

Genética de Populações

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Origem do Modelo

Introdução

- Acreditava-se que genes dominantes tenderiam ser maioria na população.
 - Exemplo: **AA** x **aa** – 75% do fenótipo **A** e 25% - **a**

Modelo

- Hardy e Weinberg mostraram que isso era falso
- Como caracterizar as população?

- Pelas freqüências gênicas
- Pelas freqüências genotípicas

Propriedades

Alelos Múltiplos

Freqüências genotípicas

Introdução

Exemplo: Hemoglobina falciforme em humanos

Modelo

População	<i>HbA/HbA</i>	<i>HbA/HbS</i>	<i>HbS/HbS</i>	Total
Distrito de Musoma (Crianças – Tanzânia)	189	89	9	287
	n_1	n_2	n_3	N
Genotípicas	0,659	0,310	0,031	1

Propriedades

Freqüências genotípicas:

$$HbA / HbA = \frac{n_1}{N} = \frac{189}{287} = 0,659$$

$$HbA / HbS = \frac{n_2}{N} = \frac{89}{287} = 0,310$$

$$HbS / HbS = \frac{n_3}{N} = \frac{9}{287} = 0,031$$

Alelos Múltiplos

Frequências alélicas

Introdução

Exemplo: Hemoglobina falciforme em humanos

Modelo

Considerando que o alelo **HbA** está frequência **p** e o alelo **HbS** está na frequência **q**

Frequências gênicas:

$$HbA(p) = \frac{2n_1 + n_2}{2N} = \frac{2(189) + 89}{2(287)} = 0,8136$$

$$HbS(q) = \frac{2n_3 + n_2}{2N} = \frac{2(9) + 89}{2(287)} = 0,1864$$

Propriedades

Alelos Múltiplos

Combinação aleatória dos Gametas

Introdução

Considerando uma população panmítica (igual probabilidade de todos se acasalarem com outro do sexo oposto), em que **HbA** está frequência **p** e o alelo **HbS** está na frequência **q**

Modelo

Gametas masculinos	Gametas femininos	
	<i>HbA</i> (p)	<i>HbS</i> (q)
<i>HbA</i> (p)	p^2	pq
<i>HbS</i> (q)	pq	q^2
	$p^2 + 2pq + q^2 = 1$	

Propriedades

Lei dos quadrados mínimos ou fórmula de Hardy-Weinberg

Alelos Múltiplos

$$(p + q)^2 = 1$$

Freqüência de cada genótipo na população

Introdução

Modelo

População	<i>HbA/HbA</i>	<i>HbA/HbS</i>	<i>HbS/HbS</i>	Total
Distrito de Musoma (Crianças – Tanzânia)	189	89	9	287
	n_1	n_2	n_3	N
Genotípicas	0,659	0,310	0,031	1
	p^2	$2pq$	q^2	1

Propriedades

Alelos Múltiplos

$$p = 0,8136$$

$$q = 0,1864$$

Freqüência genotípicas esperadas

Introdução

Freqüências alélicas

$$p = 0,8136$$

$$q = 0,1864$$

Modelo

Freqüências genotípicas estimadas pelo modelo:

$$p^2 = (0,8136)^2 = 0,662$$

$$2pq = 2(0,8136)(0,1864) = 0,303$$

$$q^2 = (0,1864)^2 = 0,035$$

Propriedades

Alelos Múltiplos

Número de indivíduos esperados

Número de indivíduos esperados para cada genótipo:

$$HbA/HbA \quad n'_1 = p^2 N = 0,662(287) = 190$$

$$HbA/HbS \quad n'_2 = 2pqN = 0,303(287) = 87$$

$$HbS/HbS \quad n'_3 = q^2 N = 0,035(287) = 10$$

Modelo

População	<i>HbA/HbA</i>	<i>HbA/HbS</i>	<i>HbS/HbS</i>	Total
Observado	189	89	9	287
Esperado	190	87	10	287
Diferença	-1	2	-1	0

Introdução

Propriedades

Alelos Múltiplos

Teste de equilíbrio de Hardy-Weinberg

Introdução

Teste do qui-quadrado (χ^2)

Modelo

População	<i>HbA/HbA</i>	<i>HbA/HbS</i>	<i>HbS/HbS</i>	Total
Observado	189	89	9	287
Esperado	190	87	10	287
Diferença	-1	2	-1	0

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{Esperado})^2}{\text{Esperado}} = \frac{(189 - 190)^2}{190} + \frac{(89 - 87)^2}{87} + \frac{(9 - 10)^2}{10} = 0,15$$

Propriedades

Condição:

Alelos Múltiplos

χ^2 calculado for superior ao χ^2 tabelado, rejeita-se a hipótese de equilíbrio de Hardy-Weinberg

Testar se a população está em equilíbrio

Introdução

Teste do qui-quadrado (χ^2)

Três classes: ***HbA/HbA***, ***HbA/HbS*** e ***HbS/HbS***

Dois parâmetros: número de indivíduos nas classes
número total de indivíduos

Modelo

Logo: grau de liberdade será g.l. = 3-1-1 = 1

Tabela de distribuição χ^2

P	0.8	0.9	0.95	0.99	0.999
Q	0.2	0.1	0.05	0.01	0.001
1	1.642374	2.705543	3.841459	6.634897	10.827566
2	3.218876	4.605170	5.991465	9.210340	13.815511
3	4.641628	6.251389	7.814728	11.344867	16.266236
4	5.988617	7.779440	9.487729	13.276704	18.466827
5	7.289276	9.236357	11.070498	15.086272	20.515006

Propriedades

Alelos Múltiplos

Testar se a população está em equilíbrio

Introdução

Teste do qui-quadrado (χ^2)

População	<i>HbA/HbA</i>	<i>HbA/HbS</i>	<i>HbS/HbS</i>	Total
Observado	189	89	9	287
Esperado	190	87	10	287
Diferença	-1	2	-1	0

Modelo

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{Esperado})^2}{\text{Esperado}} = \frac{(189 - 190)^2}{190} + \frac{(89 - 87)^2}{87} + \frac{(9 - 10)^2}{10} = 0,15$$

Condição:

χ^2 calculado for superior ao χ^2 tabelado, rejeita a hipótese de equilíbrio de Hardy-Weinberg

χ^2 calculado (0,15) é inferior ao χ^2 tabelado (3,84)

Conclui-se que a população está em equilíbrio

Propriedades

Alelos Múltiplos

Condições para que o modelo seja válido

Introdução

- Modo de reprodução
Sexuada

Modelo

- Sistema de acasalamento
Panmítica (um indivíduo tem a mesma probabilidade de se acasalar com qualquer outro do sexo oposto)

- Tamanho da população
Populações grandes

- Ausência de introdução de variação genética
Mutações e migração

- Ausência de seleção

Alelos Múltiplos

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Introdução

Modelo

Uma população panmítica, com um número grande de indivíduos, que não possui mutação, migração direcional e seleção. As frequências alélicas para um determinado loco se mantêm constantes ao longo das gerações.

Propriedades

Alelos Múltiplos