

Planejamento e análise estatística de experimentos usando o

Rume(Nick) Pereira da Silva¹

¹Universidade Federal Fluminense

São Paulo, 26 a 28 de março de 2019

Programação

Terça-feira (26/03/2019)

Das 14h25min às 15h30min

- *Motivação*
- *Tipos de estudo*
- *Noções básica de estatística*

Intervalo de 30min

Das 16h às 17h30min

- *Noções básica de estatística*
- *Componentes básicos de estudos experimentais*

Quarta-feira (27/03/2019)

Das 14h às 15h30min

- *Princípios básicos da experimentação: aleatorização, blocagem e replicação*

Intervalo de 30min

Das 16h às 17h30min

- *Experimentos com um único fator de dois níveis*

Quinta-feira (28/03/2019)

Das 14h às 15h30min

- *Experimentos com um único fator de vários níveis*
- *Experimento com vários fatores de níveis variáveis*
- *Experimentos em quadrados latinos*

Intervalo de 30min

Das 16h às 17h30min

- *Experimentos com vários fatores de dois níveis*
- *Superfície de resposta*
- *Experimentos com misturas*
- *Análise de sobrevivência ou confiabilidade*

Motivação

Da geração a aplicação do conhecimento

≡ EL PAÍS

INTERNACIONAL

PESQUISAS CIENTÍFICAS >

Ciência vive uma epidemia de estudos inúteis

Cientistas dos EUA, Reino Unido e Holanda denunciam que a pesquisa está perdendo parte de sua credibilidade



NUÑO DOMÍNGUEZ

19 JAN 2017 - 16:09 BRST

Há séculos, não bastava a Newton e Galileu realizarem descobrimentos capazes de mudar a história. Deveriam também repetir suas experiências diante de todos os seus colegas, e esses, por sua vez, as repetiam por sua conta antes de ficarem completamente convencidos. Esse princípio de

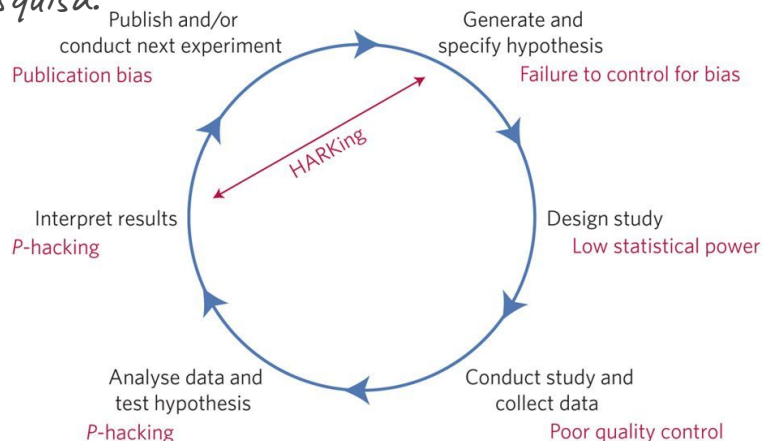
Falta de conhecimento sobre métodos estatísticos

Publicação de estudos com resultados negativos

Muitos estudos com resultados inválidos

Falta rigor ao utilizar o método científico

Matéria sobre o Manifesto por uma Ciência Reprodutível, publicado na [Nature Human Behaviour](#). No manifesto são propostas uma série de medidas para evitar práticas ruins em todas as fases de uma pesquisa.



Fonte: MUNAFÒ, Marcus R. et al. A manifesto for reproducible science. *Nature Human Behaviour*, v. 1, n. 1, p. 0021, 2017.

Tipos de estudos

Observacional

Estudo que se restringe a observação apenas das variáveis de interesse sem interferência no processo observado.

Observação passiva

Observa-se os dados sem intervenção.

X

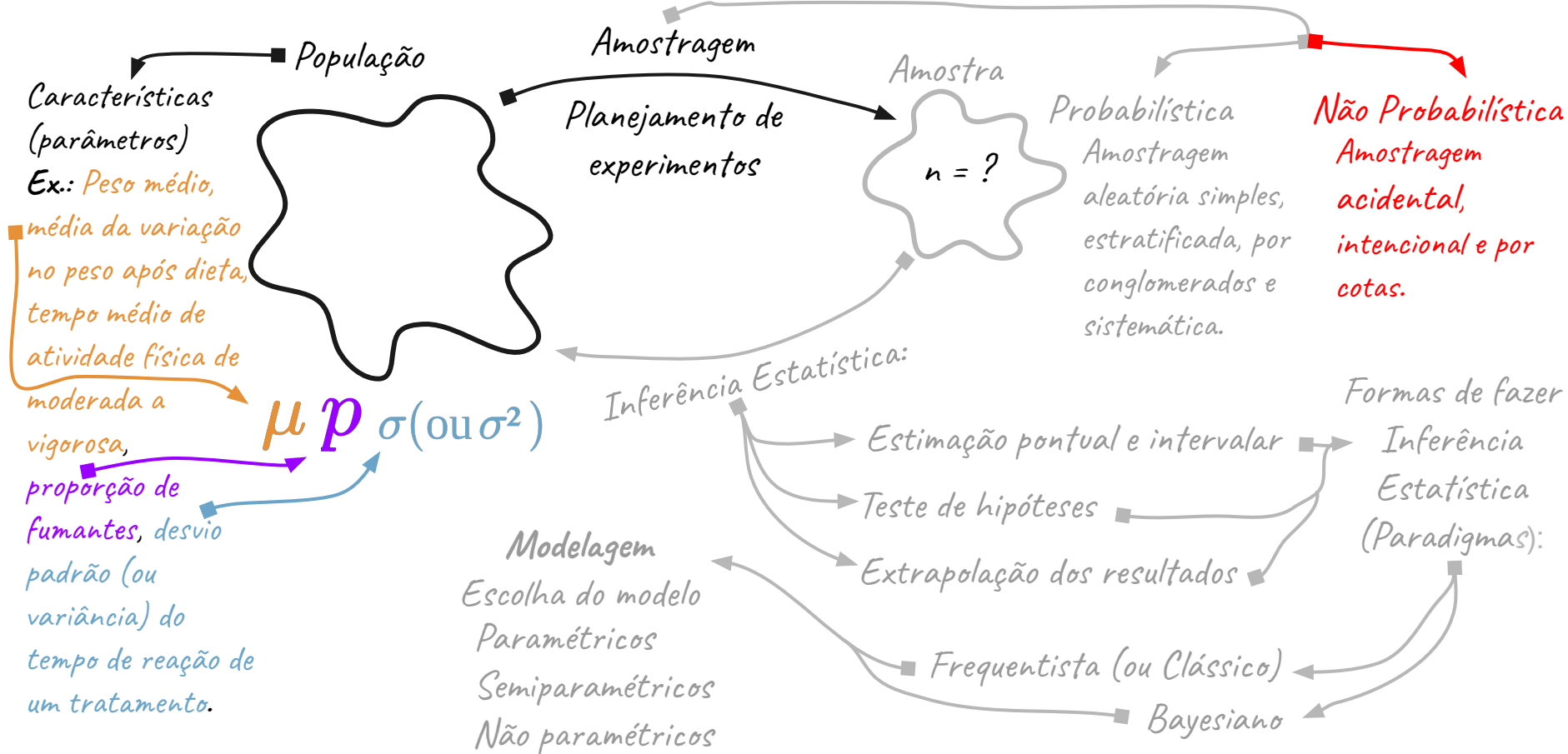
Experimental

Estudo em que se tenta controlar a situação através da qual as observações são feitas.

Experimentação é ativa

Interfere-se no processo.

Noções básicas de Estatística



Noções básicas de Estatística - Teste de hipóteses

Problema (1): Cássio deseja verificar se o tratamento desenvolvido por ele para determinada doença é eficaz;

Planejamento (2): descobriu que a característica Alpha é impactada pela doença e que em uma população saudável a concentração de Alpha no sangue segue uma distribuição normal com média 14 u/ml e desvio padrão 6 (variância 36). Já na população doente a média de Alpha aumenta para 18 u/ml e o desvio padrão se mantém;

Coleta dos dados (3): o Fábio amigo do Cássio atende em seu consultório 60 pessoas com a doença estudada. Cássio seleciona de forma aleatória 30 pessoas para compor o experimento e mensura a concentração de Alpha após o tratamento;

Crítica dos dados (4) → Análise e interpretação (5)

Planejamento e análise estatística de experimentos usando o R

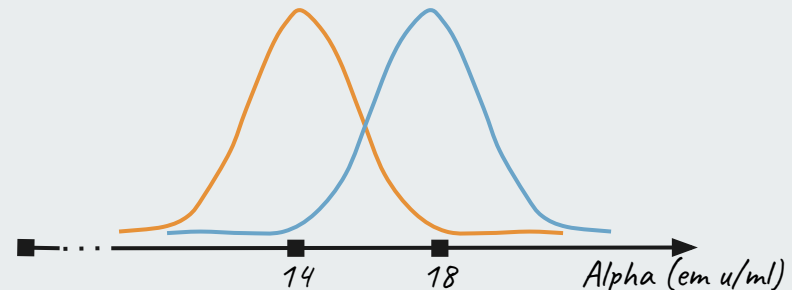
Pensamento Estatístico

(1) O que medir para atestar a eficácia do tratamento?

(2) Existe uma relação entre Alpha e a doença

Sadio - $N(14 \text{ u/ml}, 36 \text{ u}^2/\text{lm}^2)$

Doente - $N(18 \text{ u/ml}, 36 \text{ u}^2/\text{lm}^2)$



(3) Como coletar os dados?

(4) Os dados estão certinhos?

(5) Como verificar a hipótese do Cássio?
Teste estatístico de hipótese!

Rumenick Pereira da Silva

e-mail: rumenickps@gmail.com

Noções básicas de Estatística - Teste de hipóteses

Objetivo em um teste de hipóteses: feita uma afirmação sobre determinada característica da população (sobre um parâmetro), desejamos saber se os resultados provenientes de uma amostra contrariam ou não tal afirmação.

Voltando ao Problema

Como usar o dados (medidas da quantidade Alpha) dos 30 pacientes após tratamento para verificar a hipótese do Cassio?

Resposta: podemos usar a média (ou mediana) amostral para nos ajudar nesta tomada de decisão.

Mas como podemos fazer isso?

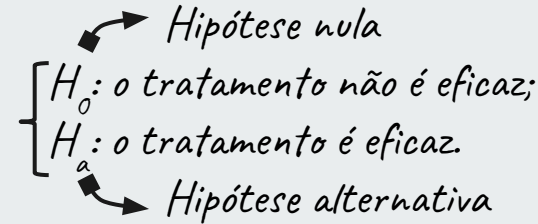
Resposta: usando o Teorema Central do Limite (TCL) e formulando hipóteses (estatística) apropriadas.

Pensamento Estatístico

Se o que iremos observar for uma amostra aleatória da população, temos pelo TCL:

A Média amostral de Alpha segue uma distribuição Normal com média μ e variância σ^2/n .

Usando a informação do problema podemos formular as seguintes hipóteses:



Hipóteses simples: Hipóteses compostas:

$$\begin{cases} H_0: \mu = 18 \\ H_a: \mu = 14 \end{cases}$$

$$\begin{cases} H_0: \mu = 18 \\ H_a: \mu < 18 \text{ ou } \mu \neq 18 \end{cases}$$

Teste unilateral (<) Teste bilateral (\neq)

Noções básicas de Estatística - Teste de hipóteses

Escolha da hipótese: Cássio considerou razoável o teste unilateral, uma vez que melhorar, significa mudar da população de doentes para população de saudáveis (redução no valor médio).

$$\begin{cases} H_0: \mu = 18 \\ H_a: \mu < 18 \end{cases}$$

Cássio observou que ao tomar a decisão usando a média amostral estaria sujeito a cometer erros, pois amostras diferentes podem ter médias observadas diferentes. Mas, quais seriam esses erros e como quantificá-los?

Resposta: erro do tipo I e II, o primeiro nós definimos e o segundo não controlamos diretamente, porém é possível calculá-lo.

Pensamento Estatístico

Erro do tipo I - dizer que o tratamento é eficaz, quando na verdade ele não é (Rejeitar H_0 quando ela é verdadeira);

Erro do tipo II - dizer que o tratamento não é eficaz, quando na verdade ele é. (não rejeitar H_0 quando ela é falsa).

Situação real	Decisão	
	Não rejeitar H_0	Rejeitar H_0
H_0 é verdadeira	Decisão correta	Erro do tipo I (α)
H_0 é falsa	Erro do tipo II (β)	Decisão correta

$$\alpha = P(\text{Erro do tipo I}) = P(\text{Rejeitar } H_0 / H_0 \text{ é verdadeira})$$

$$\beta = P(\text{Erro do tipo II}) = P(\tilde{\text{Rejeitar }} H_0 / H_0 \text{ é falsa})$$

Noções básicas de Estatística - Teste de hipóteses

Mas qual é o pior erro?

$$\begin{cases} H_o: \mu = 18 \\ H_a: \mu < 18 \end{cases}$$

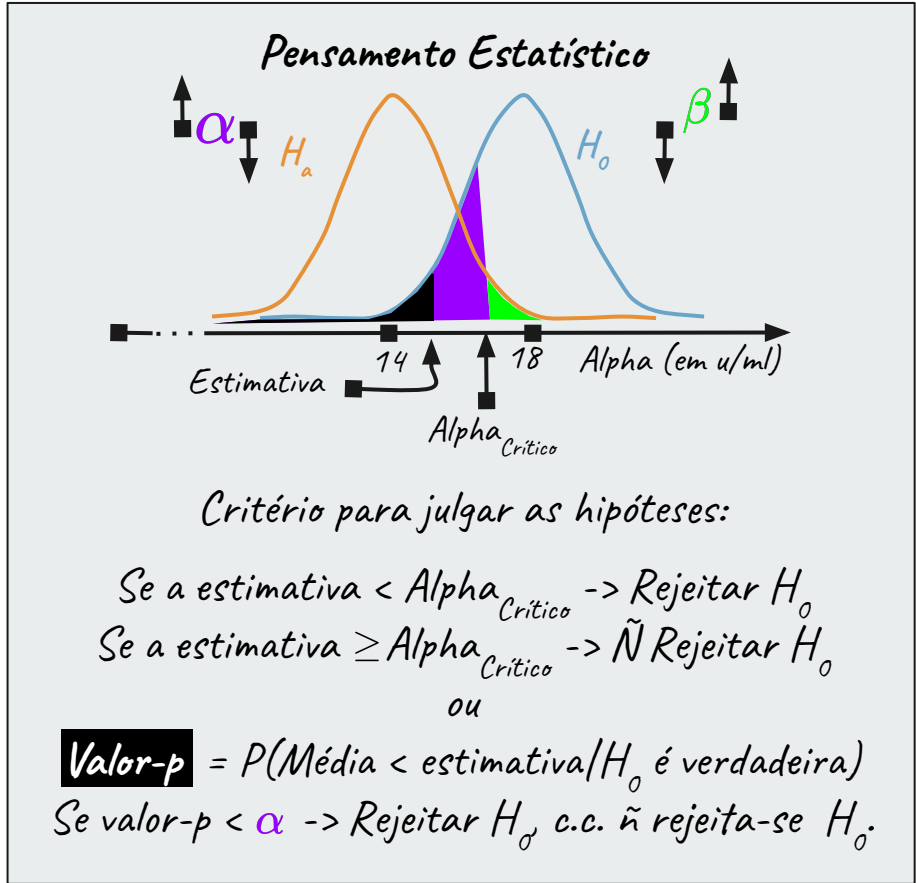
$\alpha = P(\text{Erro do tipo I}) = P(\text{Rejeitar } H_o | H_o \text{ é verdadeira})$

$\beta = P(\text{Erro do tipo II}) = P(\text{N}^\circ \text{ Rejeitar } H_o | H_o \text{ é falsa})$

Resposta: da forma que definimos as hipóteses, já escolhemos como pior erro o do tipo I. Este erro deveria ser fixado pelo Cássio no início da pesquisa e normalmente ele é chamado por *nível de significância do teste*.

Certo, mas como usar tudo que foi visto até agora para julgar as hipóteses?

Resposta: usando os erros e a média observada na amostra (estimativa) para definir um critério. Esse critério pode ser baseado na determinação de um valor crítico ou no nível descritivo do teste (valor-p).



Noções básicas de Estatística - Alguns testes clássicos

Teste de hipóteses sobre a média de uma população normal

Variância conhecida

Variância desconhecida

Teste de hipóteses sobre a variância de uma população normal

Teste de hipóteses sobre a proporção populacional



Arquivo: curso_doe_parte1_1.html

Componentes básicos de estudos experimentais

Revisando o problema: Ulisses, amigo do Cássio, alertou que alguns estudos indicam que o tratamento considerado por ele pode ser eficaz mesmo se administrado em baixa dosagem. Sabendo que baixa dosagem implica em menos custo para usuário final, ele prontamente conversou com o Fábio para fazer um novo estudo com duas dosagens: baixa e alta.

Ulisses também falou que administrar o tratamento em dias alternados, poderia produzir melhores resultados do que em dias não alternados (contínuo), pois o descanso era essencial para o sucesso do tratamento, uma vez que o tratamento expõe o paciente ao estresse físico.

Pensamento Estatístico

Resposta: característica de interesse que será medida em um estudo.

Ex.: concentração de Alpha no sangue após tratamento.

Fator: característica que será controlada no estudo experimental.

Ex.: dosagem e administração

Nível: valor que um fator pode assumir.

Ex.: baixa e alta e contínuo e dias alternados

Tratamento: combinação específica dos níveis dos fatores.

Ex.: baixa dosagem em dias alternados.

Unidade experimental: unidade que vai receber o tratamento e fornecer os dados para análise.

Ex.: pacientes do consultório do Fábio

Obs.: Se temos um fator em estudo os níveis se resumem aos tratamentos.

Passos para solucionar um problema

Buscar o máximo de informação sobre o problema

Não esqueça do conhecimento Estatístico

Definir claramente os objetivos

Troque experiências com especialistas da área

Amanhã (27/08) tem mais.
Abrigado!

Princípios básicos da experimentação

Voltando ao problema do Cássio: no estudo inicial Cássio aplicou o tratamento em 30 pacientes.

Em conversa com Cássio, Fábio falou que o método usado para quantificar Alpha precisa ser realizado várias vezes para o mesmo paciente. Sendo a medida Alpha observada para cada paciente a média de todas as medidas obtidas.

Pensamento Estatístico

Replicação: o ato de aplicarmos o mesmo tratamento em unidades experimentais diferentes.

Objetivo: quantificar a variabilidade entre as unidades experimentais.

Obs.: o erro experimental é quantificado com base nas diferenças observadas entre as unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento.

Repetição: é o que o Fábio fez e é utilizado para avaliar o erro de medida. Em outras palavras, avaliar o instrumento de medição.

Princípios básicos da experimentação

Estudo das dosagens: para estudar as dosagens do tratamento, Cássio considerou contratar duas pessoas para aplicar o tratamento. Porém, após assinar o contrato ele verificou que os dois indivíduos contratados tinham tempo de experiência diferentes, contudo ambos sabiam realizar os tratamentos. Cássio decidiu distribuir pacientes com dosagem baixa e alta para ambas pessoas que executaria o tratamento.

O Cássio tomou uma boa decisão?

Pensamento Estatístico

Blocagem: no exemplo, o ato do Cássio decidir atribuir pacientes com dosagem baixa e alta para ambos as pessoas que executarão o tratamento.

Objetivo: amenizar o efeito de fontes de variação.

Obs.: na linguagem de experimentos cada tratador representaria um **bloco**. O bloco é um grupo homogêneo de unidades experimentais. O que permite dentro de cada bloco as respostas serem comparadas com maior precisão.

Classificação

Blocos completos: em cada bloco todos os tratamentos são aplicados (o que o Cássio fez);

Blocos incompletos: em cada bloco apenas uma parte dos tratamentos é aplicado.

Princípios básicos da experimentação

Estudo das dosagens: Cássio escolheu dos 30 (o restante) pacientes de Fábio, 28 para participar do novo estudo e realizou um sorteio para saber quem receberia a dosagem baixa e a dosagem alta. Além disso, ele fez um sorteio dos horários disponíveis de cada tratador.

Obs.: os horários apresentavam diferença de meia hora, para não haver choque, sendo 15 horários para cada um durante o dia. Os tratadores receberam a mesma quantidade de pacientes de cada dosagem e uma lista com a ordem em que cada um seria tratado.

Pensamento Estatístico

Aleatorização: no exemplo, o ato do Cássio de distribuir através de um sorteio o tratamento para cada um dos pacientes e a ordem em que cada um receberia o tratamento.

Objetivo: gerar uma distribuição de referência com base na aleatorização e realizar as análises estatísticas sem a necessidade de fazer suposições sobre a distribuição dos dados (Ex.: suposição de normalidade).

Obs.: a distribuição baseada na suposição de normalidade, independência e variância constante se aproxima da distribuição de referência baseada na aleatorização e por simplicidade podemos usar a distribuição aproximada ao invés da distribuição de aleatorização.

Experimentos com um único fator de dois níveis

Estudo das dosagens

Pergunta do Cássio: a dosagem baixa produz redução na concentração de Alpha semelhante a alta?

*Teste de hipóteses sobre as médias de duas populações
normais*

Variância iguais

Variância diferentes

*Teste de hipóteses sobre duas variâncias de duas
populações normais*

Teste de hipóteses sobre duas proporções populacional



Arquivo: curso_doe_parte2_1.html

Amanhã (28/08) tem mais.
Abrigado!

Experimentos com um único fator de vários níveis (>2)

Estudo da concentração de radônio



Arquivo: curso_doe_parte2_2.html

Experimentos com vários fatores de vários níveis (≥ 2)

Experimentos fatoriais em geral

Arquivo: curso_doe_parte2_3.html

Experimentos em quadrados latinos (fator principal)

Arquivo: curso_doe_parte3_1.html



Outros tópicos

Experimentos de fator aleatório

Experimentos fatoriais com medidas repetidas no tempo

Experimentos fatoriais 2^k

Superfície de resposta

Análise de dados de sobrevivência

Referências

- Box, Hunter & Hunter (1978 e 2005) *Statistics for Experimenters*
- Barbin (2003) *Planejamento e Análise de Experimentos Agronômicos*
- Montgomery (2001) *Design and Analysis of Experiments*
- Neto, Scarmini & Bruns (2002) *Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria*
- Werkema & Aguiar (1996) *Planejamento e Análise de Experimentos*

*Em caso de dúvida de como planejar e
analisar o seu experimento, procure um
estatístico@.
Abrigado!*