

ESTATÍSTICA PARA A QUALIDADE

SONIA VIEIRA



ESTATÍSTICA PARA A QUALIDADE

SONIA VIEIRA



© 2014, Elsevier Editora Ltda.

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei nº 9.610, de 19/2/1998.

Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da editora, poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Copidesque: Ivone Teixeira

Revisão Gráfica: Flor de Letras Editorial

Editoração Eletrônica: SBNigri Artes e Textos Ltda.

Elsevier Editora Ltda.

Conhecimento sem Fronteiras

Rua Sete de Setembro, 111 – 16º andar

20050-006 – Centro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Rua Quintana, 753 – 8º andar

04569-011 – Brooklin – São Paulo – SP – Brasil

Serviço de Atendimento ao Cliente

0800-0265340

atendimento1@elsevier.com.br

ISBN 978-85-352-7852-1

ISBN (versão eletrônica) 978-85-352-7853-8

Nota: Muito zelo e técnica foram empregados na edição desta obra. No entanto, podem ocorrer erros de digitação, impressão ou dúvida conceitual. Em qualquer das hipóteses, solicitamos a comunicação ao nosso Serviço de Atendimento ao Cliente, para que possamos esclarecer ou encaminhar a questão.

Nem a editora nem o autor assumem qualquer responsabilidade por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens, originados do uso desta publicação.

CIP-Brasil. Catalogação na fonte.
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

V718e Vieira, Sonia, 1942-

3.ed. Estatística para a qualidade / Sonia Vieira. – 3. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

Inclui índice

ISBN 978-85-352-7852-1

1. Indústria de serviços – Controle de qualidade – Métodos estatísticos.
2. Qualidade dos produtos – Métodos estatísticos. I. Título.

14-15840

CDD: 658.568

CDU: 005.6



Prefácio

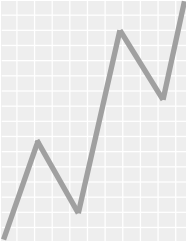
Para competir em um mercado global, as empresas estão buscando técnicas de produção cada vez mais avançadas, que aumentem a produtividade e garantam vantagem na competição. Isso exige a tomada de decisão com base em dados. É o uso de métodos estatísticos que permite monitorar e, assim, manter a qualidade de produtos e serviços.

Este livro foi escrito para quem utiliza conhecimentos de estatística como ferramenta de trabalho no controle da qualidade. Cobre, portanto, boa parte da matéria, pois explica desde princípios básicos – como as sete ferramentas estatísticas para o controle da qualidade – até conceitos mais avançados, como razão de capacidade do processo e análise do sistema de medição.

Ter boas noções sobre estatística é dever de todos os envolvidos em um processo. O controle estatístico dos processos não pode ser preocupação apenas dos engenheiros de produção, mas também do chão de fábrica, porque é essa estratégia que garante qualidade, eficiência e produtividade. Para garantir a aprendizagem, este livro apresenta vários exemplos de aplicação em diversas situações, das mais simples às mais complexas.

Muitas pessoas têm me encorajado a escrever, mas ficam aqui registrados meus agradecimentos aos professores Ronaldo S. Wada, da Unimep, Martha M. Mischan, da Unesp, campus de Botucatu, Osvaldo S. Nakao, da Escola Politécnica da USP, Gabriel Adrian Sarries, da ESALQ-USP, e Lucila Chebel Labaki, da FEC-Unicamp. Também devo agradecimentos à Editora Campus-Elsevier pela confiança que tem depositado em meu trabalho.

A autora



A autora

Sonia Vieira, professora de Estatística da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), esteve na Universidade da Califórnia e na Universidade Yale como professora convidada e tem ministrado cursos na área de Estatística em todo o Brasil. Além de duas teses acadêmicas e diversos artigos, escreveu os livros: *Elementos de estatística*, *Análise de variância*, *Como escrever uma tese*, *Como elaborar um questionário*, *Estatística Básica*, *O que é estatística*, *Introdução à bioestatística*, *Bioestatística: tópicos avançados* e *Metodologia científica para a área da saúde*, estes três últimos publicados pela editora Campus/Elsevier.



Sumário

INTRODUÇÃO.....	1
-----------------	---

PARTE 1

SETE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE

CAPÍTULO 1	FLUXOGRAMA	7
	1.1. Para que serve um fluxograma?.....	8
	1.2. Como se desenha um fluxograma?	9
	1.3. Resumo	10
	1.4. Exercícios.....	10
CAPÍTULO 2	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	11
	2.1. Para que serve um diagrama de causa e efeito?.....	11
	2.2. Como se constrói um diagrama de causa e efeito?.....	12
	2.3. Como se conferem as sugestões?.....	14
	2.4. Resumo	17
	2.5. Exercícios.....	17
CAPÍTULO 3	FOLHA DE VERIFICAÇÃO.....	18
	3.1. Para que serve uma folha de verificação?.....	18
	3.2. Como se desenha uma folha de verificação?.....	19
	3.3. O que é <i>checklist</i> ?.....	24
	3.4. Resumo	24
	3.5. Exercícios.....	24
CAPÍTULO 4	DIAGRAMA DE PARETO	25
	4.1. Para que serve um diagrama de Pareto?.....	25
	4.2. Como se constrói um diagrama de Pareto?	25
	4.2.1. Organização dos dados	25
	4.2.2. Desenho do diagrama de Pareto	27

	4.2.3. Desenho da curva de Pareto.....	28
	4.3. Como se analisa um diagrama de Pareto?.....	29
	4.4. Resumo	32
	4.5. Exercícios.....	32
CAPÍTULO 5	HISTOGRAMA	35
	5.1. Para que serve um histograma?	35
	5.2. Como se desenha um histograma?	35
	5.3. Como se analisa um histograma?	37
	5.4. Resumo	41
	5.5. Exercícios.....	42
CAPÍTULO 6	DIAGRAMA DE DISPERSÃO	45
	6.1. Como se desenha um diagrama de dispersão?	46
	6.2. Como se analisa um diagrama de dispersão?.....	47
	6.2.1. Dificuldades na análise do diagrama de dispersão	48
	6.3. Resumo	51
	6.4. Exercícios.....	51
CAPÍTULO 7	GRÁFICO DE CONTROLE.....	54
	7.1. Para que serve um gráfico de controle?.....	55
	7.2. O que significa causa de variação?	55
	7.3. Quais são os tipos de gráfico de controle?.....	58
	7.3.1. Gráfico de controle np para atributos	59
	7.3.1.1. Construção	59
	7.3.1.2. Desenho.....	61
	7.3.2. Gráfico de controle $\bar{x} - R$ para variáveis	62
	7.3.2.1. Construção	62
	7.3.2.2. Desenho.....	64
	7.4. Resumo	66
	7.5. Exercícios.....	66

PARTE 2

ESTATÍSTICA BÁSICA

CAPÍTULO 8	MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL E DE VARIABILIDADE PARA AMOSTRAS	72
	8.1. Medidas de tendência central.....	72
	8.1.1. Média aritmética	72

8.1.2.	Média de dados agrupados.....	73
8.1.3.	Mediana.....	74
8.1.4.	Moda.....	74
8.2.	Medidas de variabilidade	75
8.2.1.	Amplitude.....	75
8.2.2.	Variância	76
8.2.3.	Desvio padrão	78
8.2.3.1.	Outra fórmula para calcular o desvio padrão	79
8.2.4.	Erro padrão da média	81
8.2.5.	Graus de liberdade.....	82
8.3.	Exercícios.....	83
CAPÍTULO 9	NOÇÕES SOBRE PROBABILIDADE	86
9.1.	Conceitos básicos	86
9.2.	Probabilidade	86
9.3.	Eventos independentes	87
9.4.	Eventos dependentes	88
9.5.	Regras da multiplicação	90
9.5.1.	Regra 1 da multiplicação: eventos independentes.....	90
9.5.2.	Regra 2 da multiplicação: eventos dependentes.....	91
9.5.3.	Condição de independência	91
9.6.	Regra da soma	92
9.6.1.	Regra 1 da soma: eventos mutuamente exclusivos.....	92
9.6.2.	Regra 2 da soma: eventos não mutuamente exclusivos	93
9.7.	Exercícios.....	94
CAPÍTULO 10	DISTRIBUIÇÕES DISCRETAS.....	96
10.1.	O que é distribuição de probabilidades?	96
10.2.	Distribuição binomial.....	97
10.2.1.	Função da distribuição binomial.....	98
10.2.2.	Rápida revisão sobre análise combinatória	99
10.2.3.	Média e variância na distribuição binomial	101
10.3.	Distribuição de Poisson.....	101
10.4.	Exercícios	102
CAPÍTULO 11	DISTRIBUIÇÃO NORMAL	104
11.1.	Parâmetros da distribuição normal	105
11.2.	Regra empírica	106

11.3. Distribuição normal reduzida ou padronizada	107
11.4. Cálculo das probabilidades sob a distribuição normal	111
11.5. Teorema do limite central.....	113
11.6. Exercícios.....	115
CAPÍTULO 12 TESTE DE HIPÓTESES	117
12.1. Procedimento usual para um teste de hipóteses	117
12.1.1. Como se calcula o p -valor?.....	118
12.1.2. Testes unilaterais e testes bilaterais.....	120
12.2. Erro tipo I e erro tipo II.....	122
12.3. Nível de significância e poder do teste.....	124
12.3.1. Nível de significância	124
12.3.2. Poder do teste	125
12.4. Intervalos de confiança.....	127
12.5. Exercícios.....	128
PARTE 3	
GRÁFICOS DE CONTROLE E SISTEMAS DE MEDIÇÃO	
CAPÍTULO 13 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA ATRIBUTOS.....	132
13.1. Gráfico de controle para itens não conformes em amostras de mesmo tamanho.....	133
13.1.1. Gráfico de controle np para o número de itens não conformes.....	133
13.1.2. Gráfico de controle p para a proporção de itens não conformes.....	134
13.1.3. Cálculo do tamanho das amostras	140
13.2. Gráfico de controle para a proporção de itens não conformes em amostras de tamanho variável.....	142
13.2.1. Gráfico de controle com limites de controle para cada amostra	143
13.2.2. Gráfico de controle com limites calculados com o tamanho médio das amostras	145
13.2.3. Gráfico de controle com a variável padronizada	147
13.3. Gráfico de controle para o número de não conformidades	149
13.3.1. Gráfico de controle c para o número de não conformidades em itens de mesmo tamanho.....	149
13.3.1.1. Escolha do tamanho da amostra	153
13.3.1.2. Sistema de deméritos.....	155

13.3.2. Gráfico de controle para o número de não conformidades em itens de tamanho variável.....	156
13.4. Aplicações do gráfico de controle para atributos em serviços.....	161
13.5. Exercícios	161
CAPÍTULO 14 GRÁFICOS DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS.....	164
14.1. Gráfico de controle $\bar{x} - R$	165
14.1.1. Construção e análise.....	165
14.1.2. Subgrupos racionais.....	169
14.1.3. Tamanho das amostras	172
14.1.4. Mais sobre limites de controle	173
14.2. Gráfico de controle $\bar{x} - s$	175
14.2.1. Construção do gráfico de controle $\bar{x} - s$ para amostras de mesmo tamanho.....	175
14.2.2. Construção do gráfico de controle $\bar{x} - s$ para amostras de tamanho variável.....	178
14.2.2.1. Gráfico de controle $\bar{x} - s$ com o tamanho médio das amostras.....	179
14.2.2.2. Gráfico de controle $\bar{x} - s$ com limites de controle para cada amostra.....	182
14.3. Gráfico de controle para medidas individuais	183
14.3.1. Construção e operação	183
14.4. Fundamentação estatística dos gráficos de controle.....	186
14.5. Exercícios.....	189
CAPÍTULO 15 CAPACIDADE DO PROCESSO.....	192
15.1. Razão de capacidade do processo	193
15.1.1. Razão de capacidade de processo não centrado.....	198
15.1.2. Razão de capacidade do processo, especificação unilateral.....	201
15.1.3. Avaliação da razão de capacidade do processo	202
15.2. Análise da capacidade do processo	202
15.2.1. Análise da capacidade do processo usando histograma	203
15.2.2. Análise da capacidade do processo usando a distribuição normal.....	205
15.3. Exercícios.....	207

CAPÍTULO 16	ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO	209
16.1.	Estatísticas do sistema de medição	209
16.1.1.	Exatidão	209
16.1.2.	Estabilidade	211
16.1.3.	Linearidade	213
16.1.4.	Repetibilidade ou precisão	216
16.1.5.	Reprodutibilidade	218
16.1.6.	Comentário	219
16.2.	Estudo de R&R	220
16.2.1.	Coleta dos dados	220
16.2.2.	Estudo de R&R pelo método da média e da amplitude	221
16.2.2.1.	Mais um exemplo	228
16.2.3.	Estudo de R&R por análise de variância	231
16.4.	Exercícios	237
CAPÍTULO 17	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	239
17.1.	Um gráfico de controle para a proporção de não conformes	239
17.1.1.	Consulta	239
17.1.2.	Resposta	239
17.2.	Um gráfico de controle $\bar{x} - R$	241
17.2.1.	Consulta	241
17.2.2.	Resposta	242
17.3.	Gráficos de controle $\bar{x} - R$ para dados de peças fabricadas por quatro máquinas	243
17.3.1.	Consulta da empresa	243
17.3.2.	Resposta	245
17.4.	A variância de uma soma de variáveis independentes	247
17.4.1.	Consulta	247
17.4.2.	Resposta	247
17.5.	O uso da variável padronizada para a classificação de estagiários	248
17.5.1.	Consulta	248
17.5.2.	Resposta	248
RESPOSTAS AOS EXERCÍCIOS		251
APÊNDICE		286
ÍNDICE		289