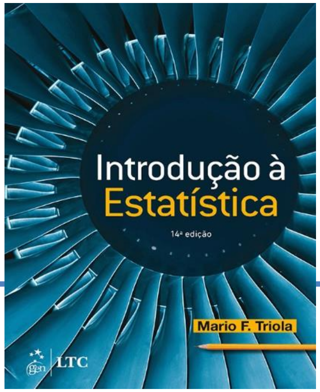
Aula 7 - Testes de hipótese em estatística

Bioestatística – Licenciatura Ciências Biológicas

Prof. Dr Diogo B Provete

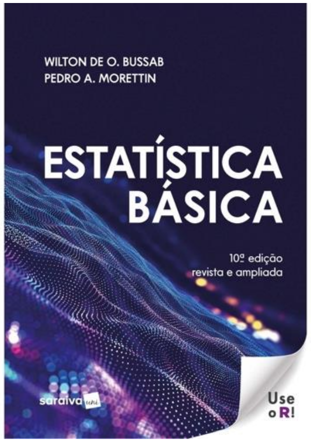
Sumário da aula

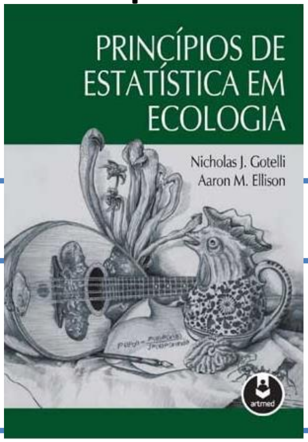


Cap 8

Teste de hipótese

- Lista de passos
- Exemplo de teste : comparação de médias
- Hipótese nula e alternativa
- Erro tipo I e tipo II





Tomada de decisão

- O valor de *P*

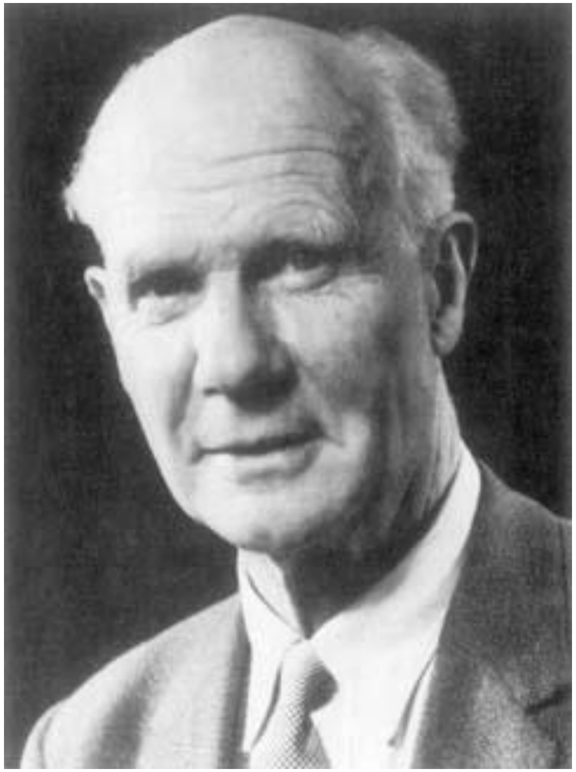
Cap 12

Cap 4

Poder do teste

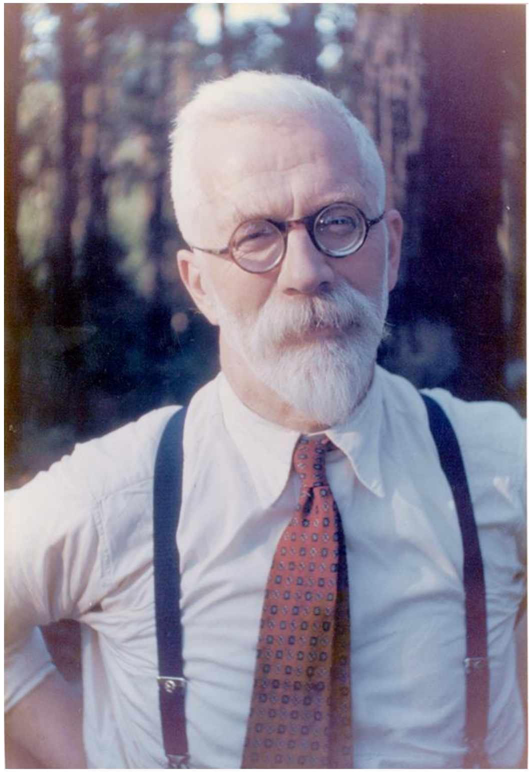
Escolha do teste

Arcabouço Neyman-Pearson para testar uma hipótese estatística



Egon Pearson

Jerzy Neyman



Ronald A. Fisher

FIGURE 8-1
Procedure for Hypothesis Tests

1. Identify the Claim
Identify the claim to be tested and express it in symbolic form.

2. Give Symbolic Form
Give the symbolic form that must be true when the original claim is false.

3. Identify Null and Alternative Hypothesis
Consider the two symbolic expressions obtained so far:

- **Alternative hypothesis H_1** is the one *NOT* containing equality, so H_1 uses the symbol $>$ or $<$ or $\neq$.
- **Null hypothesis H_0** is the symbolic expression that the parameter equals the fixed value being considered.

4. Select Significance Level
Select the **significance level α** based on the seriousness of a type type I error. Make α small if the consequences of rejecting a true H_0 are severe.

- The values of 0.05 and 0.01 are very common.

5. Identify the Test Statistic
Identify the test statistic that is relevant to the test and determine its sampling distribution (such as normal, t, chi-square).

***P*-Value Method**

6. Find Values
Find the value of the **test statistic** and the ***P*-value** (see Figure 8-3). Draw a graph and show the test statistic and *P*-value.

7. Make a Decision

- **Reject H_0** if *P*-value $\leq \alpha$.
- **Fail to reject H_0** if *P*-value $> \alpha$.

Critical Value Method

6. Find Values
Find the value of the **test statistic** and the **critical values**. Draw a graph showing the test statistic, critical value(s) and critical region.

7. Make a Decision

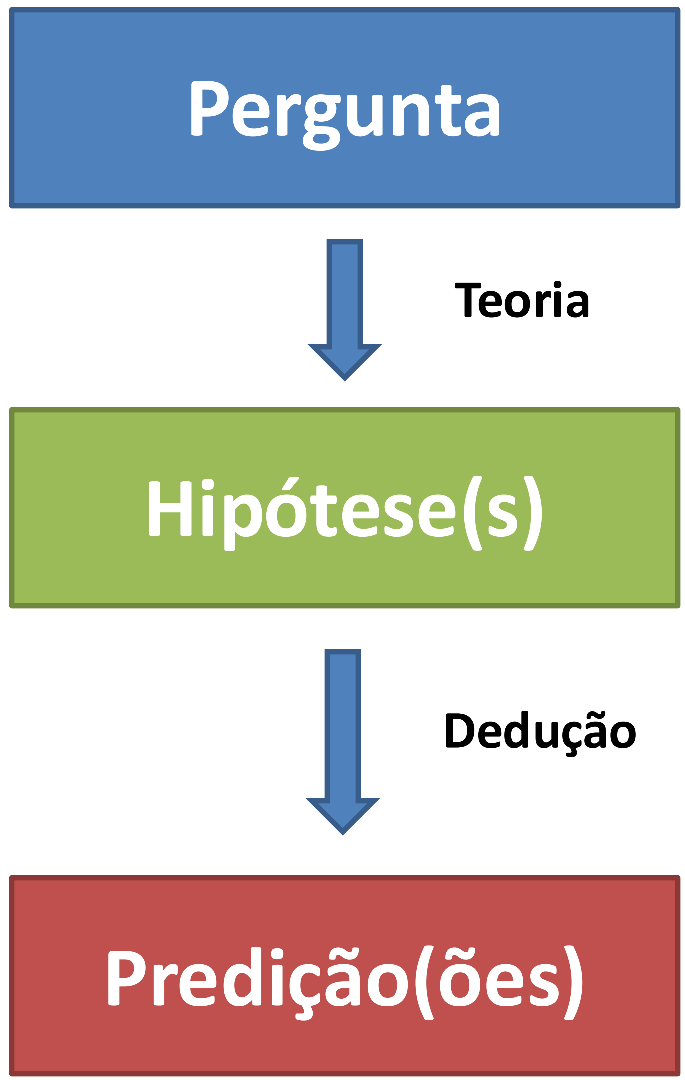
- **Reject H_0** if the test statistic is in the critical region.
- **Fail to reject H_0** if the test statistic is not in the critical region.

8. Restate Decision in Nontechnical Terms
Restate this previous decision in simple nontechnical terms, and address the original claim.

Triola 2024

1. Identificar a Afirmativa

Identifique a afirmativa a ser testada e expresse-a na forma simbólica.

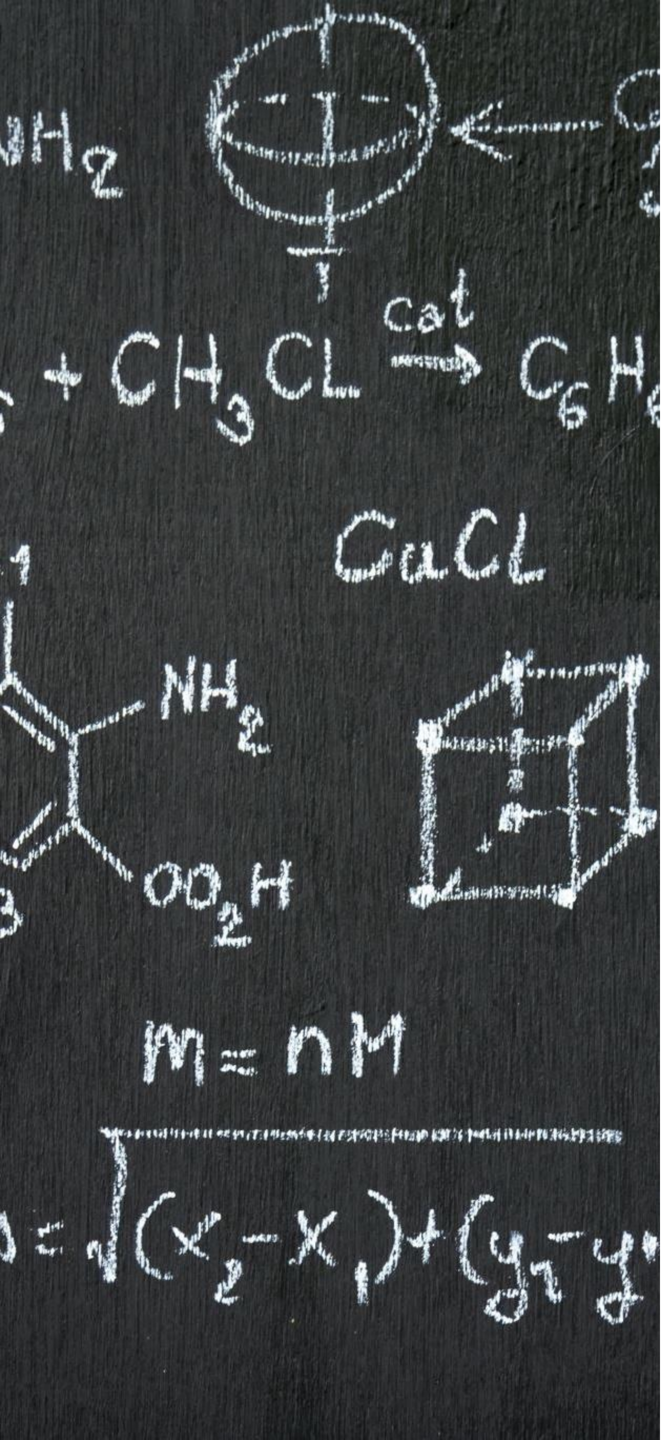

Pergunta
Teoria
Hipótese(s)
Dedução
Predição(ões)

Pergunta

As alturas médias de plantas adultas de *Pinus* diferem entre áreas com solo argiloso e arenoso?

Hipótese científica

A disponibilidade de recursos/nutrientes no solo influencia a altura de plantas



Hipótese Científica vs. Hipótese Estatística

- **Hipótese Científica:** Uma ideia geral e testável sobre como o mundo funciona.
  - *Exemplo:* "A presença do predador X afeta o comportamento de forrageamento da presa Y".
- **Hipótese Estatística:** Uma reformulação da hipótese científica em termos matemáticos e precisos, envolvendo parâmetros populacionais (médias, proporções, etc.).
  - *Exemplo:* "A média do tempo de forrageamento da presa Y na presença do predador X é diferente da média na ausência do predador X".

Predição

A altura média das plantas **será maior** no solo argiloso, devido à maior disponibilidade de nutrientes

Unidade amostral

Plots (parcelas) em 20 áreas,
10 com solo argiloso e 10 rochoso

Ou

20 Plots (parcelas),
10 em 1 área com solo argiloso e 10 em 1 área com solo rochoso

Unidade amostral

Plots (parcelas) em 20 áreas,
10 com solo argiloso e 10 rochoso

Ou

20 [illegible] ([illegible]elas),
10 em 1 área co[illegible]argiloso e 10 em 1
área[illegible]choso

3. Identificar as Hipóteses Nula e Alternativa

Considere as duas expressões simbólicas obtidas até aqui:

- **Hipótese alternativa H_1** é a que NÃO contém a igualdade, de modo que H_1 usa o símbolo $>$ ou $<$ ou $\neq$.
- **Hipótese nula H_0** é a expressão simbólica de que o parâmetro é igual ao valor fixo sendo considerado.

3. Hipótese nula e alternativa

Hipótese nula

Não há diferença nas médias das alturas das árvores entre as áreas

Hipótese Alternativa

A média de altura das árvores em áreas com solo Argiloso **será maior** do que a das em solo rochoso

Variáveis *preditora* e *resposta*

Preditora

Tipos de solo

(Categórica com 2 níveis)

Resposta

Altura das plantas

(Contínua)

A Hipótese Nula (H_0) - O Status Quo

- A **Hipótese Nula (H_0)** é sempre uma afirmação de "nenhum efeito", "nenhuma diferença" ou "nenhuma associação"
  - É a hipótese que *assumimos como verdadeira para iniciar o teste*. Ela representa o ceticismo, a ideia de que qualquer padrão observado nos dados é meramente fruto do acaso.
  - Sempre contém um sinal de igualdade (=, ≤ ou ≥).
- **Exemplos Biológicos:**
  - H_0: A proporção de sementes que germinam com e sem um novo tratamento é a mesma ($p1=p2$).
  - H_0: A altura média de plantas de duas populações diferentes é igual ($\mu1=\mu2$).
  - H_0: Não há correlação entre o tamanho do corpo de um animal e o tamanho de seu território ($\rho=0$).

A Hipótese alternativa (H_1)

- A **Hipótese Alternativa (H_1 ou H_a)** é a afirmação que contradiz a hipótese nula. É o que o pesquisador geralmente acredita ser verdade ou espera demonstrar.
  - Representa a existência de um efeito, uma diferença ou uma associação.
  - Nunca contém um sinal de igualdade (geralmente usa ≠, < ou >).
- **Exemplos (em contraste com H_0):**
  - H_1: A proporção de sementes que germinam é diferente entre os tratamentos ($p1 \neq p2$).
  - H_1: A altura média das plantas é diferente entre as populações ($\mu 1 \neq \mu 2$).
  - H_1: Existe uma correlação entre o tamanho do corpo e o tamanho do território ($\rho \neq 0$).

Slido

Para cada cenário biológico, escrevam a Hipótese Nula (H_0) e a Hipótese Alternativa (H_1) em termos de parâmetros populacionais

Do not edit
How to change the design

Um biólogo quer saber se um novo tipo de ração (Ração A) altera o peso médio de camundongos em comparação com a ração padrão (Ração B).

The Slido app must be installed on every computer you're presenting from

slido

Do not edit
How to change the design

Uma farmacêutica testa se a proporção de cura de um novo medicamento é maior que a proporção de 20% do medicamento antigo.

The Slido app must be installed on every computer you're presenting from

slido

4. Escolher o nível de significância

4. Selecionar o Nível de Significância

Selecione o **nível de significância α** com base na gravidade de um erro tipo I. Faça α pequeno se as consequências da rejeição de uma H_0 forem severas.

- Os valores de 0,05 e 0,01 são muito comuns.

Um pouco de história...

General

Confusion Over Measures of Evidence (p's) Versus Errors (α's) in Classical Statistical Testing

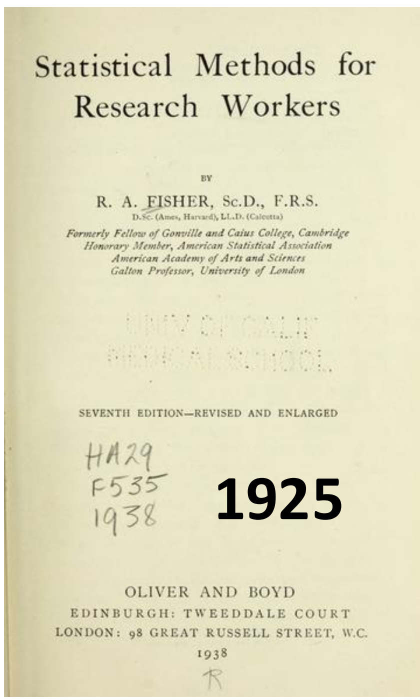
Raymond HUBBARD and M. J. BAYARRI

[157]

Caso específico para o X^2

X. *On the Criterion that a given System of Deviations from the Probable in the Case of a Correlated System of Variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from Random Sampling. By* KARL PEARSON, *F.R.S., University College, London**.

1900



Statistical Methods for Research Workers

BY

R. A. FISHER, Sc.D., F.R.S.

D.Sc. (Ames, Harvard), LL.D. (Calcutta)

Formerly Fellow of Gonville and Caius College, Cambridge
Honorary Member, American Statistical Association
American Academy of Arts and Sciences
Galton Professor, University of London

SEVENTH EDITION—REVISED AND ENLARGED

HA29
F535
1938

OLIVER AND BOYD
EDINBURGH: TWEEDDALE COURT
LONDON: 98 GREAT RUSSELL STREET, W.C.
1938

1925

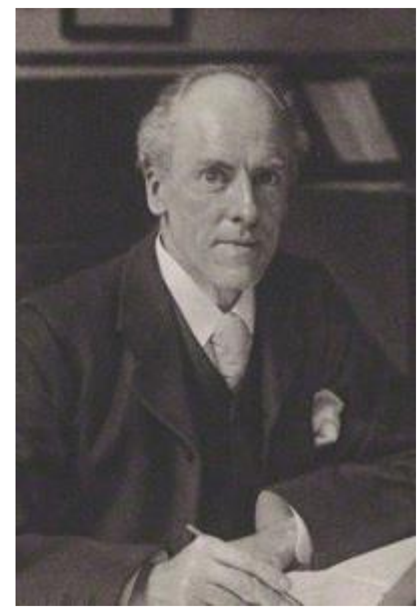
IX. *On the Problem of the most Efficient Tests of Statistical Hypotheses.*

By J. NEYMAN, *Nencki Institute, Soc. Sci. Lit. Varsoviensis, and Lecturer at the Central College of Agriculture, Warsaw, and* E. S. PEARSON, *Department of Applied Statistics, University College, London.*

1930

Generalizou para todos os casos

Propôs p=0.05 como limite para significância



Nível de significância

- Famoso e incauto “valor de *P*” (*P*-value)

- Os valores de alfa mais utilizados são 1%, 5% e 10%

- Então, por que não diminuir o α para próximo de zero?
  - Porque se fizermos isso, quase nunca seríamos capazes de coletar dados com um padrão forte o suficiente para rejeitá-la, mesmo que ela seja falsa. Ou seja, aumentamos a chance de cometer o erro tipo II

THE AMERICAN STATISTICIAN
2016, VOL. 70, NO. 2, 129–133
http://dx.doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

ASA Statement on Statistical Significance and *P*-Values

1. Introduction

Increased quantification of scientific research and a proliferation of large, complex datasets in recent years have expanded the scope of applications of statistical methods. This has created new avenues for scientific progress, but it also brings concerns about conclusions drawn from research data. The validity of scientific conclusions, including their reproducibility, depends on more than the statistical methods themselves. Appropriately chosen techniques, properly conducted analyses and correct interpretation of statistical results also play a key role in ensuring that conclusions are sound and that uncertainty surrounding them is represented properly.

a proposed model for the data. The most common context is a model, constructed under a set of assumptions, together with a so-called "null hypothesis." Often the null hypothesis postulates the absence of an effect, such as no difference between two groups, or the absence of a relationship between a factor and an outcome. The smaller the *p*-value, the greater the statistical incompatibility of the data with the null hypothesis, if the underlying assumptions used to calculate the *p*-value hold. This incompatibility can be interpreted as casting doubt on or providing evidence against the null hypothesis or the underlying assumptions.

2. ***P*-values do not measure the probability that the studied hypothesis is true, or the probability that the data**

5. Escolher a estatística do teste

5. Identificar a Estatística de Teste

Identifique a estatística de teste relevante para o teste e determine sua distribuição amostral (tal como normal, *t*, qui-quadrado).

Tabela 1. Sugestão de alguns testes estatísticos a empregar de acordo com o tipo de variável observada. Entre parênteses alguns testes não-paramétricos.

Variável Dependente	Variável Independente	Teste
Quantitativa	1 Categórica com 2 níveis	Teste t (teste U)
Quantitativa	1 Categórica com + 2 níveis	ANOVA 1-fator (Kruskall-Wallys)
Quantitativa	2 Categóricas	ANOVA 2-fatores (Friedman[1])
Quantitativa	1 Quantitativa	Regressão simples (correlação Spearman)
Quantitativa	2 ou mais quantitativas	Regressão múltipla
Quantitativa	1 categórica e 1 ou mais quantitativas	ANCOVA
Categórica	1 Categórica	Qui-quadrado[2]; Teste G[2]
Categórica	2 ou mais categóricas	Log-linear[2]

(1) No caso de amostras dependentes, (2) Esses testes eventualmente verificam não a relação de dependência entre variáveis, mas sim a associação entre elas, descaracterizando, portanto a classificação de variáveis dependentes e independentes.

Apostila Paglia & de Marco

Tabela 1. Sugestão de alguns testes estatísticos a empregar de acordo com o tipo de variável observada. Entre parênteses alguns testes não-paramétricos.

Variável Dependente	Variável Independente	Teste
Quantitativa	1 Categórica com 2 níveis	Teste t (teste U)
Quantitativa	1 Categórica com + 2 níveis	ANOVA 1-fator (Kruskall-Wallys)
Quantitativa	2 Categóricas	ANOVA 2-fatores (Friedman[1])
Quantitativa	1 Quantitativa	Regressão simples (correlação Spearman)
Quantitativa	2 ou mais quantitativas	Regressão múltipla
Quantitativa	1 categórica e 1 ou mais quantitativas	ANCOVA
Categórica	1 Categórica	Qui-quadrado[2]; Teste G[2]
Categórica	2 ou mais categóricas	Log-linear[2]

(1) No caso de amostras dependentes, (2) Esses testes eventualmente verificam não a relação de dependência entre variáveis, mas sim a associação entre elas, descaracterizando, portanto a classificação de variáveis dependentes e independentes.

Apostila Paglia & de Marco

6. Valor crítico do teste

Como escolher valores críticos

- São valores da estatística do teste a partir do qual se pode rejeitar a hipótese de que a estatística veio de uma distribuição nula, com um certo nível de confiança (probabilidade), dado o tamanho amostral.

- A região crítica é a região onde Ho é rejeitada. A área da região crítica é igual ao nível de significância (α), que estabelece a probabilidade de rejeitar Ho quando ela é verdadeira.

- Por exemplo, se utilizarmos o nível de significância de 5%, a probabilidade de rejeitar Ho quando ela é verdadeira é igual a 5%.


Ho é rejeitada
Ho é aceita
Ho é rejeitada
Região
Crítica
Região
Crítica
Região de
Rejeição
Região de
Aceitação
Região de
Rejeição

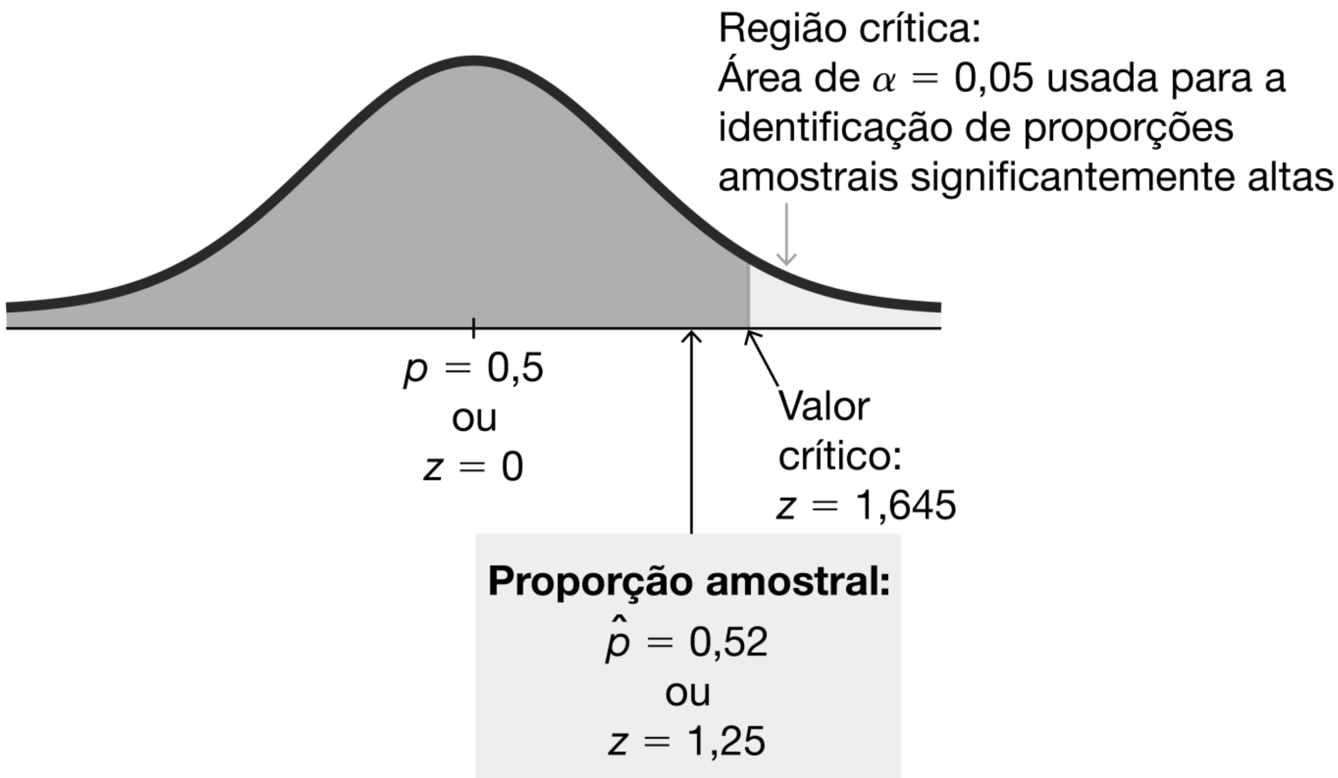


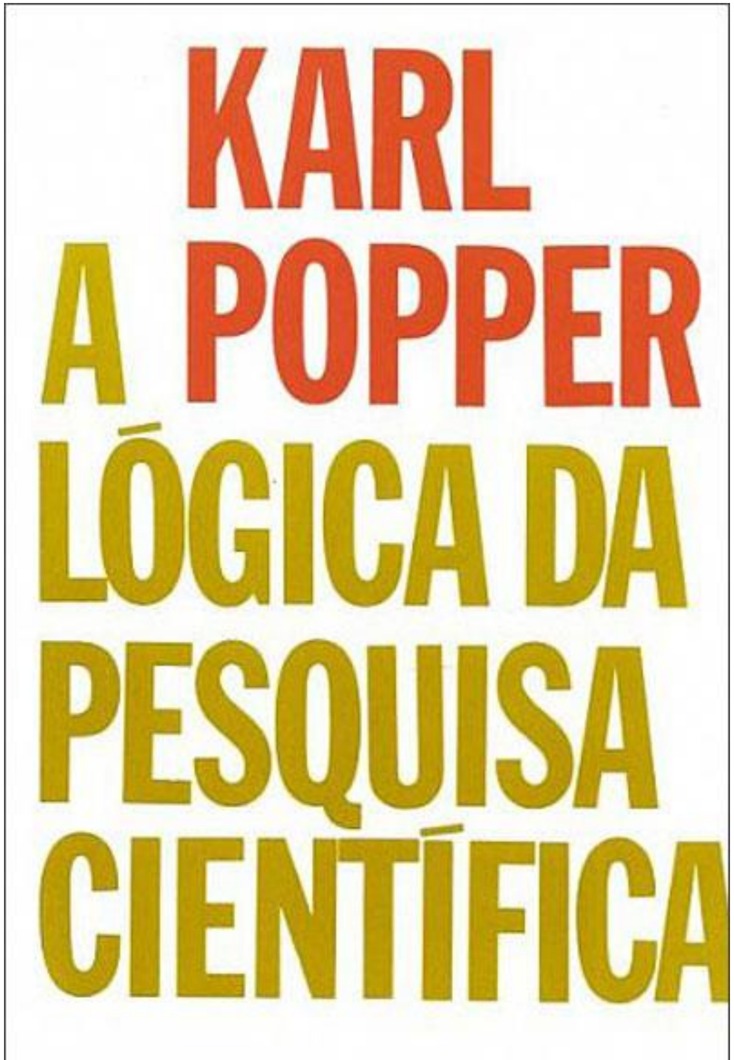
FIGURA 8.4 Região Crítica, Valor Crítico e Estatística de Teste.

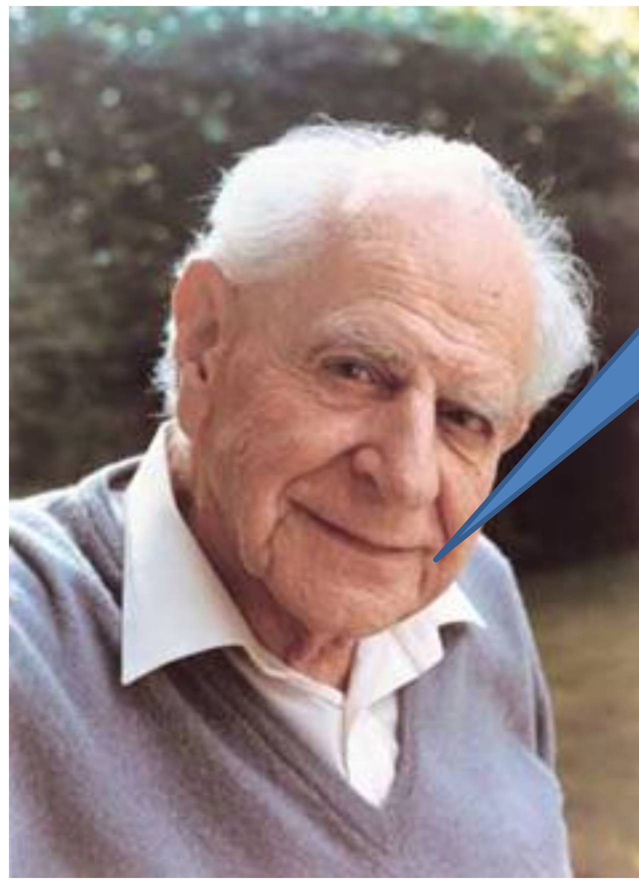
Copyright @ LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Reprodução Proibida.

Decisão é baseada na Hipótese nula

- Se o valor da estatística do teste cair na região crítica, rejeita-se Ho.
- Ou **rejeitamos** a H_0
  - No exemplo, há diferença entre a média de altura dos grupos
- Ou **aceitamos** a Ho
  - No exemplo, não há diferença entre as médias dos grupos

Princípio da falseabilidade





Só conseguimos desprovar uma hipótese

Erro tipo I e tipo II

Type I Error

FALSO POSITIVO

Type II Error

FALSO NEGATIVO

Decisão	H_0 é Verdadeira	H_0 é Falsa
Não Rejeitar H_0	Decisão Correta	Erro do Tipo II (β)
Rejeitar H_0	Erro do Tipo I (α)	Decisão Correta (Poder)

Decisão	**H_0 é Verdadeira**	**H_0 é Falsa**
Não Rejeitar H_0	Decisão Correta	Erro do Tipo II (β)
Rejeitar H_0	$\boxed{\text{Erro do Tipo I } (\alpha)}$	Decisão Correta (Poder)

Erro tipo I

- **Erro tipo I** (*nível de significância, ou α*): Define a probabilidade máxima que estamos dispostos a aceitar de cometer um Erro do Tipo I.

- *O que significa?* Sempre que a probabilidade calculada por um teste for menor ou igual a α, deve-se rejeitar a hipótese nula, por ela ser *menos plausível* que o nível crítico adotado.

A decisão é baseada no Erro tipo I (alfa), porque é considerado o mais grave e porque os testes pressupõem que a hipótese nula seja verdadeira

Decisão	**H_0 é Verdadeira**	**H_0 é Falsa**
Não Rejeitar H_0	Decisão Correta	Erro do Tipo II (β)
Rejeitar H_0	Erro do Tipo I (α)	Decisão Correta (Poder)

Erro tipo II (β)

- A chance de cometer o erro tipo II (β) depende:
  - Do nível de significância (quanto maior o α, menor o β)
  - Do tamanho amostral (quanto maior, menor o β)
  - Do tamanho do efeito: o quão afastada a realidade está da hipótese nula (quanto mais, menor o β)
  - Da variabilidade natural dos dados não explicada pelo efeito testado (quanto maior, maior o β)

Poder do teste = 1 - β

- Ao reduzir o beta, aumentamos o poder do teste
- *Rejeição* da hipótese nula quando ele é realmente FALSA. Um teste poderoso é aquele capaz de detectar pequenos efeitos, ou seja, pequenos desvios da hipótese nula.
- Mas como podemos fazer isso?
  - Reduzir o erro de estimativa
  - Aumentar o tamanho amostral
  - Aumentar a diferença nos tratamentos/grupos
  - Utilizar o desenho amostral/experimental correto
  - Aumentar o erro tipo I

7. Calcular a estatística do teste

Método do Valor P

6. Achar Valores

Ache o valor da **estatística de teste** e o **valor *P*** (ver Figura 8.3). Desenhe um gráfico que mostre a estatística de teste e o valor P.

7. Tomar uma Decisão

- **Rejeite H_0** se o valor $P \leq \alpha$.
- **Deixe de rejeitar H_0** se o valor $P > \alpha$.

Método do Valor Crítico

6. Achar Valores

Ache o valor da **estatística de teste** e os **valores críticos**. Desenhe um gráfico que mostre a estatística de teste, os valores críticos e a região crítica.

7. Tomar uma Decisão

- **Rejeite H_0** se a estatística de teste estiver na região crítica.
- **Deixe de rejeitar H_0** se a estatística de teste não estiver na região crítica.

A Estatística de Teste

- É um valor calculado a partir dos dados da amostra, usado para decidir se rejeitamos ou não a H_0.
- Ela mede a diferença entre o que foi observado na amostra e o que seria esperado sob a hipótese nula, em unidades de erro padrão.
- **A ideia central:** Se a estatística de teste for muito "extrema" (longe do que H_0 prevê), ela fornece evidências contra H_0.
- Cada teste de hipótese (teste t, qui-quadrado, etc.) tem sua própria estatística de teste (t, χ^2, etc.).

Região Crítica e Valor-p - Dois Caminhos para a Mesma Decisão

- Temos duas abordagens principais para tomar a decisão final:
- **Abordagem do Valor Crítico:**
  - A **região crítica** (ou região de rejeição) é o conjunto de todos os valores da estatística de teste que nos levariam a rejeitar H_0.
  - O **valor crítico** é o ponto que separa a região de rejeição da região de não rejeição. Ele é determinado pelo nível de significância α.
  - **Decisão:** Se a estatística de teste calculada a partir dos seus dados cai na região crítica, você rejeita H_0

Região Crítica e Valor-p - Dois Caminhos para a Mesma Decisão

- **Abordagem do Valor-*P*:**
- O **valor de *P*** é a probabilidade de obter um resultado (uma estatística de teste) ***tão ou mais extremo do que o que foi observado na amostra, assumindo que a hipótese nula (H_0) é verdadeira***.
- **Decisão:** Se o p-valor for menor ou igual ao nível de significância α, você rejeita H_0.
  - **Se $p \leq \alpha$ → Rejeita-se H_0** (Resultado estatisticamente significante)
  - **Se $p > \alpha$ → Não se rejeita H_0** (Resultado não estatisticamente significante)

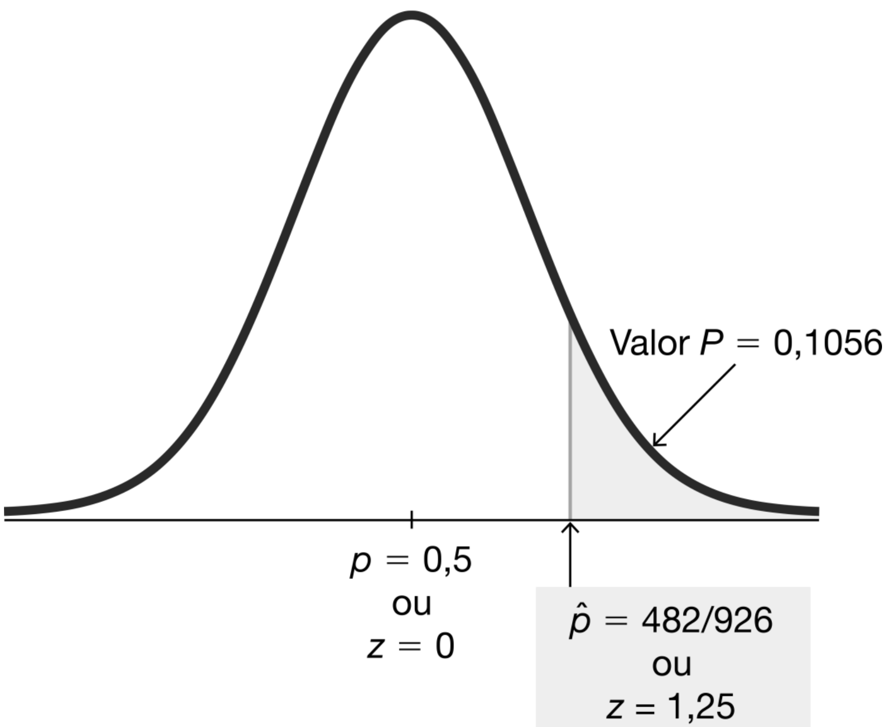


FIGURA 8.6 Método do Valor *P*.

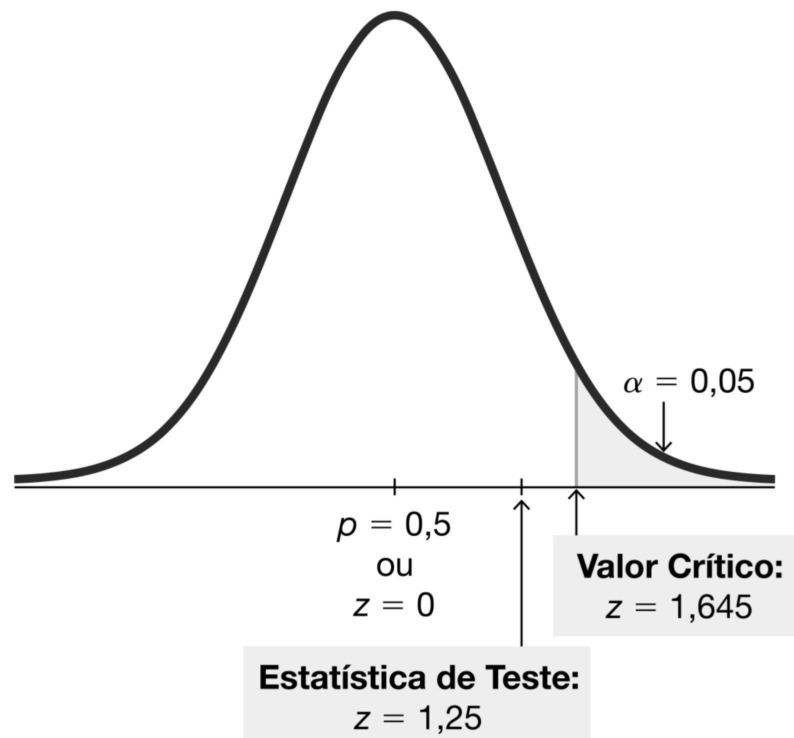


FIGURA 8.7 Método do Valor Crítico.

Copyright @ LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Reprodução Proibida.

Atividade 2 – “Decifrando o valor de *P*” (10 minutos)

- **Instruções:**
  1. Formem pequenos grupos (4-5 alunos).
  2. Discutam o seguinte cenário e preparem uma resposta.
- **Cenário:**
  – Um pesquisador realizou um experimento para testar se um novo tratamento melhora a sobrevivência de corais. Ele definiu $\alpha = 0.05$.
  – Ao final da análise, ele obteve um **valor de *P* = 0.03**.
- **Perguntas para o grupo:**
  1. Qual é a decisão estatística que o pesquisador deve tomar em relação à sua hipótese nula?
  2. O que um p-valor de 0.03 significa em termos de probabilidade, considerando a hipótese nula?
  3. Se o p-valor fosse 0.25, qual seria a decisão e a interpretação?

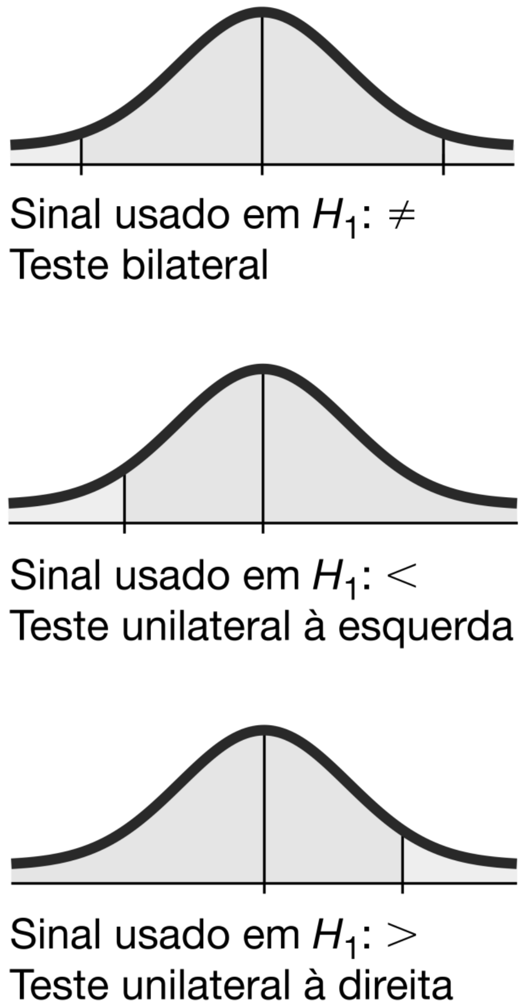
Testes Unicaudais vs. Bicaudais

- A escolha depende de como a hipótese alternativa (H_1) é formulada.
- **Teste Bicaudal :**
  - Usado quando H_1 afirma que existe uma diferença, mas não especifica a direção ($\neq$).
  - A região de rejeição é dividida em duas caudas da distribuição.
  - *Exemplo:* H_1: $\mu 1 \neq \mu 2$.
- **Teste Unicaudal:**
  - Usado quando H_1 especifica a direção da diferença ($<$ ou $>$).
  - A região de rejeição fica em apenas uma cauda da distribuição.
  - *Exemplo Esquerda:* H_1: $\mu<100$ (teste unicaudal à esquerda).
  - *Exemplo Direita:* H_1: $p>0.5$ (teste unicaudal à direita).

Bicaudal

Hipótese alternativa **não** direcional

"existe diferença entre os grupos"



Unicaudal

Hipótese alternativa direcional

FIGURA 8.2 Região Crítica em Teste Bilateral, Unilateral à Esquerda e Unilateral à Direita.

Copyright @ LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Reprodução Proibida.

Como a escolha errada do tipo de teste pode afetar as nossas conclusões

- **Contexto:** Um biólogo quer testar se um novo fertilizante afeta a altura média de uma espécie de planta. A altura média histórica (placebo) é de **30 cm**.
- **Experimento:** Ele cultiva um grupo de **n=30** plantas com o novo fertilizante.
- **Nível de Significância:** α=0.05
- **Resultado do Experimento:** Após coletar os dados, ele calcula sua estatística de teste (vamos usar o *t* de Student, pois n<30 é comum, mas o z funciona igual).
    - **Estatística de Teste Calculada: t_{obs}= 1.80**
    - *(Isso significa que a média da amostra dele foi 1.80 desvios-padrão acima da média de 30 cm).*

Agora, vamos analisar a conclusão de dois pesquisadores diferentes usando **exatamente o mesmo dado (t=1.80)**. (Usaremos graus de liberdade, gl=n−1=29).

O pesquisador Cético (Teste Bicaudal)

Este pesquisador não sabe o que esperar.

- **Pergunta:** "O fertilizante *altera* a altura (para mais ou para menos)?"
- **Hipótese Alternativa (H_a):** $\mu \neq 30$ cm
- **Análise:** Ele divide o $\alpha=0.05$. Ele precisa de 2.5% em cada cauda.
- **Valor Crítico:** Para gl=29 e $\alpha/2=0.025$, o valor crítico de t (que ele procura na tabela) é $\mathbf{t_{crítico} = \pm 2.045}$.
- **Regra de Decisão:** Ele só rejeita H_0 se $t_{obs} > +2.045$ ou $t_{obs} < -2.045$

Comparação:

- O t_{obs} foi **1.80**.
- 1.80 é **menor** que 2.045.
- O valor **não caiu** na região de rejeição.

Conclusão (Bicaudal): "Não há evidência ($P > 0.05$) de que o fertilizante altere a altura média das plantas."

O pesquisador otimista (Teste Unicaudal)

Este pesquisador tem uma base teórica (ex: a química do fertilizante) que o faz crer que ele aumenta o crescimento.

- **Pergunta**: "O fertilizante aumenta a altura?"
- **Hipótese Alternativa** (H_a): $\mu>30$ cm
- **Análise**: Ele "aposta tudo" na cauda superior. Ele coloca $\alpha=0.05$ inteiro de um só lado.
- **Valor Crítico**: Para gl=29 e $\alpha=0.05$ (unicaudal), o valor crítico de t é $t_{crítico}=+1.699$.
- **Regra de Decisão**: Ele rejeita H_0 se $t_{obs} >+1.699$.
- **Comparação**:
- O t_{obs} foi **1.80**.
- 1.80 é **maior** que 1.699.
- O valor **caiu** na região de rejeição.
- Conclusão (Unicaudal): "Há evidência ($P < 0.05$) de que o fertilizante aumenta a altura média das plantas."

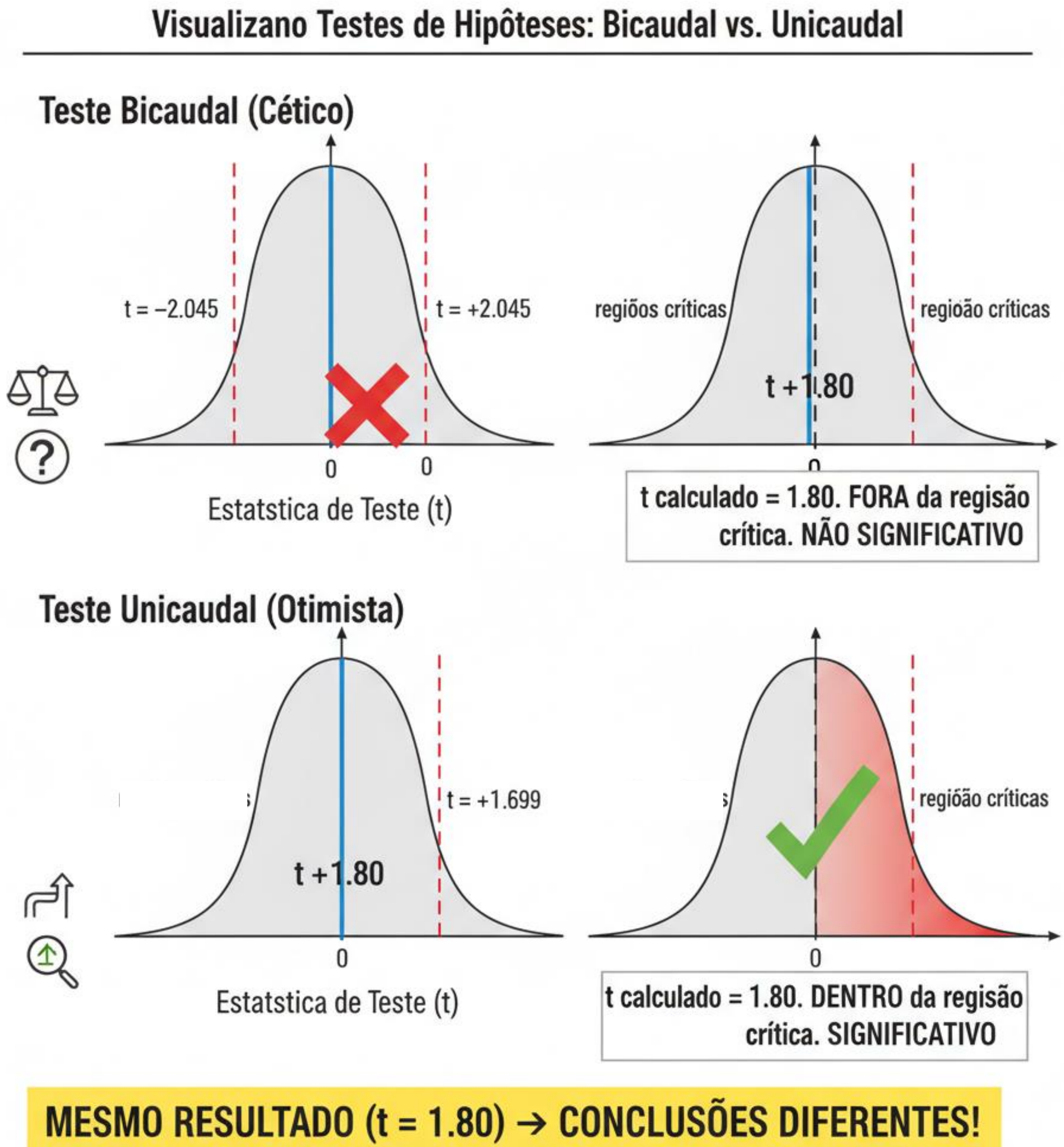
- O mesmo resultado do experimento (t=1.80) foi "não significativo" para um pesquisador e "significativo" para outro.

- Omais importante é: A escolha entre bicaudal e unicaudal não pode ser feita depois que você olha os dados. Isso seria “trapacear” (prática chamada de *p-hacking*). Se o pesquisador cético visse que seu t=1.80 “quase” deu significativo, ele não poderia simplesmente dizer “Ah, vou fingir que eu queria um teste unicaudal desde o início”.

- A escolha deve ser feita antes do experimento, baseada na teoria biológica que justifica uma hipótese direcional. Se não há uma forte razão teórica para prever a direção, o teste bicaudal (mais conservador) é o padrão.

Resumo

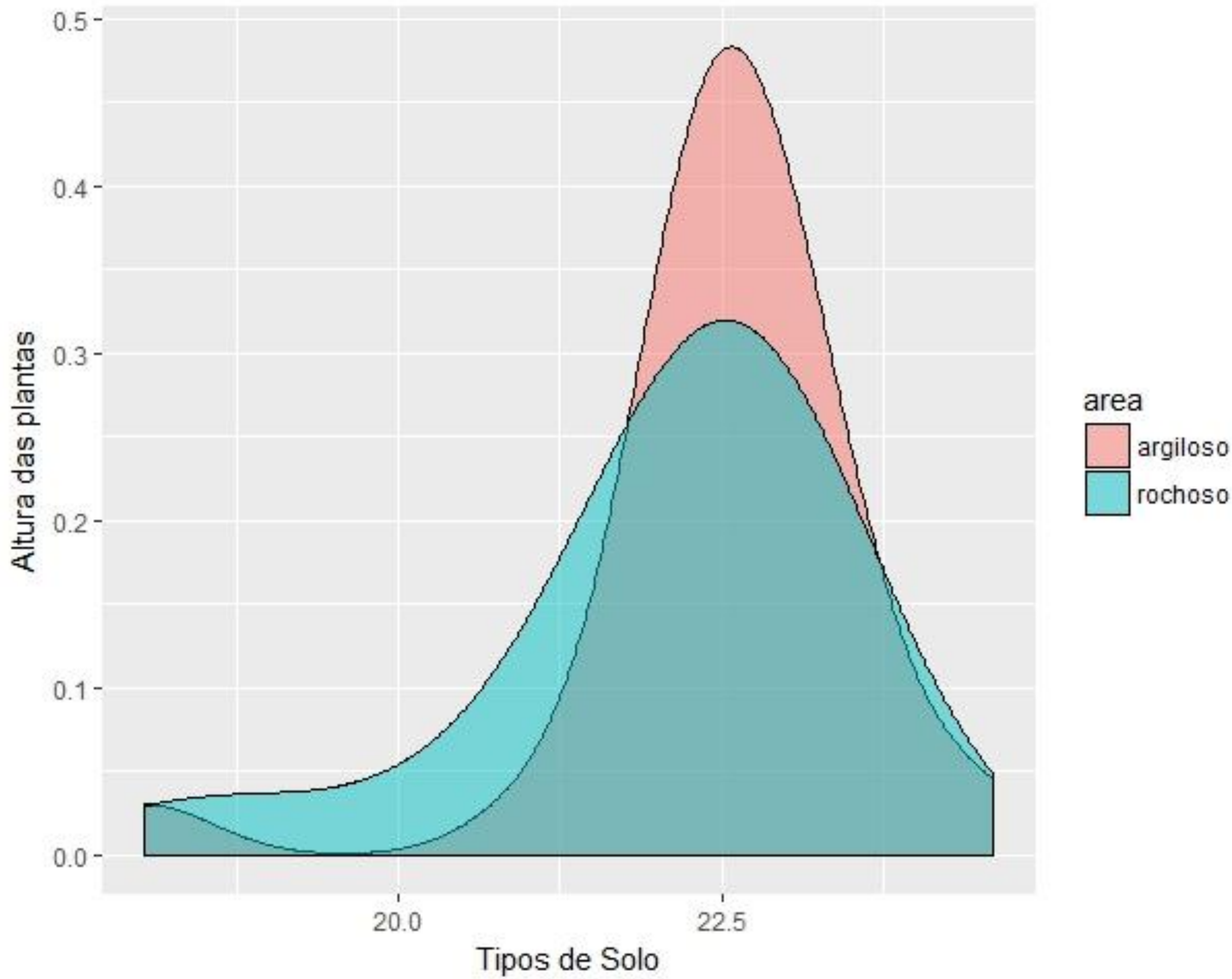
Característica	Cenário 1 (Bicaudal)	Cenário 2 (Unicaudal)
Pergunta de Pesquisa	O fertilizante *altera* a altura?	O fertilizante *aumenta* a altura?
Hipótese Alternativa (H_a)	$\mu \neq 30$	$\mu > 30$
Risco α (0.05)	Dividido: 2.5% em cada cauda	Concentrado: 5% na cauda superior
Valor Crítico ($t_{crítico}$)	$\pm$ 2.045	+1.699
Estatística Calculada	**t = 1.80**	**t = 1.80**
Comparação	1.80 < 2.045	1.80 > 1.699
Conclusão	**NÃO SIGNIFICATIVO**	**SIGNIFICATIVO**



Visualizano Testes de Hipôteses: Bicaudal vs. Unicaudal
Teste Bicaudal (Cético)
t = −2.045
t = +2.045
0
0
Estatstica de Teste (t)
regioðs críticas
regioão críticas
t +1.80
0
t calculado = 1.80. FORA da regisão crítica. NÃO SIGNIFICATIVO
Teste Unicaudal (Otimista)
t = +1.699
t +1.80
0
Estatstica de Teste (t)
regioão críticas
0
t calculado = 1.80. DENTRO da regisão crítica. SIGNIFICATIVO
MESMO RESULTADO (t = 1.80) → CONCLUSÕES DIFERENTES!

Untitled1* | Altura individual.csv

```
area ;Altura
argiloso;22,08
argiloso;22,04
argiloso;22,14
argiloso;23,18
argiloso;22,92
argiloso;22,93
argiloso;22,97
argiloso;23,7
argiloso;22,37
argiloso;23,01
argiloso;21,11
argiloso;22,68
argiloso;22,37
argiloso;22,44
argiloso;22,34
argiloso;22,65
argiloso;22,52
argiloso;22,37
argiloso;18,04
```


0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
Altura das plantas
20.0
22.5
Tipos de Solo
area
argiloso
rochoso

Teste *t* para amostras independentes e variâncias separadas

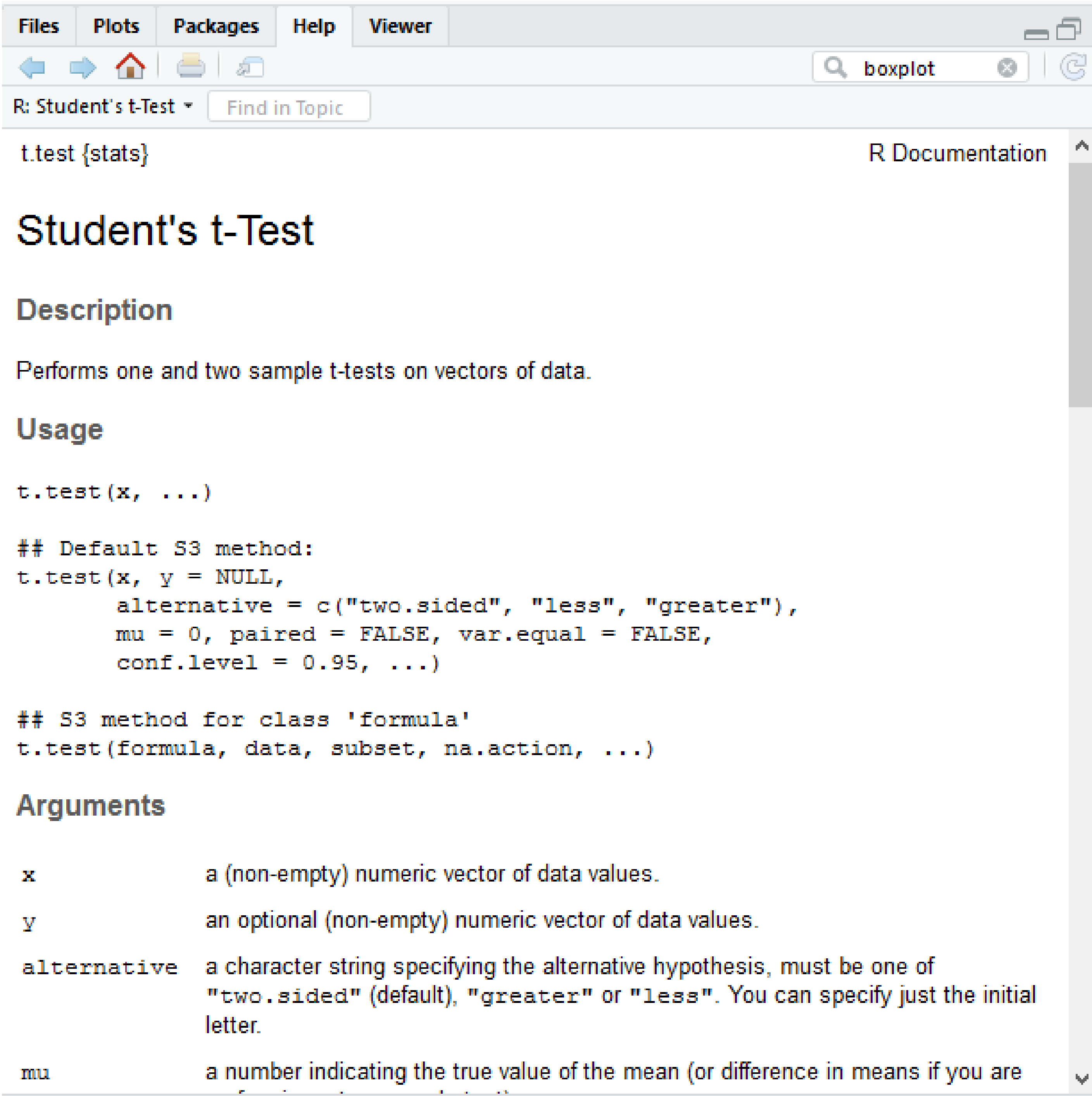
$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

Em linguagem humana...

$$\frac{\textbf{Sinal}}{\textbf{Ruído}} = \frac{\textbf{Diferença na média dos grupos}}{\textbf{Variabilidade dos grupos}}$$

Calculando a estatística do teste

R Markdown com passo-a-passo



t.test {stats}   R Documentation

Student's t-Test

Description

Performs one and two sample t-tests on vectors of data.

Usage

```
t.test(x, ...)

## Default S3 method:
t.test(x, y = NULL,
       alternative = c("two.sided", "less", "greater"),
       mu = 0, paired = FALSE, var.equal = FALSE,
       conf.level = 0.95, ...)

## S3 method for class 'formula'
t.test(formula, data, subset, na.action, ...)
```

Arguments

`x`	a (non-empty) numeric vector of data values.
`y`	an optional (non-empty) numeric vector of data values.
`alternative`	a character string specifying the alternative hypothesis, must be one of `"two.sided"` (default), `"greater"` or `"less"`. You can specify just the initial letter.
`mu`	a number indicating the true value of the mean (or difference in means if you are

Console Terminal

C:/Users/fran_/Downloads/

```
> dados <- read.table("Altura individual.csv", sep=";", h=TRUE, dec=",")
> head(dados);str(dados)
      area Altura
1 argiloso  22.08
2 argiloso  22.04
3 argiloso  22.14
4 argiloso  23.18
5 argiloso  22.92
6 argiloso  22.93
'data.frame':	50 obs. of  2 variables:
 $ area  : Factor w/ 2 levels "argiloso","rochoso": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Altura: num  22.1 22 22.1 23.2 22.9 ...
> t.test( Altura~ area, data=dados, alternative = "greater", var.equal=TRUE)

	Two Sample t-test

data:  Altura by area
t = 1.1802, df = 48, p-value = 0.1219
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 -0.1734882        Inf
sample estimates:
mean in group argiloso  mean in group rochoso 
                22.492                 22.080 

> 
```

Console Terminal

C:/Users/fran_/Downloads/

```
> dados <- read.table("Altura individual.csv", sep=";", h=TRUE, dec=",")
> head(dados);str(dados)
      area Altura
1 argiloso  22.08
2 argiloso  22.04
3 argiloso  22.14
4 argiloso  23.18
5 argiloso  22.92
6 argiloso  22.93
'data.frame':   50 obs. of  2 variables:
 $ area  : Factor w/ 2 levels "argiloso","rochoso": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Altura: num  22.1 22 22.1 23.2 22.9 ...
> t.test( Altura~ area, data=dados, alternative = "greater", var.equal=TRUE)

        Two Sample t-test

data:  Altura by area
t = 1.1802, df = 48, p-value = 0.1219
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 -0.1734882        Inf
sample estimates:
mean in group argiloso  mean in group rochoso 
                22.492                 22.080 

> 
```

Console Terminal

C:/Users/fran_/Downloads/

```
> dados <- read.table("Altura individual.csv", sep=";", h=TRUE, dec=",")
> head(dados);str(dados)
      area Altura
1 argiloso  22.08
2 argiloso  22.04
3 argiloso  22.14
4 argiloso  23.18
5 argiloso  22.92
6 argiloso  22.93
'data.frame':   50 obs. of  2 variables:
 $ area  : Factor w/ 2 levels "argiloso","rochoso": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Altura: num  22.1 22 22.1 23.2 22.9 ...
> t.test( Altura~ area, data=dados, alternative = "greater", var.equal=TRUE)

        Two Sample t-test

data:  Altura by area
t = 1.1802, df = 48, p-value = 0.1219
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 -0.1734882        Inf
sample estimates:
mean in group argiloso  mean in group rochoso 
                22.492                 22.080 

> 
```

Console | Terminal

C:/Users/fran_/Downloads/

```
> dados <- read.table("Altura individual.csv", sep=";", h=TRUE, dec=",")
> head(dados);str(dados)
      area Altura
1 argiloso  22.08
2 argiloso  22.04
3 argiloso  22.14
4 argiloso  23.18
5 argiloso  22.92
6 argiloso  22.93
'data.frame':	50 obs. of  2 variables:
 $ area  : Factor w/ 2 levels "argiloso","rochoso": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Altura: num  22.1 22 22.1 23.2 22.9 ...
> t.test( Altura~ area, data=dados, alternative = "greater", var.equal=TRUE)

	Two Sample t-test

data:  Altura by area
t = 1.1802, df = 48, p-value = 0.1219
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 -0.1734882        Inf
sample estimates:
mean in group argiloso  mean in group rochoso 
                22.492                 22.080 

> 
```

Passo a Passo de um Teste de Hipóteses

1. **Formule as hipóteses:** Defina a Hipótese Nula (H_0) e a Hipótese Alternativa (H_1) a partir da pergunta de pesquisa.
2. **Defina o nível de significância:** Escolha o valor de α (geralmente 0.05).
3. **Calcule a estatística de teste:** Use a fórmula apropriada para seus dados (ex: teste *z*, teste *t*).
4. **Encontre o p-valor (ou o valor crítico):** Determine a probabilidade associada à sua estatística de teste.
5. **Tome a decisão:** Compare o p-valor com α (ou a estatística de teste com o valor crítico).
    1. Rejeite H_0 ou Não Rejeite H_0.
6. **Interprete o resultado:** Conclua em linguagem clara, respondendo à pergunta de pesquisa original.

8. Tomada de decisão: rejeitar ou não a hipótese nula?

7. Tomar uma Decisão

- **Rejeite H_0** se o valor $P \leq \alpha$.
- **Deixe de rejeitar H_0** se o valor $P > \alpha$.

7. Tomar uma Decisão

- **Rejeite H_0** se a estatística de teste estiver na região crítica.
- **Deixe de rejeitar H_0** se a estatística de teste não estiver na região crítica.

Console   Terminal

C:/Users/fran_/Downloads/

```
> dados <- read.table("Altura individual.csv", sep=";", h=TRUE, dec=",")
> head(dados);str(dados)
      area Altura
1 argiloso  22.08
2 argiloso  22.04
3 argiloso  22.14
4 argiloso  23.18
5 argiloso  22.92
6 argiloso  22.93
'data.frame':   50 obs. of  2 variables:
 $ area  : Factor w/ 2 levels "argiloso","rochoso": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ Altura: num  22.1 22 22.1 23.2 22.9 ...
> t.test( Altura~ area, data=dados, alternative = "greater", var.equal=TRUE)

        Two Sample t-test

data:  Altura by area
t = 1.1802, df = 48, p-value = 0.1219
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 -0.1734882        Inf
sample estimates:
mean in group argiloso  mean in group rochoso 
                22.492                 22.080 

> 
```

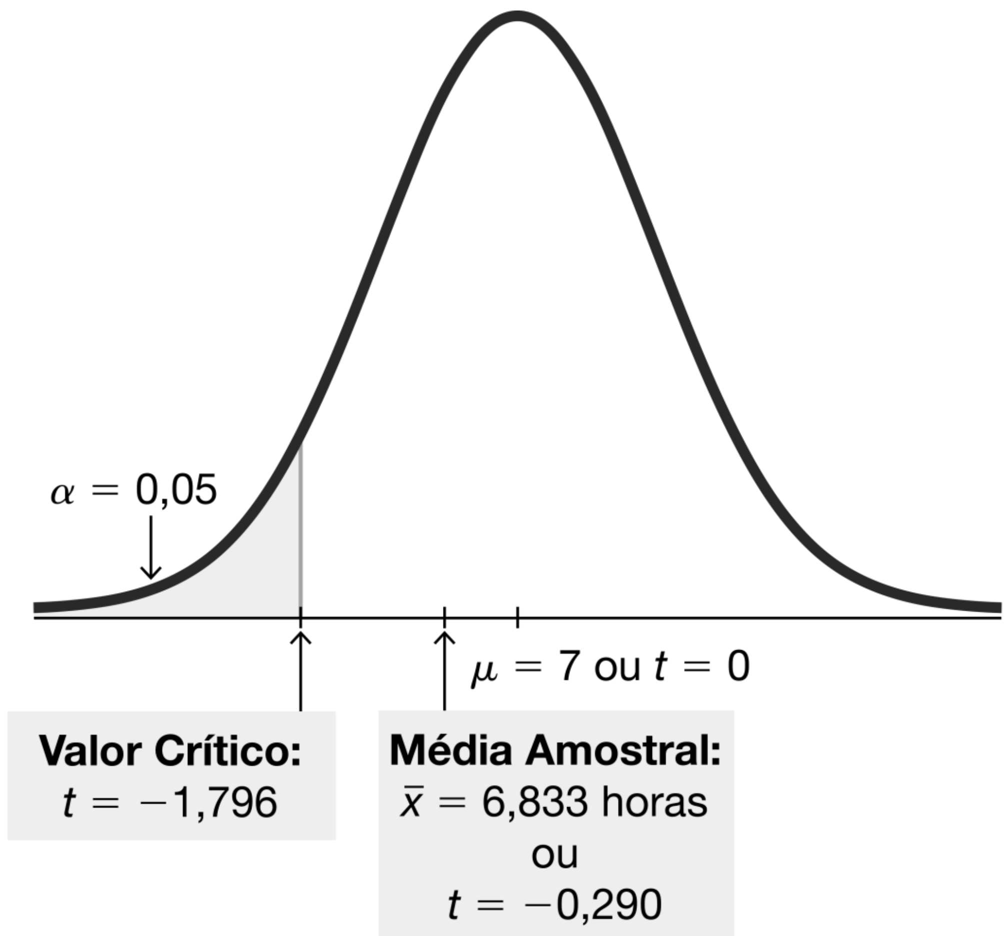
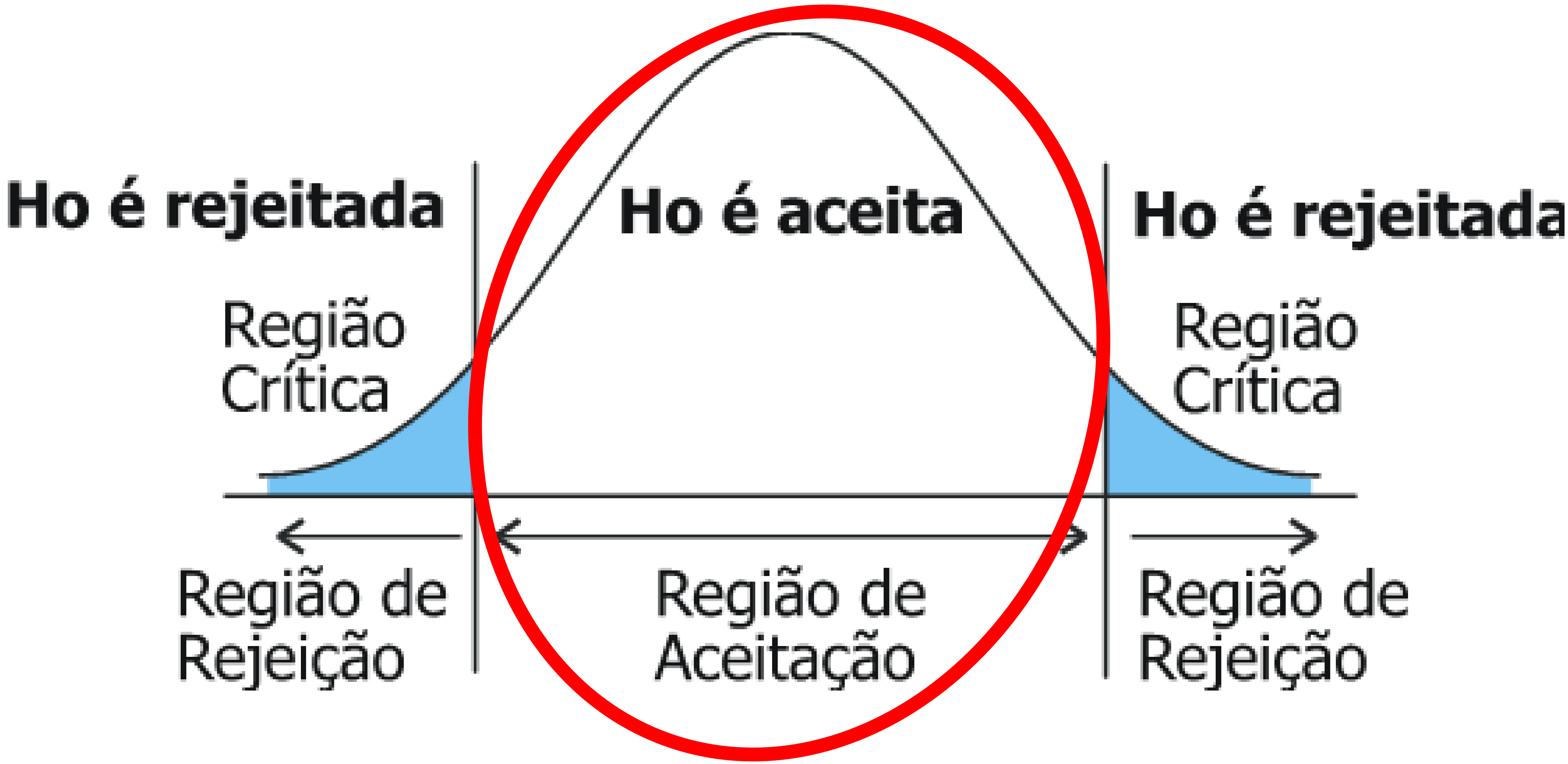


FIGURA 8.8 Teste *t*: Método do Valor Crítico.

Copyright @ LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Reprodução Proibida.



$t_{obs} < t_{crit}$

Hipótese nula deve ser aceita

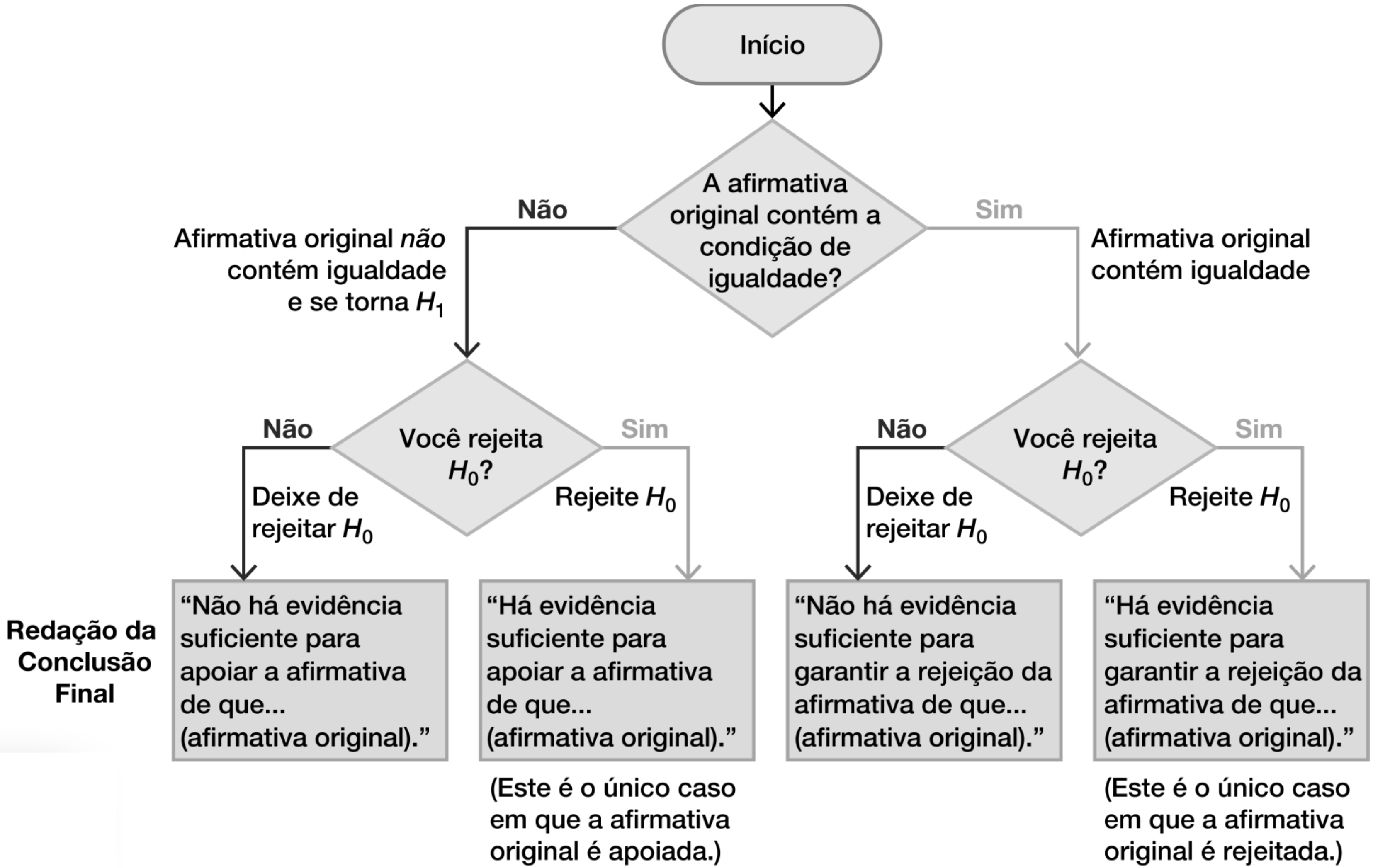
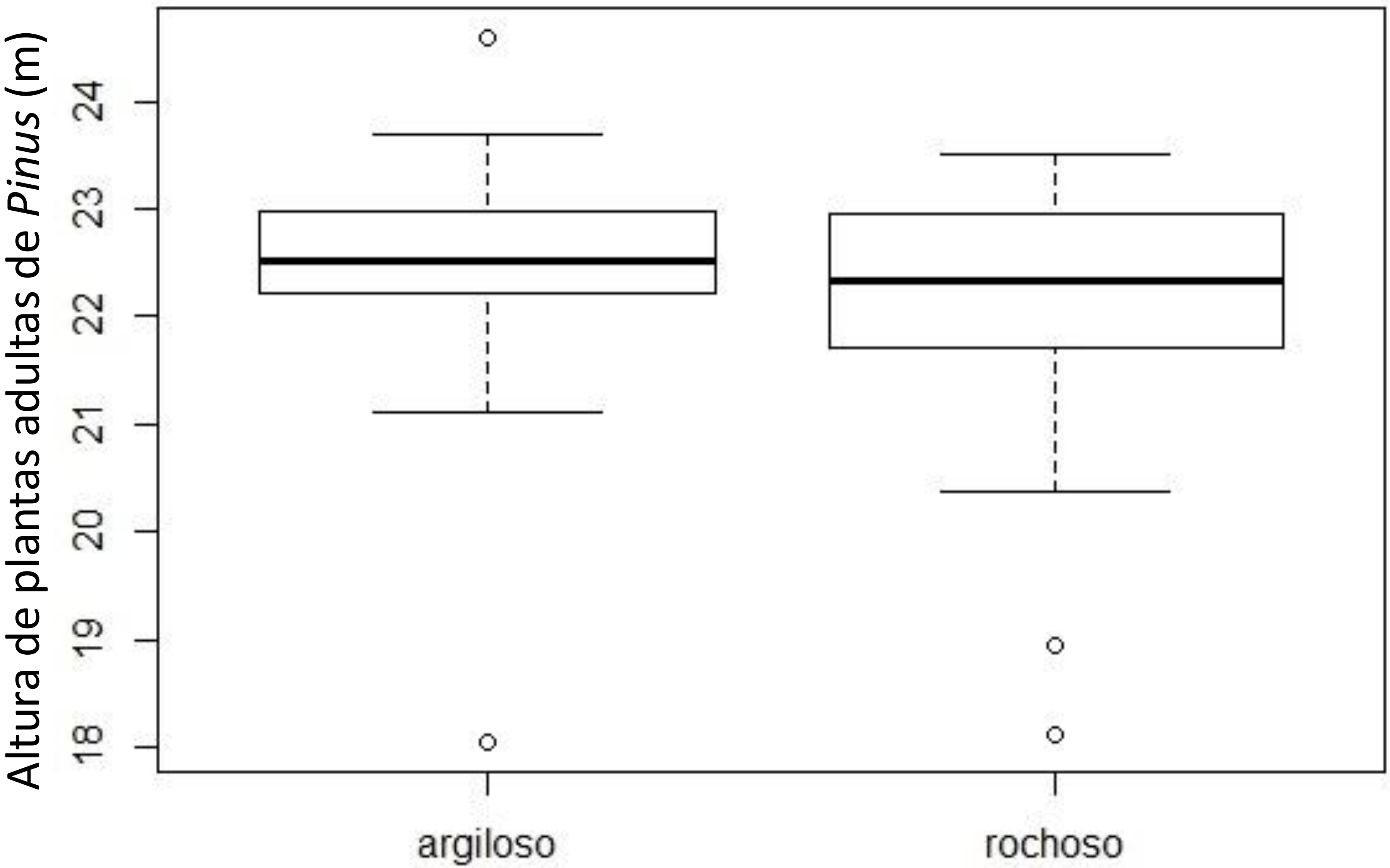


FIGURA 8.5 Testes de Hipótese: Redação da Conclusão Final.

Copyright @ LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Reprodução Proibida.

Como exibir os resultados em forma gráfica


Altura de plantas adultas de *Pinus* (m)
24
23
22
21
20
19
18
argiloso
rochoso

Atividade 3 - "Qual é o Teste?" (Kahoot)

https://play.kahoot.it/v2/lobby?quizId=f81ec20f-f843-4cdb-957d-b2ac3922d48b

Resumo dos Tópicos

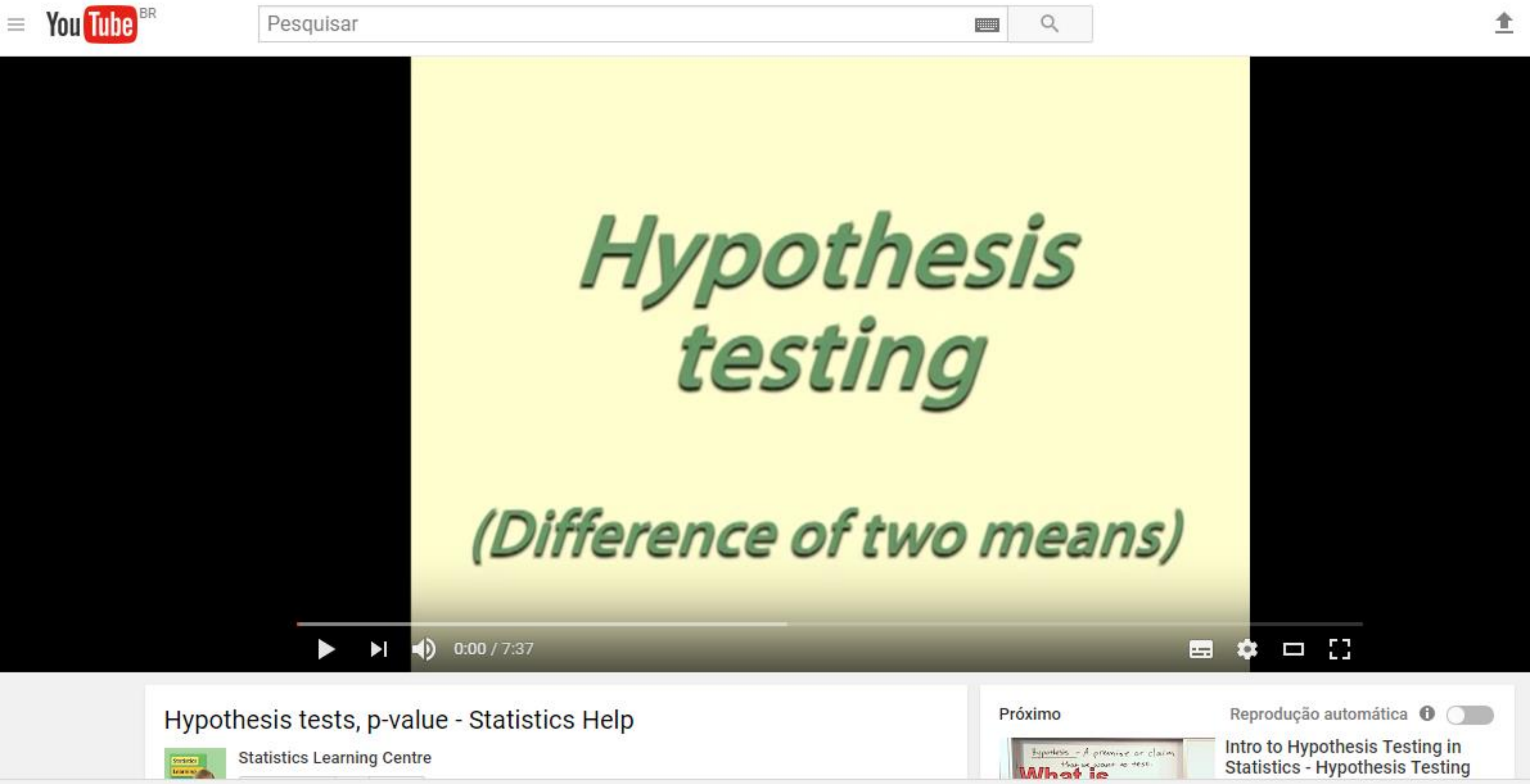
O teste de hipóteses é a ferramenta para tomar decisões baseadas em dados na presença de incerteza.

Sempre partimos da Hipótese Nula (H_0) e buscamos evidências para rejeitá-la.

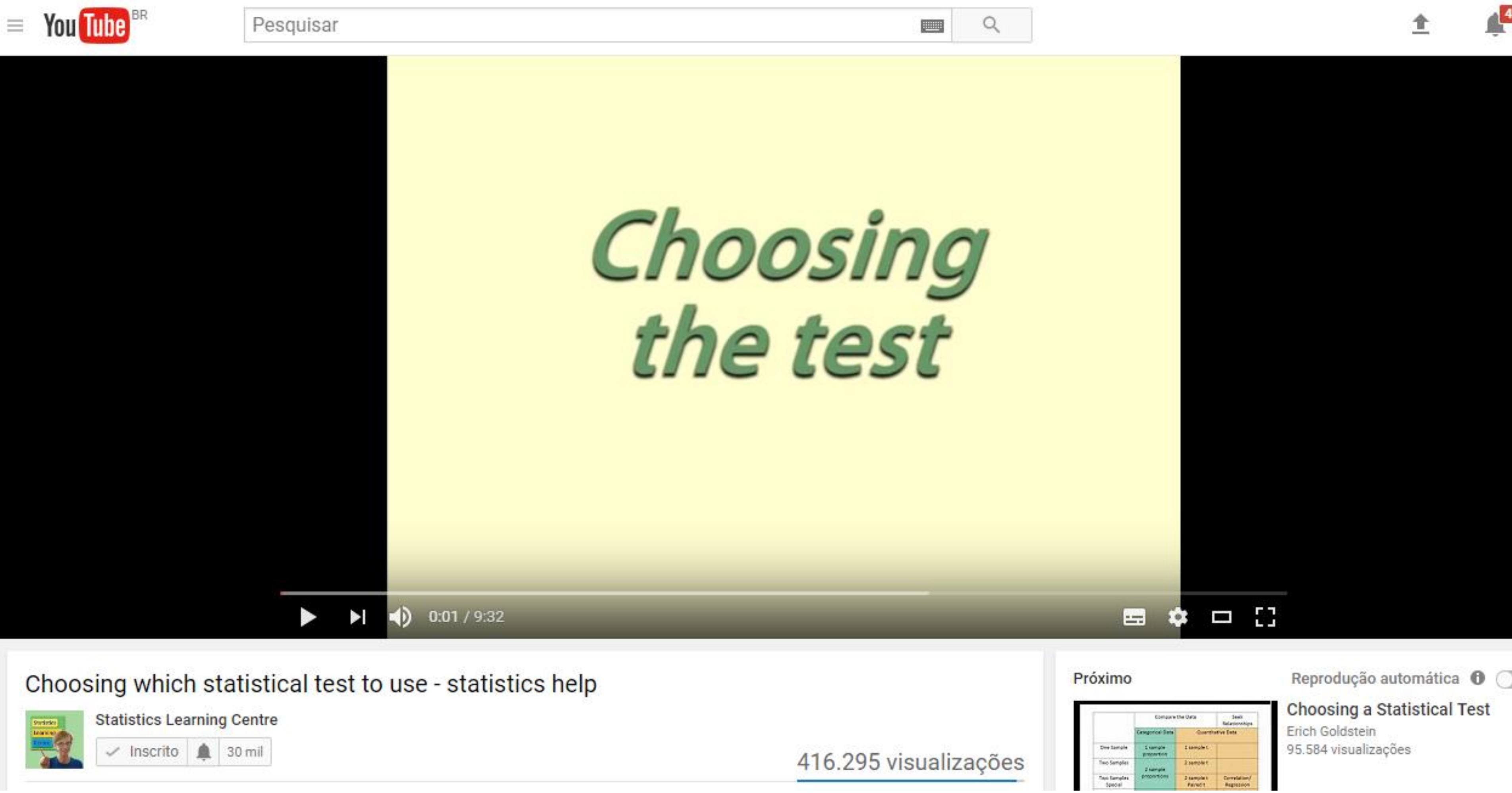
A decisão é feita comparando o **p-valor** com o **nível de significância (α)**.

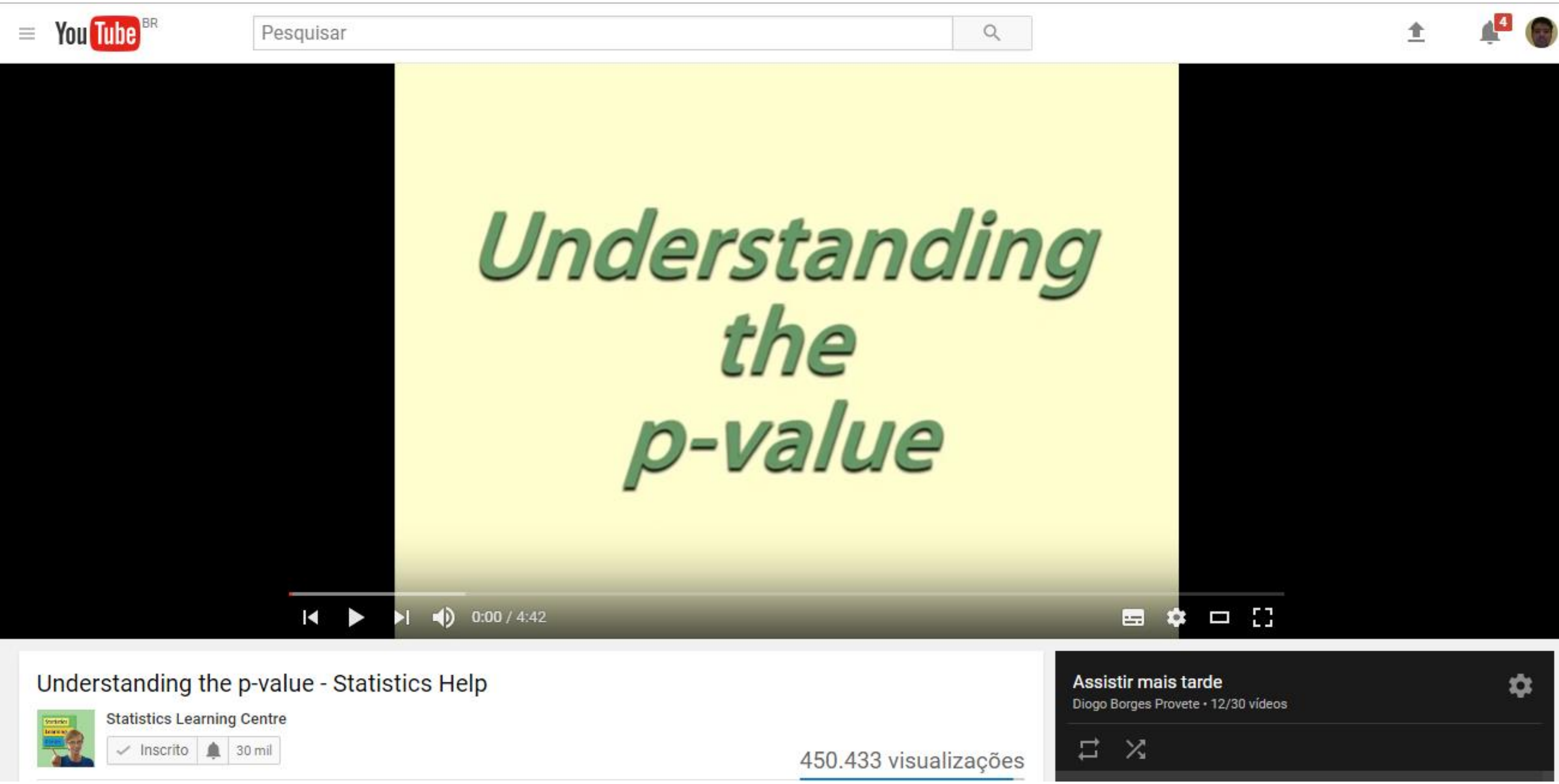
Se $p \leq \alpha$, o resultado é estatisticamente significante e rejeitamos H_0.

Recursos extras online



Canal do YouTube: Statistics Learning Centre


You Tube BR
Pesquisar
4
Choosing
the test
0:01 / 9:32
Choosing which statistical test to use - statistics help
Statistics Learning Centre
Inscrito
30 mil
416.295 visualizações
Próximo
Reprodução automática
Choosing a Statistical Test
Erich Goldstein
95.584 visualizações


YouTube BR
Pesquisar
4
Understanding
the
p-value
0:00 / 4:42
Understanding the p-value - Statistics Help
Statistics Learning Centre
Inscrito
30 mil
450.433 visualizações
Assistir mais tarde
Diogo Borges Provete • 12/30 vídeos