

# Engenharia da Qualidade

*Prof. Dr. Walter Ponge-Ferreira*

## Objetivo

O objetivo da disciplina é apresentar as principais ferramentas estatísticas da qualidade. As ferramentas serão aplicadas em problemas práticos e será utilizado software estatístico - R com bibliotecas dedicadas à qualidade. Também visa estudar, discutir e refletir sobre princípios e filosofias da qualidade em processos de produção e gestão.

## Conteúdo Programático

### I - Introdução e Conceitos básicos (4 h.a.)

- 1) Definições
- 2) Breve histórico
- 3) Filosofias e conceitos
- 4) Aplicações
- 5) Ciclo da qualidade e melhoria continuada
  - a - PDCA
  - b - DMAIC
- 6) Software de estatística - R

### II - Controle de qualidade

- 1) Métodos estatísticos (4 h.a.)
  - a - Estatística Descritiva
  - b - Diagrama de caixa-e-bigodes
  - c - Histograma
  - d - Intervalo de confiança
  - e - Teste de hipóteses
  - f - Regressão Linear
- 2) Ferramentas básicas (4 h.a.)
  - a - Diagrama de Pareto
  - b - Histograma
  - c - Causa e Efeito
  - d - Diagrama de dispersão
  - e - Lista de verificação
  - f - Gráficos probabilísticos
  - g - Pacote de controle da qualidade – R
- 3) Incerteza de medição (4 h.a.)
  - a - Intervalo de confiança
  - b - Metrologia - VIM
  - c - Expressão de incerteza de medição
  - d - ISO/IEC Guide 98-3
- 4) Controle estatístico de processos (2 h.a.)
  - a - Causas de variação
  - b - Estabilidade de processos

- c - Gráficos de controle para atributos e variáveis
- 5) Análise de capacidade (2 h.a.)
  - a - Capacidade de processos
  - b - Limites de tolerância e especificação
  - c - Distribuição Normal e t-Student
  - d - Distribuição das fontes de incerteza
  - e - Gage R&R
- 6) Inspeção por amostragem (4 h.a.)
  - a - Amostragem
  - b - Curva característica de Operação
  - c - Distribuições amostrais, Poisson, binomial e hipergeométrica
  - d - Planos de amostragem
  - e - Inspeção por Atributo (NBR 5426)
  - f - Inspeção por Variável (NBR 5429)
- 7) Projeto estatístico de experimentos (4 h.a.)
  - a - Teste de hipóteses
  - b - Regressão linear
  - c - ANOVA
  - d - Experimentos fatoriais e fracionados
  - e - Curva de resposta
  - f - Gráficos de seleção
  - g - Critério de Taguchi x Clássico
- 8) Verificação e Validação de Modelos (4 h.a.)
  - a - Verificação de modelos computacionais
  - b - Ensaios e extração de características
  - c - Análise de sensibilidade e modelo suplente
  - d - Correlação entre ensaios e análise
  - e - Estimação de incerteza
  - f - ASME Guide for V&V 10 e V&V 20

III - Filosofias da qualidade (4 h.a. – seleção de temas para seminários)

- 1) Controle de qualidade
- 2) Controle de qualidade assegurada
- 3) Gestão da Qualidade Total
- 4) Zero-defeitos
- 5) Kaizen
- 6) Just-in-time
- 7) Poka-yoke
- 8) 5S
- 9) Seis Sigma
- 10) Produção enxuta (lean production)
- 11) Industria 4.0
- 12) World Class Manufacturing

IV - Gestão da Qualidade (4 h.a. – seleção de temas para seminários)

- 1) Organização e estratégias
- 2) Qualidade assegurada
- 3) Custo e melhoria da qualidade

- 4) Sistemas de gestão – ISO 9001/ISO 17025/ISO 14001/OSHAS 18001/SA8000
- 5) Certificação da Qualidade

## Critério de Avaliação

A média  $M$  é dada por:

$$M = 0,4P + 0,3ME + 0,3S$$

onde  $P$  é a nota da prova,  $ME$  a média dos exercícios de classe e para casa e  $S$  a nota do seminário.

Critério: média mínima para aprovação 5,0 (cinco e zero); média mínima para recuperação 3,0 (três e zero).

Os exercícios de classe e para casa serão realizados em grupos de 4 ou 5 alunos. Os grupos devem permanecer inalterados ao longo do semestre. Os exercícios de classe deverão ser solucionados durante às aulas e entregues via Moodle até o final da aula. Os exercícios para casa deverão ser entregues via Moodle até a data limite marcada para cada exercício.

O seminário será realizado em grupo, os mesmos dos exercícios. Os seminários deverão abordar um tema da engenharia da qualidade de livre escolha dos grupos. Não é necessário elaborar um texto dissertativo, somente a apresentação audiovisual a ser apresentada no dia do seminário. O seminário ocorrerá em data a ser agendada de comum acordo, ocorrendo fora do horário de aula. A participação no seminário é recomendada e encorajada. Entretanto aqueles alunos que não puderem ou não desejarem participar dos seminários deverão entregar um trabalho escrito individual sobre um tema da engenharia da qualidade até a data da realização do seminário. O conteúdo apresentado nos seminários será cobrado na prova.

A prova dissertativa final individual será sem consulta e em horário de aula.

Haverá oferecimento de prova substitutiva em data especificada para os alunos que faltarem à prova regular. Para poder fazer a prova substitutiva o aluno deverá enviar solicitação para realizar a prova substitutiva com justificativa da falta. A solicitação deverá ser encaminhada via portal da disciplina no Moodle do Stoa em até 72 horas antes do início da prova substitutiva.

Recuperação: Prova dissertativa única para alunos com média inferior a 5,0 e superior ou igual a 3,0.

## Cronograma

Aula	Tema	Carga Horária†
1	Introdução à Qualidade e Software R	4 h.a.
2	Estatística básica aplicada à qualidade	4 h.a.
3	7 Ferramentas Básicas	4 h.a.
4	Incerteza de Medição – ISO GUM	4 h.a.
5	Controle Estatístico de Processos e Capacidade de Processos	4 h.a.
6	Inspeção por Amostragem	4 h.a.
7	Projeto e Análise de Experimentos	4 h.a.
8	Verificação e Validação de Modelos	4 h.a.
S	Filosofias, Gestão e Técnicas da Qualidade	8 h.a.

† h.a. – horas aulas, equivalente a 50 min

Horário‡	Segunda-Feira, 13:10 h – 16:40 h		Terça-Feira, 7:30 h – 11:00 h	
Turmas	Turma 22-A	Turma 22-B	Turma 31-A	Turma 31-B
Aula 1	26/02	05/03	27/02	06/03
Aula 2	12/03	19/03	13/03	20/03
Aula 3	02/04	09/04	03/04	10/04
Aula 4	16/04	23/04	17/04	24/04
Aula 5	07/05	14/05	08/05	15/05
Aula 6	21/05	28/05	22/05	29/05
Aula 7	04/06	11/06	05/06	12/06
Aula 8	18/06	25/06	19/06	26/06
Seminário	26/05		09/06	
Prova – P	02/07		03/07	
Substitutiva - PS	10/07			

‡ Vide Tabela Quinzenal em anexo.

## Atendimento

Walter Ponge Ferreira  
Terças-feiras, 15:00h as 16:00h

Sala: MS36 – Prédio da Mecânica  
Cel.: (11) 97244-0900  
E-mail: ponge@usp.br

## Bibliografia

### Básica

BEKMA, OTTO R.; COSTA NETO, PEDRO LUIZ O. **Análise Estatística da Decisão**. 2 ed., Editora Blucher, 2009. 148 pp. (ISBN: 978-85-212-0468-8)

- COSTA NETO, PEDRO LUIZ DE OLIVEIRA **Estatística**. 2 ed, Ed. Edgard Blücher Ltda, 2002. 264 pp. (ISBN: 978-85-212-0300-1)

DEVORE, JAY L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. 8 ed, CENGAGE Learning, São Paulo, 2015. 693 pp. (ISBN-10: 85-221-1183-9) (ISBN-13: 978-85-221-1183-1)

MONTGOMERY, DOUBLAS C. & RUNGER, GEORGE C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4 ed., LTC Ed., 2009. 490 pp. (ISBN: 978-85-216-1664-1)

- RYAN, THOMAS P. **Statistical Methods for Quality Improvement**. 3 ed, Wiley, 2011. 704 pp. (ISBN-10: 0470590742) (ISBN-13: 978-0470590744)
- VARDEMAN, STEPHEN B. & JOBE, J. MARCUS **Statistical Quality Assurance Methods for Engineers**. 1 ed, Wiley, 1998. 576 pp (ISBN-10: 0471159379) (ISBN-13: 978-0471159377)

### Clássicos

DEMING, W. EDWARDS **Statistical Adjustment of Data**. Dover Publ. Inc., 1964. 261 pp. (ISBN-13: 978-0-486-64685-5)

DEMING, W. EDWARDS; ORSINI; CAHILL, DEMING; JOYCE (editor); DIANA (editor) **The Essential Deming: Leadership Principles from the Father of Quality**. Kindle Edition, McGraw-Hill Education, 1 ed., 2012. 2709 KiB, 337 pp. (ASIN: B00AK8FCEG)

- DEVLIN, KEITH **The Unfinished Game: Pascal, Fermat, and the Seventeenth-Century Letter that Made the World Modern.** Basic Books; First Trade Paper Edition edition, 2010. 208 pp. (ISBN-10: 0465018963) (ISBN-13: 978-0465018963)
- FISHER, R. A.; BENNETT, J. H. (editor); YATES, F. (preface) **Statistical Methods, Experimental Design, and Scientific Inference: A Re-issue of Statistical Methods for Research Workers, The Design of Experiments, and Statistical Methods and Scientific Inference.** 1 ed., Oxford University Press, 1990. 870 pp. (ISBN-10: 0198522290) (ISBN-13: 978-0198522294)
- JURAN, J. M., GRZYNA, FRANK M. **Quality Planning and Analysis.** 3 ed., McGraw-Hill Int. Ed., 1993. 634 pp. (ISBN: 0-07-112992-8)
- JURAN, J. M. (editor); GRZYNA, FRANK M. (editor) **Juran's Quality Control Handbook.** 4 ed., McGraw-Hill Int. Ed., 1974. (ISBN: 0-07-100510-2)
- LAPLACE, PIERRE SIMON **A Philosophical Essay on Probabilities.** Classic Reprint, Forgotten Books, 2012. 202 pp. (ISBN-10: 1440049475) (ISBN-13: 978-1440049477)
- VON MISES, RICHARD & GEIRINGER, HILDA **Probability, Statistics and Truth.** Dover Books on Mathematics, 2 ed, Dover Publications, 1981. 244 pp. (ISBN-10: 0486242145) (ISBN-13: 978-0486242149)
- NEYMAN, J. **First Course in Probability and Statistics.** Henry Holt, 1953. (ASIN: B000JOKSWG)
- PEARSON, KARL **The Grammar of Science.** Cosimo Classics, 2007. 416 pp. (ISBN-10: 1602069565) (ISBN-13: 978-1602069565)
- SHEWHART, WALTER A. & DEMING, W. EDWARDS. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control** Dover Books on Mathematics, Dover Publications, 2011. 176 pp. (ISBN-10: 0486652327) (ISBN-13: 978-0486652320)
- TUKEY, JOHN W. **Exploratory Data Analysis.** 1 ed., Pearson, Behavioral Science, 1977. 688 pp. (ISBN-10: 0201076160) (ISBN-13: 978-0201076165)

### Auxiliar

- **Failure Modes and Effects Analysis (FMEA): Description, When to Use, Procedure, Example, and Considerations.** Kindle Edition, ASQ Quality Press, 2013. 1364 KiB, 13 pp. (ASIN: B00EJR1B80)
- **Data Collection and Analysis Tools.** Kindle Edition, ASQ Quality Press, 2011. 406 KiB, 41 pp. (ASIN: B004OR1RUM)
- **Seven Basic Quality Tools.** Kindle Edition, ASQ Quality Press, 2010. 575 KiB, 37 pp. (ASIN: B004G08QX8)
- **TQM: Introduction to and Overview of Total Quality Management.** Kindle Edition, ASQ Quality Press. 2013. 273 KiB, 22 pp. (ASIN: B00CMU8TMC)
- BAZOVSKY, IGOR **Reliability Theory and Practice.** Dover Civil and Mechanical Engineering, Kindle Edition, Dover Publications, 2013. 13688 KiB, 304 pp. (ASIN: B00BX1DSRM)
- BRUSSEE, WARREN **Statistics for Six Sigma Made Easy.** Kindle Edition, McGraw-Hill Education 1 ed., 2004. 2277 KiB, 250 pp. (ASIN: B000RG1OY)

- CHATTERJEE, SHOUTIR KISHORE **Statistical Thought: A Perspective and History**. 1 ed, Oxford University Press, 2003. 440 pp. (ISBN-10: 0198525311) (ISBN-13: 978-0198525318)
- COCHRAN, CRAIG **ISO 9001:2015 in Plain English**. Paton Professional, 2015. 232 pp. (ISBN-10: 1932828729) (ISBN-13: 978-1932828726)
- ERICSON II, CLIFTON A. **Fault Tree Analysis Primer**. CreateSpace Inc., Charleston, NC, USA, 2011. 136 pp. (ISBN-10: 1466446102) (ISBN-13: 978-1466446106)
- GEORGE, MICHAEL; MAXEY, JOHN; ROWLANDS, DAVID; UPTON, MALCOLM **The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed**. Kindle Edition, McGraw-Hill Education, 1 ed., 2004. 6529 KiB, 288 pp. (ASIN: B003O85BTK)
- GILCHRIST, ALASDAIR **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things** 1 ed., Apress, 2016. 250 pp. (ISBN-10: 1484220463) (ISBN-13: 978-1484220467)
- KELLER, PAUL **Statistical Process Control Demystified**. Kindle Edition, McGraw-Hill Education 1 ed., 2011. 6458 KiB, 320 pp. (ASIN: B005FBHX36)
- KNAFLIC, COLE NUSSBAUMER **Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals**. Kindle Edition, Wiley, 1 ed., 2015. 7304 KiB, 288 pp. (ASIN: B016DHQSM2)
- LIKER, JEFFREY **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. Kindle Edition, McGraw-Hill Education, 1 ed., 2003. 5540 KiB, 330 pp. (ASIN: B000SEGIVS)
- LLOYD, DAVID K., LIPOW, MYRON **Reliability: Management, Methods, and Mathematics**. 2 ed., Prentice-Hall, 1962. 589 pp. (ISBN: 0-8738-000-0)
- MANZEI, CHRISTIAN; SCHLEUPNER, LINUS; HEIZE, RONALD (editor) **Industrie 4.0 im internationalen Kontext – Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends**. VDE Verlag Gmbh, Beuth, 2016. 261 pp. (ISBN: 978-3-8007-3671-3)
- MONTGOMERY, DOUGLAS C. **Design and Analysis of Experiments**. 3 ed., John Wiley & Sons, 1991. 649 pp.
- TAYLOR, MICHAEL **Mind Maps: Quicker Notes, Better Memory, and Improved Learning 3.0**. Kindle Edition, Amazon Digital Services LLC, 2014. 4870 KiB, 176 pp. (ASIN: B001UE7DOK)
- WEBBER, LARRY & WALLACE, MICHAEL **Quality Control for Dummies**. Kindle Edition, For Dummies, 1 ed., 2011. 7355 KiB, 384 pp. (ASIN: B004QO9PG6)

## Referência

- **Glossary & Tables for Statistical Quality Control**. American Society for Quality Control, Statistics Division, 1983. 160 pp. (ISBN: 0-87389-067-1)
- EVERITT, B. S. **The Cambridge Dictionary of Statistics**. 2 ed., Cambridge University Press, 2002. 420 pp. (ISBN-10: 052181099X) (ISBN-13: 978-0521810999)
- UPTON, GRAHAM & COOK, IAN **A Dictionary of Statistics**. Oxford Quick Reference, 2ed., Oxford University Press, 2008. 462 pp. (ISBN-10: 0199541450) (ISBN-13: 978-0199541454)

## Software

- CANO, EMILIO L.; MOGUERZA, JAVIER M.; CORCOBA, MARIANO PRIETO **Quality Control with R: An ISO Standards Approach**. Use R!, Kindle Edition, Springer; 1 ed., 2015. 17345 KiB, 349 pp. (ASIN: B018KC4B2C)
  
- CHANG, WINSTON R **Graphics Cookbook**. Kindle Edition, O'Reilly Media; 1 ed., 2012. 22367 KiB, 416 pp. (ASIN: B00AJ5X7W4)
  
- FIELD, ANDY; MILES, JEREMY; FIELD, ZOE **Discovering Statistics Using R**. Kindle Edition, SAGE Publications Ltd, 2012. 35225 KiB, 992 pp. (ISBN: 1446200450) (ASIN: B00HPZ4VVM)
  
- JONES, OWEN; MAILLARDET, ROBERT; ROBINSON, ANDREW **Introduction to Scientific Programming and Simulation Using R**. Chapman & Hall/CRC The R Series, 1 ed., 2009. 474 pp. (ISBN-10: 1420068725) (ISBN-13: 978-1420068726)
  
- KABACOFF, ROBERT L. **R in Action – Data analysis and graphics with R**. 2 ed, Manning Publ., NY, 2015. 579 pp. (ISBN-13: 978-1617291388)
  
- KNELL, ROBERT **Introductory R: A Beginner's Guide to Data Visualization, Statistical Analysis and Programming in R**. Kindle Edition, Amazon Digital Services LLC, 2013. 10701 KiB, 546 pp. (ASIN: B00BU34QTM)
  
- LEWIS, N.D. **Visualizing Complex Data Using R**. Kindle Edition, Amazon Digital Services LLC, 2014. 7535 KiB, 395 pp. (ASIN: B00I7I0VPQ)
  
- LEWIS, N.D. **100 Statistical Tests in R**. Kindle Edition, Heather Hills Press, 2013. 706 KiB, 469 pp. (ASIN: B00C143F14)
  
- TOOMEY, DAN **R for Data Science - R Data Science Tips, Solutions and Strategies**. Kindle Edition, Packt Publishing, 2014. 13064 KiB, 364 pp. (ASIN: B00RP13BPS)
  
- VERZANI, JOHN **Using R for Introductory Statistics** Chapman & Hall/CRC The R Series, 1 ed., 2004. 432 pp. (ISBN-10: 1584884509) (ISBN-13: 978-1584884507)
  
- YAU, CHI **R Tutorial with Bayesian Statistics Using OpenBUGS**. Kindle Edition, Amazon Digital Services LLC, 2013. 4683 KiB, 554 pp. (ASIN: B006ZP4SKW)
  
- ZUUR, ALAIN; IENO, ELENA N.; MEESTERS, ERIK **A Beginner's Guide to R**. Use R!, Springer, 2009. 220 pp. (ISBN-10: 0387938362) (ISBN-13: 978-0387938363)

## Software e Tutoriais -

<a href="https://www.r-project.org/">https://www.r-project.org/</a>	Repositório do Software de Estatística - R
<a href="https://www.rstudio.com/home/">https://www.rstudio.com/home/</a>	Ambiente de desenvolvimento (IDE) para R
<a href="http://www.statslectures.com/">http://www.statslectures.com/</a>	Vídeo Tutorial de Estatística com R
<a href="http://www.r-tutor.com/">http://www.r-tutor.com/</a>	Tutorial do R
<a href="http://www.tutorialspoint.com/r/">http://www.tutorialspoint.com/r/</a>	Tutorial do R
<a href="https://www.statmethods.net/">https://www.statmethods.net/</a>	Quick-R