

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Experimentação - Conceitos Básicos . . . . .	3
1.1.1	Princípios Básicos da Experimentação . . . . .	3
1.2	Planejamento de Experimentos . . . . .	4
1.2.1	Planejamento da amostra . . . . .	5
1.2.2	Definição da Variáveis Resposta . . . . .	6
1.2.3	Definição dos Fatores Experimentais . . . . .	6

## INTRODUÇÃO

---

---

A idéia de fazer experimentos é antiga, porém somente na década de 1920 a partir dos trabalhos de Ronald Aylmer Fisher tem-se formalização do planejamento e realização de experimentos por meio de uma fundamentação estatística. Inicialmente Fisher mostrou como conclusões válidas poderiam ser obtidas a partir de experimentos com flutuações naturais: como a temperatura, as condições do solo e chuva.

Embora o método de concepção experimental tenha sido usado pela primeira vez em um contexto agrícola, o método tem sido aplicado com sucesso em várias áreas do conhecimento.

Os experimentos fatoriais e as técnicas de confundimento foram posteriormente desenvolvidos por Frank Yates

Eisenhart (1947). Nesse artigo, ele distingue o Modelo I ou de efeitos fixos, e o Modelo II ou de efeitos aleatórios, tendo sido depois acrescentado o modelo misto, em que alguns efeitos são fixos e outros aleatórios

As necessidades da experimentação industrial, onde são pesquisados vários fatores representados por variáveis quantitativas, levaram ao desenvolvimento de delineamentos especiais, conhecidos na literatura pelo nome de Delineamentos de Box, em homenagem ao estatístico inglês George Edward Pelham Box Os novos delineamentos, tais como os delineamentos compostos e os rotacionais

Na década de 1950, George Edward Pelham Box introduziu os métodos de planejamento experimental na indústria, principalmente no processo de melhoria da qualidade.

O uso de métodos de planejamento experimental na indústria química foi promovido em 1950 pelo extenso trabalho de Box e seus colaboradores em projetos de resposta de superfície ( Box e Draper , 1987 ) . Nos últimos 15 anos, tem havido um enorme aumento na aplicação de técnicas de design experimental na indústria . Isto é devido em grande parte ao aumento da ênfase na melhoria da qualidade e do importante papel desempenhado por métodos estatísticos , em geral , e planejamento de experimentos , em especial , na indústria japonesa. O trabalho do consultor japonês qualidade G. Taguchi em design robusto para a redução da variação mostrou o poder de técnicas de design experimentais para melhoria da qualidade.

Técnicas de design experimentais também estão se tornando populares na área de desenho assistido por computador e engenharia por meio de modelos de computador / simulação , incluindo aplicações em manufatura (indústrias automobilística e de semicondutores) , bem como

na indústria nuclear ( Conover e Iman , 1980 ) . Problemas estatísticos na concepção e análise de experimentos computador / simulação são discutidos em Sacks et al. (1989) .

Design robusto utiliza experimentos para estudar as superfícies de resposta associados tanto média e variação , e para escolher as configurações de fator criteriosamente para que tanto a variabilidade e preconceito são feitas simultaneamente pequeno . Variabilidade é estudado , identificando importantes variáveis "ruído"e variando sistematicamente em experimentos off-line . Idéias de design robustas têm sido amplamente utilizados na indústria nos últimos anos ( ver Taguchi , 1986; Nair , 1992).

Alguns conhecimentos básicos do projeto experimental tiveram um impacto revolucionário, mas muitas dessas idéias não são bem conhecidos entre os cientistas sem formação especializada em estatísticas , em parte porque os textos elementares e primeiros cursos raramente alocar tempo para este tema em tudo, ou com qualquer profundidade . Por exemplo , a função de randomização e a ineficácia da prática de um factor de variação de cada vez não são bem aceites . Na medida em que isto é verdade para a comunidade de testes operacionais , deve ser surpreendente, já que muitos dos aplicativos e muito do apoio à investigação em design experimental derivado de problemas enfrentados pelo DoD durante e logo após a Segunda Guerra Mundial. A razão pode ser que considerações de ordem prática na realização de testes operacionais , muitas vezes impõem restrições complexas sobre a natureza do projeto experimental que não se pode confiar em fórmulas padrão para otimizar o projeto . Aqui, como em muitas outras aplicações da teoria estatística para a prática , parece provável que as regras de livros didáticos padrão limitados e dogmas são inadequados para lidar de forma inteligente com o problema. O que é necessário é o tipo de experiência que pode se adaptar princípios básicos subjacentes à situação atual, uma experiência raramente encontrada fora do âmbito de estatísticos bem treinados que entendem a relação de regras padronizadas para princípios subjacentes.

Tanto para servir como um ponto de referência para posterior discussão e para ajudar a resumir os progressos realizados nesta área , descrevemos alguns dos princípios e ferramentas de projeto experimental básicos em bares esboço . É nossa esperança que a valorização dos princípios básicos serão, assim, reforçada, eo potencial para aplicações mais sofisticadas desenvolvidas .

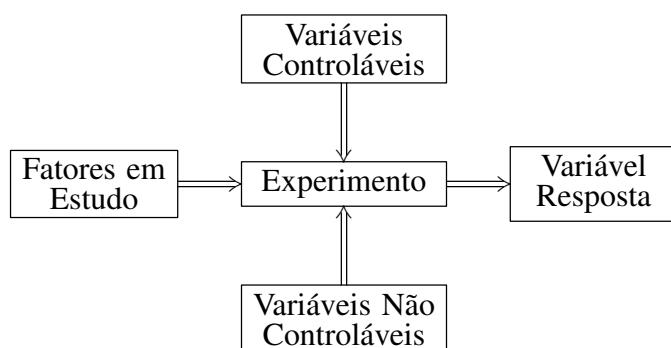
**Definição 1.1** (Experimentação): *Experimentação é um ramo da estatística que estuda o planejamento, execução, coleta de dados, análise e interpretação dos resultados dos experimentos.*

**Definição 1.2** (Experimento): *Experimento é um procedimento planejado com base em uma hipótese, objetivando provocar fenômenos em condições controladas, observar e analisar os seus resultados e efeitos.*

Um experimento é constituído basicamente por um conjunto de unidades experimentais sobre as quais são aplicados os tratamentos, de forma casualizada, das quais se obtém os dados experimentais

## 1.1 EXPERIMENTAÇÃO - CONCEITOS BÁSICOS

- Variável resposta - é a variável a ser medida ou avaliada no experimento, gerando os dados experimentais.
- Fator - é a variável cujo efeito se deseja conhecer e avaliar no experimento.
  - são escolhidos e definidos no planejamento do experimento para cada unidade da amostra;
  - as relações entre a variável resposta e fatores experimentais constituem a estrutura do experimento ou delineamento experimental
- Tratamento - é o termo utilizado para caracterizar os valores (tipos ou níveis) que um fator pode assumir.
- Unidade experimental (Parcela Experimental) - material experimental em que é aplicado o tratamento.
  - Pode ser composto por um ou mais indivíduos.
  - Representa ou simula uma unidade da população.
  - É a porção do material experimental onde é realizada a mensuração da variável resposta
- Testemunha ou Grupo Controle - é o conjunto de parcelas que serve como referência.
  - Não recebe tratamento ou recebe um tratamento já conhecido
  - A resposta da testemunha será comparada com as respostas dos grupos tratados



### 1.1.1 Princípios Básicos da Experimentação

Os princípios básicos da experimentação são a repetição, aleatorização e controle local.

Repetição - refere-se a aplicação do mesmo tratamento sobre duas ou mais unidades experimentais

- Permite verificar a quem é devida a diferença observada

- Diminuição do erro (aumento de precisão)
- Validade da estimativa do erro experimental
- A repetição ocorre quando obtemos informações sob diferentes unidades experimentais
- A replicação ocorre quando obtemos informações sob a mesma unidade experimental

Aleatorização - aplicação dos tratamentos aleatoriamente sobre as unidades experimentais.

- Distribuição casual da variabilidade
- Evita a introdução de vício no experimento
- Validade da estimativa do erro experimental
- Validade da estimativa do efeito de tratamento

Controle local - refere-se ao agrupamento de determinado número de unidades experimentais homogêneas, em quantidade suficiente para aplicar todos os tratamentos pelo menos uma vez, em cada grupo

- É aplicado quando se conhece a priori a variação no ambiente ou material experimental, não permitindo uma casualização completa dos tratamentos para todas as repetições do experimento.
- A casualização é feita por blocos ou grupos de unidades experimentais homogêneas.
- A adoção do controle local purifica a estimativa do erro experimental.

Erro experimental é originário de causas aleatórias que são difíceis de controlar. As variações dos dados entre as repetições do mesmo tratamento em condições semelhantes dão origem à estimativa deste erro. As variações que dão origem ao erro experimental são as diferenças na variável resposta devidas à variação aleatória inerente do material experimental e às diferenças causadas pela variação do método de medida, ou seja, variações aleatórias e analíticas.

## 1.2 PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Em um experimento como tirar conclusões válidas e definitivas de seus dados com o uso mínimo de recursos?

Para isso deve-se fazer planejamento de experimentos.

**Definição 1.3** (Planejamento de experimentos): *Planejamento de experimentos é um conjunto de procedimentos estruturados e organizados que permite conduzir e analizar testes controlados e avaliar os fatores que estão afetando a variável resposta*

O objetivo principal de um experimento é fazer inferências referentes a comparações de tratamentos

As inferências do experimento são referentes a diferenças de efeitos de tratamentos sobre a variável respostas.

O planejamento de um experimento compreende um conjunto ordenado de etapas que toda pesquisa científica deve cumprir

- 1) Escolha do tema (Identificação e formulação do problema científico);
- 2) Revisão de literatura;
- 3) Justificativa;
- 4) Formulação do problema/hipóteses;
- 5) Determinação de objetivos;
- 6) Metodologia
- 7) Resultados e Impactos Esperados;

As principais considerações ao se fazer o planejamento do experimento são:

- Planejamento da amostra;
- Definição da Variáveis Resposta;
- Definição dos Fatores Experimentais;
- Definição do Protocolo experimental;
- Definições do modelo estatístico e procedimentos de análise.

### 1.2.1 Planejamento da amostra

O planejamento da amostra está diretamente ligada a definição da população alvo. Esse planejamento estabelece a composição e o relacionamento dos fatores de estudo e as três variáveis:

- variável resposta,
- variáveis controláveis
- variáveis não controláveis

A relação estrutural constitui a estrutura do experimento ou delineamento do experimento.

### 1.2.2 Definição da Variáveis Resposta

Em muitos experimentos, várias variáveis respostas podem ser de interesse e devem ser mensuradas. É importante definir a escala de medida (quantitativa ou qualitativa) da variável resposta. A mensuração de uma variável resposta pode ser simples e efetuada diretamente com instrumentos simples e disponíveis.

Em muitas situações, características são mensuradas subjetivamente através de um avaliador  
Em mensurações subjetivas para evitar tendenciosidade:

- é necessário ter mais de um avaliador
- os avaliadores devem passar por treinamento
- deve-se usar de critérios e padrões uniformes e bem estabelecidos.

### 1.2.3 Definição dos Fatores Experimentais

Ao planejar um experimento deve-se ter clareza de quais fatores experimentais e seus respectivos níveis serão utilizados. As definições de cada fator experimental e de seus níveis dependem do tipo de fator a ser utilizado:

- Fator qualitativo -é expresso por uma variável qualitativa e seus níveis pode ser ordinais ou nominais.
- Fator quantitativo - é expresso por uma variável quantitativa e seus níveis podem ser discretos ou continuos.

De acordo com o número de fatores um experimento pode ser:

- unifatorial ou simples - com um único fator experimental
- multifatorial ou fatorial - com dois ou mais fatores experimentais

O número de fatores um experimento determina diferentes estruturas experimentais:

- estrutura unifatorial é necessariamente um fator de tratamento, e as condições experimentais, ou seja, os tratamentos são os próprios níveis do único fator experimental na amostra.
- estrutura fatorial cruzada - quando os níveis dos fatores são cruzados, todos os níveis de um fator combinam com todos os níveis do outro fator.
- estrutura fatorial hierárquica - quando os níveis dos fatores são aninhados ou hierarquizados. Neste caso tem-se um fator principal e outro fator que se encontra "aninhado" dentro deste fator principal.