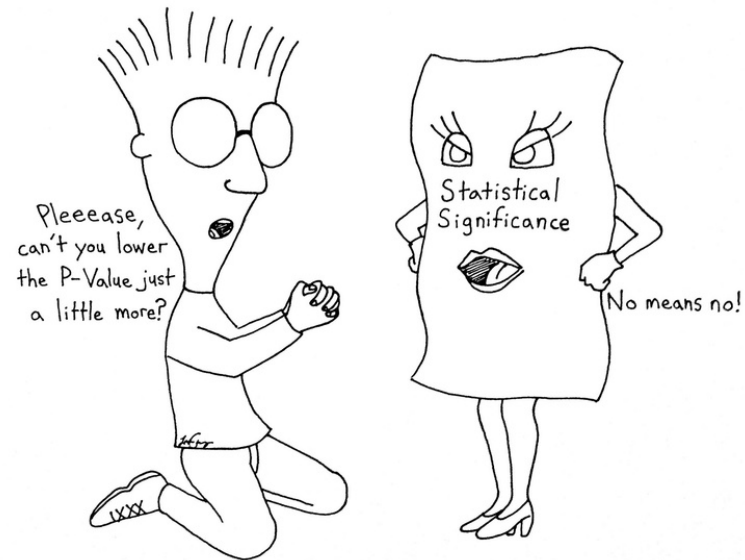


Teste de hipóteses



Camila de Toledo Castanho

2018

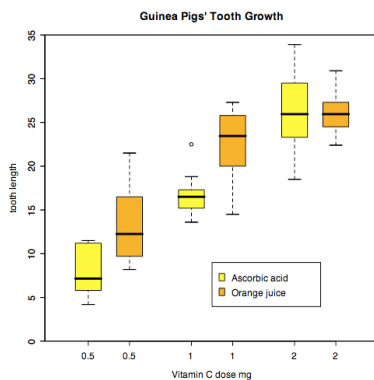
Conteúdo da aula

1. Procedimento científico
 - 1.1. Pergunta, Hipótese Científica e Previsão
2. Teste de hipóteses
 - 2.1. Hipótese Científica x Hipótese Estatística
 - 2.2. Significância estatística e o valor de P
3. Tipo de testes de hipóteses (uni e bicaudais)
4. Erros em testes de hipóteses

*Estatística é ciência que tem por objetivo **orientar a coleta**, o resumo, a apresentação, a **análise** e a **interpretação** de dados.*



Estatística descritiva: resumo e apresentação de dados

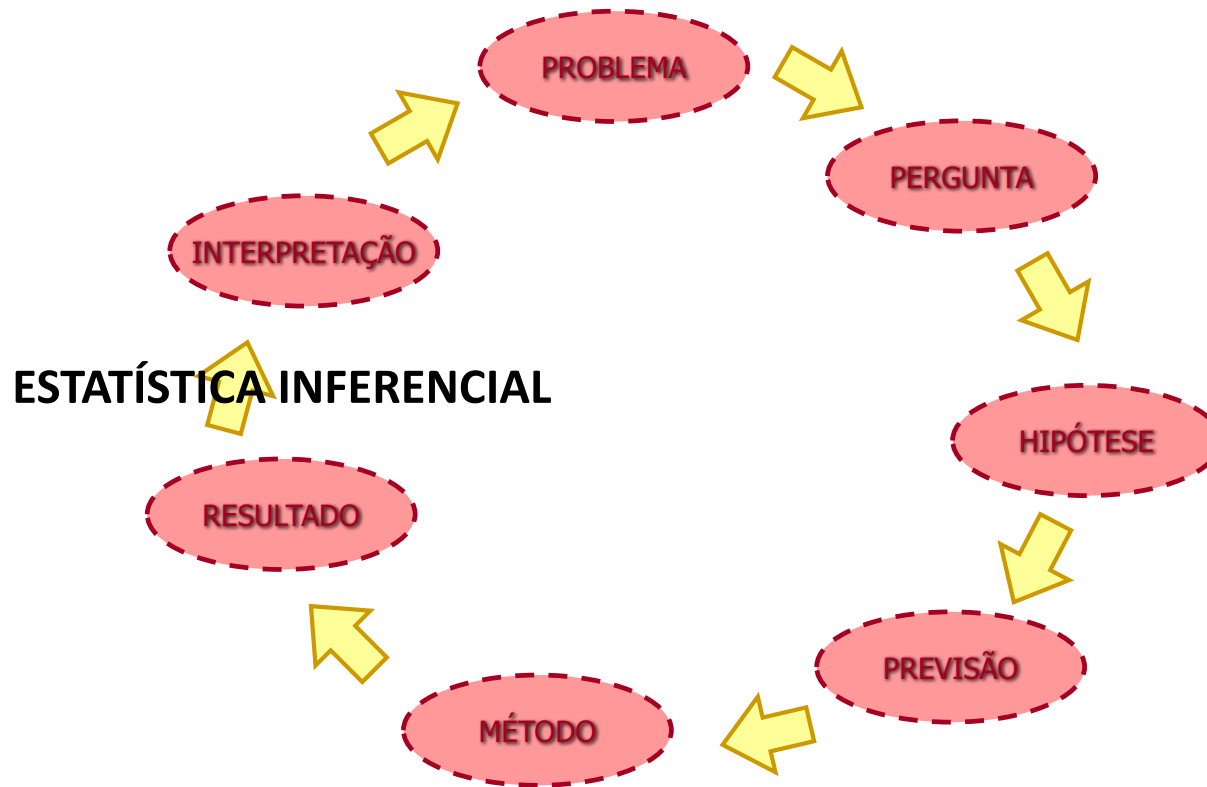


Estatística inferencial: tomada de decisão quando temos a disposição apenas uma parte dos dados

TESTE DE HIPÓTESES
CIENTÍFICAS



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico

O que é uma **pergunta** científica?



PERGUNTA

- Uma frase que termina com ponto de interrogação
- SIMPLES
- OBJETIVA
- POSSÍVEL DE SER RESPONDIDA

Todo trabalho científico DEVE ter uma pergunta

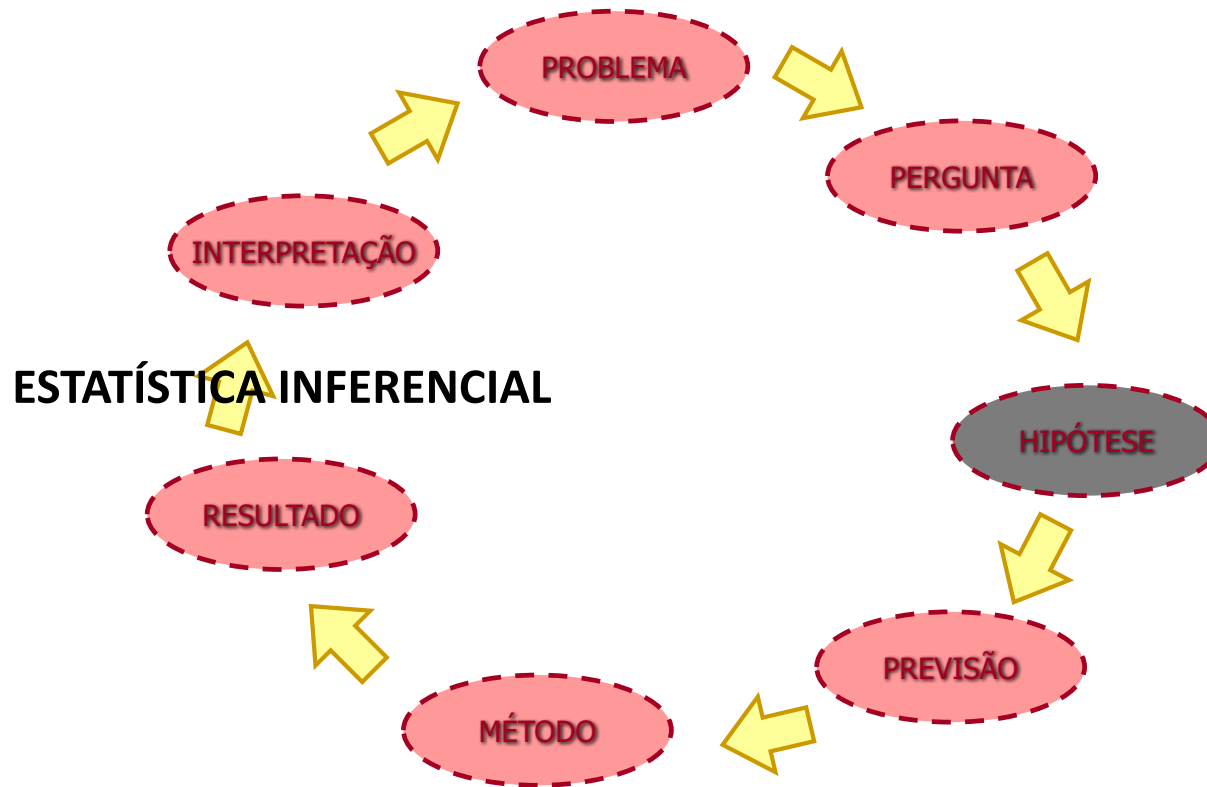
1. Procedimento Científico

Pergunta: Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico

O que é uma **hipótese** científica?



- É a resposta plausível e testável para uma pergunta científica
- É uma explicação provisória para um fenômeno
- DEVE ser **falseável**

1. Procedimento Científico



Livro: "O Mundo Assombrado por Demônios - a ciência vista como uma vela no escuro" - Carl Sagan

"Um dragão que cospe fogo pelas ventas vive em minha garagem"



HIPÓTESE NÃO-FALSEÁVEL

Incapacidade de invalidar a hipótese

≠

Provar sua veracidade

1. Procedimento Científico

Pergunta: Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

Hipótese: Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico

O que é a **previsão** de uma hipótese?



- Conseqüência lógica da hipótese
- Detalhamento da hipótese que pode ser testado diretamente
- Uma hipótese pode ter uma ou mais previsões

1. Procedimento Científico

Mas... qual a diferença de hipótese e previsão?

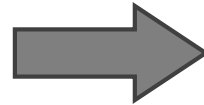
- **Hipótese** – estabelece relações entre as **variáveis teóricas** para representar um fenômeno
- **Previsão** – representação prática da hipótese utilizando **variáveis operacionais**

1. Procedimento Científico

**VARIÁVEIS
TEÓRICAS**

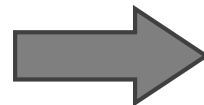
**VARIÁVEIS
OPERACIONAIS**

CRESCIMENTO



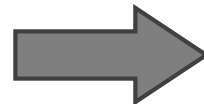
INCREMENTO DO DAP

SUCESSO
REPRODUTIVO



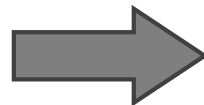
Nº DE FRUTOS

TAMANHO



ALTURA

ESTRESSE



NÍVEL DO HORMÔNIO GC

1. Procedimento Científico

Pergunta: Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

Hipótese: Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

Predição 1: Inflorescências de bico-de-papagaio terão número de visitas diferentes do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO



1. Procedimento Científico

Pergunta: Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

Hipótese: Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

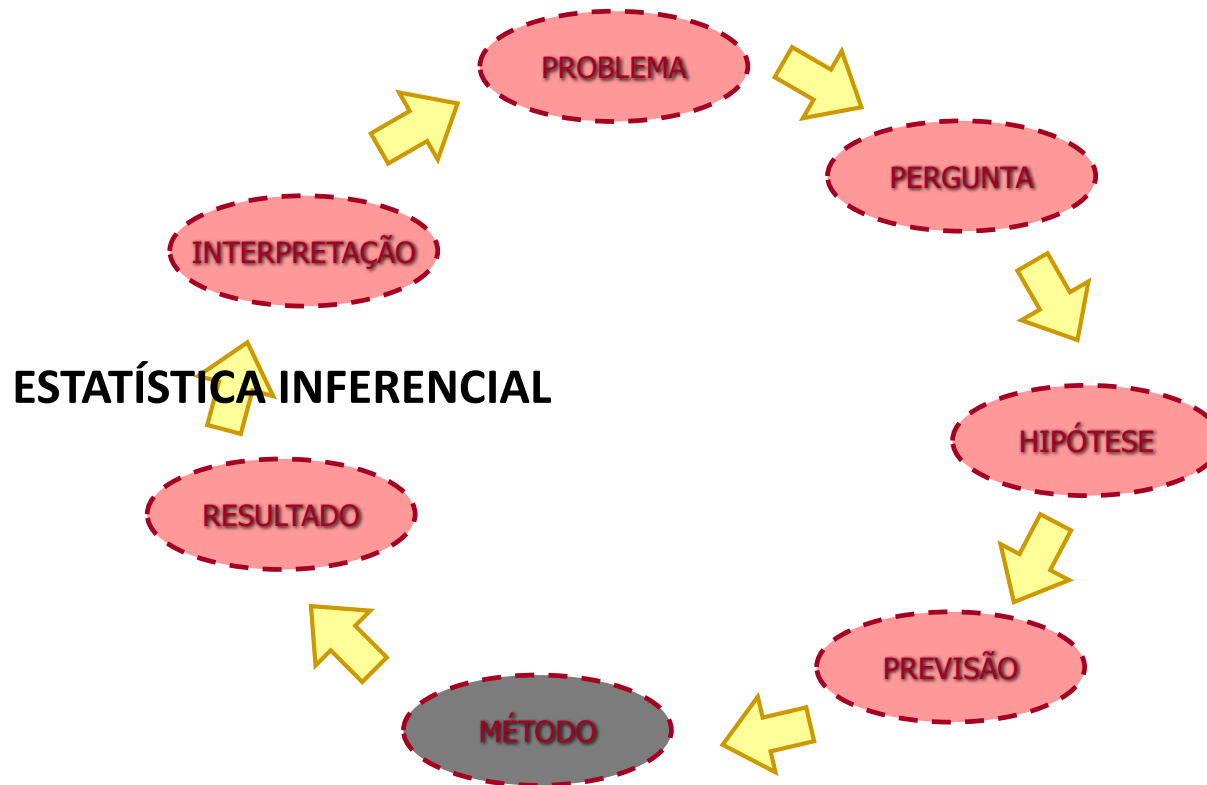
Predição 1: Inflorescências de bico-de-papagaio terão número de visitas diferentes do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO

Predição 2: Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão diferentes número de visitas do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente



1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico

Predição 2: Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão diferentes número de visitas do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente

- Selecionar aleatoriamente 20 indivíduos de bico de papagaio;
- Metade serão sorteadas e terão suas brácteas removidas;



MÉTODO

- Durante 12h será contabilizado o número de visitas por polinizadores que cada uma das 20 plantas receberá.

1. Procedimento Científico



1. Procedimento Científico

# Planta	Presença de brácteas	Número de visitas
1	brácteas removidas	2
2	brácteas removidas	7
3	brácteas removidas	3
4	brácteas removidas	4
5	brácteas removidas	5
6	brácteas removidas	4
7	brácteas removidas	3
8	brácteas removidas	1
9	brácteas removidas	8
10	brácteas removidas	4
11	controle	7
12	controle	5
13	controle	10
14	controle	7
15	controle	11
16	controle	9
17	controle	8
18	controle	8
19	controle	5
20	controle	4

Será que os resultados dão suporte para aceitar nossa hipótese científica e respectiva predição?

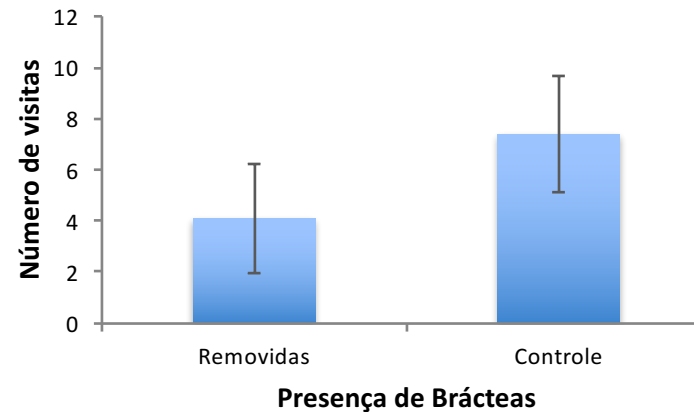


Estatística Inferencial

Estatística Descritiva

RESULTADO

Presença de Brácteas	Média	Desvio Padrão
Removidas	4,1	2,1
Controle	7,4	2,3

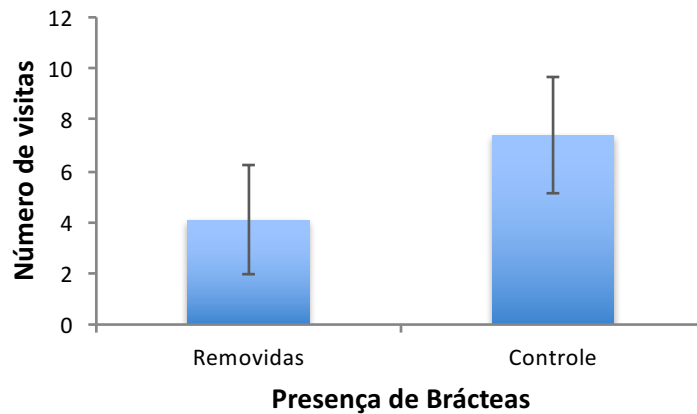


2. Testando hipótese estatísticas

Será que os resultados dão suporte para aceitar nossa hipótese científica e respectiva predição?

Estatística Inferencial

*A estatística inferencial é o ramo da estatística que fornece métodos para que o pesquisador possa **tomar sua decisão** a respeito de hipóteses, informando também sobre o **risco** que acompanha essa decisão*



A incerteza existe porque temos acesso apenas à uma parte dos dados (amostra)

2. Testando hipótese estatísticas

Como a estatística inferencial é utilizada para tomar decisões acerca de nossa hipótese científica?

FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE ESTATÍSTICA

- Hipóteses estatísticas são suposições feitas sobre o valor dos parâmetros nas populações
- Comparam dois ou mais parâmetros

• São de 2 tipos

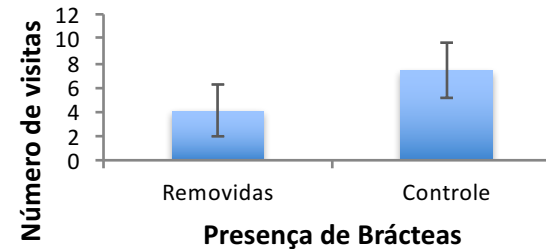
HIPÓTESE NULA (H_0) - hipótese mais simples para explicar as diferenças observadas. Inclui a afirmação de igualdade: **ausência de diferença entre os parâmetros populacionais** -> diferenças observadas são apenas devido **ao acaso**.

HIPÓTESE ALTERNATIVA (H_A OU H_1) - hipótese **complementar** à hipótese **nula**: a diferença observada é muito grande para ser explicada apenas pelo acaso.

2. Testando hipótese estatísticas

Hipótese Científica:

Brácteas coloridas afetam a atratividade de inflorescências ao polinizadores



Hipóteses Estatísticas:

$$H_0: \mu_{\text{sem brácteas}} = \mu_{\text{controle}}$$

A diferença entre as médias observadas dos dois grupos não são maiores do que aquela que esperaríamos devido **apenas à variações aleatórias**

$$H_a: \mu_{\text{sem brácteas}} \neq \mu_{\text{controle}}$$

A diferença entre as médias observadas dos dois grupos é muito grande para ser explicada apenas pela variação aleatória entre indivíduos

Neste exemplo:

A rejeição da hipótese nula

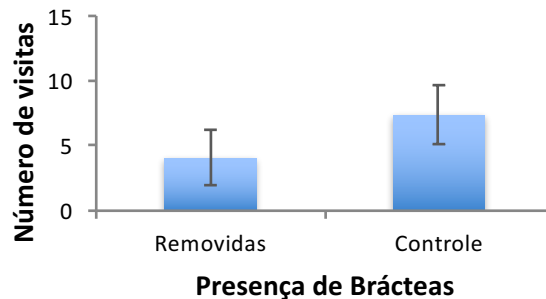


Fornece evidências a favor hipótese científica

Porém há casos em que a falha em rejeitar (aceite) H_0 é que fornece evidências a favor da hipótese científica

2. Testando hipótese estatísticas

3.2. Significância estatística e o valor de P



Como decidir se a diferença observada é grande o suficiente para ser atribuída à presença das brácteas e não apenas ao acaso?

Quando a hipótese nula (H_0) de apenas variação aleatória entre indivíduos pode ser rejeitada?

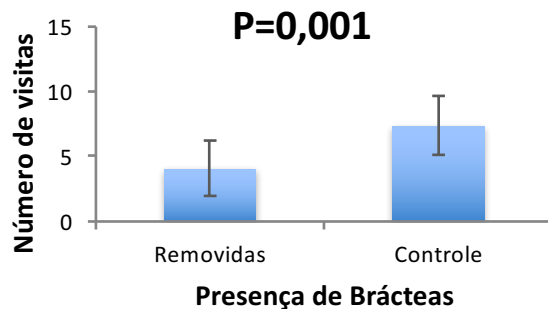


O valor de P é um guia para tomar esta decisão

Ele mede a probabilidade de que a diferença observada (ou ainda maior) poderia ser encontrada *se a hipótese nula fosse verdadeira*

$$P = P(\text{dados} | H_0)$$

2. Testando hipótese estatísticas



A probabilidade de que a diferença observada (ou uma ainda maior) tenha sido obtida se a hipótese nula fosse verdadeira é de **0,1%**

Como este resultado é muito improvável dada a hipótese nula, **então a rejeitamos e aceitamos a hipótese alternativa**

Interpretação: A presença de brácteas afeta a atratividade aos polinizadores

E se o valor de P fosse próximo de 1,0 ?

Neste caso poderíamos considerar muito provável que a diferença observada seja decorrente apenas de variação aleatória entre indivíduos (H_0 verdadeira) → **falhamos em rejeitar a H_0**



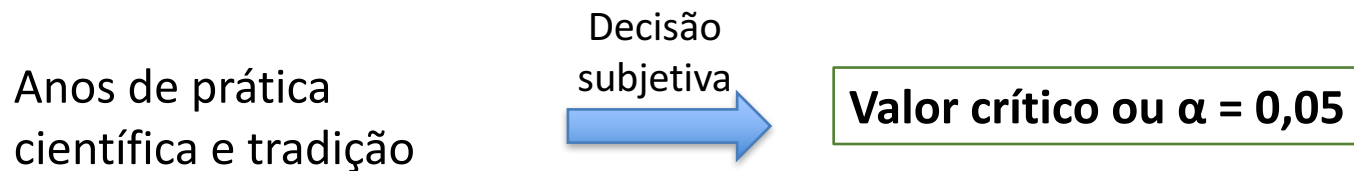
Ausência de evidência não é evidência de ausência

O valor de P é afetado pelo tamanho amostral (n); diferença entre médias amostrais e variação entre indivíduos (s^2)

2. Testando hipótese estatísticas

*Quando um valor de P é **suficientemente baixo** para que a hipótese nula seja rejeitada?*

Qual é o ponto de corte?



- Conservador? Depende da questão de estudo
- Argumento a favor de um α baixo: humanos são predisposto a achar padrão onde não existe **HIPÓTESE DE PELÚCIA**
- Quanto maior α , maior a chance de rejeitar H_0 qdo ela é verdadeira → risco de errar
- **IMPORTANTE:** reportar o valor exato de P

3. Testes uni e bicaudais

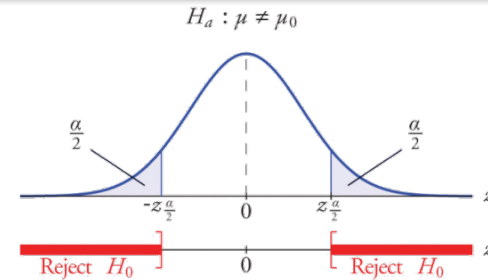
- Testes envolvendo médias podem ser bicaudais (ou bilaterais)



$$H_0: \mu_a = \mu_0$$

$$H_a: \mu_a \neq \mu_0$$

Não há uma idéia clara da direção da diferença



- Exemplos:**
- ✓ *Hipótese científica (HC):* A droga x altera a pressão arterial dos pacientes
 - ✓ *HC:* A presença de brácteas altera a intensidade da polinização

- Mas são unicaudais quando existe uma **idéia mais elaborada** sobre o efeito do tratamento



$$H_0: \mu_a \geq \mu_0$$

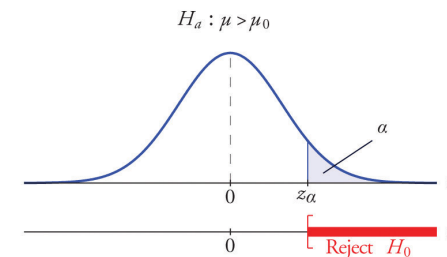
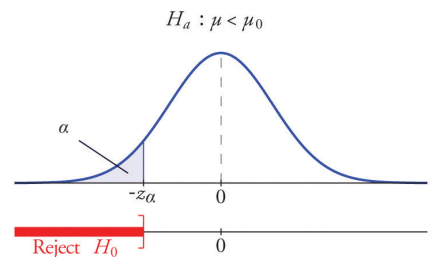
$$H_a: \mu_a < \mu_0$$

$$H_0: \mu_a \leq \mu_0$$

$$H_a: \mu_a > \mu_0$$

Exemplos:

- ✓ *HC:* A droga x diminui a pressão arterial dos pacientes
- ✓ *HC:* A presença de brácteas aumenta a polinização



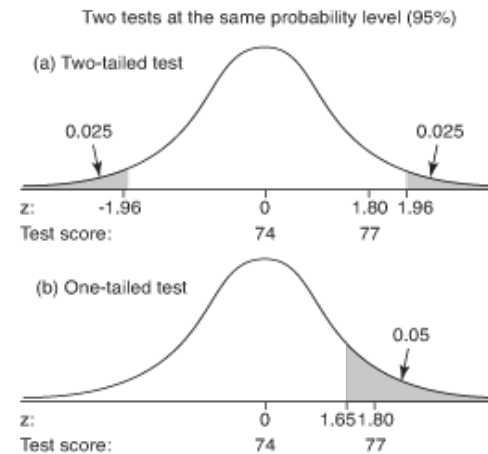
3. Testes uni e bicaudais

- **BICAUDAL:** a região de significância é dividida entre as duas caudas
- **UNICAUDAL:** a região de significância é toda colocada em uma das caudas

CONSEQUÊNCIA IMPORTANTE

Alteração do valor crítico
 $z = |1,96|$ para $z = -1,64$ ou $1,64$

- Para decidir se deve ser usado um teste uni ou bicaudal



- **ATENÇÃO À HIPÓTESE CIENTÍFICA;**
- Tenha certeza que o resultado oposto não te interessa;
- Deve ser decidido **ANTES** de olhar os resultados!

Pergunta: Brácteas afetam a atratividade da inflorescência aos polinizadores?

PERGUNTA

Hipótese: Brácteas coloridas **umentam** a atratividade de inflorescências ao polinizadores

HIPÓTESE

Predição 1: Inflorescências de bico-de-papagaio terão **maior número de visitas** do que inflorescências de dente-de-leão

PREVISÃO

Predição 2: Inflorescências de bico-de-papagaio com brácteas intactas terão **maior número de visitas** do que inflorescências com brácteas removidas experimentalmente

Hipóteses estatísticas – predição 1

Hipótese nula H_0 : $\mu_{\text{bico-de-papagaio}} \leq \mu_{\text{dente-leão}}$

Hipótese alternativa H_a : $\mu_{\text{bico-de-papagaio}} > \mu_{\text{dente-leão}}$

Hipóteses estatísticas – predição 2

Hipótese nula H_0 : $\mu_{\text{intactas}} \leq \mu_{\text{removidas}}$

Hipótese alternativa H_a : $\mu_{\text{intactas}} > \mu_{\text{removidas}}$

4. Erros em testes de hipóteses

Tomada de decisões diante
de dados limitados e
incompletos

- Estatística → disciplina mergulhada em incertezas
- Resultados possíveis quando testamos uma hipótese estatística:

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar H_0	Rejeitar H_0
REALIDADE	H_0 verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar H_0	Rejeitar H_0
REALIDADE	H_0 verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

- Erro Tipo I: rejeição da hipótese nula quando ela é verdadeira
- α é o padrão de risco máximo de cometer o Erro Tipo I → 5%
- Quanto menor o valor de P → menor a chance de cometer erro do Tipo I

Avaliação de impacto ambiental
FALSO-POSITIVO
Erro da falsidade

4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar H_0	Rejeitar H_0
REALIDADE	H_0 verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ($1-\beta$)
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados

4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar H_0	Rejeitar H_0
REALIDADE	H_0 verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ($1-\beta$)
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados → Erro Tipo II também depende do tamanho do efeito, do N amostral, e do desenho experimental

4. Erros em testes de hipóteses

		DECISÃO ESTATÍSTICA	
		Aceitar H_0	Rejeitar H_0
REALIDADE	H_0 verdadeira	Decisão correta	Erro Tipo I (α)
	H_0 falsa	Erro Tipo II (β)	Decisão correta ($1-\beta$)

- Erro Tipo II: não rejeita a hipótese nula quando ela é falsa
- Conceito relacionado ao erro Tipo II → poder do teste ($1-\beta$)
- Erros Tipo I e II são inversamente relacionados
- **Probabilidade de cometer erro Tipo II em geral não é reportada**

FALSO-NEGATIVO

Erro da ignorância

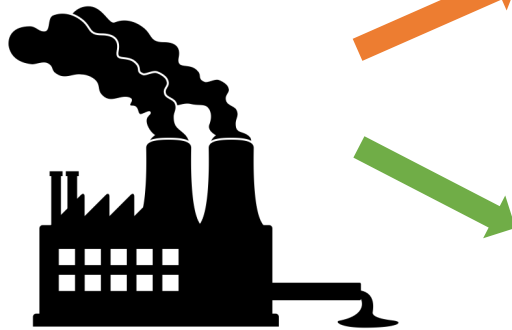
Erro Tipo I seria um equívoco mais sério?
Construção da ciência a partir de uma alegação falsa ou há confusão entre significância estatística e biológica

GRAVE: Diagnóstico de doenças e monitoramento ambiental

4. Erros em testes de hipóteses

- Relação entre erros Tipo I e Tipo II e o princípio da precaução

Produtos químicos e poluentes e seus efeitos sobre a saúde humana e meio ambiente



Created by Gan Khoon Lay
from Noun Project

FABRICANTES

Empenhados em minimizar o Erro Tipo I



Agências reguladoras

CONSUMIDORES e AMBIENTALISTAS

Interessados que os fabricantes minimizem o Erro Tipo II

- Premissa: o químico é nocivo até que se prove ser benigno
- Disposição em aceitar maior Erro Tipo I, se isso significar que o fabricante não aceitará erroneamente H_0

Usamos a estatística inferencial para nos ajudar a decidir se rejeitamos ou não a hipótese nula

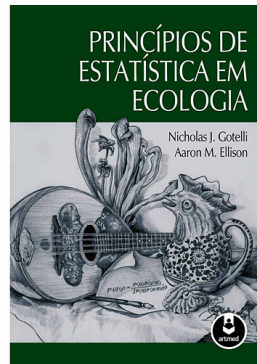


A seguir, concluimos acerca da **validade nossa hipótese científica**



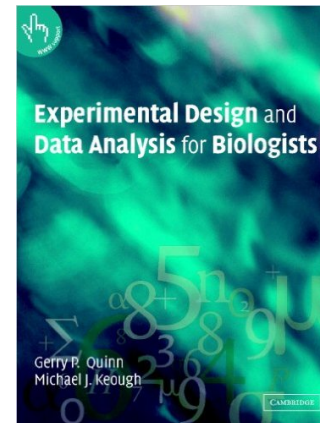
No entanto, a **força desta inferência** depende muito dos detalhes do delineamento experimental / amostral.

REFERÊNCIAS E LEITURAS



Gotelli NJ, Ellison AM. 2011.
**Princípios de Estatística em
Ecologia.** Artmed

Capítulo 4



Quinn GP, Keough MJ.
2002. **Experimental
Design and Data Analysis
for Biologists.** Cambridge
University Press.

Capítulo 3

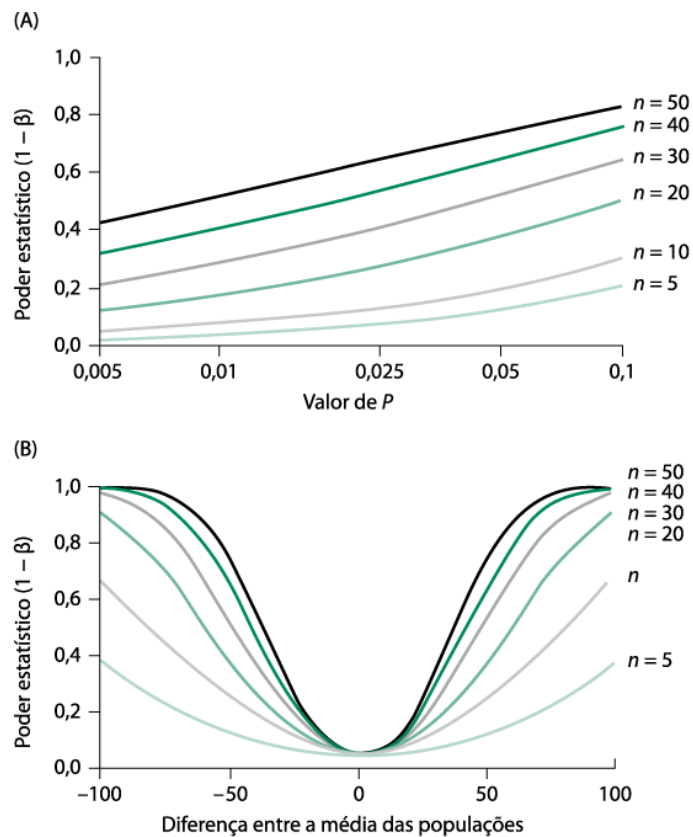


Figura 4.5 Relação entre poder estatístico, valor de P e tamanho do efeito observável em função do tamanho amostral. (A) O valor de P é a probabilidade de incorretamente rejeitar uma hipótese nula verdadeira, enquanto o poder estatístico é a probabilidade de corretamente rejeitar uma hipótese nula falsa. O resultado geral propõe que, quanto menor o valor de P usado para rejeitar a hipótese nula, menor o poder estatístico de corretamente detectar um efeito do tratamento. A um dado valor de P , o poder estatístico é maior quando o tamanho amostral é maior. (B) Quanto menor o tamanho do efeito observável do tratamento (i. e., quanto menor a diferença entre o grupo-tratamento e o grupo-controle), maior é o tamanho amostral necessário a um bom poder estatístico para detectar o efeito do tratamento.²¹

- Quanto maior a chance de cometer Erro Tipo I (P maior) \rightarrow menor a chance de cometer erro do Tipo II (β)

- Quando o n aumenta \rightarrow o Erro Tipo II diminui

Poucos dados \rightarrow tendência de ficar com a hipótese mais simples

- Quanto menor o tamanho do efeito, maior o tamanho amostral necessário para atingir um bom poder estatístico para detectar o efeito da tratamento