



Departamento de Estatística

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA



Introdução

Professora Ângela

Introdução

- ▶ O que é um experimento?
 - ▶ Um teste ou série de testes nos quais mudanças propositalis são feitas nas variáveis inseridas em um processo de maneira a poder identificar e observar as causas de mudanças que podem ser observadas no resultado. (Montgomery, 2005)



Introdução

- ▶ Suponha que um engenheiro metalúrgico esteja interessado em estudar o efeito de dois processos de endurecimento (resfriamento em óleo e resfriamento em água salgada) para uma liga de alumínio;
- ▶ O objetivo do experimento seria determinar qual das duas soluções de resfriamento produz o endurecimento máximo para essa liga de alumínio;
- ▶ O engenheiro decide submeter determinado número de ligas de alumínio, ou cupons de teste, a cada um dos meios de resfriamento e medir a dureza dos espécimes depois do resfriamento;
- ▶ A dureza média dos espécimes tratados com cada um dos meios de resfriamento será usado para determinar qual solução é a melhor.



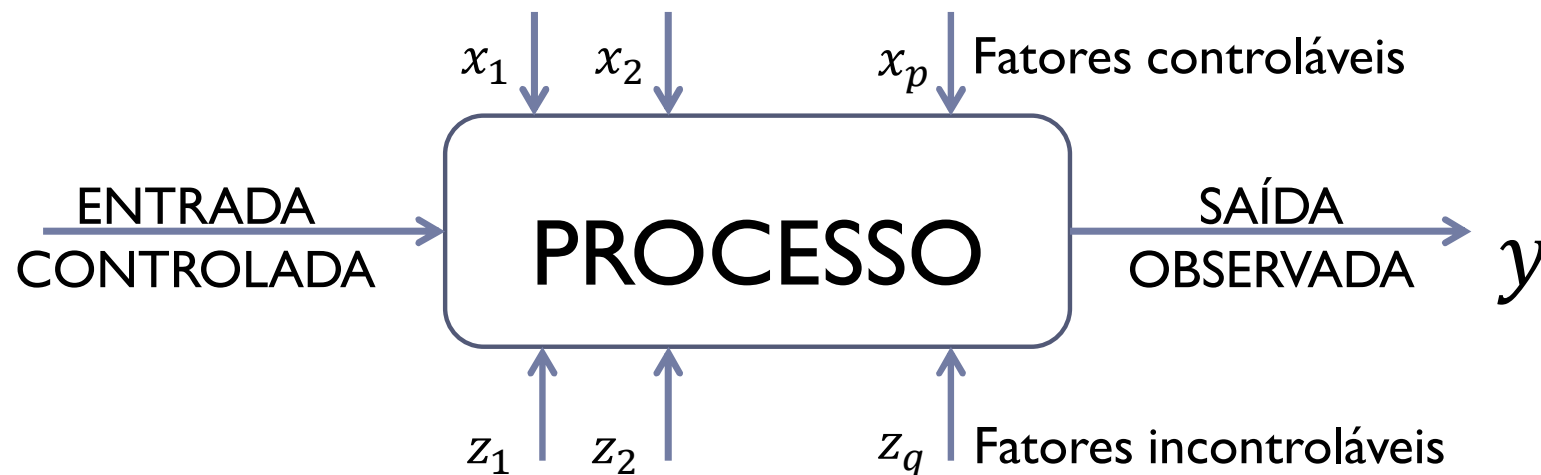
Introdução

- ▶ Ao considerar esse experimento simples, algumas questões importantes vem à mente:
 - ▶ Essas duas soluções são as únicas soluções de resfriamento de interesse potencial?
 - ▶ Existem outros fatores que podem afetar a dureza da liga de alumínio, que deveriam ser investigados ou controlados nesse experimento?
 - ▶ Ex: temperatura do meio de resfriamento.
 - ▶ Quantos cupons de teste devem ser testados em cada uma das soluções?
 - ▶ Como os cupons de teste devem ser designados às soluções de resfriamento?
 - ▶ Que método de análise de dados deverá ser usado?
 - ▶ Qual diferença nas médias observadas para cada meio de resfriamento deverá ser considerada importante?



Introdução

- ▶ No geral, experimentos são utilizados para estudar a performance de processos e/ou sistemas. Um processo pode ser representado na figura abaixo.



Introdução

- ▶ **Fatores controláveis:**

- ▶ Fatores cujos efeitos deseja-se estudar (tratamentos), ou fatores cujos efeitos não são de interesse para o estudo, porém, podem afetar o resultado, devendo então ser controlados para que seu efeito possa ser “removido” do resultado final (blocos).

- ▶ **Fatores incontroláveis:**

- ▶ Em um experimento aleatório, mesmo quando todas as condições iniciais são controladas, ocorrem resultados distintos para as repetições realizadas.
- ▶ Sob esse aspecto, o estatístico deve, em conjunto com o pesquisador, buscar todas as fontes controláveis em um experimento, evitando que fatores possíveis de serem controlados venha a inflacionar a variação do acaso. **TALVEZ ESTEJA AÍ O SUCESSO OU FRACASSO DE UM EXPERIMENTO!**



Introdução

- ▶ A experimentação ocorre naturalmente;
- ▶ Acompanha a evolução humana:
 - ▶ Técnicas de caça,
 - ▶ Técnicas de construção,
 - ▶ Agricultura,
 - ▶ Medicina,
 - ▶ ...
- ▶ Sua formalização veio do trabalho de sir Ronald A. Fisher (1890-1962) na Estação Experimental de Agricultura de Rothamstead (Inglaterra).



Delineamento Estatístico de Experimentos

- ▶ **Processo de planejamento de experimentos:**
 - ▶ Resulta (quando feito corretamente) em observações confiáveis e apropriadas, permitindo que os dados coletados ao final do processo sejam analisados por métodos estatísticos e que as conclusões tiradas sejam objetivas e válidas;
 - ▶ Necessário quando se deseja tirar conclusões confiáveis dos dados observados;
 - ▶ Envolve dois aspectos: o delineamento do experimento e a análise dos dados observados.



Princípios Básicos da Experimentação

▶ Repetição:

OBRIGATÓRIOS

- ▶ Mais de uma parcela ou unidade experimental deve receber cada tratamento;
- ▶ Forma de estimar o erro experimental e de confirmar a resposta das unidades experimentais ao tratamento.

▶ Aleatorização:

- ▶ Os tratamentos **devem** ser designados às unidades experimentais de maneira aleatória;
- ▶ Forma de controlar o viés e de “garantir” a independência dos erros.

▶ Controle Local:

- ▶ Necessário apenas quando existir heterogeneidade na: área experimental, parcelas;
- ▶ Ou na presença de outros fatores, controláveis e sem interesse prático, que podem afetar os resultados do experimento.



Etapas do Planejamento Experimental

1. Reconhecer o problema e Definir os objetivos;
2. Selecionar a variável resposta;
3. Reconhecimento e classificação das variáveis/fatores envolvidos no experimento;
4. Escolha do delineamento experimental;
5. Implantação do experimento;
6. Análise estatística dos dados;
7. Conclusões e recomendações.



Reconhecer o problema e Definir os objetivos

- ▶ Deve-se reconhecer os tipos de problemas que podem ser resolvidos através da Experimentação;
- ▶ Com o conhecimento do problema, é necessário estabelecer de maneira clara o objetivo do experimento;
- ▶ É indicado construir uma lista de problemas ou questões específicas que serão abordadas pelo experimento.



Selecionar a variável resposta

- ▶ A variável resposta deve ser escolhida de maneira a, realmente, fornecer informações úteis sobre o processo estudado;
- ▶ Costuma ser de fundamental importância a identificação de possíveis problemas relacionados com a definição e mensuração da variável resposta antes do início do experimento.



Reconhecimento e classificação das variáveis/fatores envolvidos no experimento

- ▶ O experimentador deve considerar os fatores que podem influenciar a performance do processo e, então, classificá-los em:
 - ▶ Fatores em potencial: aqueles que o experimentador pode querer variar durante o experimento (tratamentos)
 - ▶ Fatores de perturbação: podem ter efeitos que devem ser levados em consideração, e no entanto, não haver interesse em estudá-los no experimento em questão. Podem ser classificados de três maneiras:
 - ▶ Controláveis;
 - ▶ Não controláveis, porém mensuráveis;
 - ▶ Não controláveis e não mensuráveis.



Reconhecimento e classificação das variáveis/fatores envolvidos no experimento

▶ Fatores de Perturbação:

- ▶ Controláveis: aquele cujos níveis podem ser definidos e controlados pelo experimentador (controle local);
- ▶ Incontroláveis:
 - ▶ Mensurável: pode ser utilizado como uma co-variável, sendo utilizado um processo de análise de covariância para compensá-lo;
 - ▶ Não Mensurável: denominado de fator de ruído, são aqueles não mensuráveis, ou não controláveis, que irão inflacionar a variação do acaso. No caso de haverem fatores de ruído, deve-se procurar por um processo robusto, para que haja um impacto mínimo dos mesmos.

- ▶ Após selecionados os fatores do delineamento, o experimentador, juntamente com o pesquisador, deve definir o quanto que esses fatores deverão variar e os níveis específicos que serão utilizados no experimento, devendo ser definido como esses fatores serão controlados e/ou medidos.



Escolha do delineamento experimental

- ▶ Se os três passos iniciais tiverem sido feitos corretamente, a parte da escolha do delineamento fica relativamente fácil.
- ▶ A escolha do delineamento envolve considerações sobre:
 - ▶ número de repetições,
 - ▶ necessidade ou não de controle local,
 - ▶ ordem de aplicação dos tratamentos (quando necessário),
 - ▶ como será feita a aleatorização,
 - ▶ Croqui do experimento.



Implantação do experimento

- ▶ Deve-se monitorar a implementação e desenvolvimento do experimento, já que erros nesses passos podem afetar gravemente os resultados do experimento e a validade das conclusões.



Análise estatística dos dados

- ▶ Se os cinco passos anteriores tiverem sido seguidos corretamente os métodos estatísticos apropriados não costumam ser complexos;
- ▶ Existem muitos softwares estatísticos equipados para lidar com a análise de dados provenientes de experimentação;
- ▶ Costuma ser de grande utilidade:
 - ▶ Gráficos ilustrativos,
 - ▶ Testes de hipóteses,
 - ▶ Intervalos de confiança,
 - ▶ Análise da variância,
 - ▶ ...



Conclusões e recomendações

- ▶ Após a análise dos dados, o experimentador deve apresentar as conclusões de maneira clara, objetiva e prática, interpretando os resultados e recomendando uma estratégia a ser tomada pelo pesquisador;
- ▶ Lembrando que a interpretação e recomendação deve ter por base o objetivo inicial do experimento.



O Fator Homem – Experimentos na Área da Saúde

- ▶ **Experimentos Cegos:**

- ▶ Quando o responsável por observar as parcelas não sabe o tratamento a elas designados.

- ▶ **Experimentos Duplamente Cegos:**

- ▶ Quando as parcelas são seres humanos;
- ▶ A pessoa que recebe o tratamento não deve saber a qual tratamento foi assinalada;
- ▶ Nenhum técnico ou pesquisador, envolvido no trato dos indivíduos, deve conhecer a divisão de tratamentos.



Exemplo

- ▶ Suponha que você queira planejar um experimento para estudar a proporção de milho de pipoca que não estoura.
- ▶ Complete as etapas 1 a 3 do planejamento do experimento.
- ▶ Existe uma, ou mais, fontes de variação de maior importância que seriam difíceis de serem controladas?

