TESTE DE QUI-QUADRADO (χ^2)

Tabela 1: Frequência fenotípicas observadas de um cruzamento dihíbrido entre heterozigotos de ervilhas lisas amarelas (YyRr x YyRr) (Mendel, 1866).

Fenótipos	Frequência observada	Frequência esperada	Desvio do esperado
Amarela lisa	315	(556/16)*9=312,75	2,25
Verde lisa	108	(556/16)*3=104,25	3,75
Amarela rugosa	101	(556/16)*3=104,25	-3,25
Verde rugosa	32	(556/16)*1=34,75	-2,75
Total	556	556	

Estes desvios de frequência seriam devido ao acaso ?
Qual a probabilidade de ocorrer um desvio desta magnitude?

Para casos desta natureza, tem-se teste de χ^2.
Baseado na diferença entre os valores observados e esperados, determina-se a probabilidade de sua ocorrência.

Seu cálculo é obtido através da seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{(observado - esperado)^2}{esperado} \right)$$

INTERPRETANDO O CÁLCULO DO VALOR DE χ^2

- O efeito do tamanho da amostra:

Ex. : duas amostras arbitrárias que se espera obedecer uma proporção de 1:1

Caso I

Fenótipo	Observado	Esperado
A	15	25
B	35	25
Total	50	50

$$\chi^2 = \frac{(15-25)^2}{25} + \frac{(35-25)^2}{25} = \frac{(-10)^2}{25} + \frac{(10)^2}{25} = \frac{200}{25} = 8$$

Caso II

Fenótipo	Observado	Esperado
A	240	250
B	260	250
Total	500	500

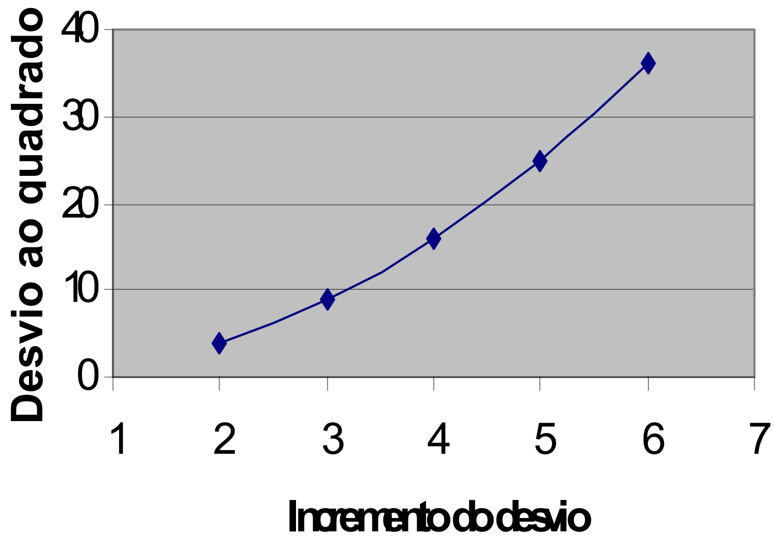
$$\chi^2 = \frac{(240-250)^2}{250} + \frac{(260-250)^2}{250} = \frac{(-10)^2}{250} + \frac{(10)^2}{250} = \frac{200}{250} = 0{,}8$$

Para um mesmo desvio, o da amostra menor inflaciona mais o valor do χ^2

INTERPRETANDO O CÁLCULO DO VALOR DE χ^2 (cont.)

- O efeito da magnitude do desvio

$2^2 = 4$
$3^2 = 9$
$4^2 = 16$
$5^2 = 25$
$6^2 = 36$



Quanto maior o desvio, mais ele inflaciona o valor do χ^2

CONCLUSÃO: O TESTE LEVA EM CONSIDERAÇÃO A MAGNITUDE DO DESVIO E O TAMANHO DA MOSTRA

O CÁLCULO DAS FREQUENCIAS ESPERADAS:

Caso 1:
Quando se compara as frequências observadas com as esperadas baseadas em um modelo teórico (χ^2 de aderência)

Ex.: Verificar se em um cruzamento entre heterozigotos de ervilhas lisas amarelas (YyRr x YyRr), as frequências fenotípicas observadas obedecem a proporção de 9:3:3:1

Fenotipo	**Freq. obs. (A)**	**Freq. esp. (B)**	**Desvio (A-B = C)**	**Desvio ^{2} (C^2)**	**Desvio ^{2}/esp (C^2/B)**
Amarela lisa	**315**	**312,75**	**2,25**	**5,06**	**0,02**
Verde lisa	**108**	**104,25**	**3,75**	**14,06**	**0,13**
Amarela rugosa	**101**	**104,25**	**-3,25**	**10,56**	**0,10**
Verde rugosa	**32**	**34,75**	**-2,75**	**7,56**	**0,22**
Total	**556**	**556**			**0,47 (χ^2)**

O CÁLCULO DAS PROBABILIDADES:
O uso da tabela de χ^2
Graus de Liberdade = Número de linhas -1 = 4-1 = 3

χ^2 tab p/ α 0,05 e 3 GL = 7,82

Conclusão, o valor de χ^2 calculado não ultrapassou o tabelado, logo não há diferença significativa ao nível de 5 %, aceita-se a hipótese nula (H_o)

Caso 2:
Quando se compara as freqüências de classes de duas ou mais séries de dados observados (tabelas de contingência). Muito usado para verificar se duas ou mais amostras pertencem a mesma população

Ex.: Verificar se as proporções fenotípicas observadas em dois ambientes pertencem a mesma população

Fenotipo	**Freq. obs. na pop. I**	**Freq. obs. na pop. II**	**Sub-total marginal**	**Desvio pop I^2/ esp. pop I**	**Desvio pop II^2/ Esp pop. II**
Amarela lisa	**315 (295,20)**	**320 (339,80)**	**635**	**1,33**	**1,15**
Verde lisa	**108 (119,84)**	**150 (138,06)**	**258**	**1,19**	**1,03**
Amarela rugosa	**101 (121,33)**	**160 (139,67)**	**261**	**3,41**	**2,96**
Verde rugosa	**32 (19,53)**	**10 (22,47)**	**42**	**7,97**	**6,92**
Total	**556**	**640**	**1196**	**13,90**	**12,07**
				(χ^2) = 25,79	

O CÁLCULO DAS PROBABILIDADES:
O uso da tabela de χ^2
Graus de Liberdade = (Número de linhas -1) (Número de colunas -1) = (4-1)*(2-1) = 3
χ^2 tab p/ α 0,05 e 3 GL = 7,82
Conclusão, o valor de χ^2 calculado ultrapassou o tabelado, logo há diferença significativa ao nível de 5 % , logo refuta-se a hipótese nula (H_o) e aceita-se a hipótese alternativa (H_1).

O CÁLCULO DAS FREQUÊNCIAS ESPERADAS EM UMA TABELA DE CONTINGÊNCIA

	A	***B***	***C*** *(Total marginal)*
1	315	320	635
2	108	150	258
3	101	160	261
4	32	10	42
5 *(Sub-total)*	556	640	1196

Freq. esp. Para a casela A1
x:556::635:1196 = 295,20
Esp. A1=(A5*C1)/C5

Freq. esp. Para a casela A2
x:556::258:1196 = 119,94
Esp. A2=(A5*C2)/C5

Freq. esp. Para a casela A3
x:556::261:1196 = 121,33
Esp. A3=(A5*C3)/C5

Freq. esp. Para a casela A4
x:556::42:1196 = 19,53
Esp. A4=(A5*C4)/C5

Freq. esp. Para a casela B1
x:640::635:1196 = 339,80
Esp. B1=(A5*C1)/C5

Freq. esp. Para a casela B2
x:640::258:1196 = 138,06
Esp. B2=(A5*C2)/C5

Freq. esp. Para a casela B3
x:640::261:1196 = 139,67
Esp. B3=(A5*C3)/C5

Freq. esp. Para a casela B4
x:640::42:1196 = 22,47
Esp. B4=(A5*C4)/C5

REQUISITOS PARA A APLICAÇÃO DO TESTE DE χ^2

1- Comparação entre duas ou mais amostras
2- Dados nominais fornecidos em frequências
3- Amostragem aleatória
4- As frequências esperadas (teóricas) por casela não devem ser muito pequenas

-Em uma tabela 2 x 2 <u>nenhuma</u> frequência esperada deve ser <5

-Em tabelas maiores do que 2 x 2 <u>recomenda-se</u> que as caselas de frequência esperada não tenham <5

5- Sempre que em uma tabela 2 x 2, qualquer das frequências esperadas for <10), diminui-se 0,5 do módulo do desvio (Correção de Yates)

$$\chi^2 = \sum\left(\frac{|observado - esperado| - 0{,}5)^2}{esperado}\right)$$

6- Regra geral: A prova de χ^2 deve ser evitada quando a somatória das frequencias esperadas = freq. das observadas, seja <30. Caso seja menor e ocorra em uma tabela 2 x 2, deve-se usar o Teste Exato de Fisher.

Probabilidades para valores de χ^2

	Valores de χ^2										
Graus de liberdade	***Probabilidades***										
	0.95	0.90	0.80	0.70	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.01	0.001
1	0.004	0.02	0.06	0.15	0.46	1.07	1.64	2.71	3.84	6.64	10.83
2	0.10	0.21	0.45	0.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	9.21	13.82
3	0.35	0.58	1.01	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	11.34	16.27
4	0.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	13.28	18.47
5	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	15.09	20.52
6	1.63	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	16.81	22.46
7	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	18.48	24.32
8	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	20.09	26.12
9	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	21.67	27.88
10	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	23.21	29.59
	Não significativo								Significativo		