CAPÍTULO ~~12~~ 08

Teste t

COMPARA MÉDIAS DE DUAS POPULAÇÕES COM BASE EM AMOSTRAS DESSAS POPULAÇÕES

Às vezes, é preciso comparar duas populações. Por exemplo, imagine que um pesquisador obteve, para um grande número de crianças, a idade em que cada uma delas começou a falar. Para verificar se meninos e meninas aprendem a falar na mesma idade, o pesquisador terá que comparar os dados dos dois sexos.

Outras vezes, é preciso comparar condições experimentais. Por exemplo, para saber se um tratamento tem efeito, organizam-se dois grupos de unidades: um grupo recebe o tratamento em teste (é o *grupo tratado*), enquanto o outro não recebe o tratamento (é o *grupo controle*). O efeito do tratamento é dado pela comparação dos dois grupos.

12.1 - Teste t para Observações Independentes

Se a variável em análise tem distribuição normal ou aproximadamente normal, aplica-se o teste t para comparar duas médias. Mas primeiro é preciso estabelecer o nível de significância, que se indica pela letra grega α. Depois, dados os dois grupos, 1 e 2, calculam-se:

a) a média de cada grupo; indica-se:

$\bar{x}_1$: média do grupo 1
$\bar{x}_2$: média do grupo 2

b) a variância de cada grupo; indica-se:

s_1^2: variância do grupo 1
s_2^2: variância do grupo 2

c) a variância ponderada, dada pela fórmula:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

onde n_1 é número de elementos do grupo 1 e n_2 é número de elementos do grupo 2.

d) o valor de t, definido por

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{s^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Feitos os cálculos, é preciso comparar o valor calculado de t com o valor de uma tabela de t, ao nível de significância estabelecido e com $(n_1 + n_2 - 2)$ graus de liberdade. Para entender como se acha esse valor, observe a Figura 12.1, que apresenta parte da tabela de t dada neste livro, em Apêndice. O valor de t, para o nível de significância de 1% e com 5 graus de liberdade, foi sombreado. Toda vez que o valor calculado de t, em valor absoluto, for igual ou maior do que o valor da tabela, conclui-se que as médias não são iguais, ao nível de significância estabelecido.

Figura 12.1 *Valor de t para α = 1% e 5 graus de liberdade*

Valores de t, segundo os graus de liberdade e o valor de α

Graus de Liberdade	α 10%	5%	1%
1	6,31	12,71	63,66
2	2,92	4,30	9,92
3	2,35	3,18	5,84
4	2,13	2,78	4,60
5	2,02	2,57	4,03

12.2 - Exemplo de Aplicação

Para verificar se duas dietas para emagrecer são igualmente eficientes, um médico separou, ao acaso, um conjunto de pacientes em dois grupos. Cada paciente seguiu a dieta designada para seu grupo. Decorrido certo tempo, o médico obteve a perda de peso, em quilogramas, de cada paciente de cada grupo. Os dados estão apresentados na Tabela 12.1.

Tabela 12.1

Perdas de peso, em quilogramas, segundo a dieta

Dieta 1	2
12	15
8	19
15	15
13	12
10	13
12	16
14	15
11	
12	
13	

Para proceder ao teste t é preciso, primeiro, estabelecer o nível de significância. Seja α = 5%. Depois, é preciso calcular:

a) a média de cada grupo

$$\bar{x}_1 = \frac{12 + 8 + \ldots + 13}{10} = \frac{120}{10} = 12$$

$$\bar{x}_2 = \frac{15 + 19 + \ldots + 15}{7} = \frac{105}{7} = 15$$

b) a variância de cada grupo

$$s_1^2 = \frac{1476 - \frac{120^2}{10}}{9} = \frac{36}{9} = 4$$

$$s_2^2 = \frac{1605 - \frac{105^2}{7}}{6} = \frac{30}{6} = 5$$

c) a variância ponderada

$$s^2 = \frac{9 \cdot 4 + 6 \cdot 5}{9 + 6} = 4,4$$

d) o valor de t

$$t = \frac{15-12}{\sqrt{4,4\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{7}\right)}} = 2,902$$

que está associado a $n_1 + n_2 - 2 = 10 + 7 - 2 = 15$ graus de liberdade. Na Tabela A.6 do Apêndice, ao nível de significância de 5% e com 15 graus de liberdade, o valor de t é 2,13. Como o valor calculado (2,902) é maior do que o valor da tabela (2,13), conclui-se que, em média, as perdas de peso de pacientes submetidos aos dois tipos de dieta são diferentes. Em termos práticos, a perda de peso é maior quando os pacientes são submetidos à dieta 2.

12.3 - Teste *t* para Observações Pareadas

Para estudar o efeito de um tratamento, muitas vezes comparam-se pares de indivíduos. Por exemplo, em alguns estudos de psicologia comparam-se pares de gêmeos: um dos gêmeos recebe o tratamento, enquanto o outro permanece sem o tratamento (controle).

Outras vezes, comparam-se os dois lados dos mesmos indivíduos. Por exemplo, para estudar o efeito de um tratamento para prevenção de cáries, o dentista pode aplicar o tratamento em um lado da arcada dentária de cada paciente, e deixar o outro lado sem tratamento (controle).

Também são feitos experimentos em que se observam os mesmos indivíduos duas vezes, isto é, uma vez antes, outra vez depois de administrar o tratamento. Por exemplo, para verificar o efeito de um tratamento sobre a pressão arterial, o médico pode obter a pressão arterial de seus pacientes, antes e depois de administrar o tratamento.

Todos esses exemplos são de *observações pareadas* (pares de gêmeos, dois lados de um indivíduo, duas observações no mesmo indivíduo). Para testar o efeito de um tratamento, quando as observações são pareadas, aplica-se o teste t. Mas é preciso, primeiro, estabelecer o nível de significância do teste. Depois, é preciso calcular:

a) a diferença entre as unidades de cada um dos n pares

$$d = x_2 - x_1$$

b) a média das diferenças

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

c) a variância das diferenças

$$s^2 = \frac{\sum d^2 - \frac{\left(\sum d\right)^2}{n}}{n-1}$$

d) o valor de t

$$t = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

que está associado a $n - 1$ graus de liberdade.

Feitos os cálculos, é preciso procurar o valor de t na tabela, ao nível de significância estabelecido e com $n - 1$ graus de liberdade. Toda vez que o valor absoluto de t calculado for igual ou maior do que o valor da tabela, conclui-se que o tratamento tem efeito ao nível de significância estabelecido.

12.4 - Exemplo de Aplicação

Na Tabela 12.2 são dados os pesos de 9 pessoas, antes e depois da dieta para emagrecimento.

Tabela 12.2
Pesos em quilogramas de 9 pessoas antes e depois da dieta para emagrecimento.

Dieta	
Antes	Depois
77	80
62	58
61	61
80	76
90	79
72	69
86	90
59	51
88	81

Para fazer o teste, é preciso primeiro estabelecer o nível de significância. Seja $\alpha = 1\%$. Depois, é preciso calcular:

a) as diferenças entre os valores observados antes e depois da dieta

$$
\begin{aligned}
80 - 77 &= 3\\
58 - 62 &= -4\\
61 - 61 &= 0\\
76 - 80 &= -4\\
79 - 90 &= -11\\
69 - 72 &= -3\\
90 - 86 &= 4\\
51 - 59 &= -8\\
81 - 88 &= -7
\end{aligned}
$$

b) a média das diferenças

$$\bar{d} = -\frac{30}{9} = -3{,}333$$

c) a variância das diferenças

$$s^2 = \frac{200}{8} = 25$$

d) o valor de t

$$t = \frac{-3{,}333}{\sqrt{\frac{25}{9}}} = -2{,}0$$

que está associado a $n - 1 = 9 - 1 = 8$ graus de liberdade.

Ao nível de significância de 1% e com 8 graus de liberdade, o valor de t na Tabela A.6 do Apêndice é 3,36. Como o valor absoluto de t calculado (2,0) é menor do que o valor da tabela (3,36), conclui-se que o tratamento não tem efeito significante, ao nível de 1%. Em termos práticos, o experimento não provou que a dieta emagrece.

12.5 - Teste t para Observações Independentes Quando as Variâncias São Desiguais

O teste t, na forma apresentada na Seção 12.1, só deve ser aplicado quando as variâncias das populações são iguais. Mas como se estabelece que as variâncias das populações são iguais?

Convém saber que existe uma regra prática: comparam-se as variâncias das duas amostras; se a maior variância for igual até 4 vezes a menor, admite-se que as duas populações têm variâncias iguais. Por exemplo, se as amostras têm variâncias $s_1^2 = 15{,}64$ e $s_2^2 = 6{,}80$, tem-se que

$$\frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{15{,}64}{6{,}80} = 2{,}30 < 4,$$

ou seja, é razoável admitir que as variâncias são iguais. Mas é melhor aplicar um teste estatístico.

Para testar a hipótese de que as variâncias das duas populações são iguais, aplica-se o teste F. Para isso, é preciso, primeiro, estabelecer o nível de significância. Depois, é preciso calcular:

a) a variância de cada grupo, indica-se:

s_1^2 : variância do grupo 1

s_2^2 : variância do grupo 2

b) o valor de F, dado pela razão entre a maior e a menor variância. Se $s_1^2 > s_2^2$, o valor

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

está associado a $n - 1$ (numerador) e $n_2 - 1$ (denominador) graus de liberdade.

Feitos os cálculos, é preciso procurar o valor de F na tabela, com nível de significância igual à metade do nível de significância estabelecido, e com $(n_1 - 1)$ e $(n_2 - 1)$ graus de liberdade. Toda vez que o valor calculado de F for igual ou maior do que o valor da tabela, rejeita-se a hipótese de que as variâncias das duas populações são iguais, ao nível de significância estabelecido.

Para entender como se acha o valor de F na tabela, observe a Figura 12.2, que reproduz parte dessa tabela, apresentada neste livro, em Apêndice. Foi sombreado o valor de F ao nível de significância de 2,5% e com 7 e 8 graus de liberdade, que seria utilizado para um teste na forma descrita aqui, mas ao nível de significância de 5% e com os mesmos graus de liberdade.

Figura 12.2 *Valor de F para α = 2,5%, com 7 e 8 graus de liberdade*

Valores de F para α = 2,5%, segundo o número de graus de liberdade do numerador e do denominador

Nº de g. l. do denominador	Número de graus de liberdade do numerador 1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	648,0	800,0	864,0	900,0	922,0	937,0	948,0	957,0	963,0
2	38,5	39,0	39,2	39,2	39,3	39,3	39,4	39,4	39,4
3	17,4	16,0	15,4	15,1	14,9	14,7	14,6	14,5	14,5
4	12,2	10,6	9,98	9,60	9,36	9,20	9,07	8,98	8,90
5	10,0	8,43	7,76	7,39	7,15	6,98	6,85	6,76	6,68
6	8,81	7,26	6,60	6,23	5,99	5,82	5,70	5,60	5,52
7	8,07	6,54	5,89	5,52	5,29	5,12	4,99	4,90	4,82
8	7,57	6,06	5,42	5,05	4,82	4,65	4,53	4,43	4,36
9	7,21	5,71	5,08	4,72	4,48	4,32	4,20	4,10	4,03

Se as variâncias são desiguais, para comparar duas médias aplica-se o teste t, na forma descrita aqui. É preciso calcular:

a) a média de cada grupo. Indica-se

$\bar{x}_1$: média do grupo 1
$\bar{x}_2$: média do grupo 2

b) a variância de cada grupo, indica-se

s_1^2 : variância do grupo 1

s_2^2 : variância do grupo 2

c) o valor de t, dado pela fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\dfrac{s_1^2}{n_1} + \dfrac{s_2^2}{n_2}}}$$

onde n_1 é o número de elementos do grupo 1 e n_2 é o número de elementos do grupo 2.

d) o número de graus de liberdade associado ao valor de t, que é a parte inteira do número g, obtido pela fórmula:

$$g = \frac{\left(\dfrac{s_1^2}{n_1} + \dfrac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\dfrac{\left(\dfrac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \dfrac{\left(\dfrac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

Feitos os cálculos, é preciso procurar o valor de t na tabela, ao nível de significância estabelecido e com g graus de liberdade. Toda vez que o valor absoluto de t calculado for igual ou maior do que o valor na tabela, conclui-se que as médias não são iguais, ao nível de significância estabelecido.

12.6 - Exemplo de Aplicação

Para verificar se determinada dieta leva à perda de peso um médico separou, ao acaso, um conjunto de pacientes em dois grupos: um grupo foi submetido à dieta (grupo tratado), enquanto o outro manteve os mesmos hábitos alimentares (grupo controle). Decorrido determinado período de tempo, o médico obteve a perda de peso de cada paciente, em cada grupo. Os valores estão na Tabela 12.3.

Tabela 12.3
Perdas de peso em quilogramas de pacientes segundo o grupo

Grupo Tratado	Controle
12	1
14	0
12	0
9	1
14	0,5
14	1
9	0

Para proceder ao teste, é preciso, primeiro, estabelecer o nível de significância. Seja α = 5%. Depois é preciso calcular:

a) a média de cada grupo:

$$\bar{x}_1 = \frac{12 + 14 + \ldots + 9}{7} = 12$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1 + 0 + \ldots + 0}{7} = 0,5$$

b) a variância de cada grupo:

$$s_1^2 = \frac{1038 - \frac{(84)^2}{7}}{6} = 5,00$$

$$s_2^2 = \frac{3,25 - \frac{(3,5)^2}{7}}{6} = 0,25$$

c) o valor de F, porque como as variâncias são muito diferentes, convém fazer o teste. Seja $\alpha = 5\%$.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{5}{0,25} = 20,00$$

O valor calculado de F está associado a 6 (numerador) e 6 (denominador) graus de liberdade. Na Tabela A.3 do Apêndice, de F para α = 2,5%, com 6 e 6 graus de liberdade, encontra-se o valor 5,82. Então se rejeita a hipótese de que as variâncias são iguais ao nível de significância de 5%. Agora é preciso calcular:

d) o valor de t:

$$t = \frac{0,5 - 12}{\sqrt{\frac{5,0}{7} + \frac{0,25}{7}}}.$$

$$t = \frac{-11,5}{\sqrt{\frac{5,25}{7}}} = -13,28$$

e) o número de graus de liberdade:

$$g = \frac{\left(\frac{5,0}{7} + \frac{0,25}{7}\right)^2}{\frac{\left(\frac{5,0}{7}\right)^2}{6} + \frac{\left(\frac{0,25}{7}\right)^2}{6}}.$$

$$= \frac{0,5625}{0,085247} = 6,6$$

O valor calculado de t está associado a aproximadamente 6 graus de liberdade. Como o valor de t na Tabela A.6 do Apêndice, ao nível de significância de 5% e com 6 graus de liberdade, é 2,45, rejeita-se a hipótese de que as médias são iguais. Em termos práticos, a perda de peso foi, em média, significativamente maior no grupo submetido à dieta.

12.7 - Teste t para o Coeficiente de Correlação

O teste t, apresentado neste Capítulo, tem outros usos, além da comparação de médias. Por exemplo, o teste t pode ser usado para testar a hipótese de que o coeficiente de correlação entre duas variáveis é igual a zero, contra a hipótese de que é diferente de zero.

Reveja a Seção 6.3 do Capítulo 6. O coeficiente de correlação varia entre -1 e $+1$. Se o coeficiente de correlação entre duas variáveis for igual a zero, não existe correlação linear entre elas. Mas e se o coeficiente calculado for $r = 0,30$? Não se pode julgar o valor desse coeficiente sem saber o tamanho da amostra. Quando a amostra é muito pequena, mesmo coeficientes de correlação com valores altos têm pouco significado.

É claro que, se o coeficiente de correlação entre duas variáveis for igual a zero, não existe correlação linear entre elas. Mas se o coeficiente calculado for $r = -0,775$ (veja o exercício 6.4.1). Para aplicar o teste t, usa-se a fórmula

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n - 2}$$

onde r é o valor calculado para o coeficiente de correlação e n é o tamanho da amostra. Esse valor de t está associado a $n - 2$ graus de liberdade. No caso do exemplo:

$r = -0,775$
$n = 14$
Então:

$$t = \frac{-0,775}{\sqrt{1 - 0,601}} \sqrt{14 - 2} = \frac{-0,775}{0,632} \cdot 3,46 = -4,25$$

com $n - 2 = 12$ graus de liberdade

Ao nível de significância de 5% a Tabela A.6 do Apêndice dá, para 12 graus de liberdade, o valor $t = 2,18$. Como o valor calculado de t é, em valor absoluto, maior do que 2,18, a correlação entre as variáveis é significante ao nível de 5%.

12.8 - EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

12.8.1 - *Os valores apresentados na Tabela 12.4 permitem testar a hipótese de que recém-nascidos de ambos os sexos têm, em média, a mesma estatura. Teste essa hipótese, ao nível de significância de 5%.*

Tabela 12.4

Tamanho da amostra, média e variância da estatura, em centímetros, de recém-nascidos, segundo o sexo

Sexo	n	$\bar{x}$	s^2
Masculino	1 442	49,29	5,76
Feminino	1 361	48,54	6,30

Fonte: ARENA (1976)

Antes de proceder ao teste t, convém testar a igualdade das variâncias. Para isso, calcula-se:

$$F = \frac{6,30}{5,76} = 1,09$$

que está associado a 1 360 (numerador) e 1 441 (denominador) graus de liberdade. Para proceder ao teste F, ao nível de significância de 5% é preciso procurar, na tabela de F com $\alpha = 2,5\%$, o valor associado a 1 360 e 1 441 graus de liberdade. Mas a tabela não tem esses números de graus de liberdade. Como os números são muito grandes, usa-se o valor de F associado a infinitos graus de liberdade, tanto para numerador como para denominador. Esse valor é 1,00. O valor calculado de F é maior do que 1,00. Rejeita-se a hipótese de que as variâncias são iguais, ao nível de significância de 5%.

O teste t — no caso de variâncias desiguais — deve ser calculado como segue:

$$t = \frac{49,29 - 48,54}{\sqrt{\frac{5,76}{1442} + \frac{6,30}{1361}}} = 8,076$$

que está associado aos graus de liberdade

$$g = \frac{\left(\frac{5,76}{1442} + \frac{6,30}{1361}\right)^2}{\frac{\left(\frac{5,76}{1442}\right)^2}{1441} + \frac{\left(\frac{6,30}{1361}\right)^2}{1360}} = 2772$$

Como o valor calculado de t é maior do que o valor dado na Tabela A.6 do Apêndice, rejeita-se, ao nível de significância de 5%, a hipótese de que recém-nascidos de ambos os sexos têm, em média, a mesma estatura. Em termos práticos, os meninos nascem com estatura maior do que as meninas.

12.8.2 - ***Com base nos dados apresentados na Tabela 12.5 teste,ao nível de significância de 5%, a hipótese de que o calibre da veia esplênica é, em média, o mesmo, antes e após a oclusão da veia porta.***

Note que foram tomadas duas medidas em cada cão: uma antes, outra após a oclusão da veia porta. Para aplicar o teste t é preciso calcular a diferença observada em cada animal. Tais diferenças estão na Tabela 12.6.

Tabela 12.5

Calibre da veia esplênica em seis cães antes e após a oclusão da veia porta

Número do cão	Oclusão da veia porta: Antes	Depois
1	75	85
2	50	75
3	50	70
4	60	65
5	50	60
6	70	90

Fonte: HOSSNE (1958)

Tabela 12.6

Diferenças de calibre da veia esplênica antes e após a oclusão da veia porta

Número do cão	Oclusão da veia porta: Antes	Depois	Diferença
1	75	85	10
2	50	75	25
3	50	70	20
4	60	65	5
5	50	60	10
6	70	90	20

A média das diferenças é:

$$\bar{d} = 15,0$$

e a variância é:

$$s^2 = 60,00.$$

O valor de t, associado a 5 graus de liberdade, é:

$$t = \frac{15,0}{\sqrt{\frac{60,00}{6}}} = 4,74$$

Na tabela de t, para $\alpha = 5\%$ e com 5 graus de liberdade, encontra-se o valor 2,57. Como o valor calculado de t é maior do que o da tabela, rejeita-se, ao nível de significância de 5%, a hipótese de que o calibre da veia esplênica é, em média, o mesmo, antes e depois da oclusão da veia porta. Em termos práticos, a oclusão da veia porta determina aumento significativo do calibre da veia esplênica.

12.9 - Exercícios Propostos

12.9.1 *Dez ratos machos adultos, criados em laboratório, foram separados aleatoriamente em dois grupos: um grupo foi tratado com a ração normalmente usada no laboratório e o outro grupo foi submetido a uma nova ração (experimental). Decorrido certo período de tempo, pesaram-se os ratos. Os pesos estão apresentados na Tabela 12.7. Teste a hipótese de que o peso médio dos ratos é o mesmo, para os dois tipos de ração.*

Tabela 12.7

Pesos em gramas de ratos adultos, segundo a ração

Ração	
Padrão	Experimental
200	220
180	200
190	210
190	220
180	210

12.9.2 - *Os quocientes de inteligência (QI) de 10 crianças, segundo dois testes de inteligência, A e B, estão apresentados na Tabela 12.8. Verifique, através do teste t, se os dois testes de inteligência dão, em média, o mesmo valor.*

12.9.3 - *A Tabela 12.9 apresenta dados de pressão sangüínea sistólica de mulheres na faixa etária de 30 a 35 anos, que usavam e não usavam anovulatório. Teste a hipótese de que o uso de anovulatórios não tem efeito sobre a pressão sangüínea sistólica.*

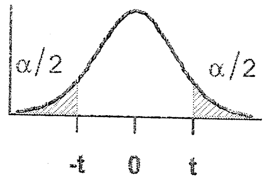
12.9.4 - *A Tabela 12.10 apresenta o tamanho da amostra, a média e a variância dos pesos ao nascer de nascidos vivos de ambos os sexos. Teste, ao nível de significância de 1%, a hipótese de que os dois sexos têm, em média, o mesmo peso ao nascer.*

Tabela 12.8

Valores de QI em dez crianças, segundo o teste de inteligência aplicado

Teste	
A	B
100	105
105	108
98	102
101	103
100	100
108	110
98	106
100	100
99	103
99	103

LIMITES BILATERAIS DE t



Graus de Liberdade	nível de significância (α)				
	0.01	0.02	0.025	0.05	0.10
1	63.66	31.82	25.45	12.71	6.31
2	9.92	6.96	6.21	4.30	2.92
3	5.84	4.54	4.18	3.18	2.35
4	4.60	3.75	3.50	2.78	2.13
5	4.03	3.36	3.16	2.57	2.02
6	3.71	3.14	2.97	2.45	1.94
7	3.50	3.00	2.84	2.36	1.89
8	3.36	2.90	2.75	2.31	1.86
9	3.25	2.82	2.69	2.26	1.83
10	3.17	2.76	2.63	2.23	1.81
11	3.11	2.72	2.59	2.20	1.80
12	3.05	2.68	2.56	2.18	1.78
13	3.01	2.65	2.53	2.16	1.77
14	2.98	2.62	2.51	2.14	1.76
15	2.95	2.60	2.49	2.13	1.75
16	2.92	2.58	2.47	2.12	1.75
17	2.90	2.57	2.46	2.11	1.74
18	2.88	2.55	2.45	2.10	1.73
19	2.86	2.54	2.43	2.09	1.73
20	2.85	2.53	2.42	2.09	1.72
21	2.83	2.52	2.41	2.08	1.72
22	2.82	2.51	2.41	2.07	1.72
23	2.81	2.50	2.40	2.07	1.71
24	2.80	2.49	2.39	2.06	1.71
25	2.79	2.49	2.38	2.06	1.71
26	2.78	2.48	2.38	2.06	1.71
27	2.77	2.47	2.37	2.05	1.70
28	2.76	2.47	2.37	2.05	1.70
29	2.76	2.46	2.36	2.05	1.70
30	2.75	2.46	2.36	2.04	1.70
31	2.74	2.45	2.36	2.04	1.70
32	2.74	2.45	2.35	2.04	1.69
33	2.73	2.44	2.35	2.03	1.69
34	2.73	2.44	2.35	2.03	1.69
35	2.72	2.44	2.34	2.03	1.69
36	2.72	2.43	2.34	2.03	1.69
37	2.72	2.43	2.34	2.03	1.69
38	2.71	2.43	2.33	2.02	1.69
39	2.71	2.43	2.33	2.02	1.68
40	2.70	2.42	2.33	2.02	1.68
45	2.69	2.41	2.32	2.01	1.68
50	2.68	2.40	2.31	2.01	1.68

Limites unilaterais de F para o nível de 5% de significância

G.L.2

G.L.1

ReGRAUS DE LIBERDADE DO DENOMINADOR (Resíduo)	GRAUS DE LIBERDADE DO NUMERADOR (Tratamento)																			
α = 0,05	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	24	28
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	236,8	238,9	240,5	241,9	243	243,9	244,7	245,4	245,9	246,5	246,9	247,3	247,7	248	249,1	249,8
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,40	19,41	19,42	19,42	19,43	19,43	19,44	19,44	19,44	19,45	19,45	19,46
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70	8,69	8,68	8,67	8,67	8,66	8,64	8,62
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,77	5,75
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,59	4,58	4,57	4,56	4,53	4,50
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94	3,92	3,91	3,90	3,88	3,87	3,84	3,82
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51	3,49	3,48	3,47	3,46	3,44	3,41	3,39
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22	3,20	3,19	3,17	3,16	3,15	3,12	3,09
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01	2,99	2,97	2,96	2,95	2,94	2,90	2,87
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85	2,83	2,81	2,80	2,79	2,77	2,74	2,71
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72	2,70	2,69	2,67	2,66	2,65	2,61	2,58
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,57	2,56	2,54	2,51	2,48
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53	2,51	2,50	2,48	2,47	2,46	2,42	2,39
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46	2,44	2,43	2,41	2,40	2,39	2,35	2,32
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40	2,38	2,37	2,35	2,34	2,33	2,29	2,26
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35	2,33	2,32	2,30	2,29	2,28	2,24	2,21
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,23	2,19	2,16
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27	2,25	2,23	2,22	2,20	2,19	2,15	2,12
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23	2,21	2,20	2,18	2,17	2,16	2,11	2,08
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,17	2,15	2,14	2,12	2,08	2,05
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15	2,13	2,11	2,10	2,08	2,07	2,03	2,00
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11	2,09	2,07	2,05	2,04	2,03	1,98	1,95
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07	2,05	2,03	2,02	2,00	1,99	1,95	1,91
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,96	1,91	1,88
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01	1,99	1,98	1,96	1,95	1,93	1,89	1,85
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,97	1,95	1,92	1,90	1,89	1,87	1,85	1,84	1,79	1,76
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,89	1,86	1,84	1,82	1,80	1,78	1,76	1,75	1,70	1,66