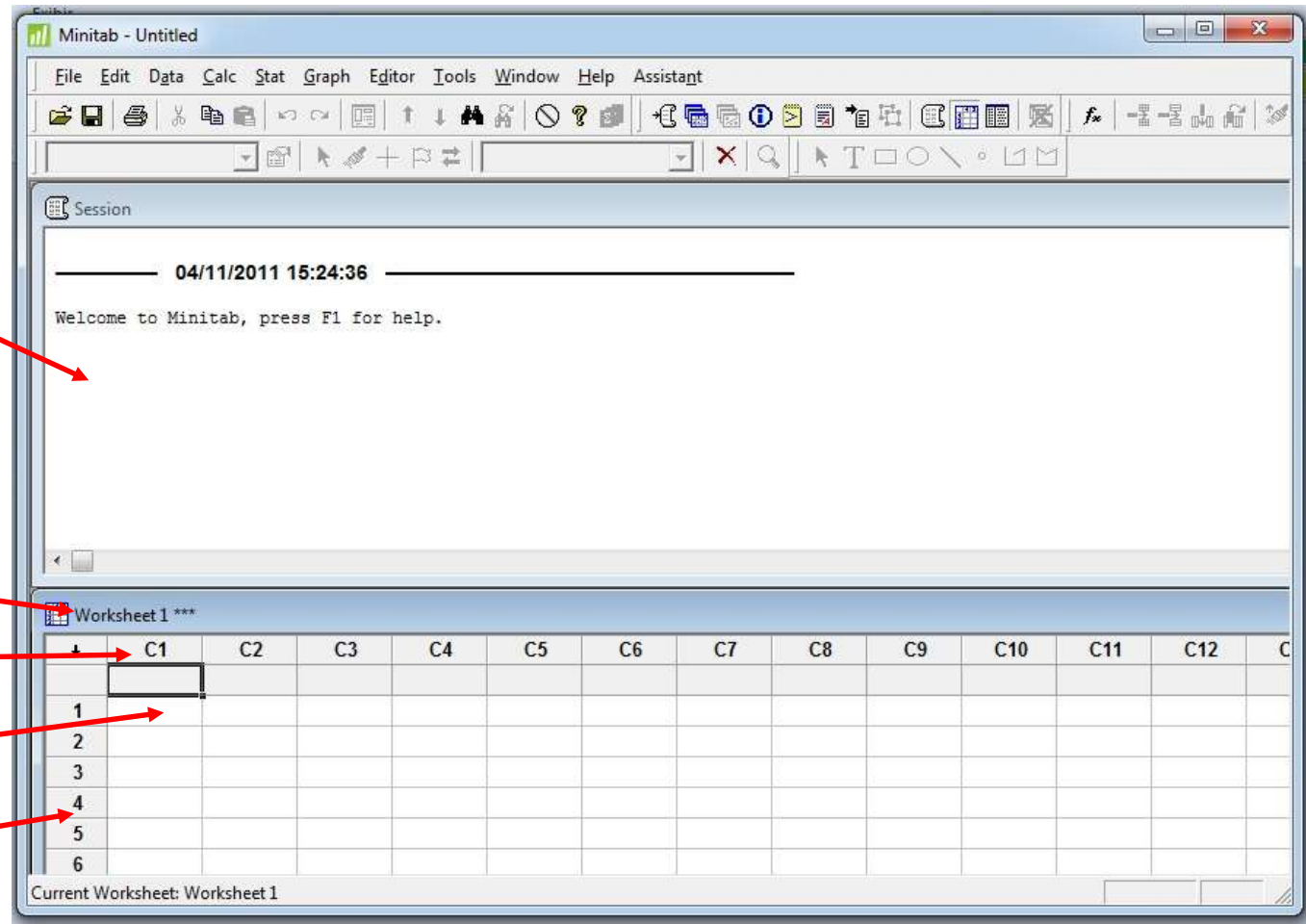
Janela Session

Janela Data

Colunas

Células

Linhas

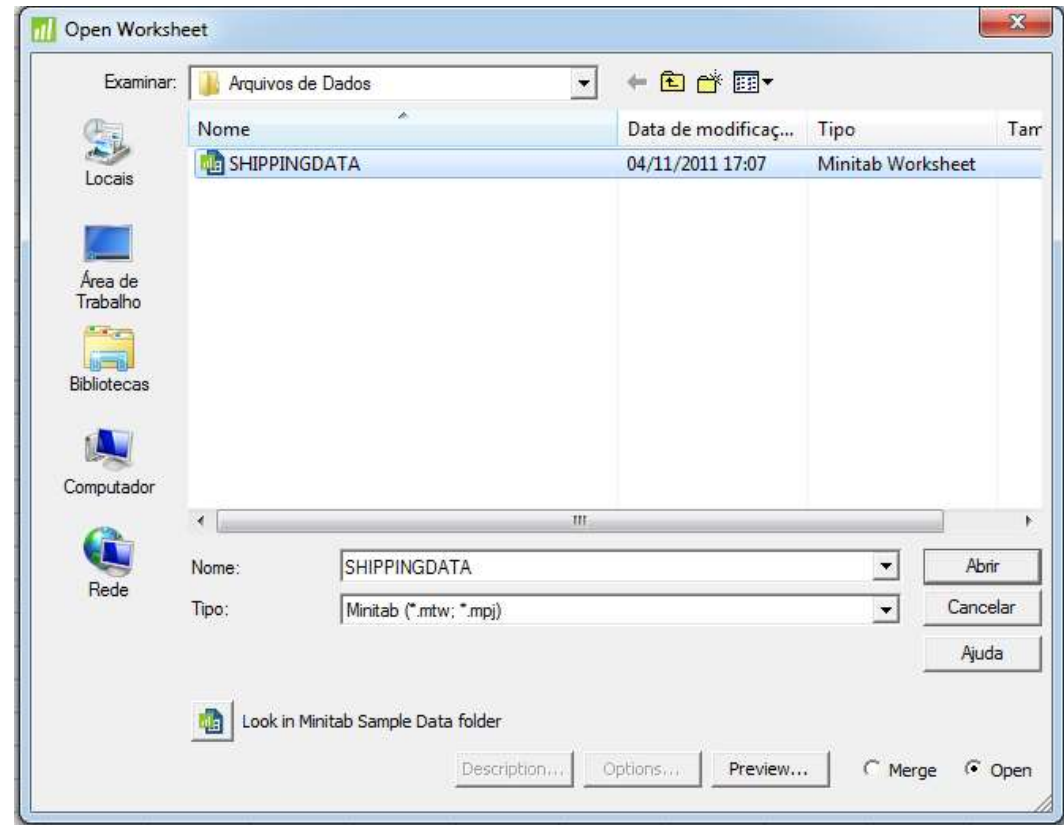




Iniciando o Minitab16

Abra uma Planilha

1. Selecione File ► Open Worksheet.
2. Na pasta Arquivos de Dados, selecione SHIPPINGDATA.MTW e clique em abrir.





Iniciando o Minitab16

Examinar Planilha

Os dados são organizados em colunas, sendo chamados de variáveis. O nome e o número da coluna estão sobre cada coluna. Cada linha da planilha representa uma observação que neste caso são as informações de um único pedido de livro.

Coluna com dados de data/tempo

Coluna com dados de texto

Coluna com dados numéricos

Nome da Coluna

Número da Linha

	C1-T	C2-D	C3-D	C4	C5-T	C6	C7
	Center	Order	Arrival	Days	Status	Distance	
1	Eastern	3/3/2003 8:34	3/7/2003 15:21	4,28264	On time	255	
2	Eastern	3/3/2003 8:35	3/6/2003 17:05	3,35417	On time	196	
3	Eastern	3/3/2003 8:38	*	*	Back order	299	
4	Eastern	3/3/2003 8:40	3/7/2003 15:52	4,30000	On time	205	
5	Eastern	3/3/2003 8:42	3/9/2003 14:48	6,25417	Late	250	
6	Eastern	3/3/2003 8:43	3/8/2003 15:45	5,29306	On time	93	
7	Eastern	3/3/2003 8:50	3/7/2003 10:02	4,05000	On time	189	
8	Eastern	3/3/2003 8:55	3/8/2003 16:30	5,31597	On time	335	
9	Eastern	3/3/2003 8:58	3/8/2003 10:32	5,06528	On time	211	
10	Eastern	3/3/2003 9:11	3/7/2003 15:02	4,28542	On time	254	



Iniciando o Minitab16

O MINITAB aceita três tipos de dados: numérico, texto e data/tempo. Esta planilha contém os três tipos. Os dados incluem:

- ❖ Nome do centro de expedição
- ❖ Data do pedido
- ❖ Data de entrega
- ❖ Quantidade de dias para entrega
- ❖ Status da entrega (“On time” indica que o livro foi recebido dentro do prazo;
- ❖ “Back order” indica que não há o livro no estoque; “Late” indica que o livro
- ❖ foi recebido seis dias ou mais após o pedido)
- ❖ Distância entre o centro de expedição e o local de entrega



Ferramentas da Qualidade



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 1: Medindo a Exatidão e a Precisão

Proposta

Análise de precisão e exatidão de um sistema de medição em experimentação, usando estatísticas descritivas e um boxplot.

Problema

Engenheiros elaboram um sistema de medição para mensurar um item crítico de um processo de montagem. Para avaliar a exatidão e precisão do sistema, os engenheiros planejam um experimento no qual dois operadores efetuaram repetidas mensurações do mesmo item.



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

Os engenheiros selecionaram um item considerado padrão com comprimento conhecido de 25 mm. Cada operador mediu este item padrão 50 vezes.

Ferramentas

- Calculator;
- Display Descriptive Statistics;
- Boxplot

Arquivo de Dados: LENGTH.MPJ

Variável	Descrição
Operator	Identificação do Operador
Lenght	Medida feita pelo operador do item



Ferramentas da Qualidade

Calculando Valores

Antes de analisar os dados, use a calculadora (Calculator) do Minitab para transformar os dados, subtraindo 25 das medidas efetuadas, o que quantificará as diferenças entre a medida efetuada e a medida real. Esta diferença expressa o vício das mensurações. O Minitab armazena os valores transformados em uma coluna específica.

Calculadora

1. Abra o projeto LENGHT.MPJ;
2. Selecione **Calc>Calculator**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



Ferramentas da Qualidade

Calculator

Store result in variable:

Expression:

Functions:
All functions
Absolute value
Antilog
Any
Arccosh
Arccosine
Arcsine

7 8 9 + = ≠
4 5 6 - < >
1 2 3 * ≤ ≥
0 , [] / And
^ Or
() Not

Select

☐ Assign as a formula

Help

OK Cancel

4. Clique em **OK**

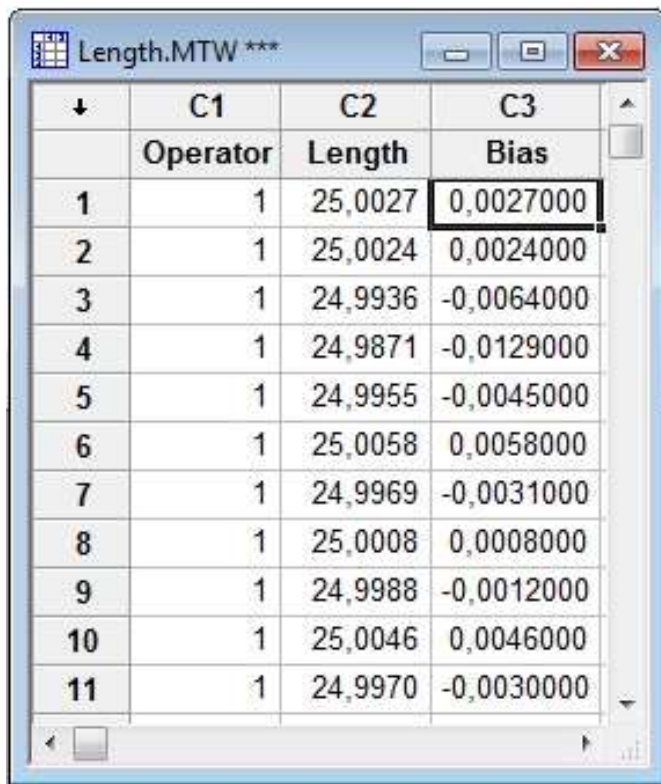


Ferramentas da Qualidade

Interpretando Resultados

Examine a Worksheet. Na nova coluna, intitulada Bias, note que:

- O valor 0 (zero) indica que o valor mensurado é igual para o valor do item padrão;
- Um número positivo indica o valor mensurado é maior que o valor do item padrão;
- Um número negativo indica o valor mensurado é menor que o valor do item padrão.



	C1	C2	C3
	Operator	Length	Bias
1	1	25,0027	0,0027000
2	1	25,0024	0,0024000
3	1	24,9936	-0,0064000
4	1	24,9871	-0,0129000
5	1	24,9955	-0,0045000
6	1	25,0058	0,0058000
7	1	24,9969	-0,0031000
8	1	25,0008	0,0008000
9	1	24,9988	-0,0012000
10	1	25,0046	0,0046000
11	1	24,9970	-0,0030000

Próximo Passo

Analise os dados transformados para avaliar a exatidão e a precisão das mensurações.



Ferramentas da Qualidade

Exibindo Estatísticas Descritivas

Use estatísticas descritivas para determinar a exatidão e precisão das medições efetuadas pelos operadores. Devido ao fato das medições dos dois operadores estarem em uma mesma coluna, use **By variable>Operator**, e então o Minitab mostrará as estatísticas estratificadas por cada operador.

Para uma única medição, a exatidão refere-se ao quão perto da medida real está o valor mensurado pelo operador. Para várias medições, a exatidão refere-se ao quão perto a média dos valores medidos está do valor real do item. Neste caso o valor real do item é 25.

A precisão refere-se à variabilidade das medições realizadas. Use uma medida de variabilidade, como o desvio-padrão, para avaliar a precisão.

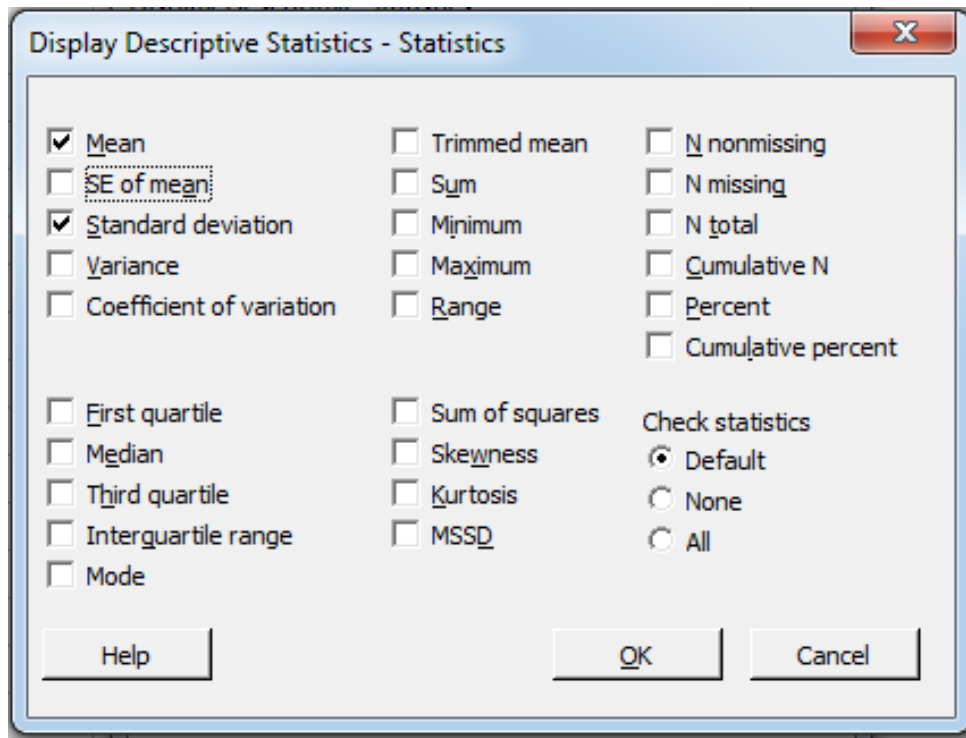
Note que somente é possível avaliar a exatidão de um sistema de medição se soubermos o valor real do item medido. Contudo, podemos avaliar a precisão do sistema de medição sem conhecer este valor.



Ferramentas da Qualidade

Exibindo Estatísticas Descritivas

1. Selecione **Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics**;
2. Em **Variables**, digite *Bias*. Em **By variables** digite *Operator*;
3. Clique em *Statistics*;
4. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura abaixo.



5. Clique em *OK*;
6. Clique em *Graphs*. Selecione *Boxplot of data*;
7. Clique em *Ok* em cada caixa de diálogo.

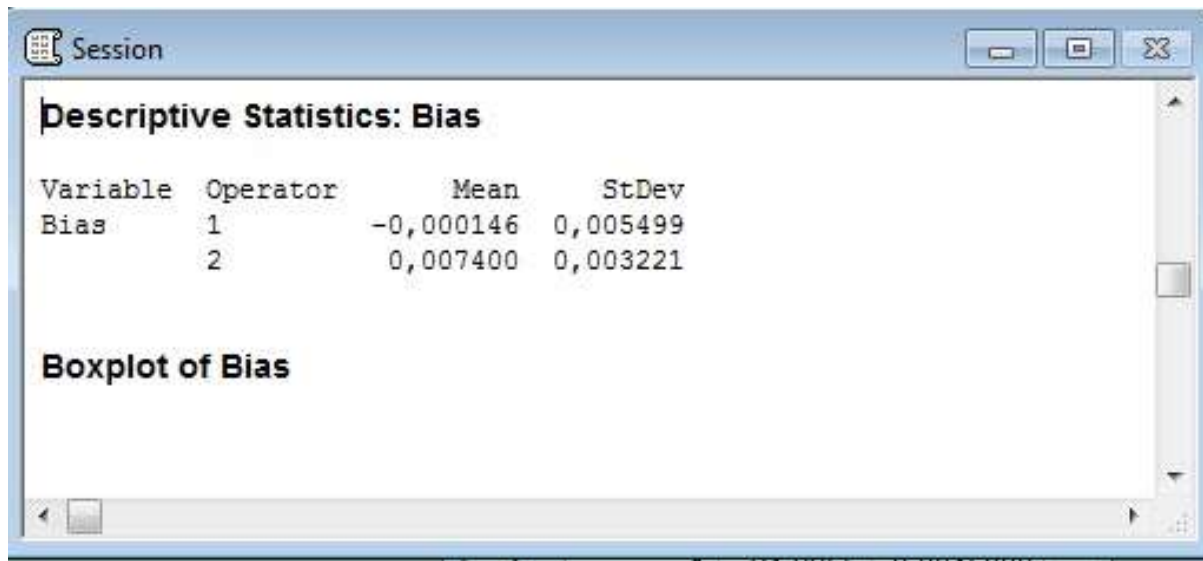


Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

Examine as médias amostrais e o desvio-padrão amostral do vício para cada operador. Os resultados nos indicam que:

- As medições do Operador 1 aparentam ser mais exatas, pois o vício médio de suas medições está mais próxima de zero do que as medições do Operador 2;
- Operador 2 tem desvio-padrão menor que o Operador 1, indicando que suas medições são mais precisas.





Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

Compare os Boxplots dos dois operadores. O gráfico sustenta os resultados obtidos por meio da análise descritiva, além de fornecer um detalhamento maior por mostrar a amplitude das medições feitas por cada operador. Por exemplo, o gráfico mostra que

- O Operador 2 obtém medidas consistentemente maiores que o valor padrão de 25mm;
- As medidas do Operador 1, que alcançam 0,01mm abaixo ou acima da medida padrão, são menos consistentes que as do Operador 2.



Também é possível obter estas e outras conclusões por meio de estatísticas descritivas adicionais, tais como o *mínimo*, o *máximo* e a *amplitude*.



Ferramentas da Qualidade

Considerações Finais

Resumo e Conclusões

Usando estatísticas descritivas e o boxplot, descobrimos que:.

- ✓ O Operador 1 aparentemente faz suas medidas com mais exatidão;
- ✓ O Operador 2 aparentemente faz suas medidas com mais precisão. Além disso, ele obtém medidas consistentes maiores que o padrão de 25mm.

Em uma etapa subsequente, deve-se investigar o processo usado pelos operadores para entender porque as medições do Operador 1 são menos precisas que as do Operador 2, e porque as medidas do Operador 2 são sistematicamente incorretas.



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 2: Comparando Processos

Proposta

Análise comparativa de dois processos, usando estatísticas descritivas, dotplot e gráfico seqüencial.

Problema

Um Engenheiro da Qualidade está preocupado com as excessivas variações no tamanho da camada em um processo de aplicação de um revestimento de polímeros em uma lâmina. O Engenheiro acredita que esta variação seja o resultado de muitos ajustes que os operadores esteja fazendo na máquina. Para testar esta hipótese, o Engenheiro fez um simples experimento para comparar o desempenho do processo com e sem ajustes dos operadores.



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

Durante três horas, o processo se manteve no atual procedimento em operação, isto é, os operadores inspecionaram o processo durante a produção, fazendo qualquer ajuste que julgaram necessário para manter o processo na meta (1,5mm). Posteriormente, o processo correu por três horas sem nenhum ajuste na máquina após a configuração inicial

Ferramentas

- Display Descriptive Statistics;
- Dotplot;
- Time Serie Plot;
- Calculator;
- Tally Individual Variables

Arquivo de Dados: ADUST.MPJ

Variável	Descrição
Adjust	Espessura da camada em mm durante o processo com ajuste
NoAdjust	Espessura da camada em mm durante o processo sem ajuste

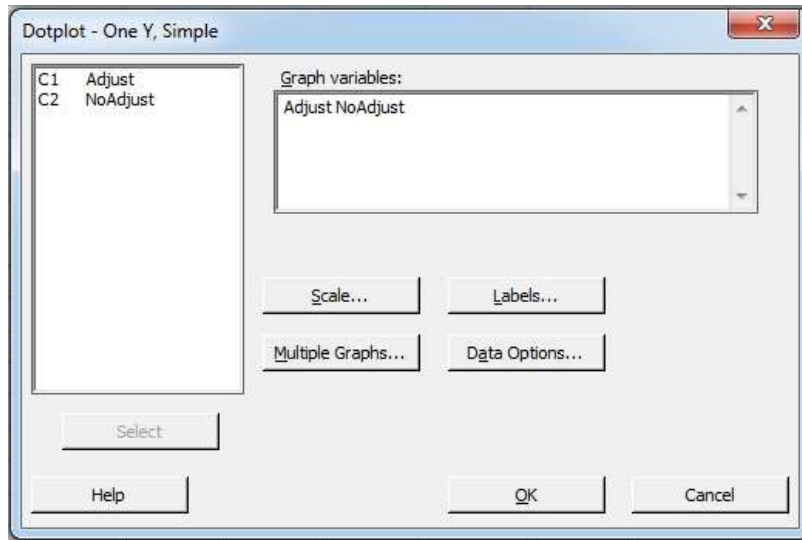


Ferramentas da Qualidade

Criando Dotplot

Um Dotplot é similar a um histograma, com a exceção de que ele mostra um simples ponto para cada valor (ou para um grupo de dados semelhantes quando há varias observações).

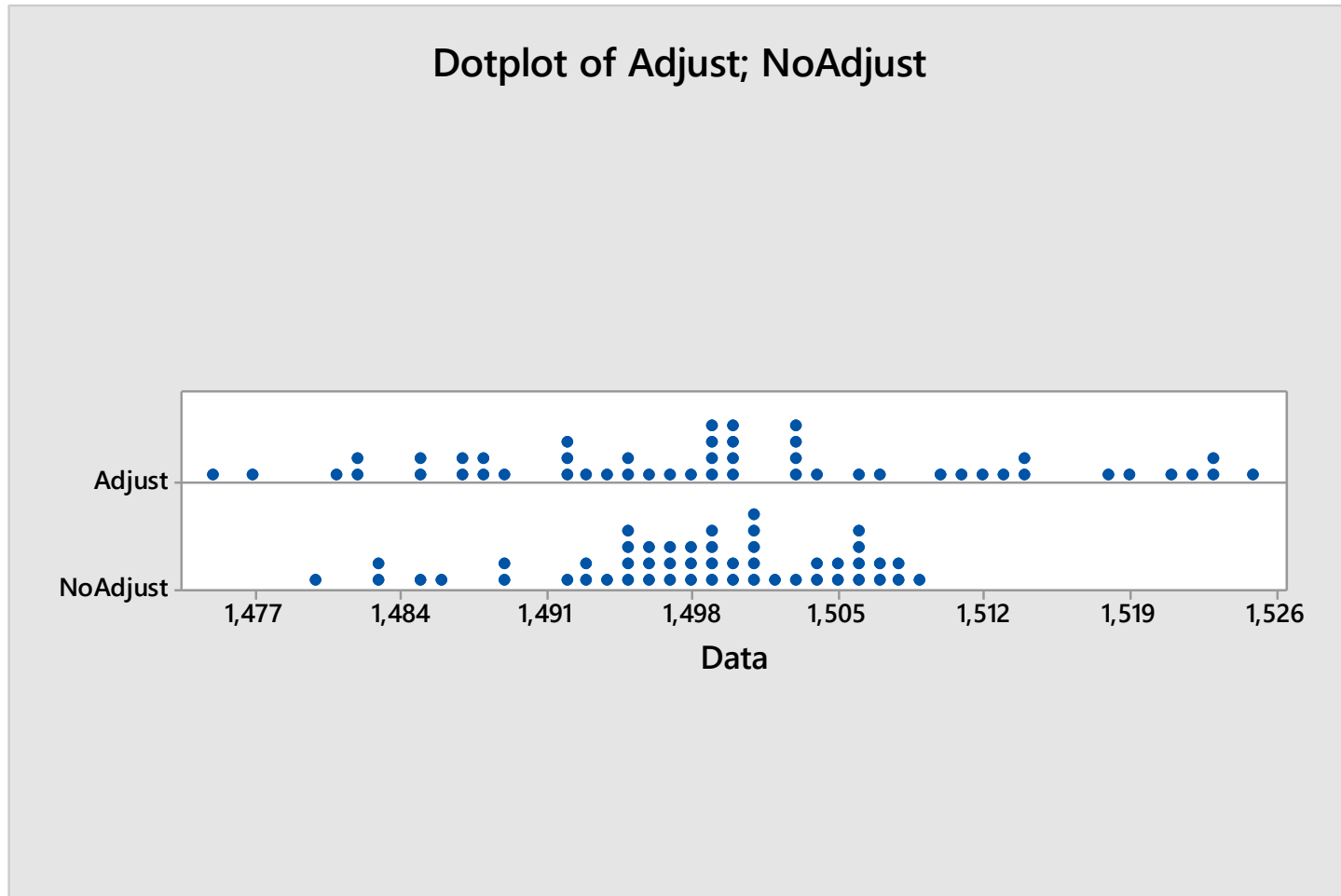
1. Abra **ADJUST.MPJ**;
2. Selecione **Graph>Dotplot**;
3. Abaixo de **Multiple Y's**, selecione **Simple**, então clique em **Ok**.
4. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



5. Clique em **OK**.



Ferramentas da Qualidade

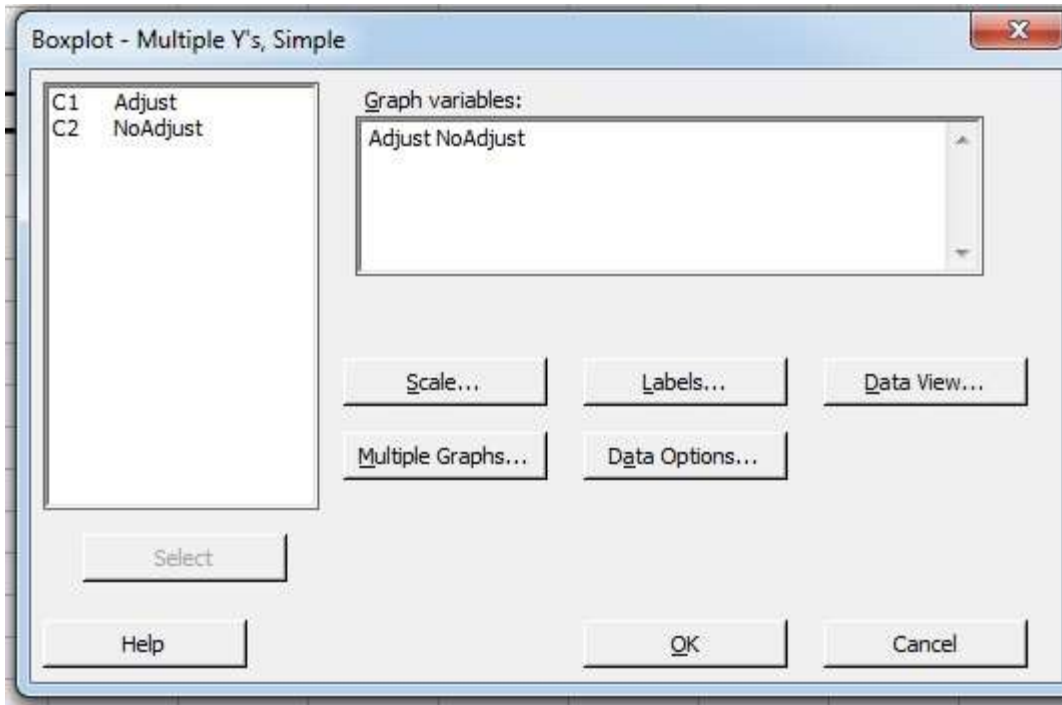




Ferramentas da Qualidade

Criando Boxplot

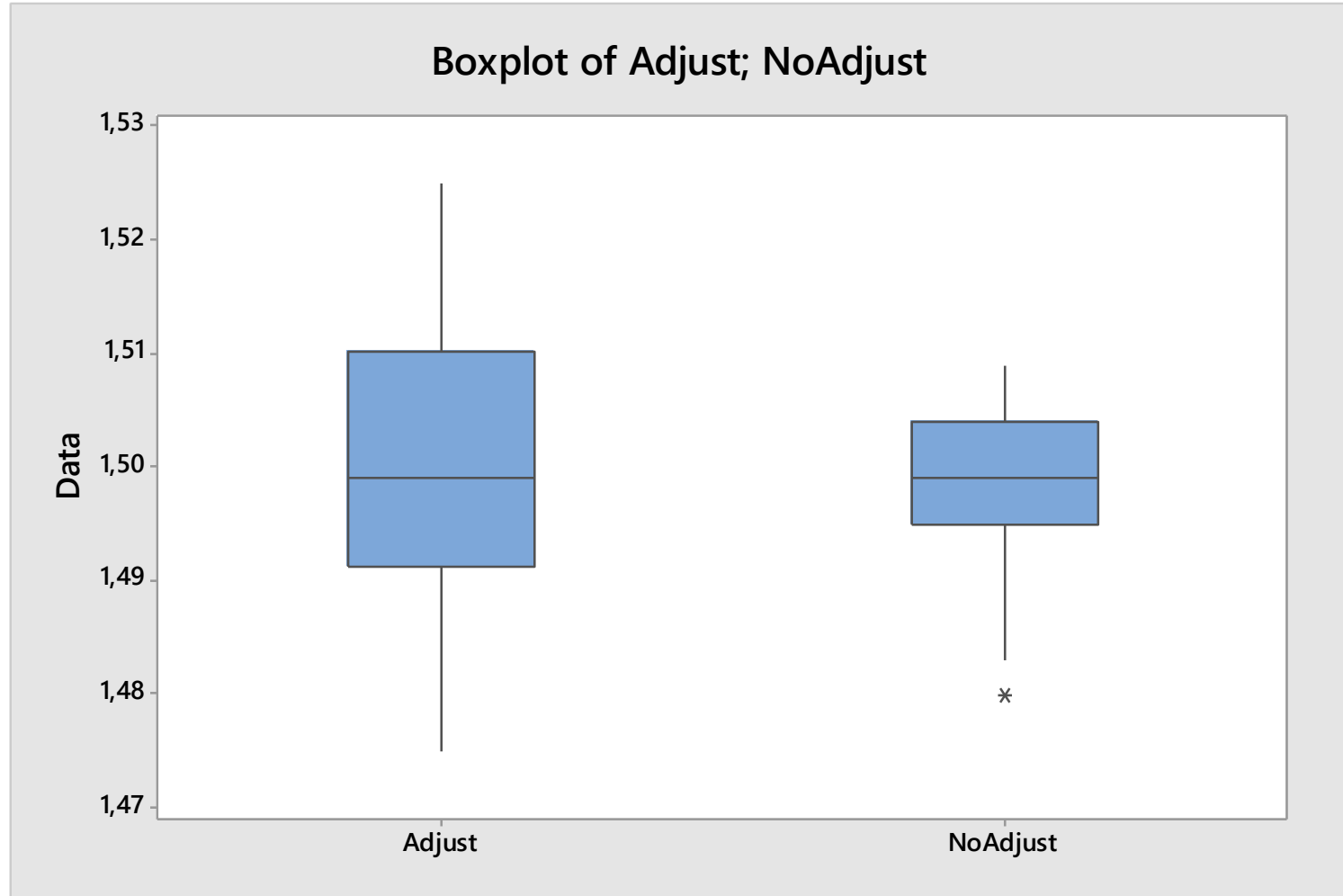
1. Selecione **Graph>Boxplot**;
2. Abaixo de **Multiple Y's**, selecione **Simple**, então clique em **Ok**.
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



4. Clique em **OK**.



Ferramentas da Qualidade





Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Gráficos

Os gráficos indicam que:

Ambos os processos estão centrados na meta 15mm;

Os dados do processo no qual os operadores efetuaram os ajustes estão muito mais espalhados do que os dados provenientes do processo sem ajustes, o que indica que o ajuste efetuado por muitos operadores resulta em uma maior variação dos resultados. Isto causa mais problemas ao invés de solucioná-los, visto que a melhoria do processo encontra-se na busca constante pela redução da variabilidade.



Ferramentas da Qualidade

Calculando as Estatísticas Descritivas

A meta da espessura da camada é de 1,5mm, e as especificações são de 1,485mm e 1,515mm.

Calcule a média amostral das medições de cada processo para determinar qual delas chega mais perto da meta.

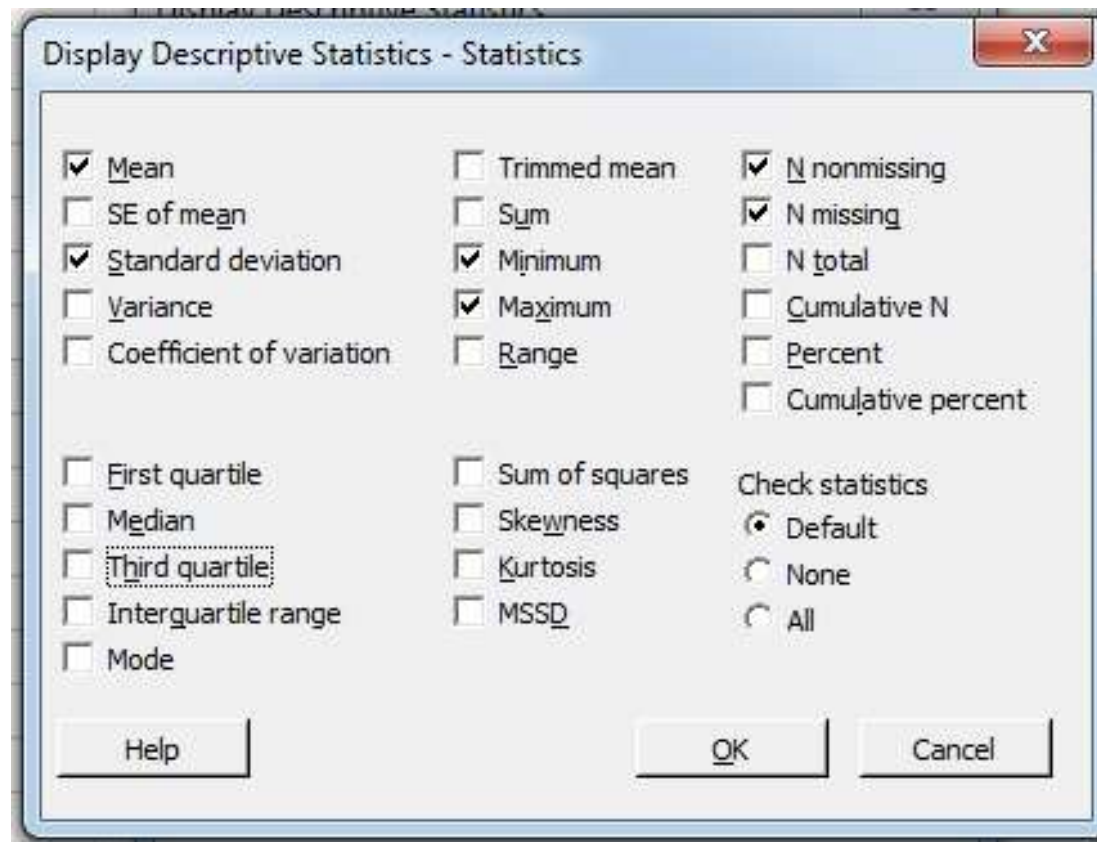
Calcule o desvio-padrão amostral das medidas de cada processo para determinar qual deles tem a maior variação e comparar os processos com a tolerância, ou seja, com a amplitude do limite de especificação fornecido pelo cliente ($1,515 - 1,485 = 0,030\text{mm}$).

Efetutando os cálculos das estatísticas descritivas:

1. Selecione **Stat>Basic Statistics>Display Descriptive Statistics**;
2. Em **Variables**, digite **Adjust** e **NotAdjust**;
3. Clique em **Statistics**;
4. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura no próximo slide.



Ferramentas da Qualidade



5. Clique em **Ok** em cada caixa

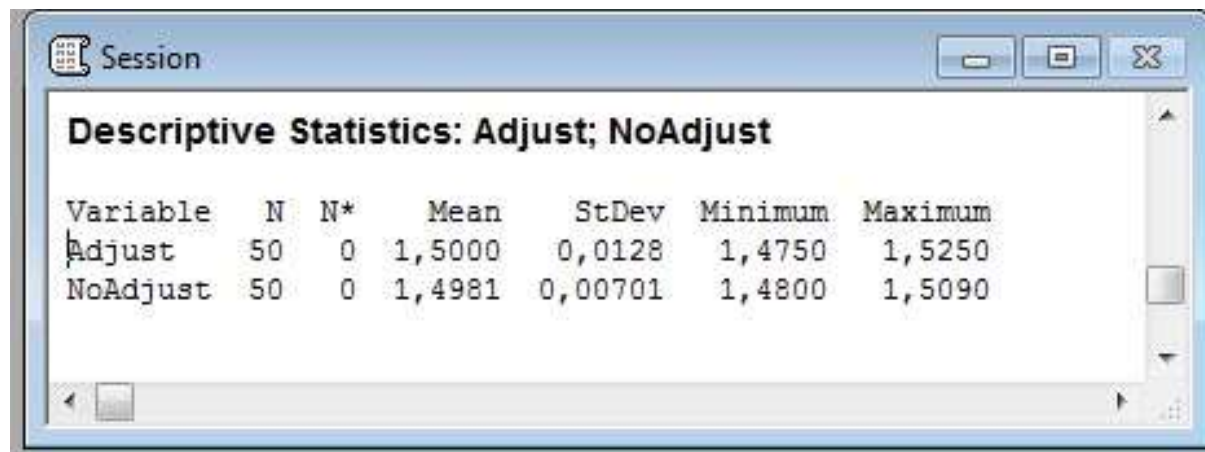


Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

Examine as médias amostrais, o desvio-padrão amostral e os valores de máximo e de mínimo. Os resultados nos indicam que:

- A média das mensurações do processo com ajuste está centrada no alvo (1,500mm), enquanto a média dos processos está apenas próximo do alvo. Contudo, o desvio-padrão do processo sem ajustes é menor e, logo, melhor do que o desvio-padrão do processo com ajustes;
- Os valores de máximo e de mínimo demonstram que em ambos os casos não se consegue atender o Limite Inferior de Especificação (1,485mm), porém o processo sem ajuste não apresenta valores superiores ao Limite Superior de Especificação (1,515mm).



Session

Descriptive Statistics: Adjust; NoAdjust

Variable	N	N*	Mean	StDev	Minimum	Maximum
Adjust	50	0	1,5000	0,0128	1,4750	1,5250
NoAdjust	50	0	1,4981	0,00701	1,4800	1,5090



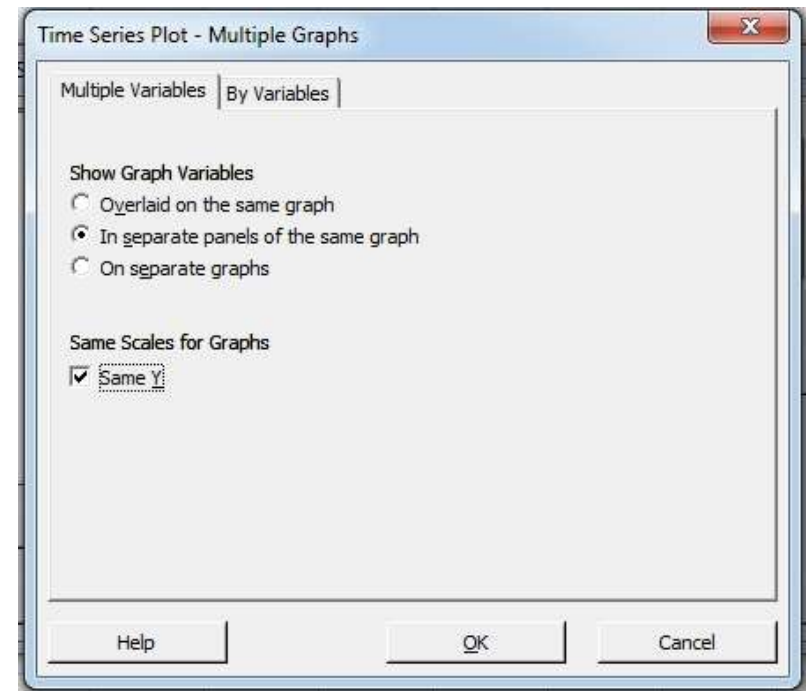
Ferramentas da Qualidade

Criando Gráficos Seqüenciais

Devido ao fato dos dados serem provenientes de um processo que corre durante várias horas, devemos examinar os dados relativos ao tempo para revelar qualquer comportamento não aleatório que os dados apresentem ao longo do tempo. Estes padrões geralmente não aparecem em outros gráficos, como nos boxplot ou dotplot. O gráfico seqüencial apresenta valores dos dados mensurados (no eixo-y) versus tempo (no eixo-x)

Gráfico Seqüencial

1. Selecione **Graph>Time Series Plot**;
2. Selecione **Simple**, então clique em **Ok**;
3. Em **Series**, entre com **Adjust e NotAdjust**;
4. Clique em **Multiple Graphs** e complete a caixa de diálogo como mostra a figura ao lado;
5. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

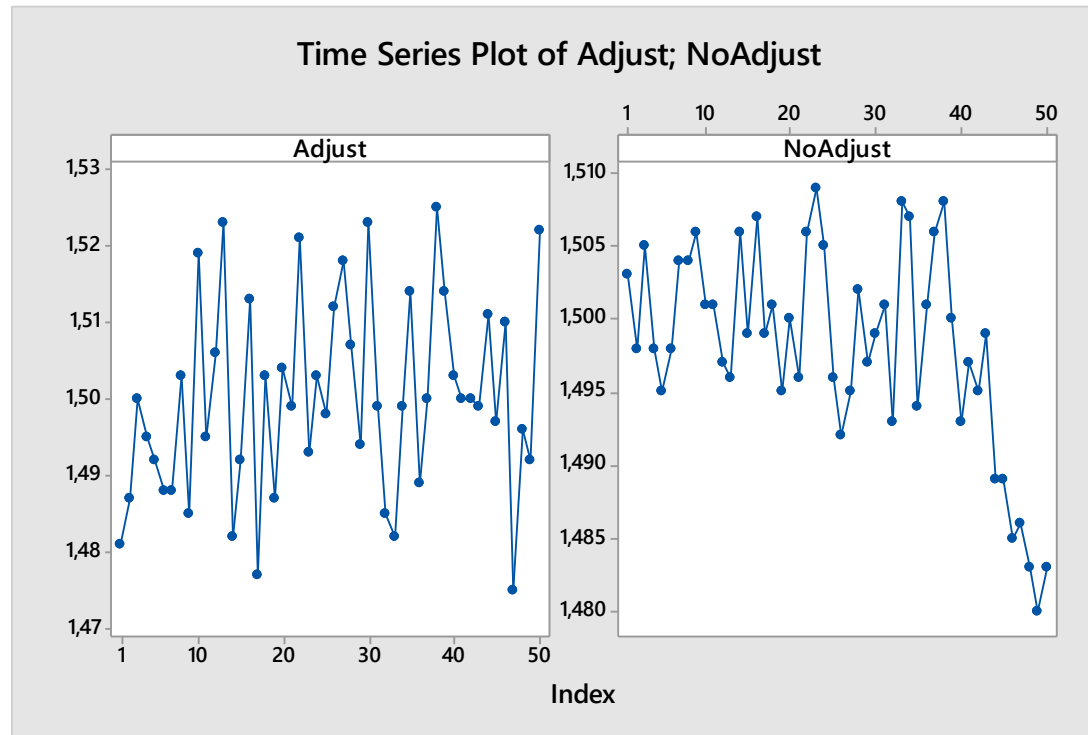




Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

O gráfico seqüencial nos mostra que fazer ajustes no processo enquanto ele está ocorrendo resulta no aumento da variabilidade da espessura da camada. No processo sem ajustes, uma lenta queda na espessura da camada começa aparecer após a quadragésima amostra. Esta queda pode indicar que, embora os ajustes feitos pelos operadores aumentam as variações do processo, inspeções periódicas podem ser necessárias para assegurar que o processo não esteja ficando muito longe da meta.





Ferramentas da Qualidade

Proporção de Medidas Fora da Especificação

Outra estatística útil é a proporção de medidas fora dos limites de especificação. O Limite Inferior de Especificação é de 1,485mm, enquanto o Limite Superior de Especificação é de 1,515mm.

Para calcular esta proporção, utilizamos a calculadora do Minitab para criar duas colunas, uma para cada processo, indicando quais os itens que estão fora da especificação. O Minitab identifica as linhas nas quais a expressão não esta satisfeita com um 0 (zero). Neste exemplo, as medidas fora dos limites com um número 1 (um) e as medidas dentro dos limites são identificadas com o número 0 (zero).

O Minitab guarda os resultados na próxima coluna disponível, usando o nome especificado na caixa de diálogo.

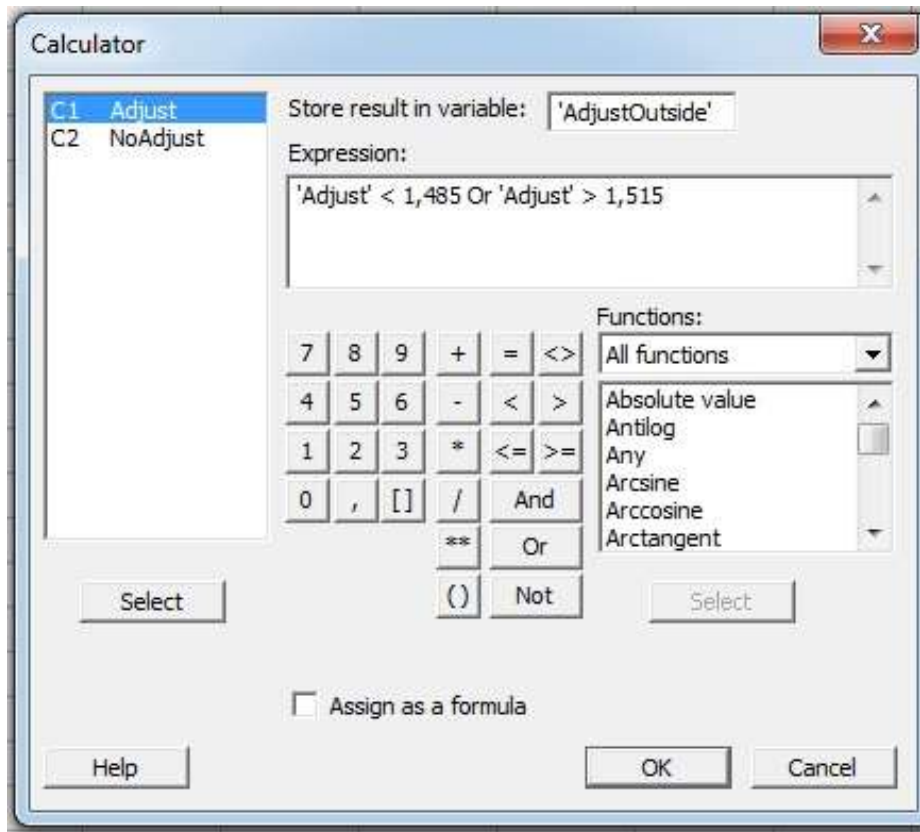


Ferramentas da Qualidade

Proporção de Medidas Fora da Especificação

Calculadora

1. Selecione **Calc>Calculator**;
2. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura abaixo



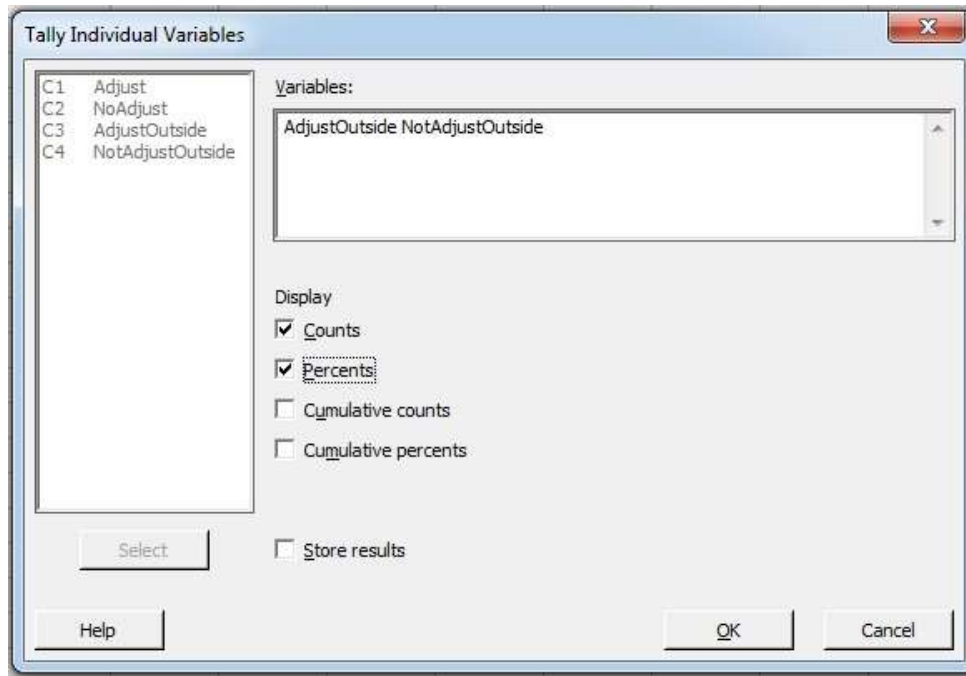
3. Clique em **Ok**;
4. Repita os passos de 1 a 3 para **NotAdjust**, guardando os resultados em **NotAdjustOutside**.



Ferramentas da Qualidade

Proporção de Medidas Fora da Especificação

Usando as novas colunas criadas com o Calculator, podemos utilizar o Tally Individual Variables para calcular as frequências e as porcentagens de medidas que estão dentro ou fora dos limites de especificação. O Minitab conta a quantidade de 0 (zeros) e de 1 (uns) em cada uma das colunas e então calcula a proporção de medidas.



Tally Individual Variables

1. Selecione **Stat>Tables>Tally Individual Variables**;
2. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura ao lado;
3. Clique em **Ok**.



Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

Os resultados indicam que:

- Para o processo com ajustes, 12 medidas (24%) estão fora dos limites de especificação;
- Para o processo sem ajustes, somente 3 medidas (6%) estão fora dos limites de especificação. Lembre-se que essas medições são aquelas medidas no final do processo (gráfico seqüencial).

Session

Tally for Discrete Variables: AdjustOutside; NotAdjustOutside

AdjustOutside	Count	Percent	NotAdjustOutside	Count	Percent
0	38	76,00	0	47	94,00
1	12	24,00	1	3	6,00
N=	50		N=	50	



Ferramentas da Qualidade

Considerações Finais

Os resultados das estatísticas descritivas e do dotplot sustentam a hipótese de que a realização não planejada de ajustes da máquina durante o processo aumenta a variação do processo de espessura. A média calculada para o processo com ajustes atingiu a meta de 1,5mm, o que pode ser esperado visto que os operadores fazem os ajustes para manter o processo no alcance da meta. Contudo, estes mesmos ajustes freqüentes aumentam a variação, tornando o processo imprevisível.

O aumento da variabilidade pode ser conseqüência de ajustes freqüentes realizados em um processo. E, assim, pode-se facilmente tirar uma conclusão errada da variação natural em um processo, como a mudança no desempenho, indicando que ajustes são necessários, quando na verdade eles não são.



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 3: Tempo de Espera

Proposta

Análise de dados por meio de estatísticas descritivas e histogramas.

Problema

Os administradores de uma clínica de saúde desejam saber por quanto tempo os pacientes esperam até serem atendidos pelo médico. Eles suspeitam que pode haver uma diferença entre tempos de espera para consultas pela manhã e pela tarde.



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

Por aproximadamente 2 meses, os administradores marcaram o tempo (arredondado) que os pacientes gastaram para serem atendidos pelo médico e o período do dia no qual a consulta aconteceu (de manhã ou de tarde).

Ferramentas

- Display Descriptive Statistics;
- Histogram

Arquivo de Dados: WAITTIME.MPJ

Variável	Descrição
Date	Dia da visita (3/5 5/10)
Wait Time	Tempo que o paciente aguardou para ser atendido pelo médico
Time os Day	Horário da Consulta (Morning Afternoon)



Ferramentas da Qualidade

Calculando as Estatísticas Descritivas

Para resumir informações importantes sobre os dados, use a ferramenta **Display Descriptive Statistic** para calcular as estatísticas básicas.

Uma estatística particularmente útil é a mediana, que é o valor central dos dados ordenados em ordem crescente ou decrescente. Ou seja, 50% dos valores observados são menores que a mediana e os outros 50% são maiores.

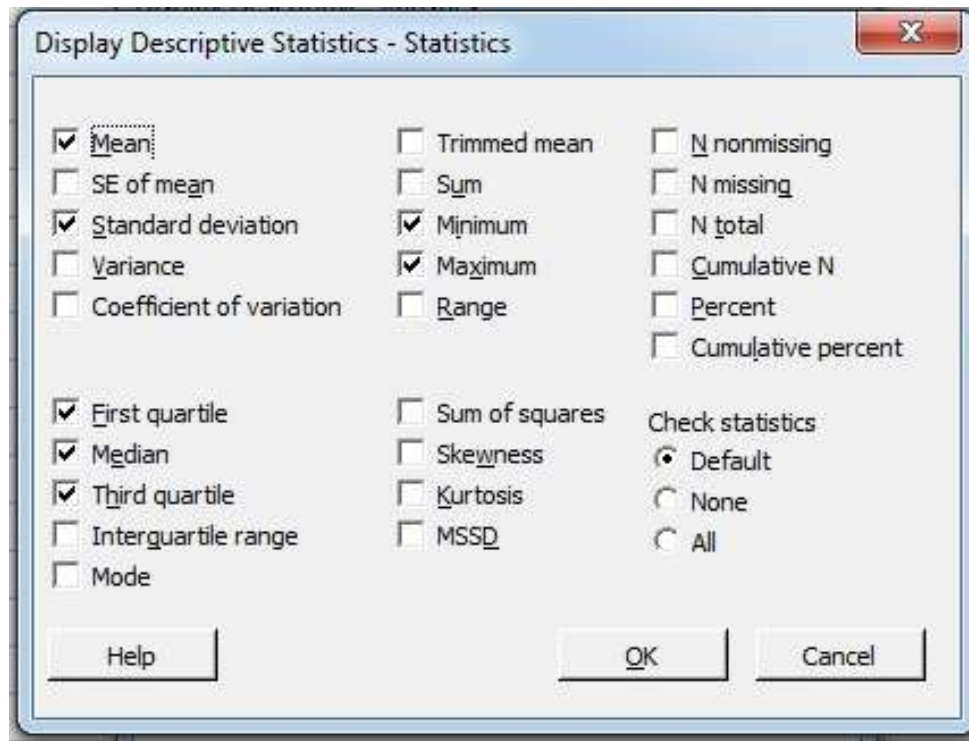
A mediana pode ser uma estatística mais apropriada que a média para indicar o centro de distribuição dos dados, especialmente quando a distribuição de valores não é simétrica, pois a média aritmética é altamente influenciada por valores atípicos (outliers), enquanto isso não ocorre com a mediana. Dados, como o “tempo de espera” ou “tempo observado até que um determinado evento ocorra”, freqüentemente apresentam distribuições assimétricas.



Ferramentas da Qualidade

Display Descriptive Statistic

1. Abra **WAITTIME.MPJ**;
2. Selecione **Stat>Basic Statistic>Display Descriptive Statistic**;
3. Em **Variables** digite “Wait Time”;
4. Clique **Statistic**;
5. Complete a caixa de diálogo como mostra a figura a seguir.



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

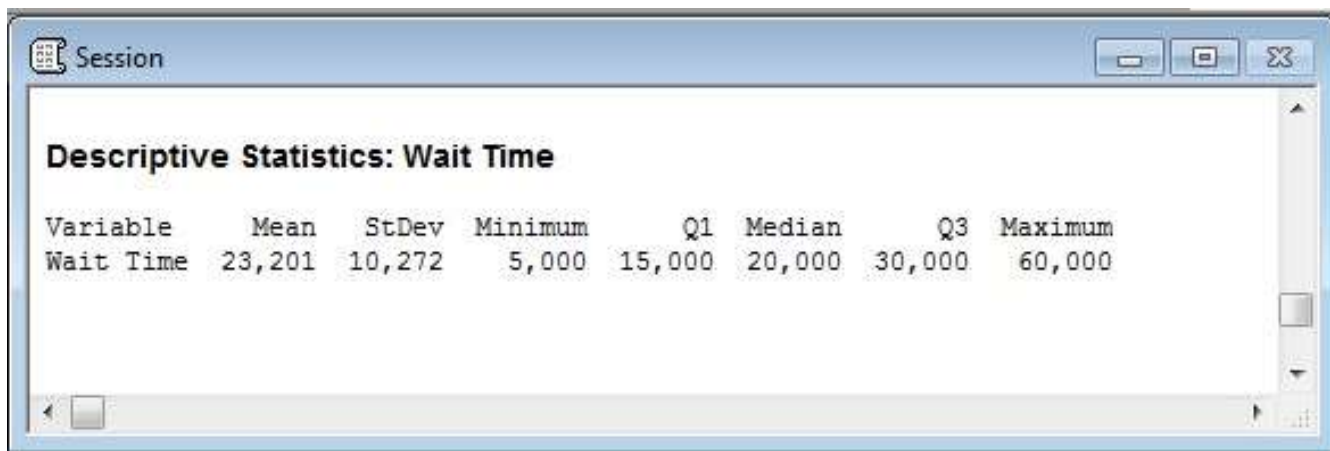


Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

A estatísticas descritivas nos indicam que:

- As pessoas esperam em média 23,2 minutos para serem atendidas;
- O menor tempo de espera foi de 5 minutos e o maior de 60 minutos;
- O valor da mediana é de 20 minutos, o que indica que aproximadamente 50% dos pacientes esperam 20 minutos ou menos para serem atendidas pelo médico;
- Q1 (primeiro quartil) indica que 25% dos pacientes esperam 15 minutos ou menos para serem atendidos pelo médico;
- Q3 (terceiro quartil) indica que 75% dos pacientes esperam 30 minutos ou menos para serem atendidos pelo médico.



The screenshot shows a software window titled "Session" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The main content area displays the title "Descriptive Statistics: Wait Time" in bold. Below this title is a table of statistical data for the variable "Wait Time".

Variable	Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Wait Time	23,201	10,272	5,000	15,000	20,000	30,000	60,000



Ferramentas da Qualidade

Criando um Histograma

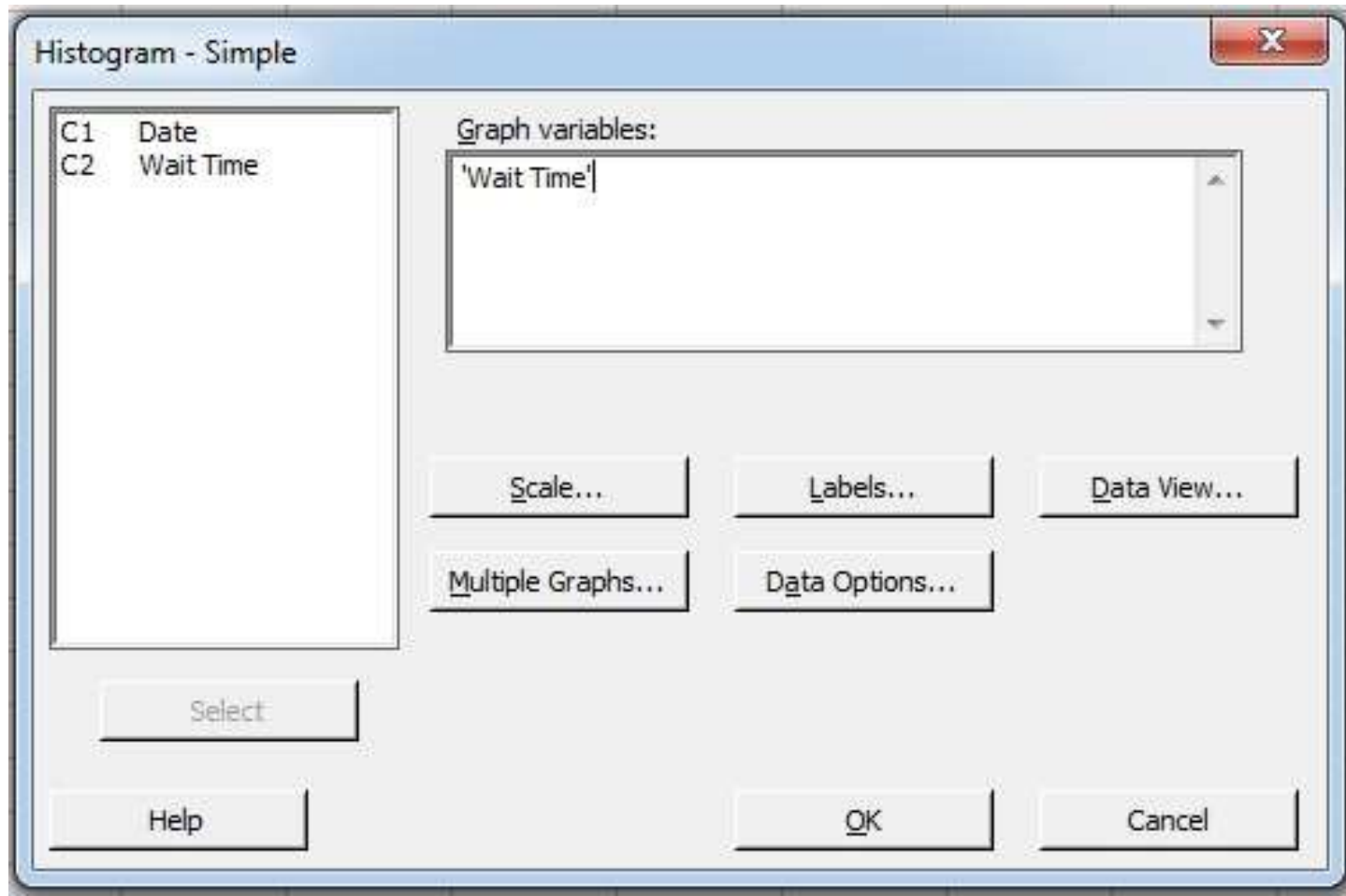
Os Histogramas dividem os valores das amostras em vários intervalos. As barras representam o número de itens observados em cada intervalo (a frequência do intervalo). O Histograma é uma boa forma de avaliar o centro e a forma de distribuição dos dados, desde que um número apropriado de observações esteja disponível. Se a amostra contiver poucos dados, a forma do histograma pode não apresentar corretamente a distribuição da população.

Histograma

1. Selecione **Graph>Histogram**;
2. Selecione **Simple** e clique em **OK**.
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir



Ferramentas da Qualidade



4. Clique em **Ok**;

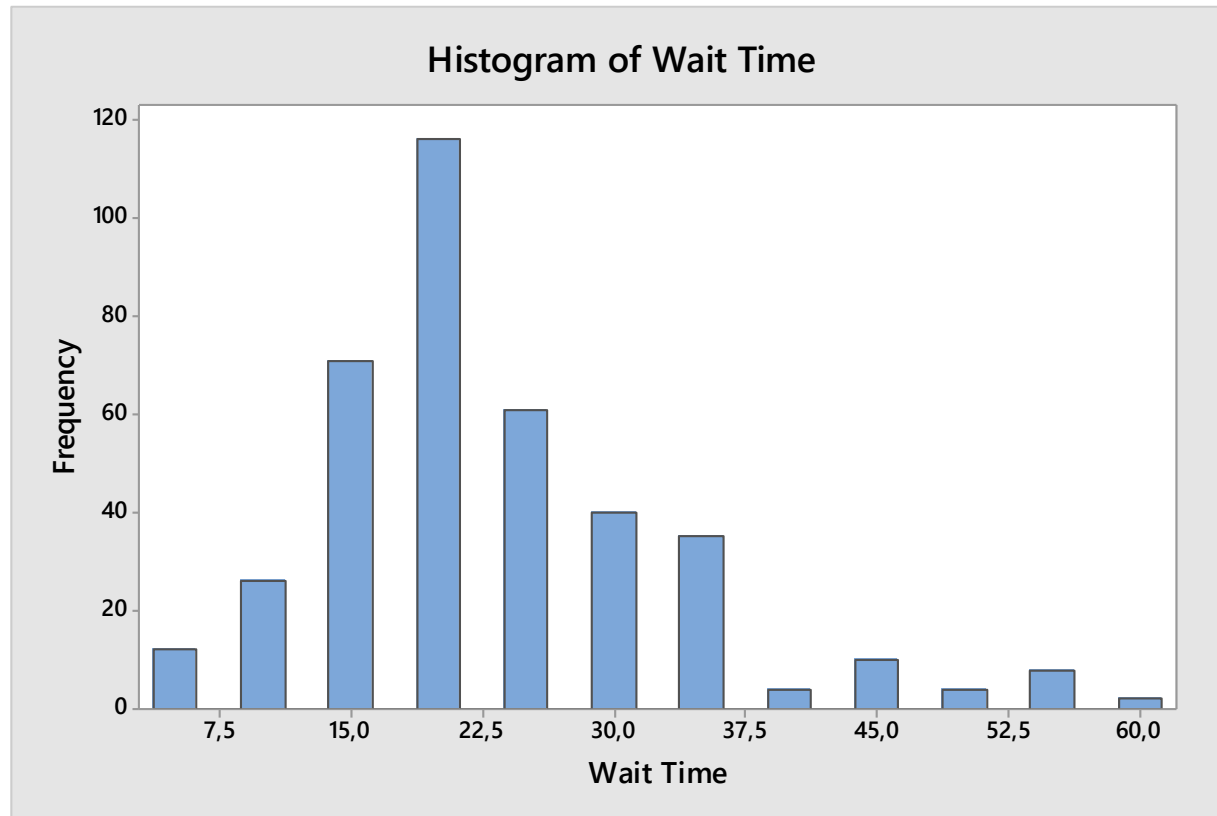


Ferramentas da Qualidade

O Histograma para o tempo de espera nos indica que a distribuição de dados é assimétrica, e os dados se concentram mais na região esquerda do gráfico.

Note que há espaços vazios entre as barras do histograma, o que indica intervalos intermediários, nos quais não foi observado frequência alguma.

Como as marcas não estão alinhadas com as barras, não podemos determinar que tempo de espera cada barra representa.





Ferramentas da Qualidade

Editando Escalas

Desejamos mudar a posição das marcas no eixo-X para que possamos interpretar os dados com mais facilidade. Como os administradores coletaram informações arredondadas (de cinco em cinco), editaremos as marcas no gráfico para que estas se iniciem no cinco e terminem em 60 minutos.

Edite Escalas

1. De um duplo clique na escala do eixo-X;
2. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura ao lado;
3. Clique em **OK**.

Edit Scale

Scale | Show | Binning | Attributes | Labels | Font | Alignment

Major Tick Positions

☐ Automatic

☒ Position of ticks: 5:60/5

Scale Range

Auto

☒ Minimum: 2,917

☒ Maximum: 62,083

Minor Ticks

Auto

☒ Number: 1

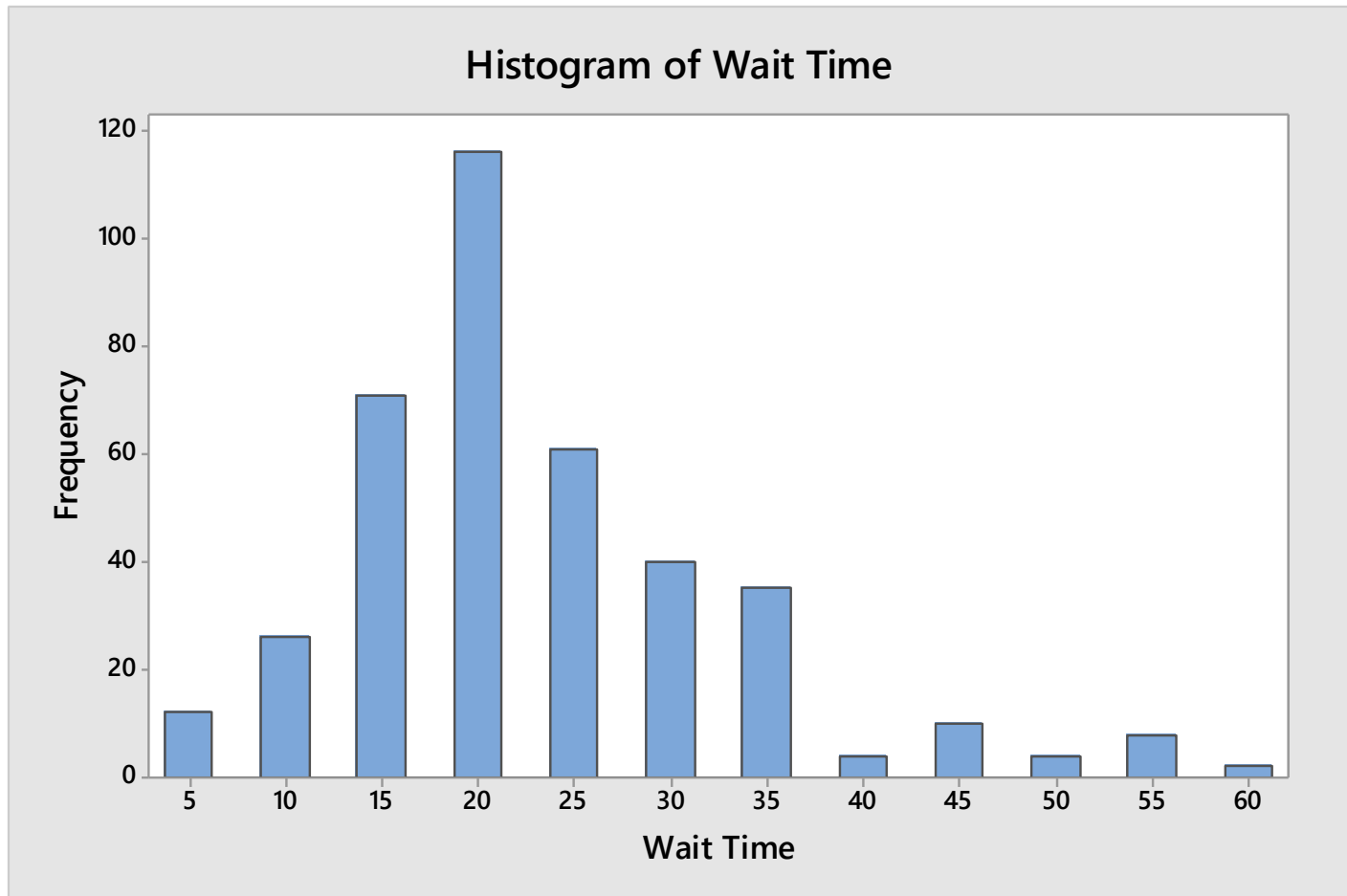
☐ Transpose Y and X

Help OK Cancel



Ferramentas da Qualidade

Note que a forma dos dados não mudou, mas agora podemos ver a marca em baixo de cada barra do Histograma, indicando os valores de cada um dos níveis.





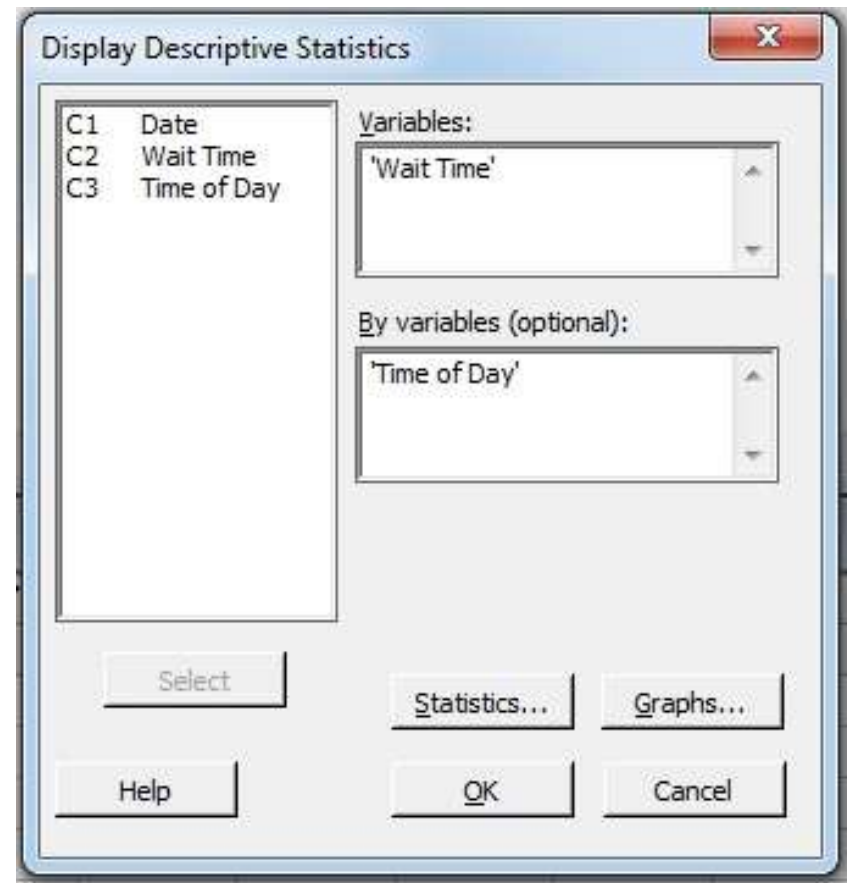
Ferramentas da Qualidade

Mostrando Estatística Descritiva e Histograma

Agora desejamos comparar o tempo de espera dos pacientes nas consultas da manhã versus as consultas da tarde. Use o comando **By variable** para que o Minitab mostre as estatísticas descritivas estratificadas para as consultas da manhã e tarde. Através desse menu, também é possível emitir um histograma para comparar os dados de acordo com a data em que foram coletados.

Display Descriptive Statistics

1. Selecione **Stat>BasicStatisc>DisplayDescriptive Statistics**;
2. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura ao lado;
3. Clique em **Graphs**;
4. Clique em **Histogram of data**;
5. Clique em **OK** em cada caixa de diálogo.

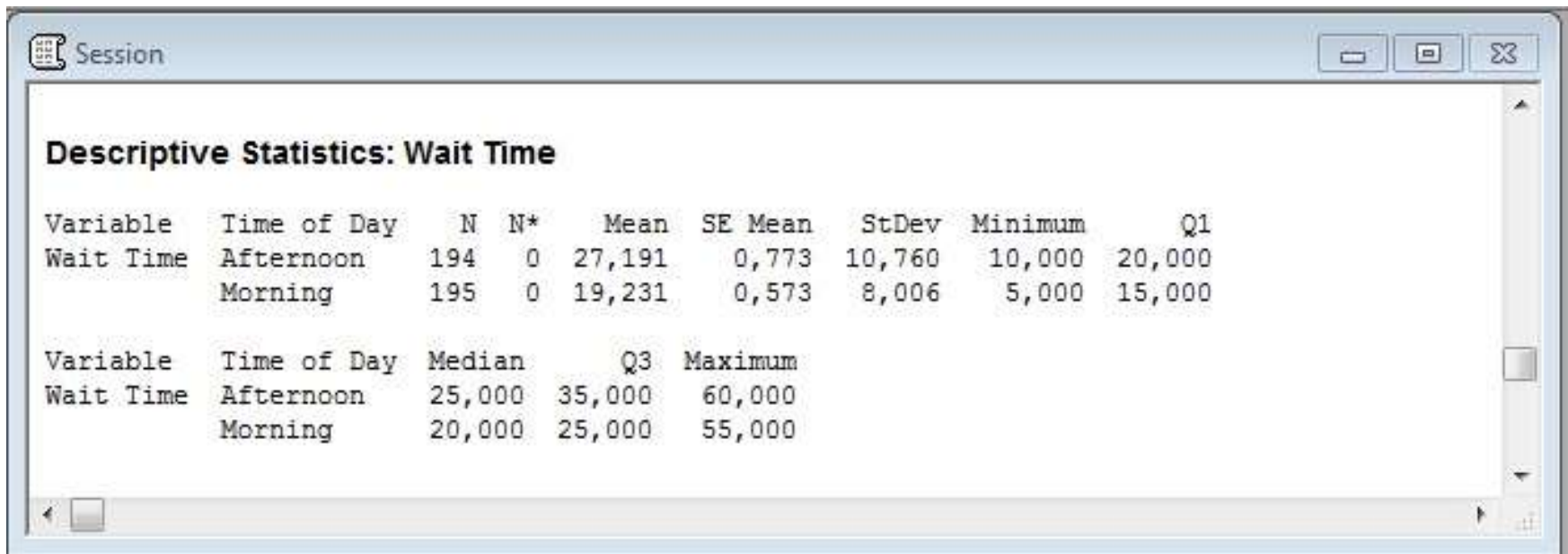




Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

A estatística descritiva indica que o tempo de espera é geralmente maior no período da tarde. Por exemplo, a mediana do tempo de espera na manhã é de 20 minutos enquanto que da tarde é de 25 minutos. O mesmo pode ser constatado com a análise da média, do mínimo, do máximo, do primeiro quartil (Q1) e do terceiro quartil (Q3).



The screenshot shows a software window titled "Session" with standard window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner. The main content area displays "Descriptive Statistics: Wait Time". Below this title, there are two tables. The first table provides summary statistics for "Wait Time" across two categories: "Afternoon" and "Morning". The second table provides the same data but includes the Median, Q3, and Maximum values.

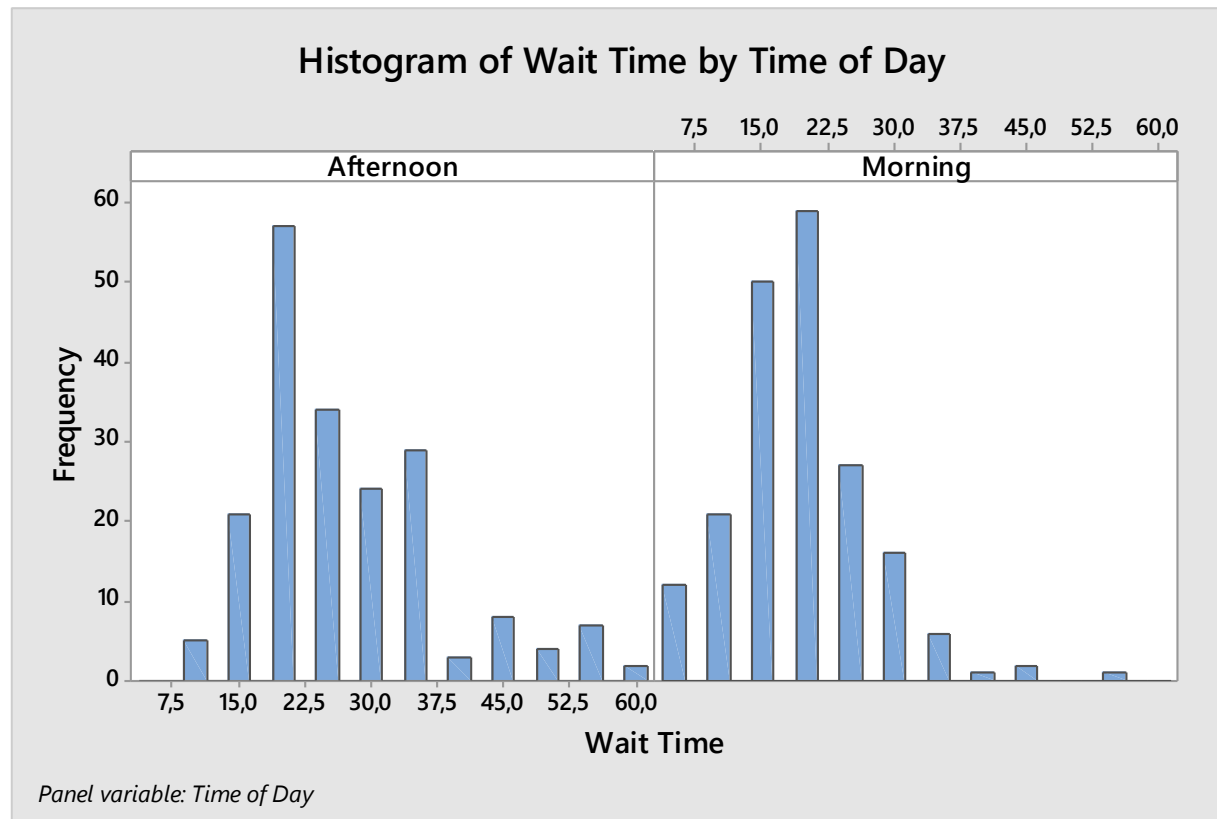
Variable	Time of Day	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1
Wait Time	Afternoon	194	0	27,191	0,773	10,760	10,000	20,000
	Morning	195	0	19,231	0,573	8,006	5,000	15,000

Variable	Time of Day	Median	Q3	Maximum
Wait Time	Afternoon	25,000	35,000	60,000
	Morning	20,000	25,000	55,000



Ferramentas da Qualidade

Embora as distribuições sejam similares, o maior tempo de espera na manhã é menor que alguns dos tempos de espera observados no período da tarde. Somente alguns tempos de espera na manhã foram maiores que 35 minutos no período matutino. A última barra à direita do histograma das consultas da manhã indica a presença de um outlier, ou seja uma observação atípica muito diferente das demais.





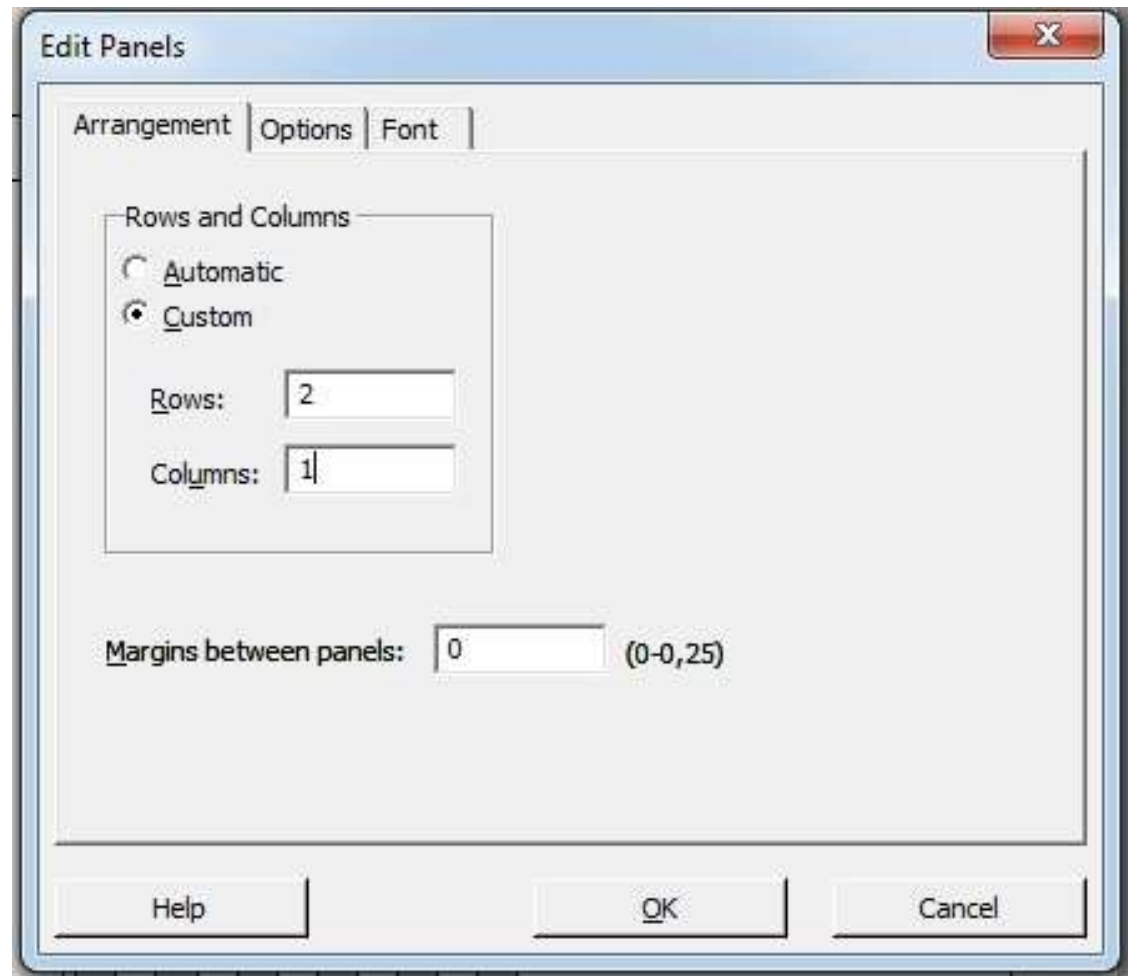
Ferramentas da Qualidade

Editando o Histograma

Mude o display dos histogramas para colocá-los em duas linhas e uma coluna ao invés de duas colunas e uma linha. Isso facilita a comparação da distribuição de dados.

Display Descriptive Statistics

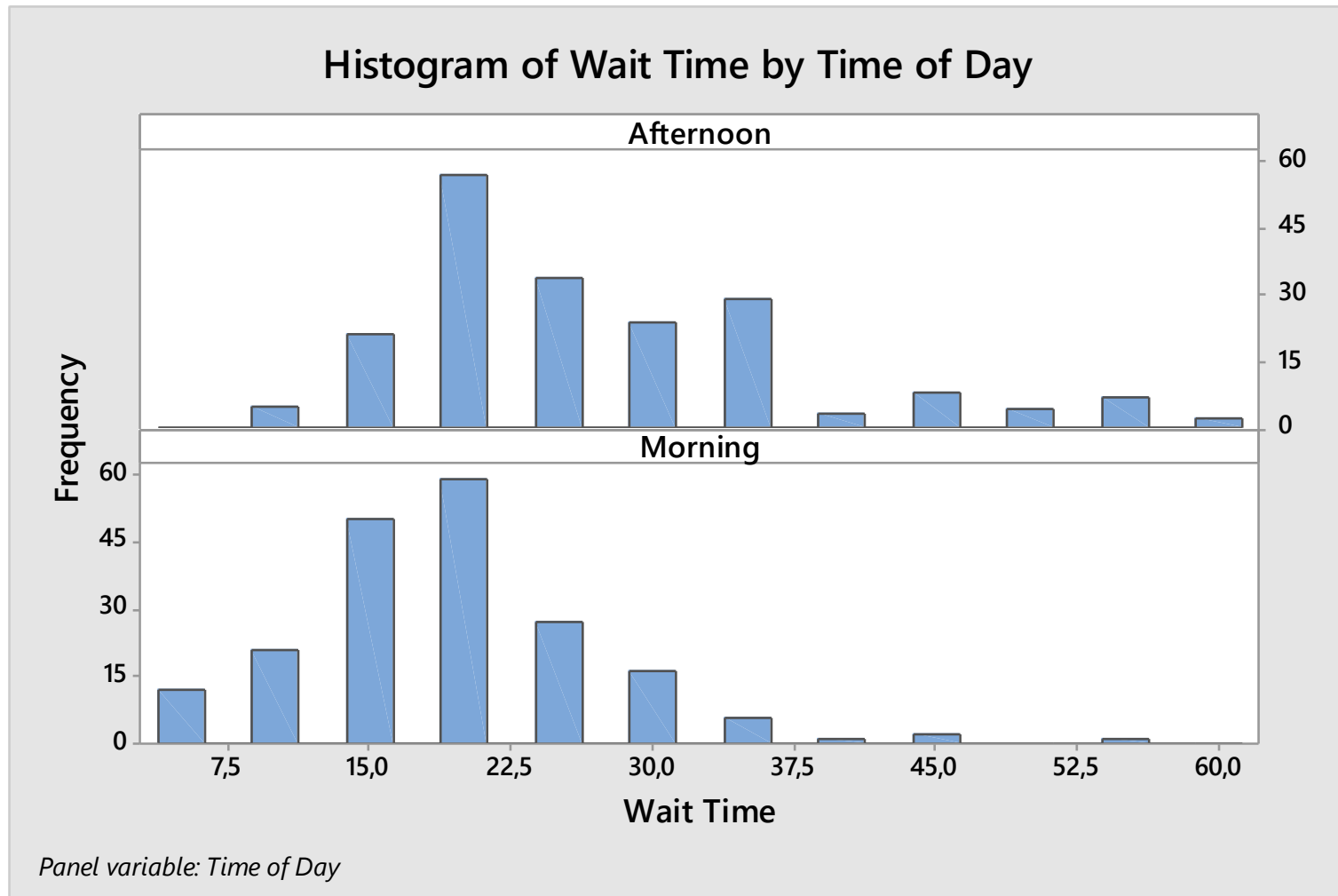
1. Clique com o botão direito no gráfico e selecione **Panel**;
2. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura ao lado;
3. Clique em **OK**.





Ferramentas da Qualidade

Os histogramas não mudaram, mas agora podemos comparar a distribuição dos dois grupos (manhã e tarde) mais facilmente.





Ferramentas da Qualidade

Considerações Finais

Resumo e Conclusões

A Estatística nos indica que a mediana do tempo de espera é igual a 20 minutos, porém observamos também que alguns pacientes estão esperando mais de 30 minutos, e alguns até 60 minutos.

A Estatística Descritiva e o Histograma mostrado pelo período do dia nos indica que o tempo de espera tende a ser maior a tarde do que pela manhã.

Considerações Adicionais

Neste exemplo, o administrador sugeriu que o tempo de espera fosse classificado de cinco em cinco minutos. Com resultado, algumas informações sobre a distribuição do tempo de espera fossem perdidas.

Uma melhor solução para analisar os dados seria guardar o tempo de espera sem arredondamentos, para que a mensuração seja mais exata. Adicionalmente, podemos examinar o tempo de espera em relação ao período do dia. Neste exemplo, o período do dia foi classificado em duas categorias: manhã e tarde. Podemos anotar a hora em que o paciente chegou à clínica, ao invés de anotar somente os períodos do dia.



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 4: Reclamações do Serviço Prestado

Proposta

Análise das causas das reclamações no serviço utilizando o Diagrama de Pareto.

Problema

O Proprietário de um Restaurante está analisando as razões que geram queixas dos clientes em função de falhas no atendimento. Como o Proprietário não acompanha diariamente o funcionamento do Restaurante, ele decide fazer um levantamento de dados junto aos clientes para a determinação das causas das reclamações.



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

O Proprietário do Restaurante realizou uma pesquisa de satisfação com os clientes do Restaurante e tabulou os dados resultantes, fazendo uma estratificação em função da data da reclamação, o expediente (almoço ou jantar), a equipe de cozinheiros e o gerente.

Ferramentas

➤ Pareto Chart.

Arquivo de Dados: PARETO.MPJ

Variável	Descrição
Complaint	Queixa do serviço.
Date	Data da queixa.
Shift	Expediente (almoço ou jantar).
Cook Staff	Equipe de Cozinheiros (A ou B).
Manager	O Gerente do expediente.



Ferramentas da Qualidade

Criando um Diagrama de Pareto

Diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais que evidencia a priorização de temas. Esta ferramenta foi desenvolvida por Joseph Juran, baseado nos princípios de Pareto (Sociólogo e Economista Italiano) que revelou que um problema pode ser atribuído a um pequeno número de causas.

1. Abra o arquivo **PARETO.MPJ**;
2. Selecione **Stat>Quality Tools>Pareto Charts**;
3. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao lado;
4. Clique em **OK**;

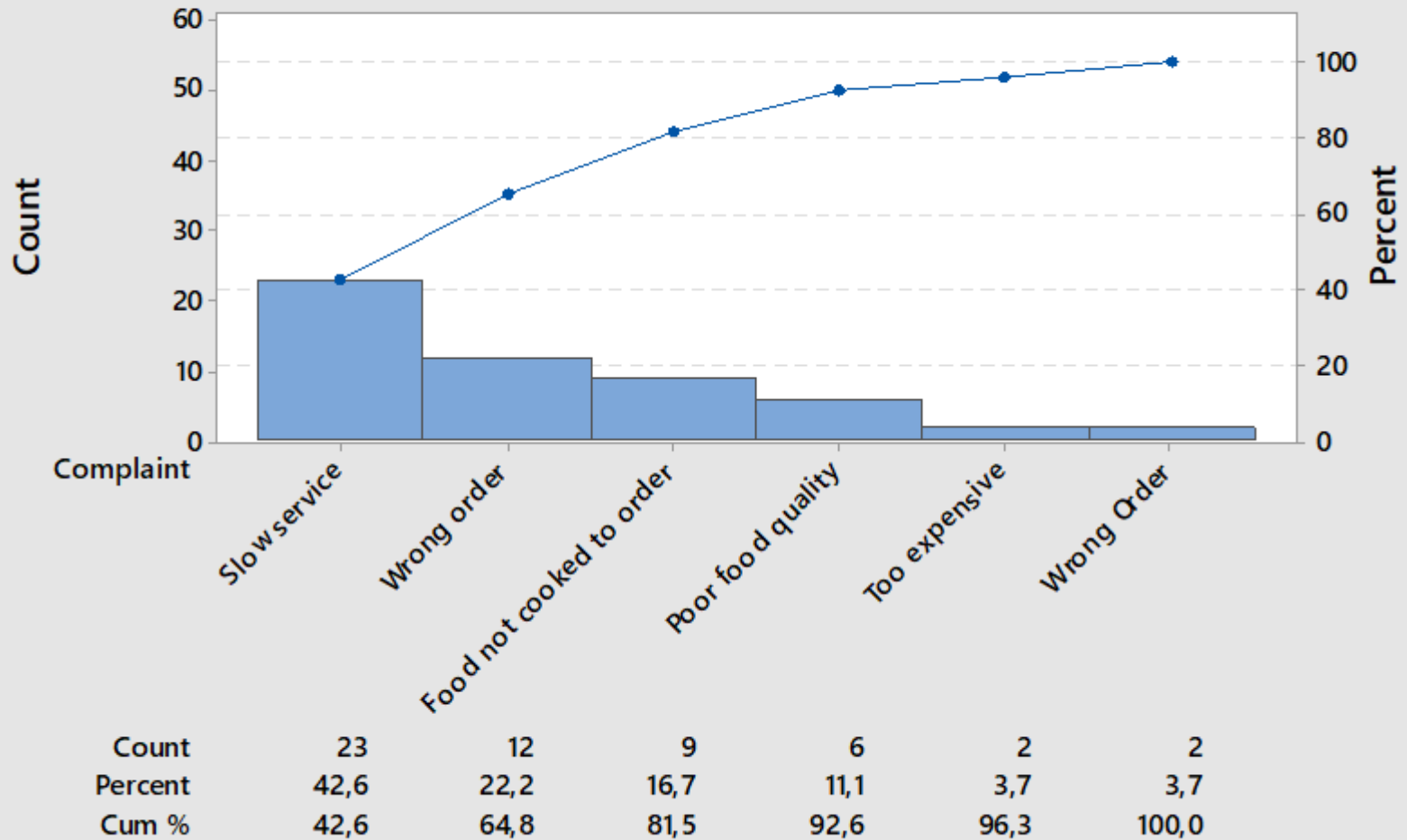
The screenshot shows a 'Pareto Chart' dialog box with the following fields and options:

- Defects or attribute data in:** A text box containing 'Complaint'.
- Frequencies in:** An empty text box with '(optional)' to its right.
- BY variable in:** An empty text box with '(optional)' to its right.
- Options...** button.
- Selection list:** A list box containing 'C1 Complaint', 'C2 Date', 'C3 Shift', 'C4 Cook Staff', and 'C5 Manager'. Below it is a 'Select' button.
- Radio button options:**
 - ☒ Default (all on one graph, same ordering of bars)
 - ☐ One group per graph, same ordering of bars
 - ☐ One group per graph, independent ordering of bars
- Combine remaining defects into one category after this percent:** A radio button is selected, followed by a text box containing '99,9'.
- Do not combine:** An unselected radio button.
- Buttons:** 'Help', 'OK', and 'Cancel' buttons are located at the bottom.



Ferramentas da Qualidade

Pareto Chart of Complaint





Ferramentas da Qualidade

Criando um Diagrama de Pareto para cada expediente

1. Selecione **Stat>Quality Tools>Pareto Charts**;
2. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao abaixo;
3. Clique em **OK**;

The image shows a screenshot of the 'Pareto Chart' dialog box in a software application. The dialog box has a title bar with a close button (X). On the left side, there is a large empty rectangular box for the chart. Below this box are two buttons: 'Select' and 'Help'. To the right of the chart box, there are three input fields: 'Defects or attribute data in:' with the text 'Complaint', 'Frequencies in:' which is empty and followed by '(optional)', and 'BY variable in:' with the text 'Shift' and '(optional)'. To the right of these fields is an 'Options...' button. Below the input fields, there are three radio button options: 'Default (all on one graph, same ordering of bars)' (which is selected), 'One group per graph, same ordering of bars', and 'One group per graph, independent ordering of bars'. Below these, there are two more radio button options: 'Combine remaining defects into one category after this percent:' (which is selected) and 'Do not combine'. The selected option has a text box next to it containing the value '99,9'. At the bottom right of the dialog box are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

Pareto Chart

Defects or attribute data in: Complaint

Frequencies in: (optional)

BY variable in: Shift (optional)

Options...

☒ Default (all on one graph, same ordering of bars)

☐ One group per graph, same ordering of bars

☐ One group per graph, independent ordering of bars

☒ Combine remaining defects into one category after this percent: 99,9

☐ Do not combine

Select

Help

OK

Cancel



Ferramentas da Qualidade

Pareto Chart of Complaint by Shift





Ferramentas da Qualidade

Criando um Diagrama de Pareto para cada equipe de cozinheiros

1. Selecione **Stat>Quality Tools>Pareto Charts**;
2. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao abaixo;
3. Clique em **OK**;

Pareto Chart

Defects or attribute data in:

Frequencies in: (optional)

BY variable in: (optional)

☐ Default (all on one graph, same ordering of bars)

☐ One group per graph, same ordering of bars

☒ One group per graph, independent ordering of bars

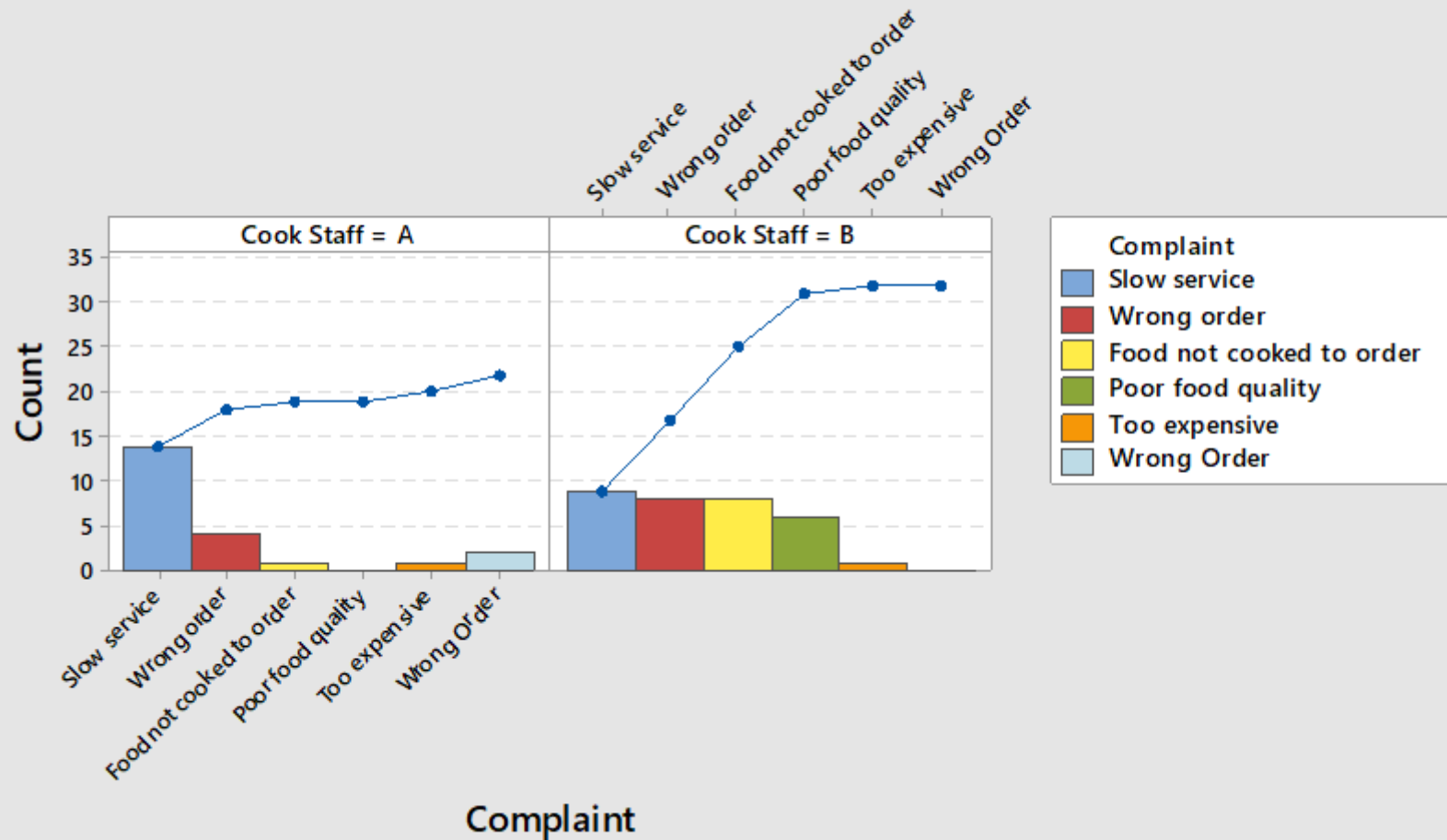
☒ Combine remaining defects into one category after this percent:

☐ Do not combine



Ferramentas da Qualidade

Pareto Chart of Complaint by Cook Staff





Ferramentas da Qualidade

Criando um Diagrama de Pareto para cada gerente

1. Selecione **Stat>Quality Tools>Pareto Charts**;
2. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao abaixo;
3. Clique em **OK**;

The image shows a screenshot of the 'Pareto Chart' dialog box in a software application. The dialog box has a title bar with 'Pareto Chart' and a close button. On the left is a large empty rectangular area for the chart. To the right of this area are several input fields and options. The first row is 'Defects or attribute data in:' with a text box containing 'Complaint'. The second row is 'Frequencies in:' with an empty text box and '(optional)' to its right. The third row is 'BY variable in:' with a text box containing 'Manager' and '(optional)' to its right. Below these are three radio button options: 'Default (all on one graph, same ordering of bars)' (which is selected), 'One group per graph, same ordering of bars', and 'One group per graph, independent ordering of bars'. Below these is another radio button option: 'Combine remaining defects into one category after this percent:' (which is selected) followed by a text box containing '99,9'. The last radio button option is 'Do not combine'. At the bottom left are 'Select' and 'Help' buttons. At the bottom right are 'OK' and 'Cancel' buttons. There is also an 'Options...' button to the right of the 'Defects or attribute data in:' field.

Pareto Chart

Defects or attribute data in: Options...

Frequencies in: (optional)

BY variable in: (optional)

☒ Default (all on one graph, same ordering of bars)

☐ One group per graph, same ordering of bars

☐ One group per graph, independent ordering of bars

☒ Combine remaining defects into one category after this percent:

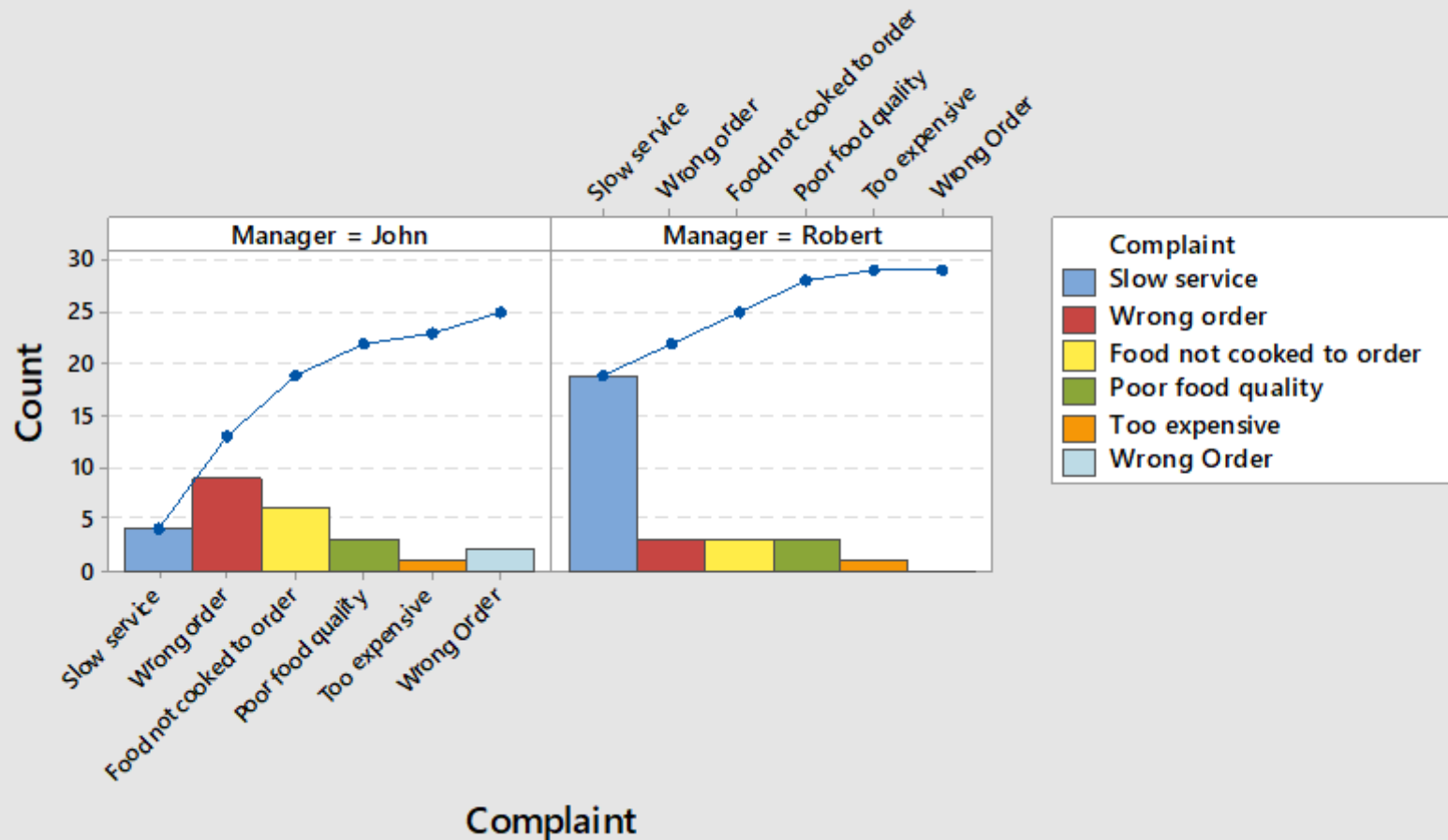
☐ Do not combine

Select Help OK Cancel



Ferramentas da Qualidade

Pareto Chart of Complaint by Manager





Ferramentas da Qualidade

Criando uma tabela de correlação dos dados

1. Selecione **Stat>Tables>Cross Tabulation and Chi-Square**;
2. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao abaixo;
3. Clique em **OK**;

Cross Tabulation and Chi-Square

C1 Complaint
C2 Date
C3 Shift
C4 Cook Staff
C5 Manager

Select

Categorical variables:

For rows: Manager 'Cook Staff'

For columns: Shift

For layers:

Frequencies are in: (optional)

Display

☒ Counts
☐ Row percents
☐ Column percents
☐ Total percents

Chi-Square... Other Stats...
Options...
OK Cancel

Help



Ferramentas da Qualidade

Tabulated statistics: Manager; Cook Staff; Shift

Rows: Manager / Cook Staff Columns: Shift

		Dinner	Lunch	All
John	A	5	4	9
	B	12	4	16
Robert	A	12	1	13
	B	14	2	16
All	All	43	11	54

Cell Contents: Count

Interpretando os Dados

As combinações de variáveis que produzem mais reclamações são:

- Jantar com Robert supervisionando (as reclamações não variam com a equipe de cozinheiros;
- Jantar com John supervisionando, com a Equipe B na cozinha.



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 5: Consistência da Cor

Proposta

Avaliar a capacidade do processo, usando Capability Sixpack (Normal) e Capability Analysis (Normal).

Problema

Uma importante característica da qualidade que influencia a quebra dos sapatos é a sua dureza (escala Rockwell). O limite inferior de especificação (LSL) é 39 e o limite superior de especificação (USL) é 43, ou seja o valor médio especificado pelo cliente é de 41. Um analista foi solicitado para avaliar a capacidade do processo, certificando que a produção é capaz de atender as metas exigidas pelo cliente agora e no futuro. O Cpk de 1,5 é requerido para atender as exigências do cliente



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

Os operadores selecionaram aleatoriamente cinco sapatos da linha de produção em intervalos regulares. Esta amostra representa adequadamente a variação inerente ao processo ao longo do tempo. Durante as mensurações os operadores gravaram a dureza de cada sapato quebrado.

Ferramentas

- Capability Sixpack Normal
- Capability Analysis Normal.

Arquivo de Dados: BRAKECAP.MPJ

Variável	Descrição
Hardness	Dureza do sapato quebrado
Centering	Dureza do sapato quebrado
Quanchin	Dureza do sapato quebrado
Subgroup	Identificação do subgrupo



Ferramentas da Qualidade

O que é uma Análise de Capacidade

A Análise de Capacidade nos auxilia a acessar o quão capaz um processo é em atingir um conjunto de requerimentos, expressados por meio dos limites de especificação do cliente. As ferramentas apropriadas para o estudo de capacidade incluem:

- Gráficos de controle
- Gráficos de Probabilidade e resultados de teste de Normalidade;
- Capacidades estimadas

Por que usar uma Análise de Capacidade:

Análise da Capacidade pode nos ajudar a responder perguntas tais como:

Qual analista mensura a qualidade dos itens de forma mais eficiente?

A variabilidade do processo é baixa o suficiente para indicar se os produtos estarão dentro dos limites de especificação do cliente?

O processo precisa ser mudado para operar mais efetivamente dentro dos limites de especificação impostos pelo cliente?



Ferramentas da Qualidade

Verificando as suposições associadas à Análise de Capacidade

Para obter uma estimativa real da capacidade, as seguintes suposições devem ser satisfeitas:

- O processo está sob controle;
- Os dados provém de uma distribuição normal.

Use o **Capability Sixpack** para verificar estas suposições.

Com base nas determinações do guia AIAG (Automotive Industry Action Group), o Minitab determina qual o gráfico de controle deve ser traçado, baseado no tamanho do subgrupo.

Se o tamanho do Subgrupo é ...	Minitab mostra
1	Gráfico I-MR
2-8	Gráfico Xbar-R
9 ou mais	Gráfico Xbar-S



Ferramentas da Qualidade

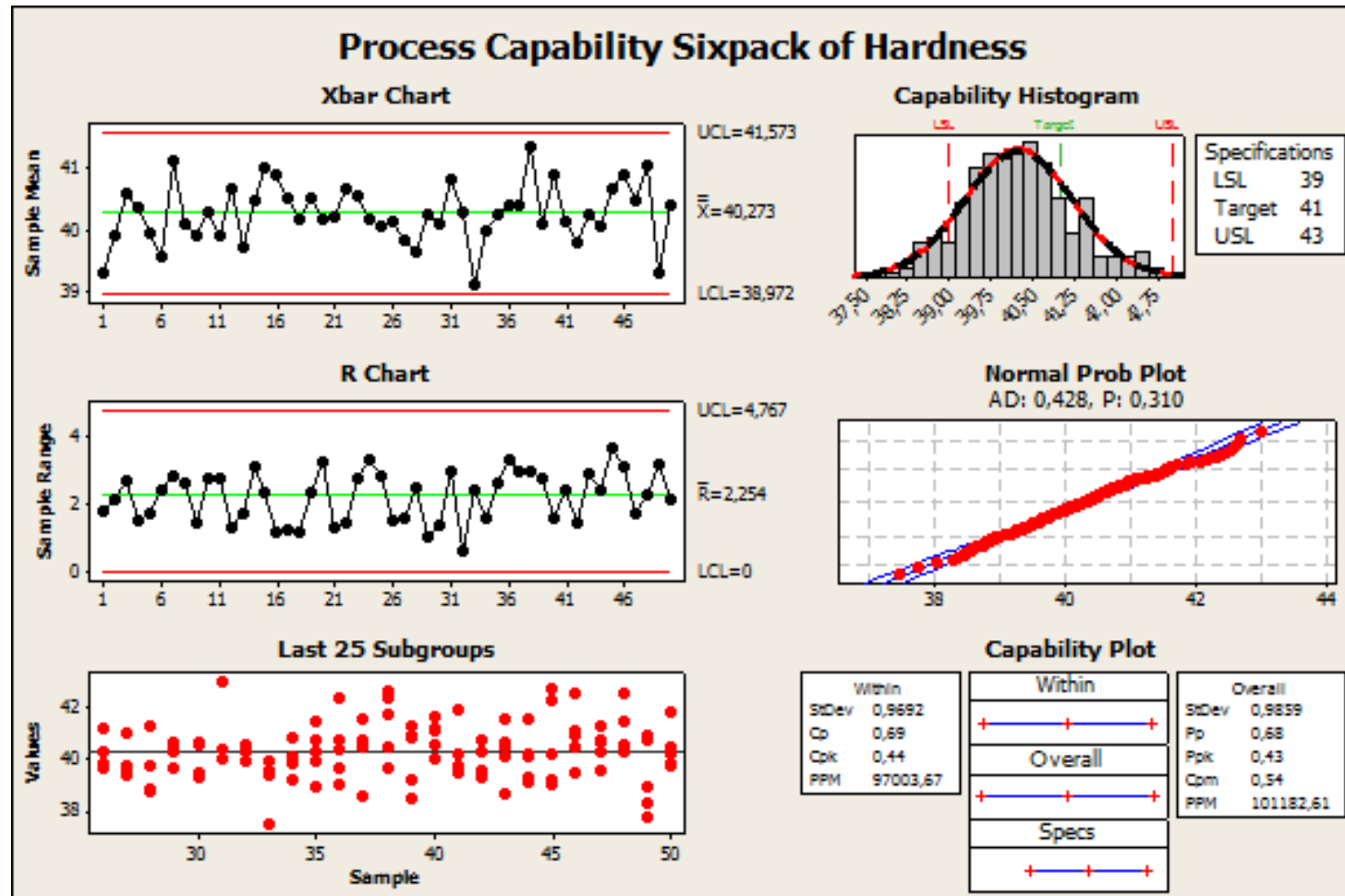
Capability Sixpack Normal

1. Abra **BRAKECAP.MPJ**;
2. Selecione **Stat>Quality Tools>Capability Sixpack>Normal**;
3. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:



Ferramentas da Qualidade

4. Clique em **Test**, selecione **Perform All eight tests**.Clique em **OK**;
5. Clique em **Options**;
6. Em **Target (add Com to table)**, digite **41**.
7. Clique em **OK** em todas as caixas de diálogo





Ferramentas da Qualidade

Gráfico Xbar-R

Os Gráficos de Controle mostram que os pontos estão dentro dos limites de controle, sugerindo que o processo se encontra estável. Sendo assim, a média do processo e o desvio-padrão podem ser usados para calcular o índice de capacidade.

Histograma de Capacidade

Podemos usar o histograma com a curva de distribuição sobreposta sobre as barras para acessar visualmente se os dados provém ou não de uma distribuição Normal. Para acessar as distribuições de normalidade mais objetivamente, usaremos o gráfico de probabilidade e o resultado do teste de normalidade.

Também pode ser observado neste gráfico uma prévia da capacidade do processo, identificando onde ocorre a perda de capacidade.

Dodplot para os últimos 25 subgrupos

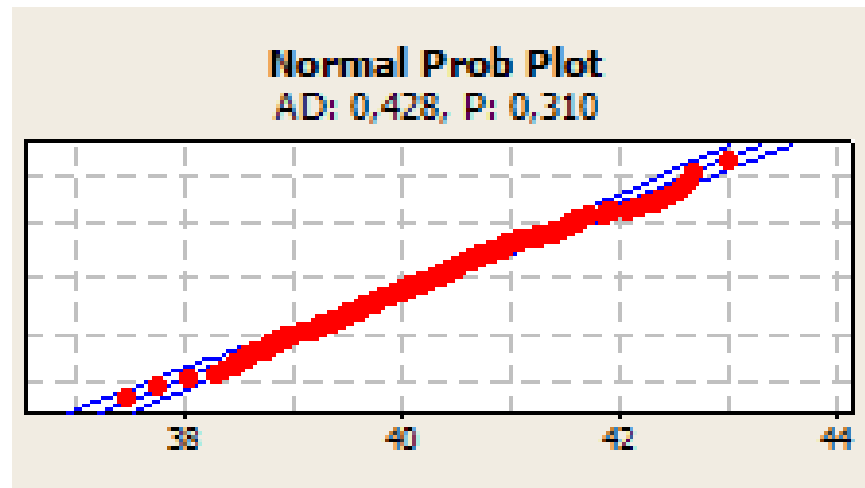
O Dotplot dos 25 últimos subgrupos indica que os valores observados são aleatórios e simetricamente distribuídos em torno da média do processo.



Ferramentas da Qualidade

Interpretando os Resultados

Os dados encontram-se dispersos aproximadamente ao longo de uma linha, indicando que a suposição de normalidade é razoável.



As hipóteses para o teste de normalidade de Anderson-Darling são:

H_0 : Dados provém de uma distribuição normal;

H_1 : Dados não provém de uma distribuição normal.

Como Valor-P observado (0,310) é maior que 0,05, não rejeitaremos a hipótese nula que os dados provém de uma distribuição Normal, ao nível de 5% de significância.



Ferramentas da Qualidade

Capability Analysis Normal

1. Selecione **Stat>Quality Tools>Capability Analysis>Normal**;
2. Complete a caixa de diálogo, como mostra a figura a seguir:

3. Clique em **Options**;
4. Em **Target (adds Com to table)** digite **41**;
5. Marque **Include confidence intervals** ;
6. Clique em **Ok** em todas as caixas de diálogo.

Capability Analysis (Normal Distribution)

Data are arranged as

☒ Single column:

Subgroup size:
(use a constant or an ID column)

☐ Subgroups across rows of:

Lower spec: ☐ Boundary

Upper spec: ☐ Boundary

Historical mean: (optional)

Historical standard deviation: (optional)

Buttons: Transform..., Estimate..., Options..., Storage..., Select, Help, OK, Cancel

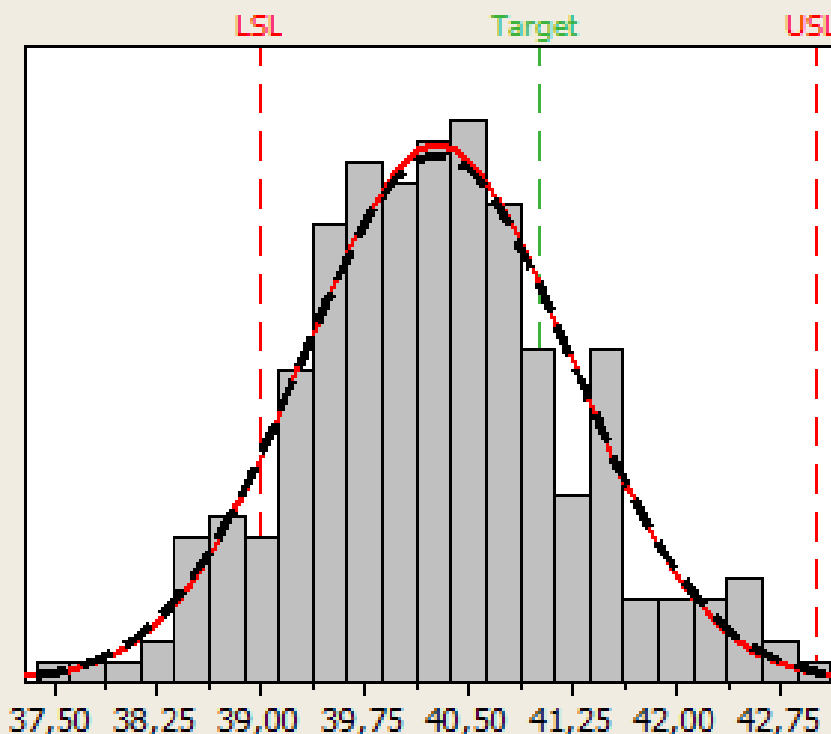


Ferramentas da Qualidade

Process Capability of Hardness

(using 95,0% confidence)

Process Data	
LSL	39
Target	41
USL	43
Sample Mean	40,2728
Sample N	250
StDev(Within)	0,969225
StDev(Overall)	0,985882



— Within
— Overall

Potential (Within) Capability

Cp	0,69
Lower CL	0,62
Upper CL	0,76
CPL	0,44
CPU	0,94
Cpk	0,44
Lower CL	0,38
Upper CL	0,50

Overall Capability

Pp	0,68
Lower CL	0,62
Upper CL	0,74
PPL	0,43
PPU	0,92
Ppk	0,43
Lower CL	0,37
Upper CL	0,49
Cpm	0,54
Lower CL	0,51

Observed Performance	
PPM < LSL	96000,00
PPM > USL	4000,00
PPM Total	100000,00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	94555,64
PPM > USL	2448,03
PPM Total	97003,67

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	98347,40
PPM > USL	2835,22
PPM Total	101182,61

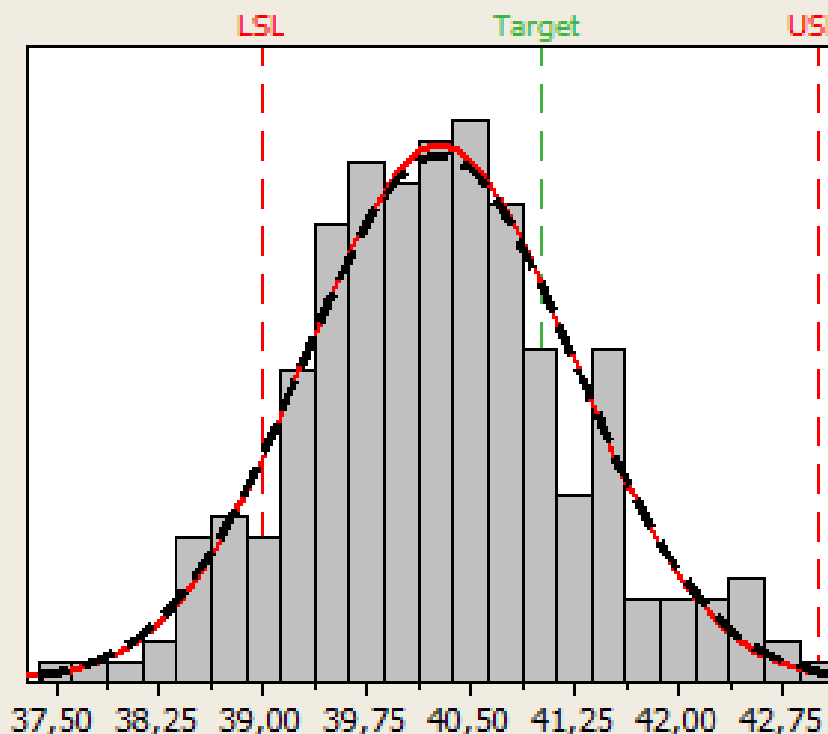


Ferramentas da Qualidade

Process Capability of Hardness

(using 95,0% confidence)

Process Data	
LSL	39
Target	41
USL	43
Sample Mean	40,2728
Sample N	250
StDev(Within)	0,969225
StDev(Overall)	0,985882



— Within
— Overall

Potential (Within) Capability

Cp	0,69
Lower CL	0,62
Upper CL	0,76
CPL	0,44
CPU	0,94
Cpk	0,44
Lower CL	0,38
Upper CL	0,50

Overall Capability

Pp	0,68
Lower CL	0,62
Upper CL	0,74
PPL	0,43
PPU	0,92
Ppk	0,43
Lower CL	0,37
Upper CL	0,49
Cpm	0,54
Lower CL	0,51

Observed Performance	
PPM < LSL	96000,00
PPM > USL	4000,00
PPM Total	100000,00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	94555,64
PPM > USL	2448,03
PPM Total	97003,67

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	98347,40
PPM > USL	2835,22
PPM Total	101182,61



Ferramentas da Qualidade

Considerações Finais

Resumo e Conclusões

- ✓ O processo parece estar estável, embora a maioria dos sapatos quebrados estejam fora do limite de especificação;
- ✓ Mesmo com o processo centrado no limite de especificação, 10% dos sapatos quebrados exibem valores de dureza fora dos limites de especificação;
- ✓ A média estimada do processo é de 40,27, estando abaixo da média desejada. Isto indica que mais partes caíram abaixo do limite inferior de especificação que do limite superior de especificação;
- ✓ A média deve ser deslocada para o valor desejado e a variabilidade deve ser reduzida para que seja possível atingir as especificações do cliente.



Ferramentas da Qualidade

Considerações Adicionais

- O processo deve exibir variabilidade para estimar parâmetros significativos que realmente representem a realidade. Quando os dados do processo forem normalmente distribuídos, os parâmetros de interesse são geralmente a média (que representa a tendência central) e o desvio-padrão (que representa a variabilidade).
- A Suposição de normalidade é crítica no uso do C_p e C_{pk} . Quando a normalidade for assumida, mesmo quebras quase imperceptíveis podem levar a incertezas nas estimativas da taxa de itens defeituosos do processo.
- O intervalo de confiança fornece uma boa margem de erro para a capacidade estimada. Ele deve ser usado nas conclusões, fixado um nível de significância e quando a capacidade do valor alvo for demonstrada.



Ferramentas da Qualidade

Exemplo 6: Determinando Causas

Proposta

Análise da causa de um problema do processo utilizando um Diagrama de Causa e Efeito.

Problema

Um Gerente industrial está analisando um problema de solda em uma placa de circuito impresso. Como o Gerente não acompanha o processo diariamente, ele decide fazer um levantamento de dados junto a sua equipe para a determinação das possíveis causas.



Ferramentas da Qualidade

Dados Coletados

O Gerente Industrial realizou um BrainStorm com toda equipe envolvida no processo e tabulou ao dados resultantes.

Ferramentas

➤ Cause and Effect.

Arquivo de Dados: CAUSA_E_EFEITO.MPJ

Variável	Descrição
Método	Possíveis problemas relacionados com o método.
Matéria-Prima	Possíveis problemas relacionados com a matéria-prima.
Meio Ambiente	Possíveis problemas relacionados com o meio ambiente.
Máquina	Possíveis problemas relacionados com a máquina.
Mensuração	Possíveis problemas relacionados com a mensuração.
Mão-de-Obra	Possíveis problemas relacionados com a mão-de-obra.



Ferramentas da Qualidade

Criando um Diagrama de Causa e Efeito

Diagrama de Causa e Efeito é um diagrama que relaciona os fatores (causas) envolvidos na produção de uma característica (efeito). É uma ferramenta usada para apresentar relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que possam afetar o resultado do valor (ou para um grupo de dados semelhantes quando há varias observações).

1. Abra o arquivo **CAUSA_E_EFEITO.MPJ**;
2. Selecione **Stat>Quality Tools>Cause_and_Effect**
3. Complete a caixa de diálogo conforme a figura ao lado;

Cause-and-Effect Diagram

Branch		Causes	Label	
1	In column	Método	Método	Sub...
2	In column	'Matéria-Prima'	Mátéria Prima	Sub...
3	In column	'Meio Ambiente'	Meio Ambiente	Sub...
4	In column	Máquina	Máquina	Sub...
5	In column	Mensuração	Mensuração	Sub...
6	In column	'Mão-de-Obra'	Mão-de-Obra	Sub...
7	In column			Sub...
8	In column			Sub...
9	In column			Sub...
10	In column			Sub...

Effect: Defeito em Solda

Title:

☐ Do not label the branches

☐ Do not display empty branches

Select

Help

OK

Cancel



Ferramentas da Qualidade

4. Clique no botão Sub que se encontra a frente da **LABEL Método**;
5. Complete a caixa de diálogo conforme a figura abaixo:

Cause-and-Effect Diagram - Sub-Branches

Sub-Branch	Causes	Label
1	In column ▼ Temperatura	Temperatura
2	In column ▼	Tempo de Cont
3	In column ▼	Óleo Protetor

C1 Método
C2 Matéria-Prima
C3 Meio Ambiente
C4 Máquina
C5 Mensuração
C6 Mão-de-Obra
C7 Temperatura

Select

Help

OK Cancel

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



Ferramentas da Qualidade

Cause-and-Effect Diagram

