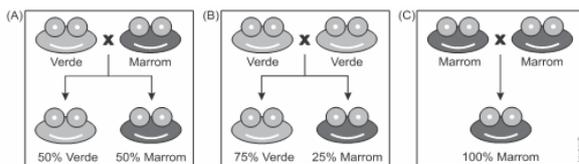




EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG

1. (UEL2015) Em um pequeno brejo, existe uma população de sapos de coloração marrom ou verde. Um pesquisador analisou diferentes cruzamentos entre esses anfíbios e descobriu que a coloração é controlada por um único gene com dois alelos.

Os esquemas a seguir, representados pelas letras A, B e C, mostram os resultados de três dos diferentes cruzamentos realizados por esse pesquisador.



a. Com base nos resultados dos cruzamentos ilustrados nos esquemas, identifique o caráter recessivo e explique qual dos três esquemas permite essa conclusão.

b. Nesse mesmo brejo, descobriu-se que a frequência de sapos marrons é de 4%. Se for considerado que essa população segue o modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg, qual será a porcentagem de sapos heterozigotos? Justifique sua resposta apresentando os cálculos realizados.

2. (UFSC 2012) Em uma população hipotética em equilíbrio de Hardy-Weinberg, um gene possui dois alelos.

Sabe-se que a frequência do alelo recessivo é de 0,4. Calcule o percentual esperado de indivíduos heterozigotos nesta população.

3. (UFJF 2012) Sabe-se que a Fibrose Cística (CF) é uma doença autossômica recessiva causada por mutações no gene *CFTR*, e que os pacientes apresentam, principalmente, insuficiência pancreática e infecções pulmonares recorrentes. As pessoas brancas constituem o grupo étnico mais frequentemente acometido pela CF na proporção de 1 para cada 2.500 nativos e que o gene se encontra em equilíbrio de Hardy e Weinberg.

Joana, portadora de uma mutação no gene *CFTR*, pretende se casar com Antônio, 28 anos. Sabendo-se que ambos os indivíduos não são consanguíneos, responda:

a. Qual a probabilidade de Antônio não ser portador de mutações no gene *CFTR* e seu risco ser igual a qualquer outro homem da população?

b. Qual será a probabilidade de Antônio ser portador de uma mutação em qualquer alelo do gene *CFTR*?

c. Qual a probabilidade de Joana e Antônio virem a ter uma criança afetada por Fibrose Cística por essa mesma condição?



4. (UERJ 2004) Segundo o Teorema de Hardy Weinberg, uma população ideal deve atingir o equilíbrio, ou estado estático, sem grandes alterações de seu reservatório genético.

Em uma das ilhas do arquipélago de Galápagos, uma das condições estabelecidas por Hardy e Weinberg para populações ideais foi seriamente afetada por uma erupção vulcânica ocorrida há cerca de cem mil anos. Esta erupção teria diminuído drasticamente a população de jabutis gigantes da ilha.

- a. Cite duas das condições propostas por Hardy e Weinberg para que o equilíbrio possa ser atingido.
- b. Defina o conceito de evolução em função da frequência dos genes de uma população e indique de que forma a diminuição da população afetou a evolução dos jabutis gigantes.

5. (UNIRIO 2002) Uma característica fenotípica de uma população, como a cor amarela, é determinada por um gene dominante. Esse gene tem um alelo que não produz essa característica. Um estudo dessa população determinou que a frequência do fenótipo amarelo era de 50% e NÃO SE SABE se essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Com base nessas informações, não é possível saber a frequência do gene para cor amarela. Explique.

6. (Unb 2000) Em uma população, um determinado gene apresenta-se em duas formas, a dominante e a recessiva, sendo 36% dos indivíduos recessivos. Considerando que tal população se encontra em equilíbrio genético, podendo-se, portanto, aplicar o Princípio de Hardy-Weinberg, calcule, EM PORCENTAGEM, a frequência do referido gene na população. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

7. (UFRJ 1999) Uma população vegetal que NÃO está em equilíbrio de Hardy-Weinberg, é composta por 500 indivíduos. Desses, 420 são de flores vermelhas (fenótipo dominante) e 80 são de flores brancas (fenótipo recessivo). Dos 420 indivíduos de flores vermelhas, 380 são homocigóticos (VV) e 40 são heterocigóticos (Vv).

Determine a frequência dos genes V e a frequência dos genes v nessa população.

8. (UFRJ) Pela equação Hardy-Weinberg, $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, onde p e q são as frequências de dois alelos. Com essa equação podemos calcular a frequência de um genótipo sabendo a frequência de um dos alelos, ou vice-versa, desde que a população esteja em equilíbrio.

Numa determinada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg nasceram 10.000 crianças; uma dessas crianças



apresentou uma doença, a fenilcetonúria, determinada por um gene autossômico recessivo.

Calcule a frequência de indivíduos de fenótipo normal portadores do gene causador da fenilcetonúria nessa população.

9. (UFV 1996) Uma das maneiras de verificar se uma determinada espécie está ou não em evolução é fazer um estudo do patrimônio genético de suas populações. Usando o teorema de Hardy-Weinberg pode-se determinar as frequências gênicas de uma população e demonstrar se a espécie está em equilíbrio, isto é, em estado de não-evolução. Entretanto, para que uma população se mantenha em equilíbrio genético é necessário que ela se enquadre em certas condições.

Escreva quatro destas condições:

10. (FUVEST 1991) Uma população humana foi testada quanto ao sistema MN de grupos sanguíneos.

Os dados obtidos compõem a tabela a seguir:

Grupo Sanguíneo	Genótipo	Nº de indivíduos	Frequência
M	MM	1787	0,30
N	NN	1303	0,21
MN	MN	3039	0,49
	TOTAL	6129	1,00

- Quais as frequências dos alelos M e N nessa população?
- Essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg para esse loco gênico?



ANOTAÇÕES



GABARITO

1. a) A cor marrom é a recessiva. O quadro B é o que permite essa conclusão, uma vez que foram obtidos 75% de filhotes verdes (M_{-}) e 25% de filhotes marrons (mm) a partir do cruzamento entre sapos verdes, que, desta forma, são heterozigotos (Mm) e, portanto, expressam o caráter dominante. Resposta alternativa: A cor marrom é a recessiva. O quadro B apresenta um resultado típico para a prole F_2 da 1ª Lei de Mendel.

b) O modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg é dado pela fórmula a seguir.

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,0$$

A frequência dos sapos marrons, no modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg, é dada por

$$q^2 = 0,04$$

a frequência do alelo para a cor marrom é dada por

$$q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$$

a frequência do alelo para a cor verde é dada por

$$p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$$

a frequência de heterozigotos é dada por

$$2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$$

Portanto, a porcentagem de sapos heterozigotos é de 32%.

2. Alelos: A e a.

$$f(a) = 0,4$$

$$f(A) = 1 - 0,4 = 0,6$$

$$f(Aa) = 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48 = 48\%$$

3. a) $q^2 = 1/2500$, assim $q = 1/50$ Sendo $p + q = 1$
 $\therefore p + 1/50 = 49/50$

$$p^2 = (49/50)^2 \text{ ou } p^2 = 2401/2500$$

Resposta: A probabilidade é de 2401/2500

$$b) 2pq = 2 \times 49/50 \times 1/50 = 98/2500$$

Resposta: 98/2500

$$c) 1/2 \times 98/2500 \times 1/2 = 98/10000$$

Resposta: 98/10000

4. a) Duas dentre as condições:

- não-ocorrência de migrações
- não-ocorrência de mutações que introduzam

novos genes

- probabilidades iguais na escolha dos parceiros no processo de reprodução sexuada

- número de indivíduos grande o suficiente para que eventos aleatórios não afetem as proporções estatísticas

- não-sujeição dos genes alelos à seleção natural, tendo todos os indivíduos a mesma possibilidade de sobrevivência

b) Alteração progressiva das frequências gênicas em uma população.

A população de jabutis ficou mais sujeita a variações gênicas aleatórias (deriva genética).

5. 75 - O fenótipo cor amarela engloba os genótipos AA e Aa. Se a população estiver em equilíbrio podemos assumir que $AA = p^2$, mas se a população não estiver em equilíbrio não se pode assumir essa igualdade, e como não conhecemos a proporção de indivíduos Aa, não se pode saber a frequência do gene A.

6. $76 - f(A) = 40\%$

$$f(a) = 60\%$$

7. Nessa população temos 500 indivíduos e, conseqüentemente, 1.000 genes (2 genes para cada indivíduo). A quantidade de genes v é $80 \times 2 = 160$ nos indivíduos vv e $40 \times 1 = 40$ nos indivíduos Vv. O total de genes v é, portanto, de $160 + 40 = 200$. Como, no total, há 1.000 genes, a frequência de v é de 20%. A frequência de genes V é, então, de 80%.

8. Frequência de homozigotos recessivos:

$$aa = 1/10000 = 0,0001$$

$$\text{Logo } q^2 = 0,0001; \quad q = \sqrt{0,0001} = 0,01$$

Como $p + q = 1$, a frequência do gene dominante é:
 $1 - 0,01 = 0,99$

Como a frequência do heterozigoto em uma população em equilíbrio é $2pq$, a resposta é:

$$2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,019 \text{ ou } 1,9\%$$



9. Condições para que haja equilíbrio genético:

- cruzamentos ao acaso
- frequências gênicas e genotípica constantes.
- ausência de mutações.
- ausência de seleção natural.
- ausência de migrações.

Nº. de alelos M = 6613

Nº. de alelos N = 5645

frequência do alelo M = $6613/12258 = 0,54$

frequência do alelo N = $5645/12258 = 0,46$

A população está em equilíbrio porque as frequências se aproximam da distribuição binomial $(p + q)^2 = 1$, sendo p a frequência do alelo M e q a frequência do alelo N.

10. Nº. total de alelos na população = 12258
(cada pessoa tem dois alelos)

ANOTAÇÕES
