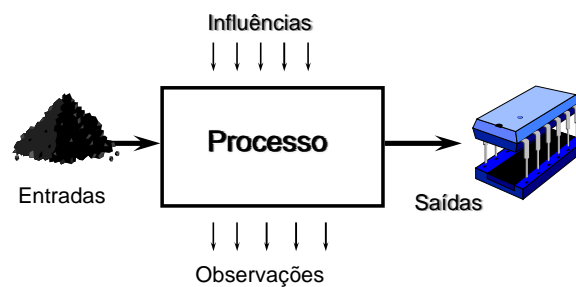


CEP

Prof. Diego

Um Processo é...



2

CEP

- O CEP, ao contrário da inspeção 100%, prioriza ações sobre as causas especiais, ou seja, sobre a origem do problema.
- De nada adianta identificar, logo no primeiro dia, um grande número de causas especiais, pois faltariam recursos para a investigação dessas causas.
- O CEP opera numa escala de tempo mais longa, pois as causas especiais vão sendo identificadas e eliminadas aos poucos, ao longo do tempo, com paciência e persistência.

Vantagens do CEP

- a) permite que o monitoramento do processo seja executado pelos próprios operadores,
- b) fornece uma distinção clara entre causas comuns e causas especiais, servindo de guia para ações locais ou gerenciais,
- c) fornece uma linguagem comum para discutir o desempenho do processo, possibilitando a alocação ótima dos investimentos em melhoria da qualidade,
- d) auxilia o processo a atingir alta qualidade, baixo custo unitário, consistência e previsibilidade.

Vantagens do CEP

- e) Em um ambiente competitivo, só há espaço para as empresas que adotam uma ótica de melhoria contínua. Assim, periodicamente é preciso rever as especificações, reavaliar a capacidade do processo e agir sobre o sistema quando necessário.
- f) A melhora da qualidade, representada pela redução da variabilidade do processo, promove, natural e inevitavelmente, um aumento de produtividade.
- g) Melhorando a qualidade, os custos diminuem devido à redução do retrabalho, erros e atrasos, e da melhor utilização da tecnologia e matéria-prima. Consequentemente, a produtividade aumenta, possibilitando a captação de mercados. Trabalhando-se continuamente pela qualidade, os novos negócios são mantidos e amplia-se a fatia de mercado.

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO

As ferramentas mais utilizadas são:

- Fluxograma
- Histograma
- Gráficos de controle
- Folha de verificação
- Gráfico de Pareto
- *Diagrama de causa e efeito*
- Diagrama de dispersão

IMPLANTAÇÃO DO CEP

A coleta de dados para o preenchimento das cartas de controle exige investimentos em tempo, recursos e mudança na filosofia da empresa. Assim, a implantação do controle estatístico de processo somente pode ser justificada quando os seguintes aspectos são observados:

- a) não utilizar um número excessivo de cartas de controle, sob risco do CEP transformar-se em atividade gargalo na produção;
- b) aplicar o CEP em **etapas prioritárias** do processo, determinadas sob o ponto de vista da demanda de qualidade dos clientes;
- c) associar o CEP à uma estratégia de **ação**; coletar dados e não agir implica em desperdício de tempo e recursos.

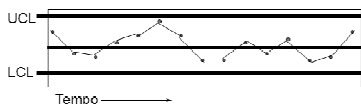
IMPLANTAÇÃO DO CEP

Nesta etapa, também é necessário definir:

- (i) Características de qualidade importantes para o cliente (Desdobramento da Função Qualidade – QFD);
- (ii) Processos nos quais as características determinadas em (i) são construídas;
- (iii) Variáveis a serem controladas em cada processo;
- (iv) Capacidade do sistema de medição;
- (v) Indivíduos responsáveis pela ação sobre o sistema quando este sinalizar um estado de descontrole estatístico;
- (vi) Ações a serem tomadas quando o sistema estiver fora de controle.

Carta de controle ou gráfico de controle

- Representação gráfica, ao longo do tempo, do comportamento dos processos com foco no desempenho do processo
- Monitoramento do processo para detectar e prevenir / evitar / reduzir / eliminar não conformidades
- Verifica a estabilidade do processo (sinaliza quando o processo está fora de controle)
- Estimativa de onde o processo está centralizado e quanto ele está variando em torno desse centro
- Utilização de limites de controle para comparação do resultado do processo com a especificação
- Utilização dos parâmetros estatísticos: média estimada e variabilidade do processo

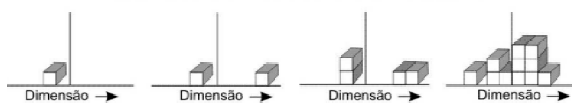


Carta de controle ou gráfico de controle

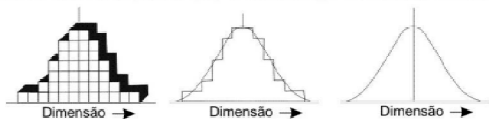
- Média do Processo
 - valor desconhecido estimado pela média da amostra
- Variação do Processo
 - todo o processo seja natural ou artificial sofre variações
- Variação Admissível
 - consiste no valor nominal do parâmetro a ser controlado, mais ou menos a tolerância aceitável
- Exemplo: Umidade = 4,0% + 0,2%
 - valor nominal: 4,0%
 - variação admissível: 3,8% a 4,2%

Causas Comuns e Especiais de Variação

Os produtos de um processo apresentam variabilidade



mas eles formam um padrão que, se for estável, é denominado distribuição.



As distribuições podem diferir em:



ou em qualquer combinação dos três

GRÁFICO DE CONTROLE

- Se o processo estiver sob controle (apenas causas comuns e ausência das especiais) o seu desempenho pode ser melhorado, reduzindo a variabilidade.
- Algumas melhorias são:
 - Diminuição do refugo e retrabalho / reprocesso (diminuição do custo unitário e aumento da produtividade e da capacidade)
 - Prevenção de defeitos
 - Aumento da porcentagem de produtos que atendam as especificações (melhoria da qualidade)
 - Linguagem comum entre a linha de produção, manutenção, engenharia de processo, controle de qualidade e ainda entre fornecedores

EFEITO DA VARIABILIDADE

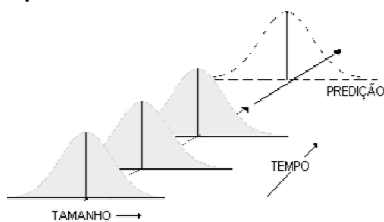
- Qualquer variação na especificação é ruim
- Grandes variações são piores que pequenas
- O objetivo do controle de processo é manter o processo na especificação
 - Prevenção e minimização da variação
- Existem 2 tipos de variação
 - Variação por causas comuns
 - Variação por causas especiais

EFEITO DA VARIABILIDADE

- **Variação por causas comuns**
 - São inerentes ao processo (naturais e esperadas)
 - Conjunto fixo de inúmeras e pequenas causas que determinam a variabilidade característica
 - Estão sempre presentes e afetam cada resultado
 - É impossível isolar o efeito de todas elas
 - O efeito de algumas pode ser isolado, mas somente através de experimentos especialmente planejados
 - Quando só existem causas comuns de variação, diz-se que o processo está sob controle

EFEITO DA VARIABILIDADE

- Variação por causas comuns



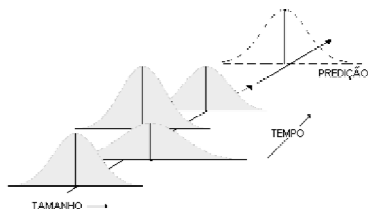
Fontes de variação dentro de um processo, que possuem uma distribuição estável e repetitiva ao longo do tempo. Elas funcionam como um sistema estável de causas prováveis. Quando o processo contém apenas causas comuns de variação e essas não se alteram, o resultado do processo se torna previsível e diz-se que ele está sob controle estatístico.

EFEITO DA VARIABILIDADE

- **Variação por causas especiais**
 - Causas alheias ao conjunto de causas comuns que surgem ocasionalmente (mão-de-obra/ material/ máquina/ método/ medição/ meio ambiente)
 - Não estão presentes todo o tempo (não esperadas)
 - Afetam alguns resultados
 - Em geral podem ser facilmente isoladas e eliminadas, desde que se possa distingui-las das causas comuns
 - Um processo com causas especiais é tido como fora de controle
 - É necessário identificar a causa raiz e eliminá-la para retomar a estabilidade do processo

EFEITO DA VARIABILIDADE

- Variação por causas especiais



Também chamadas de causas assinaláveis, referem-se aos fatores que não atuam no processo com frequência.

Quando elas aparecem, a distribuição (global) do processo muda. A presença de causas especiais afeta o resultado do processo de forma imprevisível, tornando-o instável ao longo do tempo, por isso, precisam ser identificadas e corrigidas.

EFEITO DA VARIABILIDADE

“94% dos problemas ou oportunidades de melhorias são devido a causas comuns.

Apenas 6% são devido a causas especiais.

Desta forma, é possível afirmar que a maior parcela de responsabilidade, quanto a redução de variabilidade, é da administração do processo, isto é, dos gerentes, engenheiros e técnicos que têm autoridade de mudar o sistema”

Dr. W.E. Deming

EFEITO DA VARIABILIDADE

- LINHA DE AÇÃO PARA CAUSAS ESPECIAIS
 - Devem ser atacadas imediatamente
 - Solução em geral é simples e está ao alcance das pessoas diretamente envolvidas na execução das atividades
 1. Coletar dados (a tempo)
 2. Verificar se os dados indicam a presença de causa especial
 3. Caso afirmativo, investigar o que há de especial associado àquela ocorrência
 4. Eliminar as "causas más" e prevenir sua reincidência. Incorporar as "causas boas" ao processo

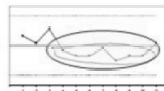
EFEITO DA VARIABILIDADE

- LINHA DE AÇÃO PARA CAUSAS COMUNS
 - Se o desempenho é satisfatório ou a melhoria não é prioritária, é melhor não interferir no processo
 - Solução é mais complexa e em geral está nas mãos da gerência
 - Requer análise de todo o conjunto de dados
 - Requer conhecimento profundo do processo
 - Requer mudanças estruturais (procedimento, pessoas, equipamento, ambiente, etc.)

EFEITO DA VARIABILIDADE

- DOIS TIPOS DE ERROS, DUAS FONTES DE PERDAS
 - Confundir causas comuns com causas especiais
 - Aumento da variabilidade devido ao ajuste indevido do processo
 - Falsas soluções, perda de tempo, energia e dinheiro, quando problemas mais importantes poderiam ser atacados
 - Aumento dos custos
 - Redução da produtividade
 - Frustração, ceticismo
 - Carreiras prejudicadas, baixo moral
 - Perda de confiança na gerência
 - Confundir causas especiais com causas comuns
 - Oportunidades de melhoria são perdidas
 - Convivência pacífica com problemas crônicos
 - Perpetua-se o caos
 - São mantidos as fábrica escondida e os escritórios ocultos

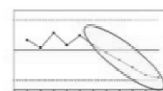
COMO IDENTIFICAR O EFEITO DA VARIABILIDADE



7 ou mais pontos acima ou abaixo da Linha Central

Possíveis causas:

- Mudança no ajuste de máquina
- Processo, método ou material diferente
- Avaria de um componente na máquina
- Quebra de máquina
- Grande variação no material recebido

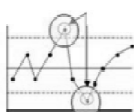


7 ou mais pontos Subindo ou Descendo

Possíveis causas:

- Desgaste de Ferramenta
- Gradual desgaste do equipamento
- Desgaste relacionado ao instrumento de medição

COMO IDENTIFICAR O EFEITO DA VARIABILIDADE

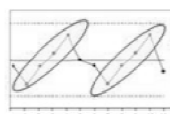


Pontos fora dos Limites de Controle

Possíveis causas:

- Erro na medição ou digitação
- Quebra de ferramenta
- Instrumento de medição desregulado
- Operador não consegue identificar a medida

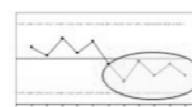
COMO O EFEITO DA VARIABILIDADE IDENTIFICAR



Periodicidade dos Pontos

Possíveis causas:

- Não-uniformidade na matéria-prima recebida
- Rodízio de Operadores, Gabaritos e instrumentos
- Diferença entre turnos



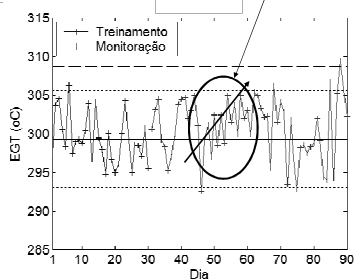
Deslocamento da Média

Possíveis causas:

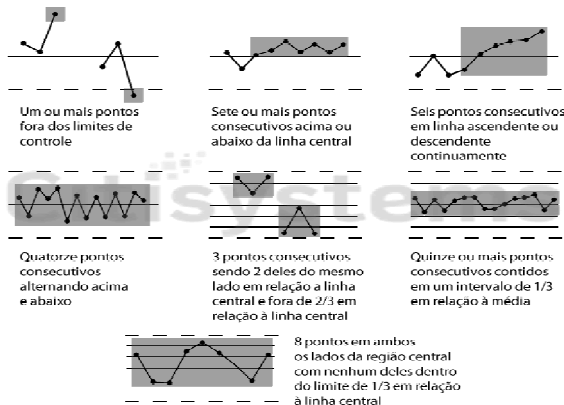
- Novo Método
- Nova Máquina
- Melhoria de Qualidade
- Novo Lote de Material

COMO IDENTIFICAR O EFEITO DA VARIABILIDADE

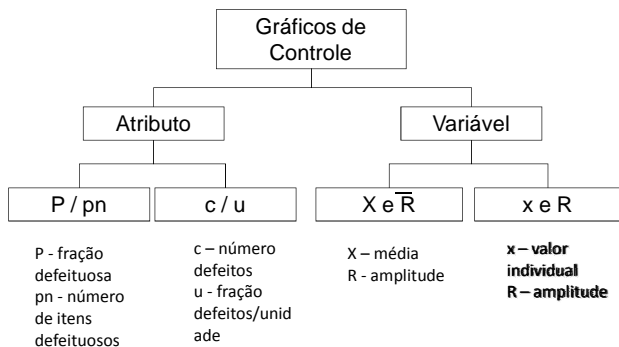
Sequência alternada de 14 pontos consecutivos.



COMO IDENTIFICAR O EFEITO DA VARIABILIDADE



TIPOS DE GRÁFICO DE CONTROLE



CARTAS DE CONTROLE

TIPOS DE CARTA DE CONTROLE POR VARIÁVEIS

- **A carta X - R para média e amplitude (as amostras devem ter o mesmo tamanho).**
- A carta X - S para média e desvio-padrão (as amostras ser do mesmo tamanho) devem ser do mesmo tamanho).
- A carta X - R para mediana e amplitude (as amostras devem ser do mesmo tamanho).
- A carta I e MR para valores individuais e amplitude móveis (as amostras devem ser do mesmo tamanho).

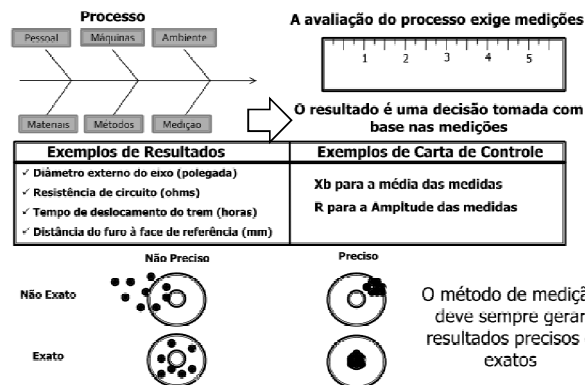
CARTAS DE CONTROLE

TIPOS DE CARTAS DE CONTROLE POR VARIÁVEIS

Quadro 1. Resumo das vantagens e desvantagens dos gráficos de controle estatístico

GRÁFICO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
\bar{X} e R	Apresenta facilidade na elaboração dos cálculos.	Indica com menor segurança a variabilidade do processo
\bar{X} e S	Indica com menor segurança a variabilidade do processo.	Apresenta mais dificuldade computacional
\tilde{X} e R	Apresenta maior facilidade no Controle contínuo do processo; não há necessidade de cálculos.	A mediana é um estimador mais fraco que a média.
\bar{X} e AM	É indicado para casos de medições dispendiosas e demoradas.	Não são tão sensíveis a alterações do processo quanto as outras cartas.

CARTAS DE CONTROLE POR VARIÁVEIS

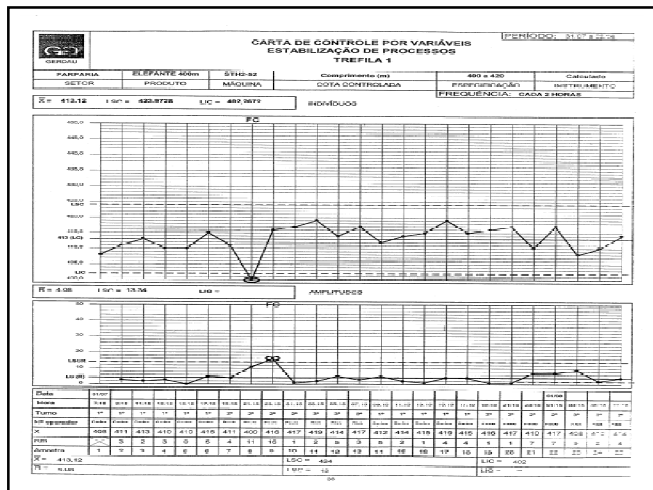


Cartas de controle para variáveis

- Cartas de controle para variáveis representam a aplicação típica do controle estatístico do processo, no qual os processos e seus resultados podem ser caracterizados pelas medições das variáveis.
- Um valor quantitativo (ex.: “o diâmetro é 16,45 mm”) contém mais informação do que uma simples declaração Sim/Não (ex.: “o diâmetro está conforme a especificação”)

Cartas de controle para variáveis

- Uma carta para variáveis pode explicar dados do processo em termos de sua variação de processo, variabilidade peça-a-peça e média do processo.
- As cartas de controle para variáveis geralmente são preparadas e analisadas ao pares, uma carta para a média do processo e outra para a variação do processo.
- As cartas de \bar{X} e R podem ser as mais comuns, mas elas podem não ser as mais apropriadas para todas as situações



Pontos de Melhoria do Processo pelo Diário de Bordo

Meio Ambiente: Mudança na Temperatura, Voltagem, Umidade, Quantidade de poeira.

Mão de Obra: Mudança de Operador, Mudança de Inspetor, Operações omitidas ou incompletas.

Máquina/Equipamento: Mudança de máquina/equipamento, troca de ferramenta, manutenção preventiva ou não, ruído diferente na máquina, etc.

Material: Troca de fornecedor, troca de lote.

Método: Troca da folha de instrução, aumento ou diminuição da produção.

Medição: Instrumento "travado", quebra do instrumento, troca de instrumento, etc.

Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X - R

- Limites de controle:

– Gráfico de médias:

$$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC = \bar{X}$$

$$LJC = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

– Gráfico de amplitude

$$LSC = D_4 \bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LJC = D_3 \bar{R}$$

Fatores para o cálculo dos limites de controle

Quadro 1 - Valores para o cálculo dos limites de carta de controle

Número de Observações na Amostra	Carta de Média A_2	Carta de Amplitude(R)	
		D_4	D_3
2	1,880	0	3,267
3	1,023	0	2,575
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,115
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777
11	0,288	0,258	1,744
12	0,266	0,284	1,716
13	0,249	0,308	1,692
14	0,235	0,29	1,671
15	0,223	0,348	1,652
16	0,212	0,364	1,636
17	0,208	0,379	1,621
18	0,194	0,392	1,608
19	0,187	0,404	1,596
20	0,180	0,414	1,586

FONTE: Rodrigues, 1998.

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 1: Coletar dados

Nesta etapa são definidos o tamanho adotado para as amostras (grupos), que deverá ser constante, bem como a quantidade de amostras (subgrupos) e a frequência de amostragem.

Costuma-se adotar uma relação inicial entre a quantidade de amostras (k) com o tamanho da amostra (n), sendo $k \cdot n > 100$.

A frequência de amostragem depende da quantidade de produtos defeituosos. Se houver bastante incidência de produtos defeituosos, a frequência deverá ser maior (de hora em hora, etc.). Por outro lado, se forem poucos defeituosos, a frequência poderá ser menor, com intervalos maiores.

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

• **Etapa 2: Cálculo das médias das amostras e as médias do processo**

Supondo uma medição do diâmetro de uma peça em 1 dia, onde tem-se 6 amostras, contendo 5 itens, coletadas de 4 em 4 horas, temos:

A1(32,30,31,34,32),

A2(30,33,32,31,31),

A3(34,32,31,33,30),

A4(29,33,32,30,31),

A5(30,33,29,31,33),

A6(33,30,32,31,30)

A média da primeira amostragem será: $X1 = (32+30+31+34+32)/5 = 31.8$.

Portanto calculando todas as médias, teremos:

$X1=31.8, X2=31.4, X3=32, X4=31, X5=31.2$ e $X6=31.2$

A média do Processo será:

Para o nosso exemplo, esta média será: $X = (X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6)/6 = 31.43$

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 3: Calcular a Amplitude (R) das amostras e do processo

	Xi					R
Amostra 1	32	30	31	34	32	4
Amostra 2	30	33	32	31	31	3
Amostra 3	34	32	31	33	30	4
Amostra 4	29	33	32	30	31	4
Amostra 5	30	33	19	31	33	4
Amostra 6	33	20	32	31	30	3

Do Processo:
 $R=(4+3+4+4+4+3)/6=3,66$.

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 4: Obter os Limites de Controle para a Média e Amplitude(cfm tabela)

• **Limites de controle:**

– **Gráfico de médias:**

$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R}$

$LC = \bar{X}$

$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

Gráfico de amplitude

$LSC = D_4 \bar{R}$

$LC = \bar{R}$

$LIC = D_3 \bar{R}$

Quadro 1 - Fatores para o cálculo dos limites de carta de controle

Número de Observações na Amostra	Carta de Média		Carta de Amplitude(R)	
	A_2	D_4	D_3	D_4
2	1,880	0		3,267
3	1,023	0		2,876
4	0,729	0		2,554
5	0,577	0		2,338
6	0,483	0		2,184
7	0,419	0,076		2,084
8	0,373	0,109		2,014
9	0,337	0,136		1,964
10	0,308	0,158		1,928
11	0,285	0,177		1,900
12	0,266	0,194		1,878
13	0,250	0,209		1,860
14	0,235	0,223		1,846
15	0,223	0,236		1,835
16	0,212	0,248		1,826
17	0,203	0,259		1,819
18	0,194	0,269		1,813
19	0,187	0,278		1,808
20	0,180	0,286		1,804

FORTE: Rodrigues, 1998.

Média (X-R)
 $LSC=31,43+0,577*3,66=33,542$
 $LIC=31,43-0,577*3,66=29,32$

Amplitude (X-R)
 $LSC=3,66*2,115 = 7,737$
 $LIC=3,66*0=0$

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 5: Definir os limites de Especificação de Engenharia a partir das necessidades do cliente/projeto (definir Limite Superior e Limite Inferior)

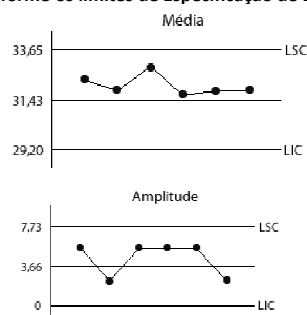
Nesse caso vamos supor dois cenários:

-cenário 1: Limite Superior de Engenharia=34 e Limite Inferior de Engenharia=28

-cenário 2: Limite Superior de Engenharia=32 e Limite Inferior de Engenharia=29

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 6: Desenhar os gráficos da Média e Amplitude e analisar o Processo conforme os limites de Especificação de Engenharia



ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 7: identificação e eliminação de quaisquer causas especiais ou atribuíveis de variação

Para determinar se existem causas de variação em um processo utilizando a carta de controle, é muito importante observar sete "sinais" ou regras básicas que demonstram variabilidade neste processo. A probabilidade de alguns destes sete eventos ocorrerem aleatoriamente é muito pequena. Este é o motivo pelo qual estes sinais indicam alguma mudança no processo.

As sete regras são:

- Um ou mais pontos fora dos limites de controle;
- Sete ou mais pontos consecutivos acima ou abaixo da linha central
- Seis pontos consecutivos em linha ascendente ou descendente continuamente;
- Quatorze pontos consecutivos alternando acima e abaixo;
- 3 pontos consecutivos sendo 2 deles do mesmo lado em relação a linha central e fora de 2/3 em relação à linha central;
- Quinze ou mais pontos consecutivos contidos em um intervalo de 1/3 em relação à média;
- 8 pontos em ambos os lados da região central com nenhum deles dentro do limite de 1/3 em relação à linha central

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

Etapa 8: Verificar se o estado de controle alcançado é adequado ao processo, tendo em vista considerações técnicas e econômicas.

- Em caso afirmativo, adotar os gráficos para controle atual e futuro do processo.
- Em caso negativo, conduzir ações de melhoria até que seja atingido o nível de qualidade desejado para o processo.

ETAPAS DE CONSTRUÇÃO: Carta de Controle por Variáveis Média e Amplitude: X- R

- **Etapa 9: Rever periodicamente os valores dos limites de controle**

Em alguns processos de fabricação, quando um produto defeituoso é produzido, todos os produtos produzidos a seguir serão defeituosos até que o problema seja resolvido. Esse tipo de condição também ocorre em processos de produção em bateladas.

Diário de Bordo

DIÁRIO DE BORDO			
DATA	HORA	REGISTRO	VISTO
31-Jul	7:00 - 07:15	regulagem da máquina. Início do trabalho.	Carlos
31-Jul	11:15	Peso baixou. Regulei a máquina.	Carlos
31-Jul	11:30 - 12:10	Hora do almoço.	Carlos
31-Jul	17:30	Troca de Turno. Antes Carlos; agora é o Paulo	Paulo
31-Jul	20:00	Hora do Jantar	Paulo
31-Jul	20:30 - 21:00	Ajuste na máquina (novamente)	Paulo
1-Aug	0:00	Troca de Turno. Antes era o Paulo, agora é Ricardo	Ricardo
1 Aug	1:20	Desregulagem da máquina. Ajustei-a. Verifiquei possibilidade de "manutenção" sem chofia. Irá dar retorno no dia 02/08	Ricardo

Diário de Bordo

"Nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito"

Nº DA AMOSTRA	COMENTÁRIO	VISTO/SEÇÃO

Exercício 1

- Construa o histograma do exemplo anterior
- Desenhe a linha de frequências
- Quais análises podem ser feitas a partir das distribuições das frequências?

Exercício 2

Dez amostras, cada uma contendo 5 peças, foram coletadas de produção, fornecendo medições da característica da qualidade. Construa uma carta de controle para médias e amplitude e conclua sobre a estabilidade do processo.

Amostr.	1	2	3	4	5	Média	R
1	18	16	18	21	18	18,2	5
2	17	18	21	19	19	18,8	4
3	16	17	16	19	20	17,6	4
4	19	19	17	18	20	18,6	2
5	22	21	20	22	24	21,8	13
6	17	22	21	16	17	18,6	6
7	16	16	17	18	19	17,2	3
8	23	24	16	17	21	20,2	8
9	8	9	9	10	8	8,8	2
10	20	20	22	21	16	19,8	6
					Soma	185,6	54