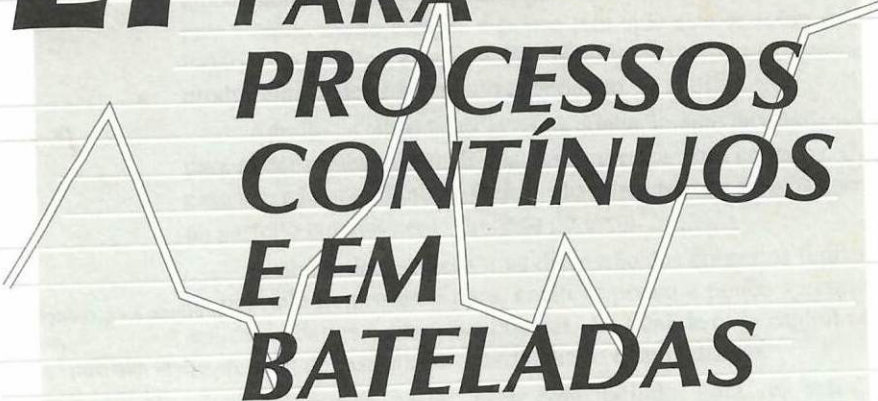


ALBERTO WUNDERLER RAMOS

*Professor Assistente Doutor
da Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo e da Fundação
Carlos Alberto Vanzolini*

CEP

PARA PROCESSOS CONTÍNUOS E EM BATELADAS



FUNDAÇÃO VANZOLINI



EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA

*ao meu pai, Alberto Ramos y Palomera
(in memoriam)*

© 2000 *Alberto Wunderler Ramos*

1ª edição - 2000

*É proibida a reprodução total ou parcial
por quaisquer meios
sem autorização escrita da editora*

EDITORA EDGARD BLÜCHER LTDA.

*Rua Pedroso Alvarenga, 1245 - cj. 22
04531-012 – São Paulo – SP – Brasil
e-mail: eblucher@internetcom.com.br*

Impresso no Brasil Printed in Brazil



CONTEÚDO

1. Introdução	1
2. Conceitos Básicos	3
2.1 Processos	3
2.2 Controle e suas Formas	4
2.3 Causas de Variação	6
2.4 Ação Local e Ação no Sistema	7
2.5 Vantagens na Utilização do CEP	8
2.6 Pensamento Estatístico e Ferramentas Estatísticas	9
3. Sistemas de Produção	11
3.1 Tipos de CEP	11
3.2 Indústria de Processo Contínuo e em Bateladas	12
3.3 Problemas no Emprego do CEP em Processos Contínuos	13
4. Estatística Básica para o CEP	15
4.1 Caracterização de Amostras	15
4.2 Séries Temporais	17
4.3 Dados Agrupados	17
4.4 Caracterização da População	19
4.5 A Distribuição Normal de Probabilidade	20
4.6 Amostragem	21
5. Gráficos de Controle	25
5.1 Objetivos	25
5.2 Tipos de Gráficos de Controle	25
5.3 Elementos do Gráfico de Controle	26
5.4 Construção do Gráfico de Controle	27
6. Gráficos de Controle para Variáveis	29
6.1 Gráfico da Média e Amplitude (x-barra e R)	29
6.2 Gráficos da Média e Desvio-Padrão (x-barra e s)	33
6.3 Gráficos do Valor Individual e Amplitude Móvel (x e Rm)	36
6.4 Gráficos da Média e Amplitude Móveis (xm-barra e Rm)	39
6.5 Gráfico por Bateladas	42
6.6 Gráfico por Grupos	45
6.7 Gráfico 3-D	50
6.8 Seleção do Gráfico de Controle Adequado	54

7. Gráficos de Controle para Atributos	57
7.1 Gráfico da Fração Defeituosa (p)	57
7.2 Gráfico do Número de Defeituosos na Amostra (np)	60
7.3 Gráfico do Número de Defeitos na Amostra (c)	60
7.4 Gráfico do Número de Defeitos por Unidade de Inspeção (u)	63
7.5 Tamanhos Mínimos de Amostras	64
7.6 Seleção do Gráfico de Controle Adequado	65
8. Interpretação da Estabilidade do Processo	69
8.1 Testes de Não-Aleatoriedade	69
8.2 Uma Palavra para o Devido Cuidado	71
9. Autocorrelação	75
9.1 Como Surge a Autocorrelação	75
9.2 Identificação da Autocorrelação	76
9.3 Avaliação da Autocorrelação	77
9.4 Gráficos de Controle na Presença de Autocorrelação	78
9.5 Avaliação da Estabilidade Estatística do Processo	79
9.6 Um Exemplo	79
10. Capacidade do Processo	85
10.1 Testes para Distribuição Normal	85
10.2 Índices de Capacidade: Cp e Cpk	87
10.3 Outros Índices de Capacidade	89
10.4 Um Exemplo	91
10.5 Especificações Unilaterais	92
10.6 Casos Especiais: Processos Não-Normais e Presença de Autocorrelação	93
11. Outras Ferramentas do CEP	95
11.1 Histograma	95
11.2 Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)	98
11.3 Diagrama de Pareto	100
11.4 Folha de Verificação	101
11.5 Gráfico Linear	101
11.6 Diagrama de Dispersão	102
11.7 Fluxograma	102
12. Estudos de Casos	107
12.1 Teor de Umidade	107
12.2 Máquina de Compressão	112
13. Conclusão	117
14. Bibliografia	119
Anexo A – Fatores para Cálculo de Limites de Controle	121
Anexo B – Tabela da Distribuição Normal	123
Anexo C – Respostas aos Problemas Ímpares	125