

Qualidade e seus aspectos

CE219 - Controle Estatístico de Qualidade

Prof. Cesar Taconeli
taconeli@ufpr.br

Prof. Walmes Zeviani
walmes@ufpr.br

Laboratório de Estatística e Geoinformação
Departamento de Estatística
Universidade Federal do Paraná

05 de abril, 2019



Aspectos da qualidade

O significado de qualidade

Há diversas definições para **qualidade**. Uma bastante simples, mas útil neste momento, é a seguinte:

Qualidade

Qualidade significa adequação para o uso.

Uma definição alternativa, que nos remete diretamente à relação entre a Estatística e a qualidade, é a seguinte:

Qualidade

Qualidade é inversamente proporcional à variabilidade.

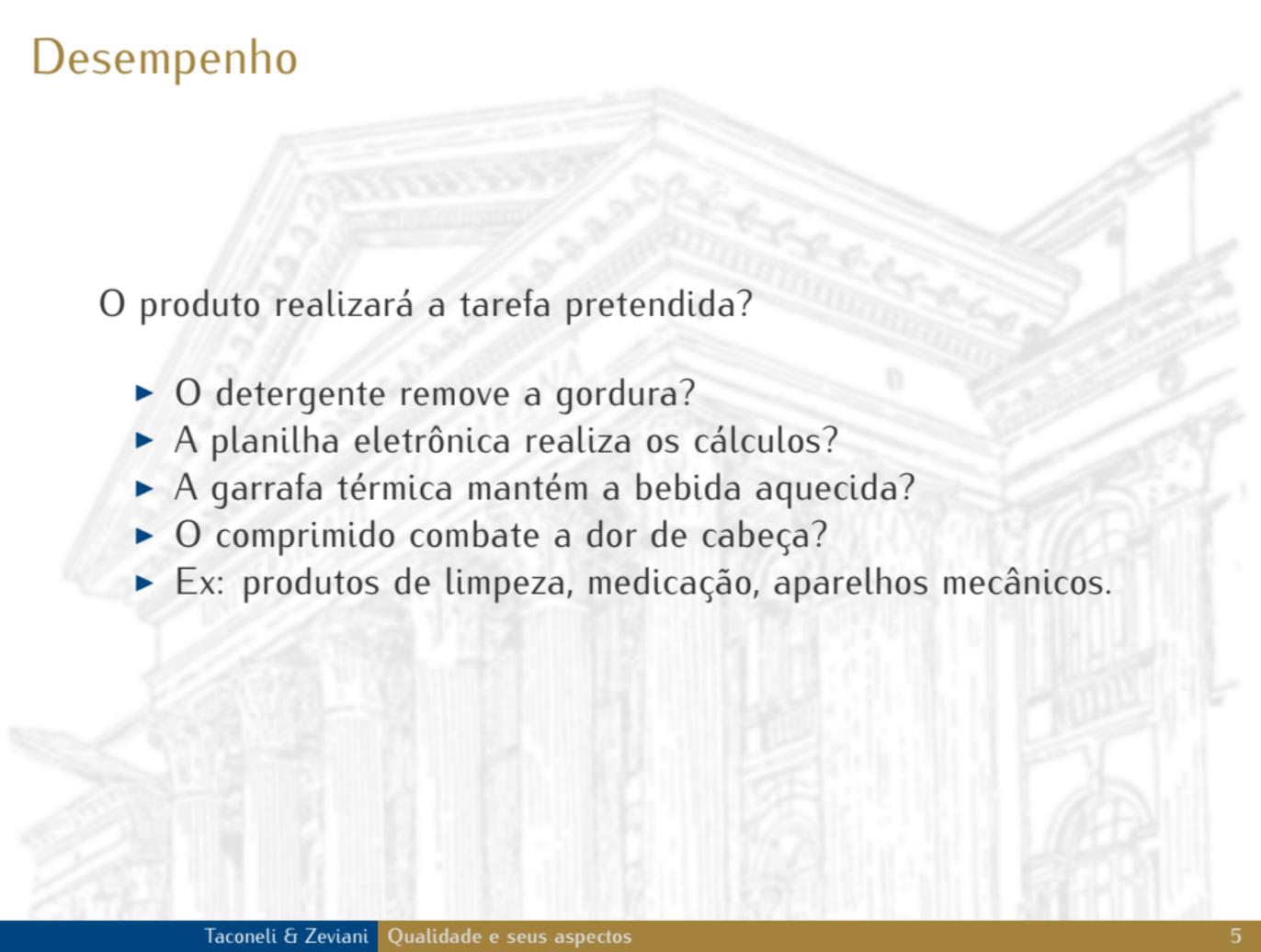
Assim, a **melhoria da qualidade** está relacionada à redução da variabilidade nos processos e produtos.

As 8 dimensões da qualidade

GARVIN (1987) relaciona oito dimensões da qualidade:

- ▶ **Desempenho:** O produto realizará a tarefa pretendida?
- ▶ **Confiabilidade:** Qual a frequência de falhas do produto?
- ▶ **Durabilidade:** Quanto tempo o produto durará?
- ▶ **Assistência técnica:** Qual a facilidade para se consertar o produto?
- ▶ **Estética:** Qual a aparência do produto?
- ▶ **Características:** O que o produto faz?
- ▶ **Qualidade percebida:** Qual a reputação do produto ou da companhia?
- ▶ **Conformidade com as especificações:** O produto é feito como o projetista pretendia?

Desempenho



O produto realizará a tarefa pretendida?

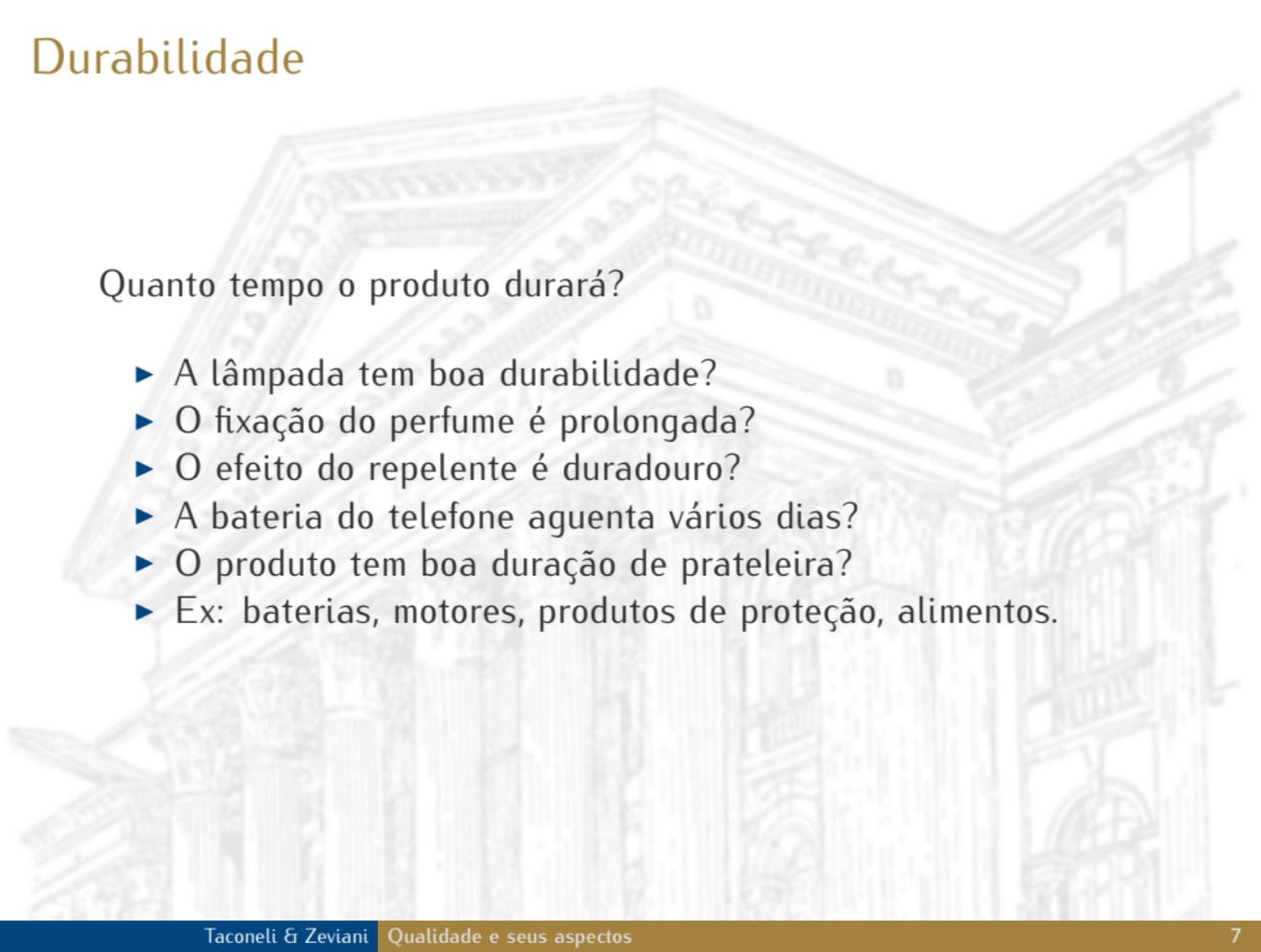
- ▶ O detergente remove a gordura?
- ▶ A planilha eletrônica realiza os cálculos?
- ▶ A garrafa térmica mantém a bebida aquecida?
- ▶ O comprimido combate a dor de cabeça?
- ▶ Ex: produtos de limpeza, medicação, aparelhos mecânicos.

Confiabilidade

Qual a frequência/risco de falhas do produto?

- ▶ A bateria do carro funciona na ignição?
- ▶ A recepção de sinal do aparelho é contínua?
- ▶ A caneta para quadro negro escreve?
- ▶ O sistema operacional inicializa corretamente?
- ▶ O protetor solar protege dos danos do sol?
- ▶ Ex: aparelhos elétricos/eletrônicos.

Durabilidade



Quanto tempo o produto durará?

- ▶ A lâmpada tem boa durabilidade?
- ▶ O fixação do perfume é prolongada?
- ▶ O efeito do repelente é duradouro?
- ▶ A bateria do telefone aguenta vários dias?
- ▶ O produto tem boa duração de prateleira?
- ▶ Ex: baterias, motores, produtos de proteção, alimentos.

Assistência técnica

Qual a facilidade para se consertar o produto?

- ▶ A resposta/acesso do/ao fabricante é fácil?
- ▶ Existem peças de reposição para o produto?
- ▶ Existem pessoas capacitadas a realizar consertos?
- ▶ A troca/reparo do produto é fácil?
- ▶ Ex: máquina de lavar, veículo, motor de cortar grama, câmera fotográfica.

Qual a aparência do produto?

- ▶ O produto/embalagem tem aparência agradável?
- ▶ As cores do produto/embalagem estão bem combinadas?
- ▶ As características táteis têm boa percepção sensorial?
- ▶ As demais características sensoriais são percebíveis?
- ▶ Ex: perfume, sabonete, aparelho de celular, abajur, lingerie.

Características

O que o produto faz? Recursos adicionais?

- ▶ O relógio também possui cronômetro e alarmes?
- ▶ O programa importa/exporta para todos os formatos de vídeo?
- ▶ A batedeira tem pás para massa pesada, média e leve?
- ▶ O carregador é bivolt?
- ▶ O multiprocessador rala, fatia, tritura, etc?
- ▶ O ar condicionado aquece também?
- ▶ Ex: eletrodomésticos, softwares e demais multiuso.

Qualidade percebida

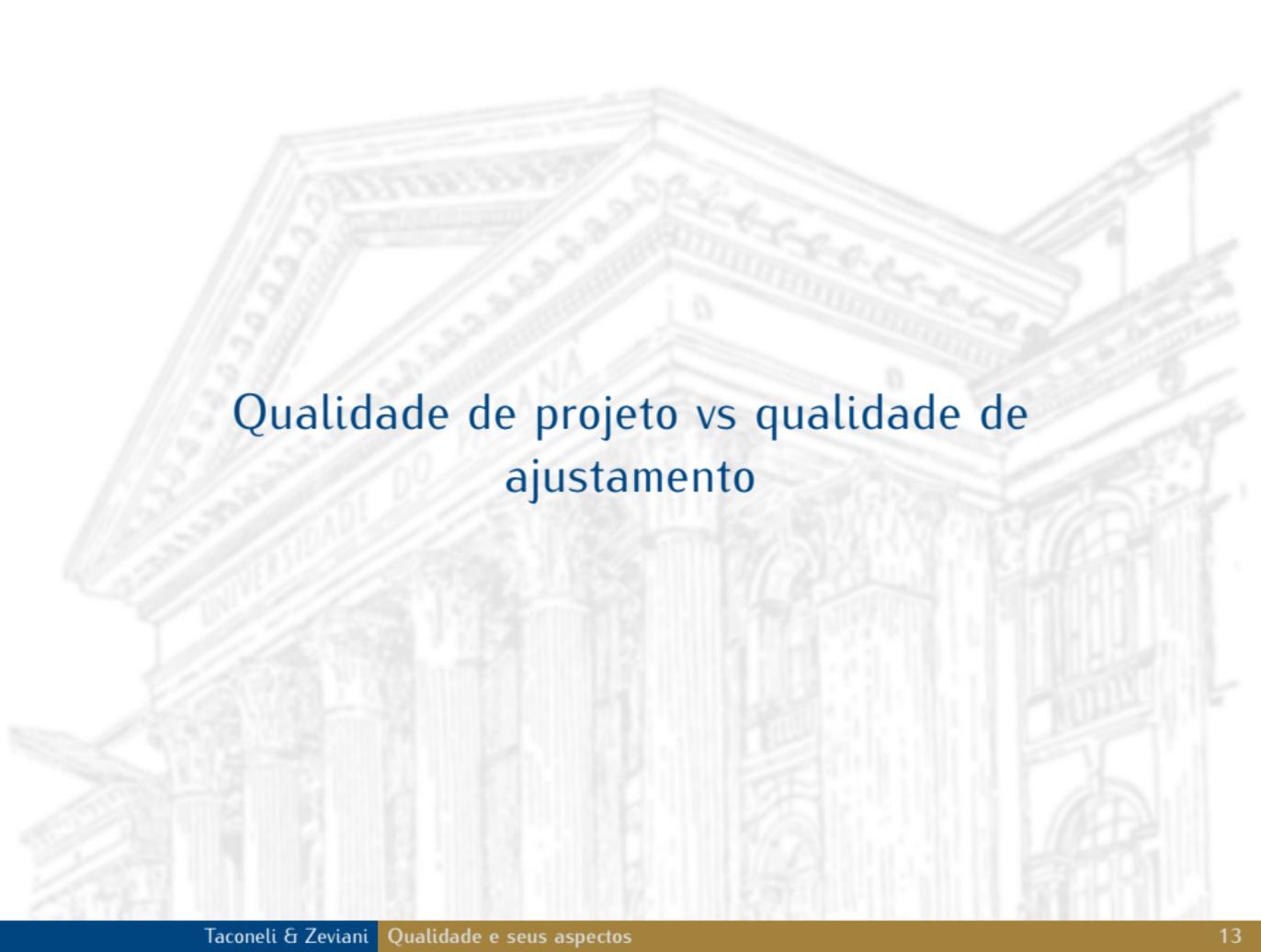
Qual a reputação do produto ou da companhia?

- ▶ Como são as demais linhas de produtos da companhia?
- ▶ Os consumidores são leais à companhia?
- ▶ Como é a relação dela com o cliente que recorre?
- ▶ A empresa cuida dos pertences dos clientes?
- ▶ Ex: empresas aéreas, lavanderias, empresas de assistência técnica, escritório de contabilidade, transportadoras.

Conformidade com as especificações

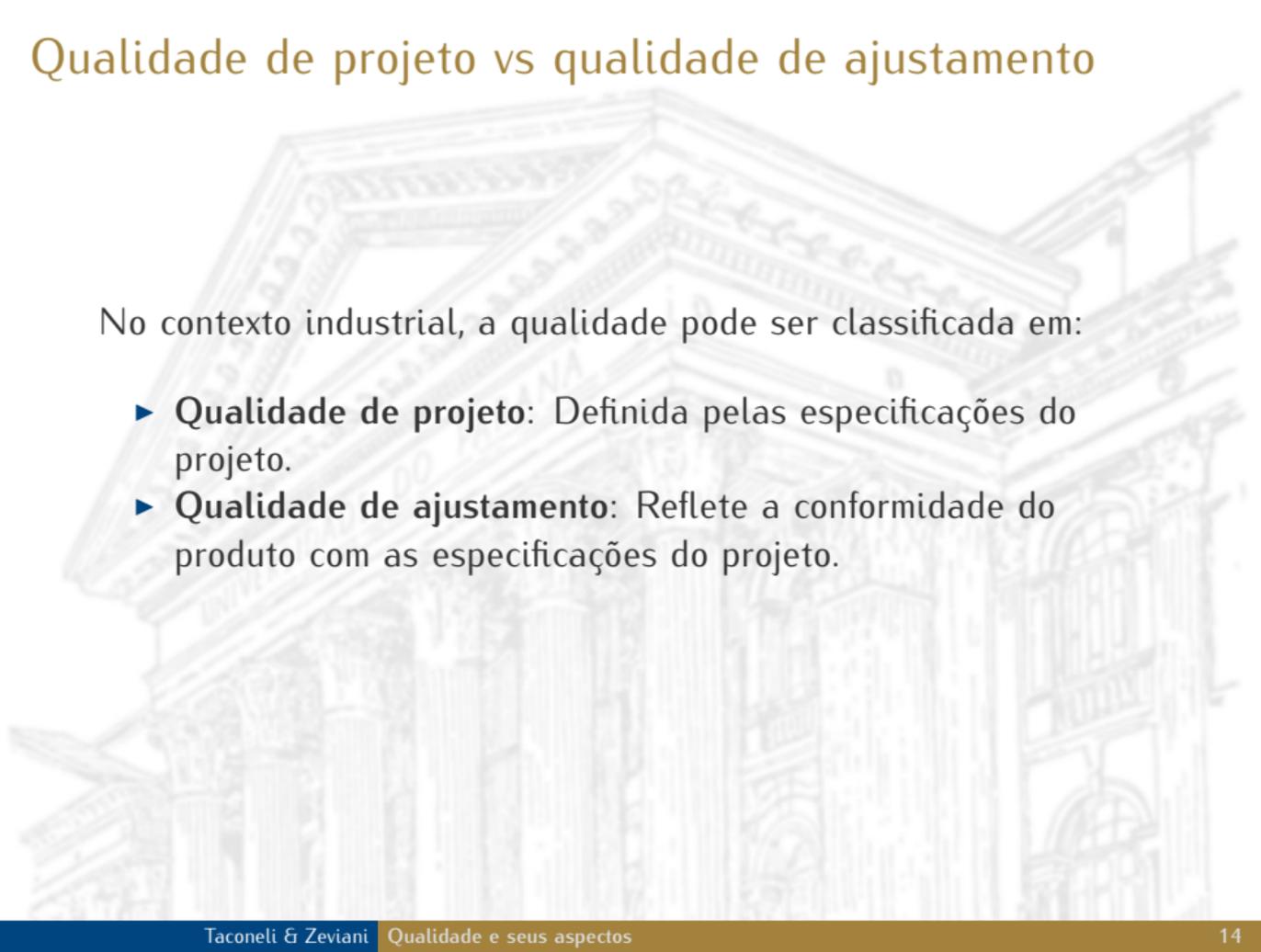
O produto é feito como o projetista pretendia?

- ▶ As pilhas são devidamente acomodadas no compartimento do aparelho?
- ▶ Os cartuchos tem dimensão compatível com a impressora?
- ▶ Os pistões têm a dimensão correta da camisa do motor?
- ▶ O lubrificante tem a viscosidade correta?
- ▶ Os parafusos ficam justos na furação?
- ▶ As capsulas de café cabem na máquina de expresso?
- ▶ A câmara de ar se ajusta dentro do pneu?
- ▶ Ex: pilhas, lubrificantes, toners, materiais de reposição, etc.



Qualidade de projeto vs qualidade de
ajustamento

Qualidade de projeto vs qualidade de ajustamento



No contexto industrial, a qualidade pode ser classificada em:

- ▶ **Qualidade de projeto:** Definida pelas especificações do projeto.
- ▶ **Qualidade de ajustamento:** Reflete a conformidade do produto com as especificações do projeto.

Qualidade de projeto

EXEMPLO: Diferença na qualidade do projeto

Dois automóveis **de diferentes modelos** têm qualidade de projeto distintas devido a diferenças no espaço interno, potência do motor, quantidade de acessórios, acabamento, etc.

IMPORTANTE

O **planejamento e a análise de experimentos** são fundamentais para a melhoria da qualidade de projeto.

Qualidade de projeto

- ▶ Num experimento, identificamos fatores (variáveis) **controláveis**, que acreditamos que estejam relacionados à qualidade do produto.
- ▶ Diferentes especificações (níveis) são considerados para cada um desses fatores.
- ▶ Realiza-se a produção sob diferentes **combinações dos níveis** dos fatores considerados.
- ▶ Com base nos resultados produzidos, avaliados para alguma(s) característica(s) da qualidade, busca-se identificar as **melhores especificações** para o produto.

Qualidade de projeto (exemplos)

Projeto de um novo detergente

- ▶ Característica da qualidade: quantidade de espuma produzida.
- ▶ Fatores envolvidos: três diferentes fórmulas (A, B e C).

Projeto de um iogurte

- ▶ Características da qualidade: sabor, aparência e textura.
- ▶ Fatores envolvidos: Quantidade de açúcar, forma de adição da fruta, tipo de corante.

Qualidade de projeto (exemplos)

Projeto de painéis de automóveis

- ▶ Característica da qualidade: resistência.
- ▶ Fatores envolvidos: Tipo de material utilizado e formato da peça.

Projeto de ferramenta de corte

- ▶ Característica da qualidade: tempo de vida.
- ▶ Fatores envolvidos: Dureza do metal, ângulo de corte, velocidade do corte.

Qualidade de ajustamento

EXEMPLO: Diferença na qualidade de ajustamento ao projeto

Dois automóveis **de um mesmo modelo** podem apresentar diferentes qualidades de ajustamento, por exemplo, caso um deles tenha algum defeito de fábrica (problema na pintura, estofamento descosturado, motor com ruído) e o outro não.

IMPORTANTE

Técnicas de **controle estatístico de processos** (CEP) são fundamentais para o monitoramento da qualidade de ajustamento.



Métodos Estatísticos aplicados

Assuntos abordados em CEQ

Dentre as principais aplicações de Estatística no monitoramento de processos, destacam-se:

- ▶ Gráficos de controle (monitoramento da produção ao longo do tempo);
- ▶ Análise da capacidade de processos (quanto a produção se concentra dentro das especificações);
- ▶ Análise da confiabilidade de medidores (capacidade de se aferir corretamente as características da qualidade);
- ▶ Técnicas de amostragem de aceitação (tomadas de decisão para lotes com base em amostras).

O controle estatístico de processos e o gráfico de controle

- ▶ Os **gráficos de controle** permitem avaliar a estabilidade do processo, sendo a representação de resultados de amostras selecionadas periodicamente do processo.
- ▶ Gráficos de controle foram introduzidos na década de 20 por Walter Shewart, com grande desenvolvimento a partir da década de 70.

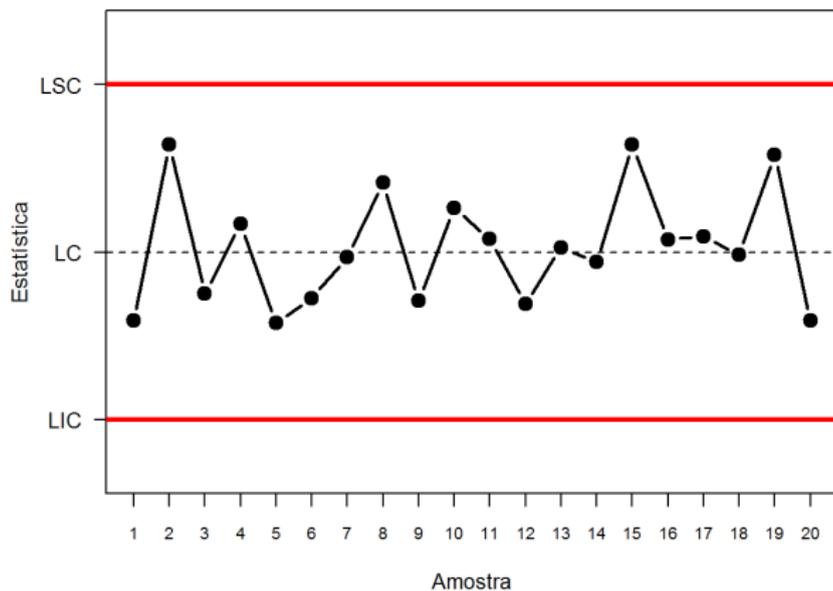
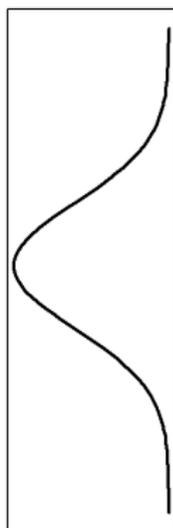


Figura 1. Ilustração de um gráfico de controle.

O controle estatístico de processos e o gráfico de controle

O controle estatístico de processos e, particularmente, os gráficos de controle, possibilitam atribuir a variabilidade total do processo a duas “categorias” de causas:

- ▶ Causas aleatórias.
- ▶ Causas atribuíveis.

Causas aleatórias de variação

Compreendem um conjunto de pequenas perturbações inerentes ao processo, não podendo, a princípio, serem eliminadas. Configuram a variabilidade natural ou intrínseca do processo.

- ▶ Pequenas oscilações na velocidade de produção.
- ▶ Variações inevitáveis nas condições do ambiente de produção (temperatura, umidade, etc).
- ▶ Diferença “aceitável” na qualidade da matéria prima.

Causas atribuíveis de variação

Compreendem causas de variação identificáveis, de maior impacto, que devem ser eliminadas ou produzirão queda na qualidade da produção.

- ▶ Regulagem incorreta das máquinas.
- ▶ Utilização de matéria prima defeituosa ou desuniforme.
- ▶ Operários trabalhando sem um treinamento adequado.

Processo sob controle estatístico

- ▶ Dizemos que **um processo está sob controle** caso não se tenha causas de variação atribuíveis atuando sobre o processo (a variação apresentada se deve unicamente a causas aleatórias).
- ▶ A próxima figura apresenta a variabilidade de três processos em seis diferentes momentos.
 - ▶ O processo 1 representa um cenário sob controle, em que a variação apresentada se mantém estável ao longo do tempo.
 - ▶ O processo 2 apresenta variação na locação (média) a partir do quarto momento, indicando a ocorrência de alguma causa de variação atribuível.
 - ▶ Situação semelhante à do processo 2 é verificada no processo 3, em que, a partir do quarto momento, a dispersão do processo é aumentada.

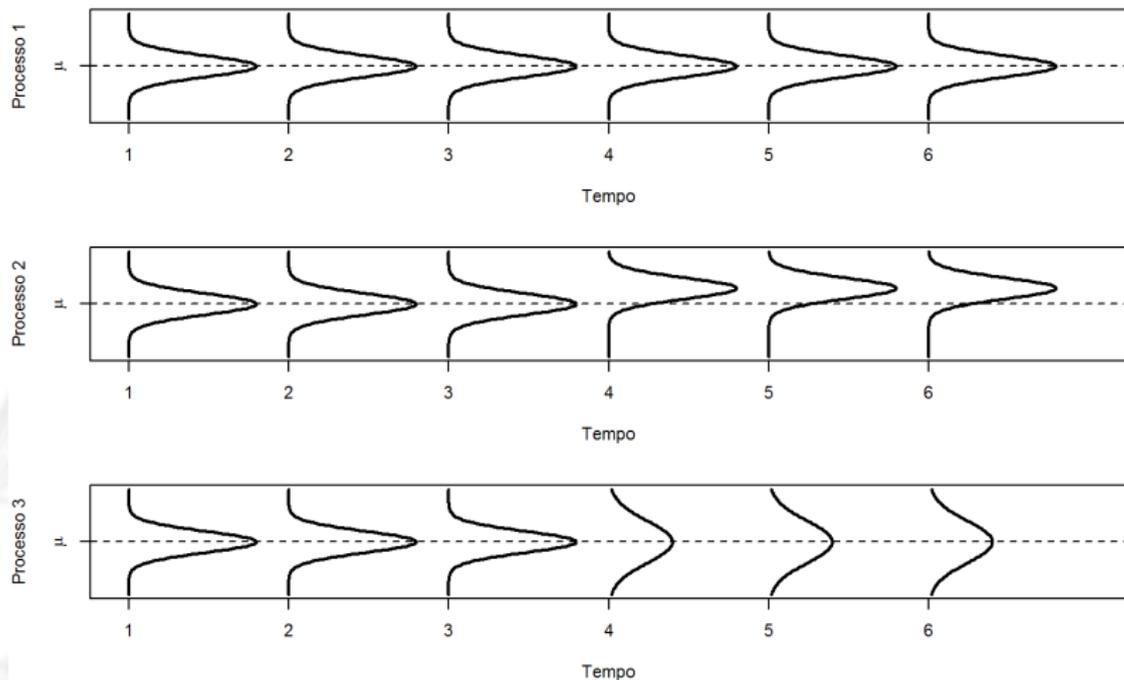


Figura 2. Ilustração de processos sob (1) e fora de (2 e 3) controle.

Seis sigma (6σ)

- ▶ Sejam LIE e LSE os limites de especificação de certa característica da qualidade, ou seja, os delimitantes (inferior e superior) aceitáveis para essa característica.
- ▶ Vamos admitir que o alvo da especificação seja o centro desses limites:

$$\text{Alvo} = \frac{LIE + LSE}{2}.$$

- ▶ Vamos considerar ainda que a produção apresente distribuição Normal, centrada no valor de especificação ($\text{Alvo} = \mu$) e com desvio padrão σ .

O programa 6 σ

- ▶ O programa **6 sigma** foi introduzido pela Motorola em 1980, tendo como meta diminuir a variabilidade da produção a ponto de defeitos se tornarem extremamente improváveis.
- ▶ Um **processo com desempenho 3-sigma** é tal que os limites de especificação, para a característica da qualidade considerada, encontram-se a três desvios padrões da média;
- ▶ Para um processo com desempenho 3-sigma, a probabilidade de se ter um produto fora das especificações, para essa característica, é 0,0027, o que equivale a **2700 partes por milhão** (ppm) de defeituosos;

O programa 6 σ

- ▶ Um **processo com desempenho 6-sigma** é tal que os limites de especificação, para a característica da qualidade considerada, encontram-se a seis desvios padrões da média;
- ▶ Para um processo com desempenho 6-sigma, a probabilidade de se ter um produto fora das especificações, para essa característica, é 0,0000002, o que equivale a **0.2 partes por milhão** (ppm) de defeituosos.

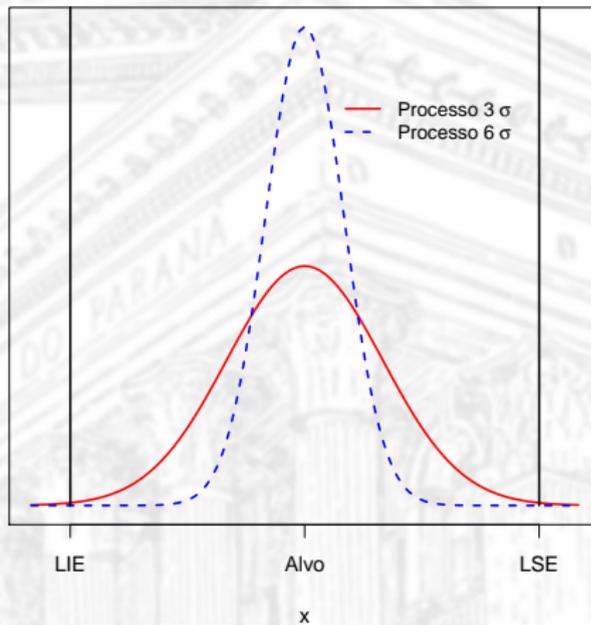


Figura 3. Ilustração de processos com desempenho 3 e 6 sigma.

O programa 6 σ

Exercício

Um sistema é composto por k componentes independentes, que podem funcionar corretamente (estar dentro das especificações) com probabilidade p . O sistema depende do funcionamento dos k componentes para que funcione de forma satisfatória. Faça um estudo da probabilidade de funcionamento do sistema em função do número de componentes, considerando:

1. $p = 0,9973$;
2. $p = 0,9999998$.

O programa 6σ

Exercício

Cada refeição servida por um restaurante *fast food* tem 10 componentes (pão, carne, fritas, refrigerante, etc), cada um dos quais com probabilidade p de estar satisfatório. Vamos admitir independência entre os dez componentes, e $p = 0,99$.

1. Qual a probabilidade de uma refeição satisfatória?
2. Se uma família pede quatro refeições, qual a probabilidade de todas estarem satisfatórias?
3. Se essa família vai uma vez por mês ao restaurante, qual a probabilidade de todos saírem satisfeitos em todas as 12 visitas do próximo ano?
4. Como ficariam os resultados dos itens anteriores se:
 - 4.1 $p = 0,999$;
 - 4.2 $p = 0,9999$.

O programa 6 σ

- ▶ Atualmente a metodologia Seis Sigma tornou-se um programa para melhoria do desempenho da empresa, bem mais abrangente em relação ao rigor aplicado ao atendimento das especificações.
- ▶ A metodologia Seis Sigma incorpora a metodologia científica dentro das organizações, com o objetivo de se ter um processo de alta qualidade.
- ▶ A base da metodologia Seis Sigma compreende um ciclo de cinco etapas, denominado DMAMC.



O método DMAMC

O método DMAMC

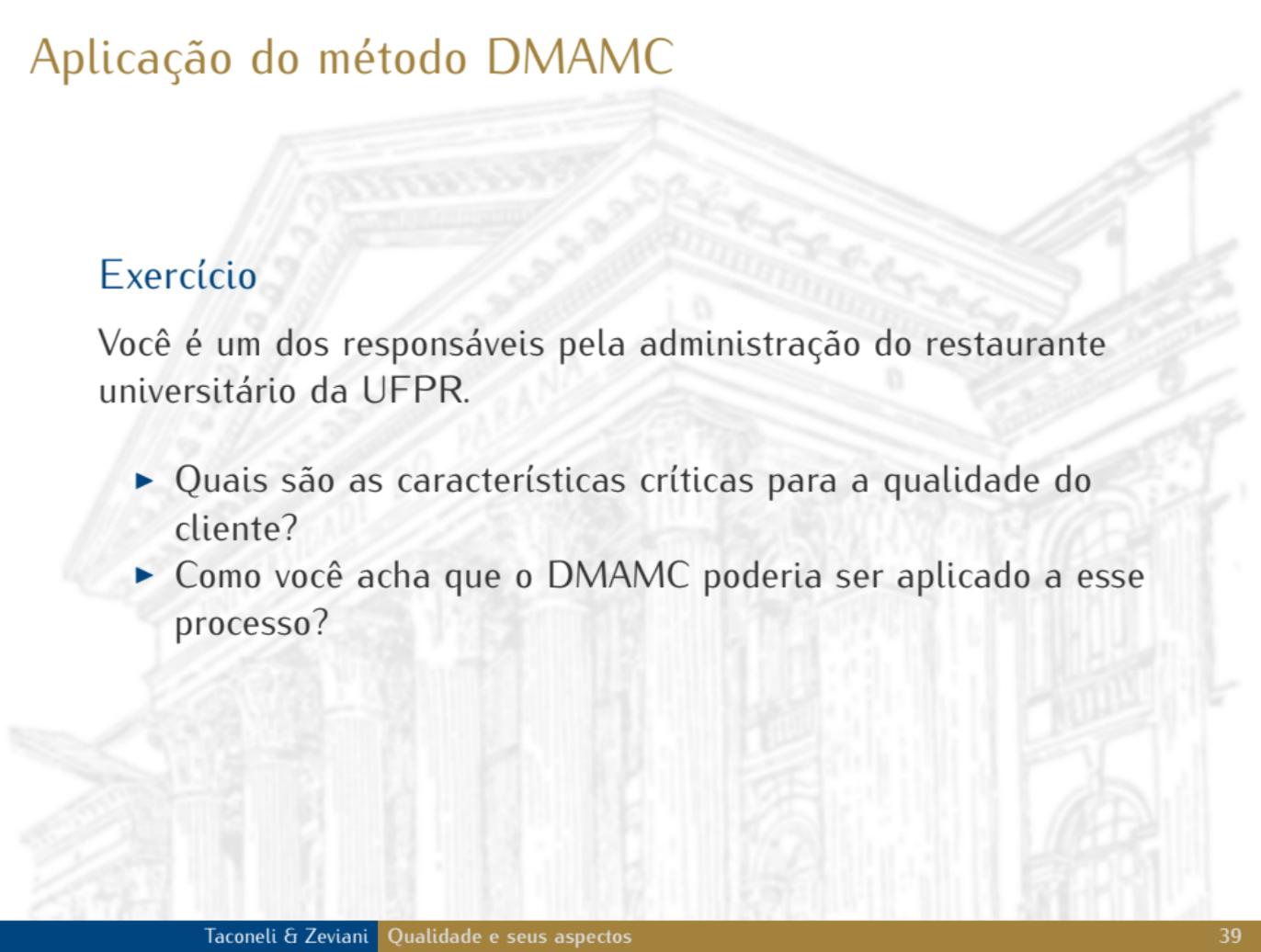
- ▶ **Definir:** Descrição do problema; identificação das características críticas para a qualidade do cliente oportunidades de melhoria do processo;
- ▶ **Medir:** Coleta de dados de medidas de qualidade do processo compatíveis àquilo que foi definido inicialmente;
- ▶ **Analisar:** Análise dos dados levantados, com o objetivo de avaliar o processo e identificar potenciais problemas de qualidade. Técnicas estatísticas como análise descritiva, regressão e correlação, análise de variância são fundamentais nesta etapa, dentre outras;
- ▶ **Melhorar:** Determinar as soluções para os problemas verificados. Com base no conhecimento adquirido, identificar novas oportunidades de melhoria;
- ▶ **Controlar:** Conclusão do trabalho, com o planejamento e execução de procedimentos que permitam garantir o ganho de qualidade obtido.

O método DMAMC

Tabela 1. Ferramentas usadas no DMAMC.

Ferramenta	Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Carta projeto	X				
Mapa do processo e gráfico de fluxo	X	X			
Análise de causa e efeito		X			
Análise da capacidade do processo		X			
Testes de hipóteses, intervalos de confiança			X		
Análise de regressão, técnicas multivariadas			X		
Análise de sistema de medidas		X			
Análise da concentração de defeitos			X		
Planejamento e análise de experimentos			X	X	
Controle estatístico do processo		X	X		X

Aplicação do método DMAMC

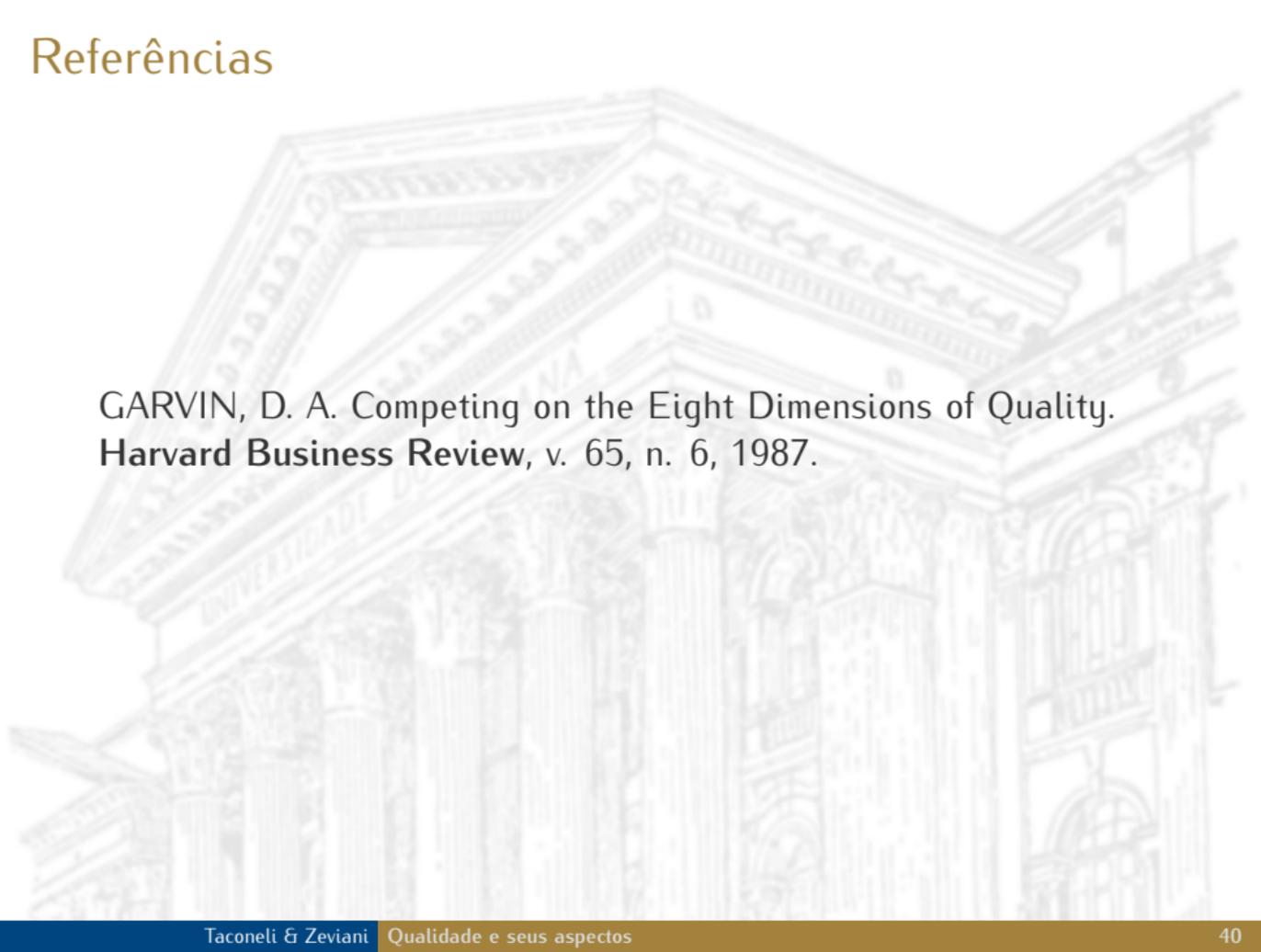


Exercício

Você é um dos responsáveis pela administração do restaurante universitário da UFPR.

- ▶ Quais são as características críticas para a qualidade do cliente?
- ▶ Como você acha que o DMAMC poderia ser aplicado a esse processo?

Referências



GARVIN, D. A. Competing on the Eight Dimensions of Quality. **Harvard Business Review**, v. 65, n. 6, 1987.