

Estatística Industrial

Apresentação

- Prof. Lupércio F. Bessegato
 - √ Departamento de Estatística – UFJF
 - √ E-mail: lupercio.bessegato@ufjf.edu.br
 - √ Site: www.ufjf.br/lupercio_bessegato

- Linhas de pesquisa:
 - √ Controle de Processos e Confiabilidade
 - √ Estimação Funcional Não-Paramétrica
- Linha extensionista:
 - √ Métodos Estatísticos Aplicados à Engenharia e à Gestão de Projetos

Método Científico e Pensamento Estatístico

- Engenharia:
 - √ Solução de problemas de interesse para a sociedade através da aplicação eficiente dos princípios científicos
- Abordagem para a formulação e solução destes problemas:
 - √ Método científico

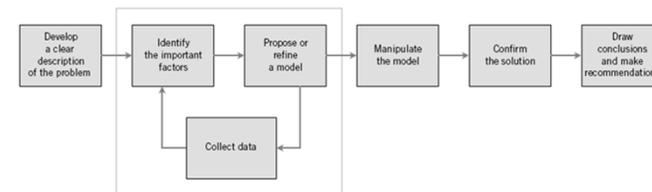


Figure 1-1 The engineering problem-solving method.

- Probabilidade:
 - √ Quantificar a probabilidade ou possibilidade
 - √ Representar risco ou incerteza em aplicações de engenharia
 - √ Pode ser interpretado como o nosso grau de crença ou de frequência relativa
- Estatística:
 - √ Coleta, apresentação, análise e utilização de dados para tomada de decisões e solução de problemas.

- Estatística lida com a coleta, apresentação, análise e utilização de dados para:
 - √ Tomada de decisões
 - √ Solução de problemas
 - √ *Design* de produtos e de processos

- Técnicas estatísticas são úteis para descrever e compreender a **variabilidade**.
- Variabilidade:
 - √ observações sucessivas de um sistema ou fenômeno não produzem exatamente o mesmo resultado.
- Estatística:
 - √ Descrição desse padrão (variabilidade)
 - √ Identificar e estudar potenciais fontes de variabilidade.

Objetivos

- Previsibilidade
- Otimização

Controle Estatístico do Processo

- Controle de Qualidade
 - √ Gráficos de Controle
 - √ Capacidade de Processo
 - √ Análise Sistema de Medidas
 - √ Amostragem de Aceitação
- Controle *Off-Line* (Planejamento de Experimentos)
- Controle de Falhas (Confiabilidade)

- Qualidade de projeto (*design*):
 - √ Determinação das condições ótimas dos parâmetros
 - √ Procedimento *off-line*
 - √ Usado em atividade de desenvolvimento ou nos estágios iniciais de manufatura

- Qualidade de conformação:
 - √ Como o produto corresponde às especificações de projeto
(*Controle Estatístico de Processo*)
 - √ Procedimento *on-line*
 - √ Usado durante o processo de produção

Coleta de Dados

- Métodos básicos de coleta de dados:
 - √ Estudo retrospectivo com dados históricos
 - √ Estudo observacional
 - √ Experimento planejado

Estudo Observacional

- Observa o processo de população durante um período de operação de rotina.

Experimentos Planejados

- ✓ Fatorial
- ✓ Replicação
- ✓ Interação
- ✓ Fatorial fracionário

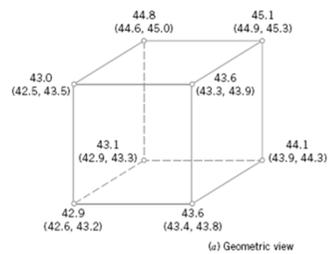
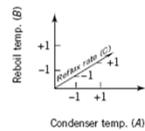


Figure 1-6 A factorial design for the distillation column.



Run	Factors		
	A	B	C
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

(b) Design or test matrix

Rate	Temp.	Avg. Conc.
-1	-1	43.25
-1	+1	43.30
+1	-1	43.60
+1	+1	44.95

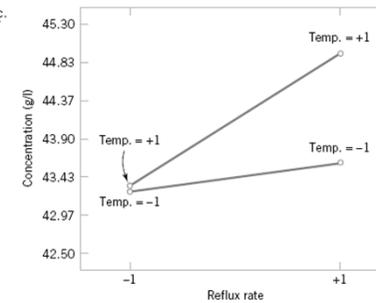
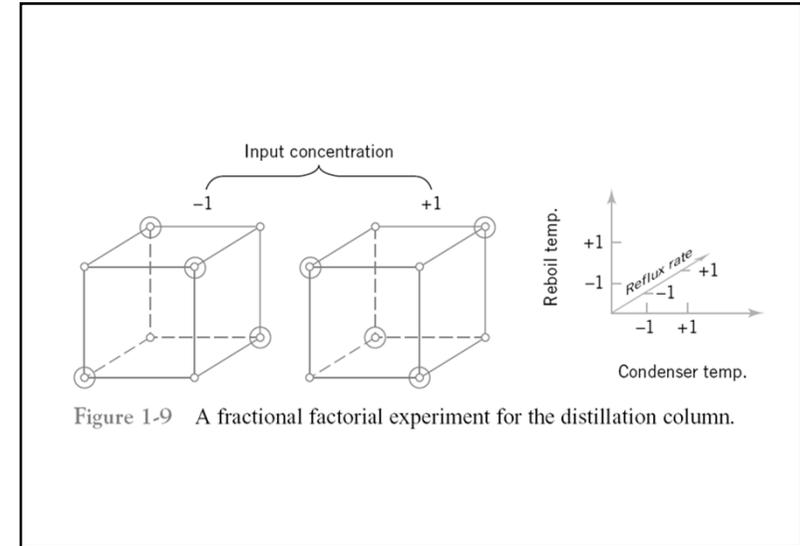
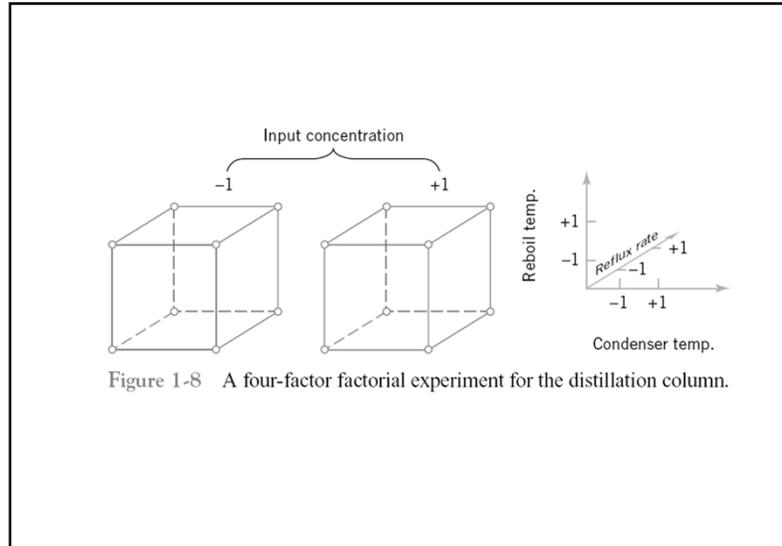


Figure 1-7 The two-factor interaction between reflux rate and reboil temperature.



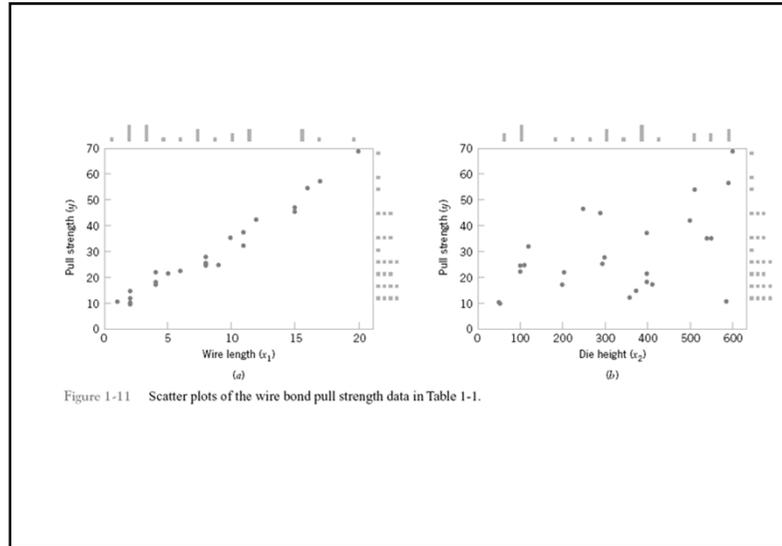
Exemplo

- Estudo de observação em indústria de semicondutores:
 - √ Semicondutor final é colado a uma estrutura
 - √ Variável de interesse: resistência à tração da cola
 - √ Variáveis controláveis:
 - Comprimento do fio
 - Altura do molde

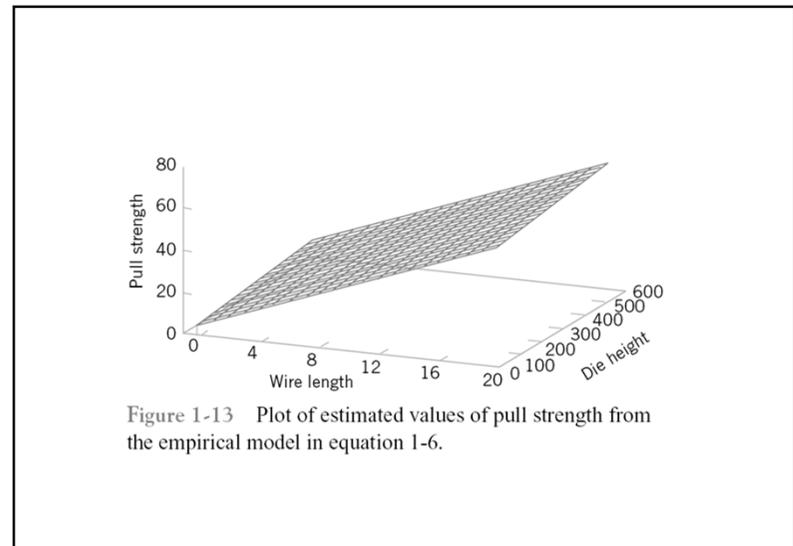
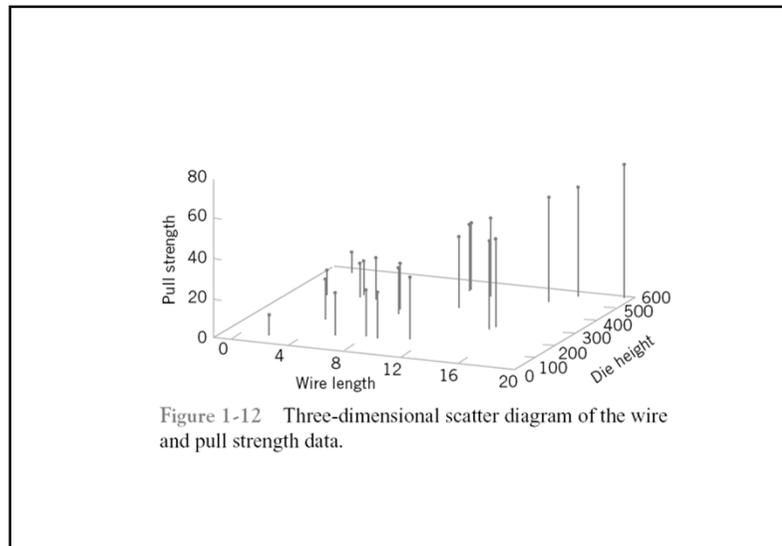
Dados

Table 1-1 Wire Bond Data

Observation Number	Pull Strength, y	Wire Length, x_1	Die Height, x_2	Observation Number	Pull Strength, y	Wire Length, x_1	Die Height, x_2
1	9.95	2	50	14	11.66	2	360
2	24.45	8	110	15	21.65	4	205
3	31.75	11	120	16	17.89	4	400
4	35.00	10	550	17	69.00	20	600
5	25.02	8	295	18	10.30	1	585
6	16.86	4	200	19	34.93	10	540
7	14.38	2	375	20	46.59	15	250
8	9.60	2	52	21	44.88	15	290
9	24.35	9	100	22	54.12	16	510
10	27.50	8	300	23	56.63	17	590
11	17.08	4	412	24	22.13	6	100
12	37.00	11	400	25	21.15	5	400
13	41.95	12	500				



- Modelo empírico (modelo de regressão):
 $\sqrt{\text{Resistência à tração}} = \beta_0 + \beta_1 (\text{comprimento do fio}) + \beta_2 (\text{altura do molde}) + \varepsilon$
- Reta de regressão estimada:
 $\widehat{\text{Pull strength}} = 2.26 + 2.74(\text{wire length}) + 0.0125(\text{die height})$



Estudo Retrospectivo

- Usa dados de processo histórico durante algum período de tempo
- Objetivo:
 - √ Determinação de relação entre variáveis
 - √ Construção de modelo relacionado com variáveis

Observação de Processo no Tempo

- Exemplo:
 - √ Leituras de concentração de acetona, tomadas de hora em hora
 - √ Há grande variação dos valores de concentração:

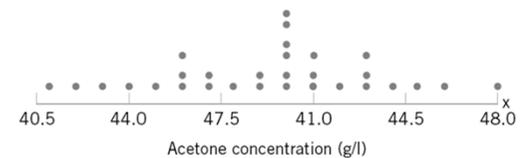


Figure 1-14 A dot diagram illustrates variation but does not identify the problem.

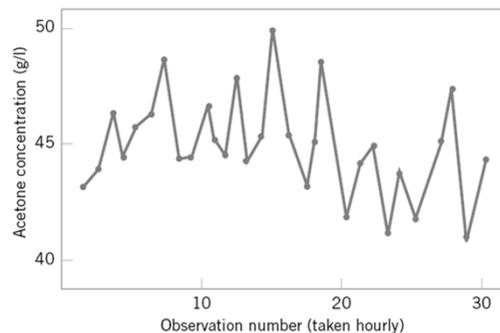


Figure 1-15 A time series plot of acetone concentration provides more information than the dot diagram.

- Padrão no tempo:
 - √ Mudança no nível médio do processo

Experimento de Deming

- Funil para soltar bolas de gude tão próximas quanto possível de um alvo em uma mesa

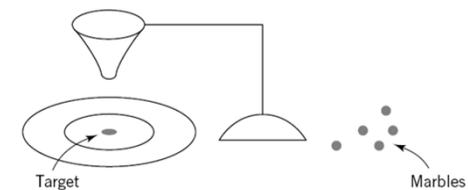


Figure 1-16 Deming's funnel experiment.

- Estratégias:

1. Ele nunca moveu o funil
2. Moveu funil para compensar erro
 - Distância igual e oposta
 - Repetiu ajuste durante todo o experimento

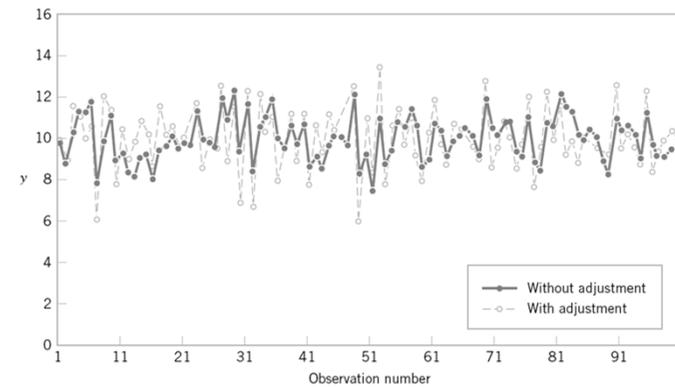


Figure 1-17 Adjustments applied to random disturbances overcontrol the process and increase the deviations from the target.

- Estratégia 2 com variabilidade aproximadamente 2 vezes maior que para a estratégia 1

- ✓ Ajuste do funil aumentou os desvios em relação ao alvo
- ✓ O erro não fornece informação a respeito do próximo erro!
- ✓ Controle excessivo (ou interferência) pode aumentar a variação do processo

Gráficos de Controle

- Ferramenta estatística para monitorar, controlar e melhorar um processo:

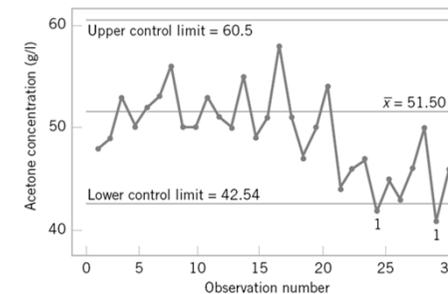


Figure 1-19 A control chart for the chemical process concentration data.

Taxa de Falhas – Acidentes de Trabalho



Bibliografia

- MONTGOMERY, D.C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*