

Investigação Aplicada I

Aula 7

1º Semestre 2020/21

Licenciatura em Ciências Biomédicas Laboratoriais

Sumário

Normalidade e testes à média ou mediana para uma amostra

Testes à média ou à mediana para duas amostras independentes

Testes à média ou à mediana para duas amostras emparelhadas

Testes à média ou à mediana para três ou mais amostras independentes

Testes à média ou à mediana para três ou mais amostras emparelhadas

Estudo da Normalidade

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Avaliação da normalidade dos dados em relação a uma variável quantitativa

Teste aconselhado: Shapiro-Wilk

Exemplo:

Foram registadas as idades e o género de uma amostra de 30 indivíduos.

Relativamente à população, de onde provem a amostra em estudo, pretende-se inferir as respostas às seguintes perguntas:

Questão 1: A idade da amostra é normalmente distribuída?

Questão 2: A idade é normalmente distribuída por cada género?

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Recorre-se ao teste de Shapiro-Wilk quando temos uma variável quantitativa com $n \geq 10$ e pretendemos aferir se a mesma provem de uma população com uma distribuição normal.

H₀: A variável idade provem de uma população que apresenta uma distribuição normal

H₁: A variável idade provem de uma população que não apresenta uma distribuição normal

-Avaliação do p-value para decidir se rejeitar ou não a H₀. **Se $p \geq \alpha$, podemos dizer que a variável segue uma distribuição normal**




Comandos no SPSS:

Analyze > Descriptive Statistics > Explore . Colocar Idade no campo Dependent List > Opção Plots selecionar Normality Plots with tests.

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Teste de Shapiro-Wilk

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Idade	.109	30	.200	.962	30	.345

- **N da amostra (df =30)** 
- **Valor do teste (Statistic = 0,962)** 
- **Valor da significância do teste p=0,345 (Sig.)** 

Como $p > \alpha$, com $\alpha=0,05$, não rejeitamos a hipótese nula da normalidade da variável

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Teste de Shapiro-Wilk

Apresentação do Resultado (Questão 1):

➤ Métodos:

“Avaliou-se a normalidade da idade dos sujeitos da amostra recorrendo a um teste de Shapiro-Wilk”

➤ Resultados:

“Verificou-se que a idade dos sujeitos segue uma distribuição normal ($p=0,345$)”

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Teste de Shapiro-Wilk

Questão 2: A idade é normalmente distribuída por cada género?

H_0 : A variável idade apresenta uma distribuição normal para cada género

H_1 : A variável idade não apresenta uma distribuição normal para cada género

Comandos no SPSS:

- *Analyze > Descriptive Statistics > Explore*
- Colocar *Idade* no campo *Dependent List* e o *Género* no campo *Factor List*
- Na opção *Plots* seleccionar *Normality Plots with tests*.

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Teste de Shapiro-Wilk

Questão 2: A idade é normalmente distribuída por cada género?

	Género	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Idade	Masculino	.239	15	.021	.877	15	.043
	Feminino	.113	15	.200	.959	15	.676

Tamanho da amostra para cada género = 15

Género masculino $p=0,043$

Género feminino $p=0,676$

Rejeita-se a normalidade da variável idade para o género masculino apenas.

Estudo da Normalidade – Testes à normalidade

Teste de Shapiro-Wilk

Questão 2: A idade é normalmente distribuída por cada género?

Apresentação do resultado:

➤ **Métodos**

Testou-se a normalidade da variável idade, por género, recorrendo a testes de Shapiro-Wilk

➤ **Resultados**

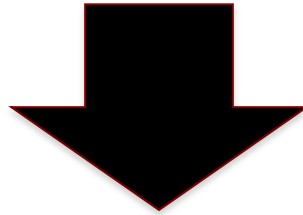
Verificou-se que a variável idade segue uma distribuição normal para o género feminino ($p=0,676$). Relativamente ao género masculino, a variável idade não segue uma distribuição normal ($p=0,043$).

Distribuição t

Inferência estatística: Distribuição t

Inferir dados sobre uma população através de uma amostra dessa população

Desvio padrão da população é substituído pelo desvio padrão da amostra

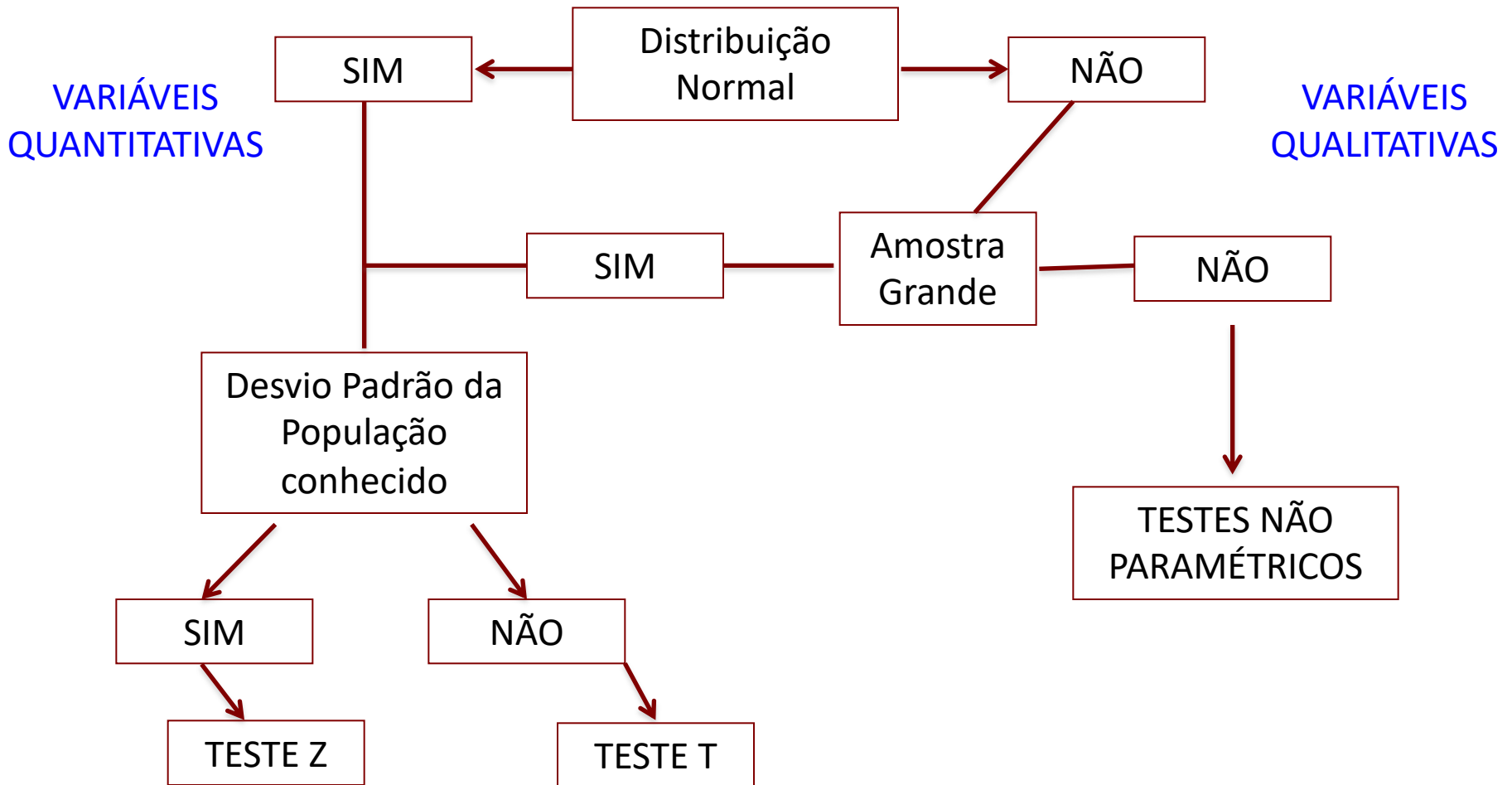


Introdução de um erro no processo de inferência: erro de estimação do desvio padrão

Novo intervalo do desvio padrão será maior do que o considerado com a estatística Z

Distribuição t

Inferência estatística



Inferência estatística

Distribuição t

Tem em conta o desvio padrão amostral que varia em função dos graus de liberdade

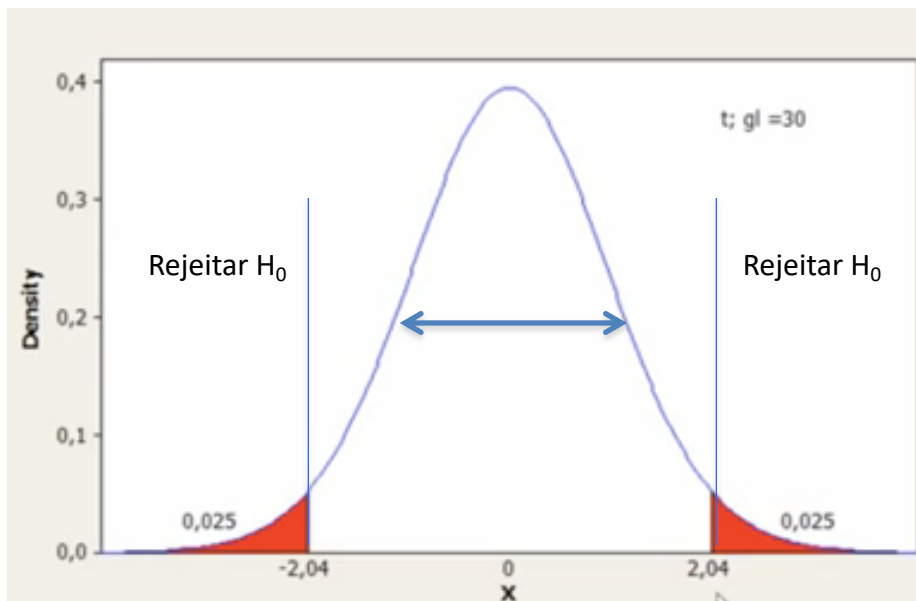
Parâmetro usado para descrever a distribuição t é o número de graus de liberdade (*d.f. Degrees of freedom*), que consiste no tamanho da amostra menos o número de amostras estimadas de uma população:

$df = n-1$ (uma amostra)

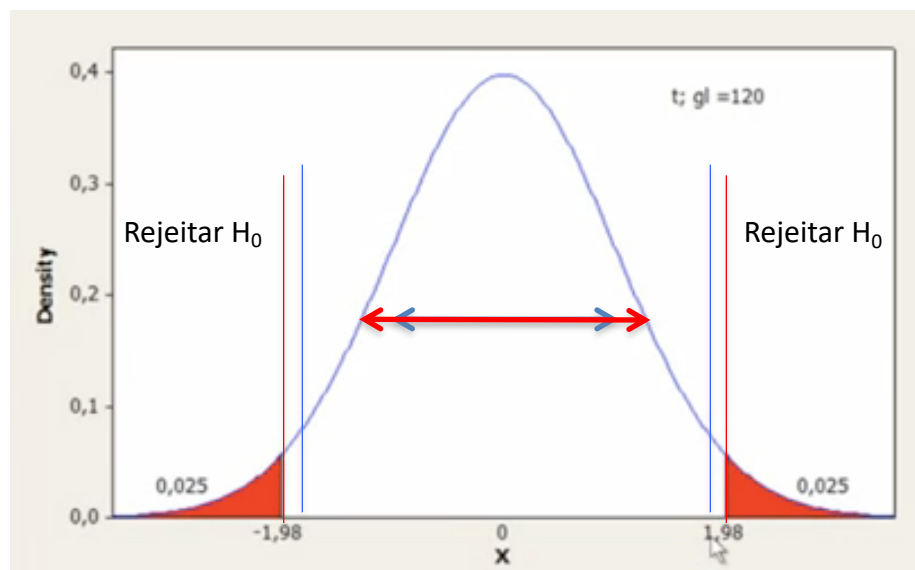
$df = n-2$ (para duas amostras emparelhadas)

...

A distribuição t-Student

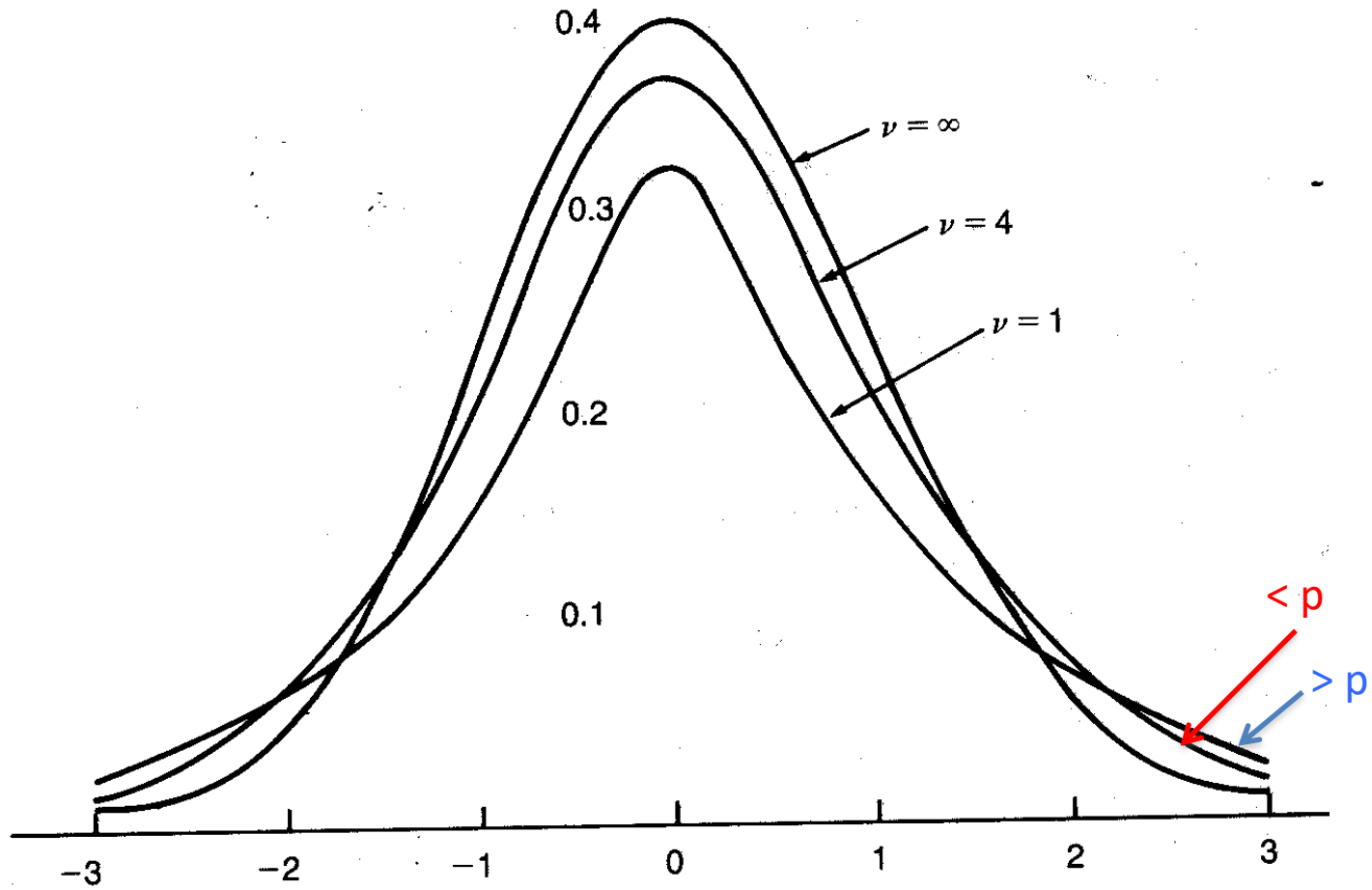


$\leftrightarrow gl = 30$



$\leftrightarrow gl = 120$

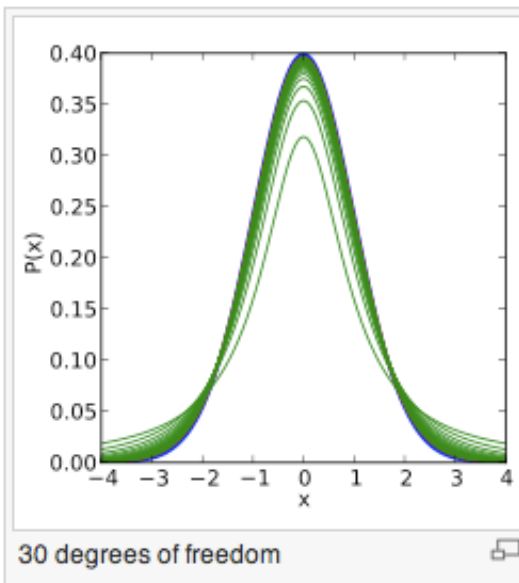
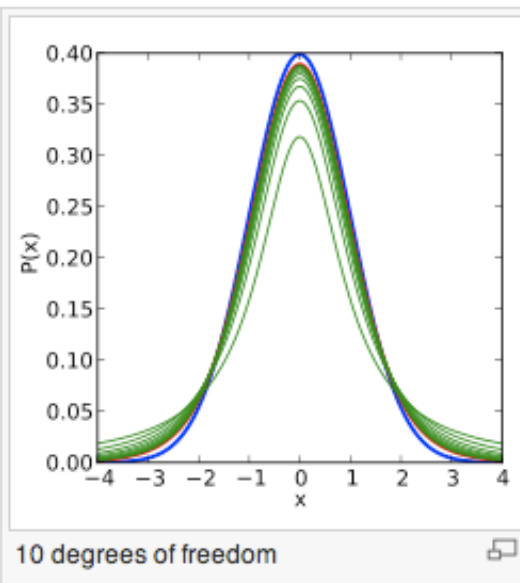
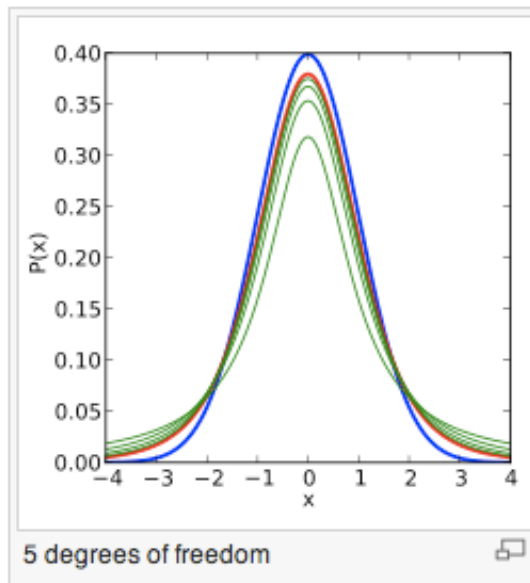
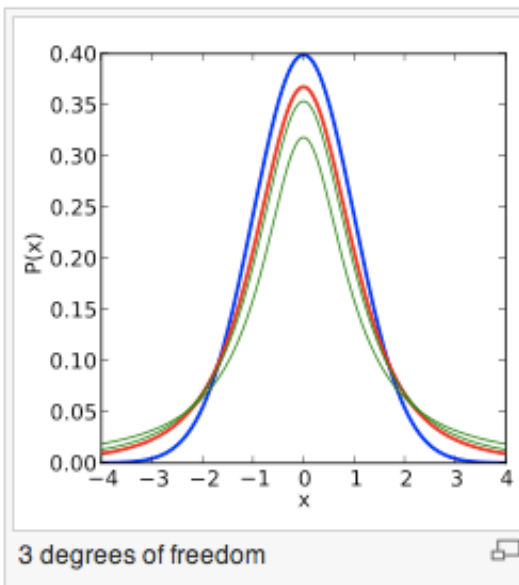
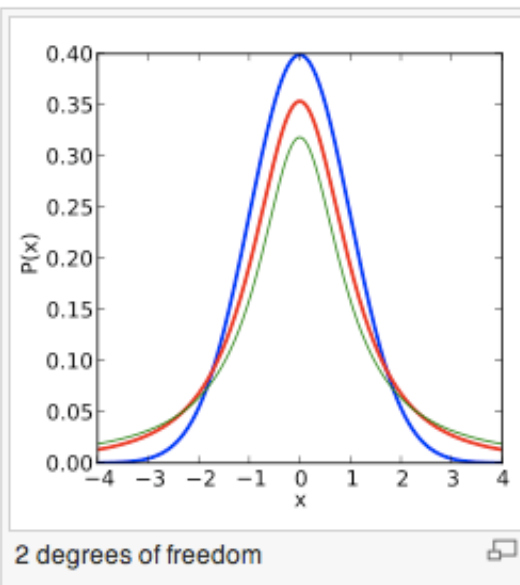
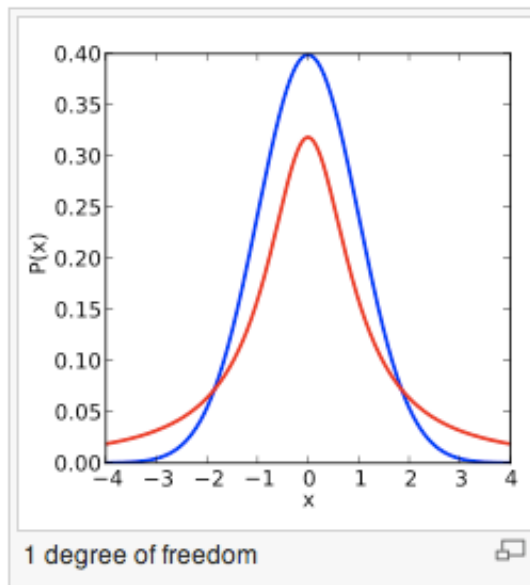
A distribuição t-Student



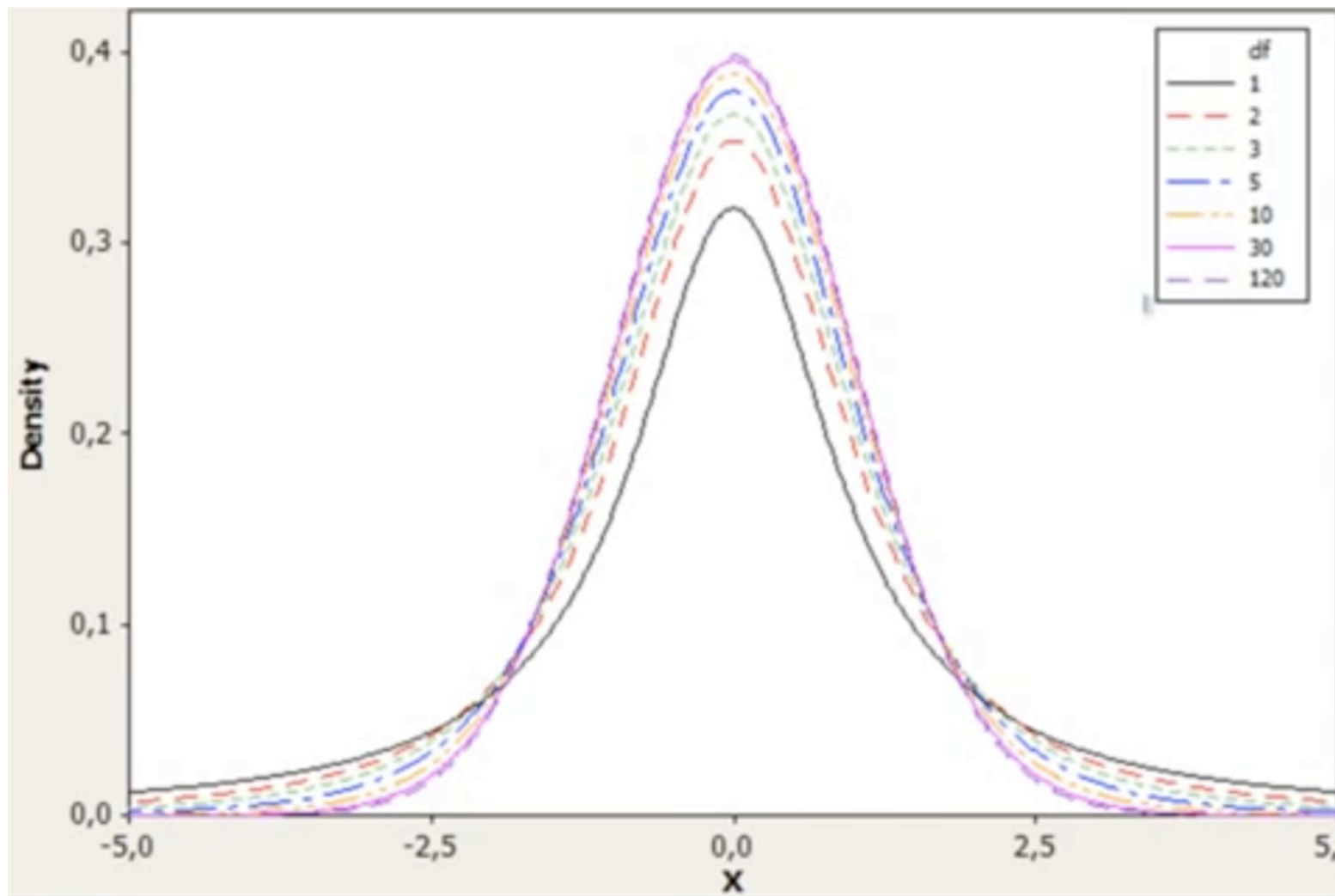
Representação gráfica de distribuições t reduzidas, para 1, 4 e ∞ graus de liberdade

A distribuição t-Student

Distribuição Normal
Distribuição t



A distribuição t-Student



Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Testes :

- **t-Student:** amostras independentes quando se pretende comparar a média dos valores de uma variável entre dois grupos ou amostras. Apenas para variáveis com distribuição normal para cada grupo ou amostra.
- **Mann-Whitney U:** Utiliza-se quando estamos perante uma variável que não é normalmente distribuída por dois grupos ou amostras. No caso de dois grupos, basta que um deles não siga uma distribuição normal para usar este teste

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Testes :

- t-Student
- Mann-Whitney U

Exemplo:

Registou-se relativamente a um grupo de 60 sujeitos, dos quais 30 são controlos e 30 pacientes com cancro, os valores para as suas glicoses (em mg/dl) e insulina (em $\mu\text{U/ml}$).

Questão 1: Os valores da glicose encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

Questão 2: Os valores de insulina encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

H_0 : Não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos

H_1 : Há diferença estatisticamente significativa entre os grupos

Se : Distribuição Não Normal

Teste **Mann-Whitney U** :

Comando no SPSS:

Analyze > Nonparametric Test > Legacy Dialogs > 2 Independent Samples.

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

H0: Não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos

H1: Há diferença estatisticamente significativa entre os grupos

Se : Distribuição Normal

Teste **t-Student**:

O teste t-Student difere no calculo das suas estatísticas consoante se possa assumir haver igualdade de variâncias entre os dois grupos. Para tal, o SPSS recorre ao teste de Levene para avaliar a eventual diferença de variância entre variáveis: H_0 : As variâncias dos grupos são iguais

Calcula ainda estatísticas de teste para os casos em que se pode, e em que não se pode, assumir haver igualdade de variâncias.

Comando no SPSS:

Analyze > Compare Means > Independent-Samples T Test

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 1: Os valores da glicose encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

➤ Estudo da Normalidade:

Grupo controlos: $p=0,778$

Grupo pacientes: $p=0,299$

➤ t-Student para duas amostras independentes

Analyze > Compare Means > Independent-Samples T Test

Coloca-se a variável Glicose no campo *Test Variable* e a variável Grupo no campo *Grouping Variable*.

Selecionar a opção *Define Groups...* e colocar *Group 1=0* e *Group 2=1*

(esta opção indica que se pretende comparar controlos e pacientes, codificados na serie de dados pelos números 0 e 1 respetivamente, na variável Grupo)

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 1: Os valores da glicose encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

➤ t-Student para duas amostras independentes

		Group Statistics			
Grupo		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Glicose	Controlo	30	89,65	10,08	1,84
	Paciente	30	109,52	24,405	4,456

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Glicose	Equal Variances assumed	14,611	.000	_-4.121	58	.000	_-19.865	4.821	_-29.515	_-10.215
	Equal Variances not assumed			_-4.121	38.614	.000	_-19.865	4.821	_-29.619	_-10.111

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 1: Os valores da glicose encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

➤ t-Student para duas amostras independentes

Teste de Levene → Indica que a variância não é igual para os grupos da amostra. Devemos então ter em conta o p-value do t-test (coluna *Sig. (2-tailed)*) da linha *“Equal variances not assumed”*.

Teste t-Student → Como $p < 0,001$, rejeita-se a hipótese nula do teste t-Student para amostras independentes, concluindo-se que há diferenças estatisticamente significativas entre os níveis de glicose de pacientes e controlos.

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 1: Os valores da glicose encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

t-Student para duas amostras independentes

Apresentação do resultado:

➤ Métodos

Recorreu-se ao teste de t-Student para amostras independentes para comparar os níveis de glicose entre pacientes e controlos

➤ Resultados

Verificou-se que os níveis de glicose nos pacientes (109.53 ± 24.41 mg/dl) diferem de forma estatisticamente significativa dos níveis de glicose dos controlos (89.65 ± 24.41), com $p < 0,001$.

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 2: Os valores de insulina encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

➤ Estudo da Normalidade:

Grupo controlos: $p=0,603$

Grupo pacientes: $p=0,007$

Teste Mann-Whitney U

Analyze > Nonparametric Test > Legacy Dialogs > 2 Independent Samples

Colocar a variável Insulina no campo *Test Variable List* e a variável Grupo no campo *Grouping variable*

Em *Define Groups...* colocar Group 1=0 e Group 2= 1

Testes à média ou mediana para duas amostras independentes

Questão 2: Os valores de insulina encontram-se alterados nos indivíduos com cancro, quando comparados com os controlos?

Teste Mann-Whitney U

Test Statistics	
	Insulina
Mann-Whitney U	287.000
Wilcoxon W	752.000
Z	2.410
Asymp. Sig. (2-tailed)	.016

Com $p=0.016$ rejeitamos a hipótese nula e conclui-se que as medianas dos níveis de insulina diferem entre pacientes e controlos.

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Testes :

- t-Student para amostras emparelhadas
- Wilcoxon

Exemplo:

Registou-se relativamente a um grupo de 20 sujeitos os valores dos seus índices de massa corporal (IMC, em kg/m^2) e consumo médio mensal de calorias (em kcal) antes e após uma dieta.

Questão 1: Os valores de IMC são alterados pela dieta?

Questão 2: O consumo médio mensal de calorias altera-se com a dieta?

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Testes :

- t-Student para amostras emparelhadas : Distribuição Normal
- Wilcoxon : Distribuição Não normal

Questão 1: Os valores de IMC são alterados pela dieta?

- Estudo da Normalidade:

IMC_Antes : $p=0,845$

IMC_Depois: $p=0,760$

t-Student para amostras emparelhadas:

Analyze > Compare Means > Paired-Samples T test

Colocam-se as variáveis *IMC_Antes* e *IMC_Depois* nos campos *Variable 1* e *Variable 2*

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Questão 1: Os valores de IMC são alterados pela dieta?

t-Student para amostras emparelhadas:

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	IMC antes da dieta	32.427	20	6.3803	1.4267
	IMC depois da dieta	29.112	20	5.5264	1.2357

Paired Sample Test

		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	IMC antes da dieta - IMC depois da dieta	3.3153	2.0297	.4539	2.3653	4.2652	7.305	19	.000

Como $p < 0,001$, rejeita-se a hipótese nula, concluindo-se que há diferença estatisticamente significativa entre os valores de IMC antes e depois da dieta

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Questão 1: Os valores de IMC são alterados pela dieta?

t-Student para amostras emparelhadas:

Apresentação do Resultado:

➤ Resultados:

Verificou-se existirem diferenças estatisticamente significativas entre os valores de IMC observados antes e depois da dieta ($32.4 \pm 6.4 \text{ kg/m}^2$ e $29.2 \pm 5.5 \text{ kg/m}^2$, respetivamente) com $p < 0.001$.

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Questão 2: O consumo médio mensal de calorias altera-se com a dieta?

➤ Estudo da Normalidade:

Cal_Antes : p=0,022

Cal_Depois: p=0,102

Teste Wilcoxon:

Analyze > Nonparametric Tests > Legacy Dialogs > 2 Related Samples

Colocam-se as variáveis *Cal_antes* e *Cal_depois* nos campos *Variable 1* e *Variable 2* , respetivamente

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Questão 2: O consumo médio mensal de calorias altera-se com a dieta?

Teste Wilcoxon:

Test Statistics^a

Consumo mensal média de calorias
antes da dieta - Consumo mensal
médio de calorias depois da dieta

Z	_2.651 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.008

a. Wilcoxon Signed Rank Test

b. Based on positive ranks

$p=0,008$, rejeitamos a hipótese nula e conclui-se que há diferenças estatisticamente significativas entre os valores observados para consumo mensal médio de calorias antes e depois da dieta

Testes à média ou mediana para duas amostras Emparelhadas

Questão 2: O consumo médio mensal de calorias altera-se com a dieta?

Teste Wilcoxon:

Apresentação de resultados:

Verificou-se existirem diferenças estatisticamente significativas entre os valores de consumo calórico antes e depois da dieta (as medianas foram de 2314 kcal e 2108 kcal, respetivamente), com $p=0,008$

**Testes à média ou mediana para três
ou mais amostras independentes**

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Testes :

- ANOVA
- Kruskal-Wallis

Exemplo: Registou-se relativamente a um grupo de 120 sujeitos, dos quais 30 são controlos com menos de 50 anos (grupo C1), 30 são controlos com 50 ou mais anos (grupo C2), 30 são pacientes com cancro com menos de 50 anos (grupo P1) e 30 são pacientes com cancro com 50 ou mais anos (grupo P2), os valores de Resistina e Leptina.

Questão 1: Há diferenças entre os valores de expressão de Leptina dos 4 grupos?

Questão 2: Há diferenças entre os valores de expressão de Resistina dos 4 grupos?

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Testes :

- ANOVA: Distribuição Normal
- Kruskal-Wallis: Distribuição Não Normal

H_0 : Não há diferenças estatisticamente significativas entre grupos

H_1 : Há diferenças estatisticamente significativas entre grupos

Se verificarmos diferenças entre grupos, faz sentido investigar entre que pares de grupos especificamente se verificam essas diferenças

→ **testes *post hoc***

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Testes :

- ANOVA: Distribuição Normal
- Kruskal-Wallis: Distribuição Não Normal

→ **testes *post hoc***

- Anova: as médias de cada par de grupos são comparadas com testes t-Student para amostras independentes
- Kruskal-Wallis: os pares de grupos serão comparados com testes Mann-Whitney U

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

→ testes *post hoc*

Para prevenir a proliferação de falsos positivos recorre-se normalmente ao método de **Bonferroni** ou **Tukey**. Destes testes resulta um valor de p para cada par de amostras, já corrigido para comparações múltiplas.

Se $p < \alpha$, rejeitamos a hipótese nula, concluindo-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre o par de grupos em questão.

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 1: Há diferenças entre os valores de expressão de Leptina dos 4 grupos?

➤ Estudo da Normalidade da variável Leptina:

C1: $p=0,158$

C2: $p=0,075$

P1: $p=0,499$

P2: $p=0,258$

ANOVA:

Analyze > Compare Means > One-Way ANOVA

*Coloca-se a variável *Leptina* no campo *Factor**

*No menu *Post Hoc*, selecionamos *Bonferroni*, *Turkey* ou *Sidak* (mais comuns)*

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 1: Há diferenças entre os valores de expressão de Leptina dos 4 grupos?

ANOVA:

ANOVA					
Leptina (em ng/mL)	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6507.664	3	2169.221	8.392	.000
Within Groups	29985.028	116	258.492		
Total	36492.692	119			

Há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos?

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 1: Há diferenças entre os valores de expressão de Leptina dos 4 grupos?

ANOVA post-hoc

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Leptina

Bonferroni

Grupo (I)	Grupo (J)	Mean Difference	Std. Error	Sig.
C1	C2	18.085	4.151	.000
	P1	16.987	4.151	.000
	P2	7.808	4.151	.375
C2	C1	-18.085	4.151	.000
	P1	-1.097	4.151	1.000
	P2	-10.276	4.151	.088
P1	C1	-16.987	4.151	.000
	C2	1.907	4.151	1.000
	P2	-9.179	4.151	.174
P2	C1	-7.808	4.151	.375
	C2	10.276	4.151	.088
	P1	9.179	4.151	.174

Quais os pares de grupos que apresentam diferenças estatisticamente significativas??

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 1: Há diferenças entre os valores de expressão de Leptina dos 4 grupos?

ANOVA - Resultado:

Verificou-se haver diferenças estatisticamente significativas entre os valores de expressão da Leptina medidos para os grupos C1 (38.47 + 19.65), C2 (20.39 + 12.75), P1 (21.49 + 11.75) e P2 (30.67 + 18.63), com $p < 0,001$.

Os testes post hoc realizados indicam haver diferenças estatisticamente significativas entre os grupos C1 e C2 ($p < 0.001$) e C1 e P1 ($p < 0.001$). Porém, não há diferenças significativas entre os restantes grupos, ou seja, entre C1 e P2 ($p = 0.375$), C2 e P1 ($p = 1.000$), C2 e P2 ($p = 0.088$) e P1 e P2 ($p = 0.174$).

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 2: Há diferenças entre os valores de expressão de Resistina dos 4 grupos?

➤ Estudo da Normalidade da variável Resistina:

C1: $p=0,233$

C2: $p<0.001$

P1: $p<0.001$

P2: $p=0,003$

Teste Kruskal-Wallis:

Analyze > Nonparametric Test > Independent Samples

No separador *Fields*, coloca-se a variável Resistina no campo *Test Fields* e a variável Grupo no campo *Groups*

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras independentes

Questão 2: Há diferenças entre os valores de expressão de Resistina dos 4 grupos?

Teste Kruskal-Wallis:

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Resistina is the same across categories of Grupo	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.021	Reject the null hypothesis

Conclui-se que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos ? **p=0.021**

Post hoc → A semelhança do teste ANOVA, podemos analisar quais os grupos que apresenta diferenças através do comando *Pairwise Comparisons* (opção *View*)

Testes à média ou mediana para três ou mais amostras

Emparelhadas

Testes :

➤ **ANOVA de medidas repetidas:** Distribuição Normal
(Analyze > General Linear Model > Repeated Measures)

➤ **Testes de Friedman:** Distribuição Não Normal
(Analyze > Nonparametric Tests > Related Samples)