

A hand is shown from the wrist up, with the palm facing upwards. The forearm is covered in a glowing, colorful DNA double helix structure, primarily in shades of blue, cyan, and red. The background is a deep purple with a subtle, ethereal glow. The text is overlaid on the hand and background.

ECOLOGIA II

RELATÓRIO 1 - 2ª PARTE

Genética de populações

Trabalho realizado por:

Eva Firme, nº15471
Licª. Ensino de Ciências da Natureza
Maio de 2006

INTRODUÇÃO

Uma população é a reunião de famílias com diferentes genótipos. A estrutura da população é definida pela frequência dos alelos que compõem os diferentes genótipos das diferentes famílias [1].

Assumindo que as populações são a unidade evolutiva, é concordante considerar que existe evolução sempre que a frequência de genes na dita população se altere significativamente. No entanto, do ponto de vista ecológico, uma população corresponde apenas a um conjunto de indivíduos que ocupa uma dada área geográfica num dado momento. Este tipo de definição facilmente deduz que uma população ecológica não pode servir como unidade evolutiva, uma vez que não implica que os seres se reproduzam, condição fundamental para a mudança genética.

Por esse motivo, à unidade evolutiva convencionou-se chamar população mendeliana, ou seja, uma comunidade de indivíduos entrecruzáveis, que compartilham determinado fundo genético. É formada, portanto, por indivíduos relacionados por acasalamento, descendência ou ascendência.

Pode-se conhecer a composição genética de uma população calculando as frequências de genes e de genótipos que a compõem.[2]

Os genes que constituem o fundo genético — conjunto de todos os genes presentes numa população num dado momento - são transmitidos de geração em geração, ao acaso e em novas combinações de alelos. Conclui-se facilmente que é do fundo genético dos progenitores que deriva, ao acaso, o fundo genético dos descendentes. Quanto maior o número de genes que constituem o fundo genético da população, maior a probabilidade de existir variação na geração seguinte.

A determinação das frequências génicas de uma população em gerações sucessivas indica se existe, ou não, manutenção do fundo genético, se estão a actuar factores de evolução.

Considerou-se para o exemplo apresentado, uma população mendeliana, um fundo genético constituído por dois alelos A1 e A2 onde:

$\text{Freq A1} = \frac{\text{n}^\circ \text{ alelos A1 (nA1)}}{\text{n}^\circ \text{ total alelos (N)}}$	$\text{Freq A2} = \frac{\text{n}^\circ \text{ alelos A2 (nA2)}}{\text{n}^\circ \text{ total alelos (N)}}$	Frequências génicas
$\text{Freq A1A1} = \frac{\text{n}^\circ \text{ indivíduos A1A1 (nA1A1)}}{\text{n}^\circ \text{ total indivíduos (N)}}$	$\text{Freq A2A2} = \frac{\text{n}^\circ \text{ indivíduos A2A2 (nA2A2)}}{\text{n}^\circ \text{ total indivíduos (N)}}$	Frequências genotípicas

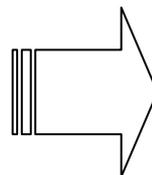
Se considerarmos que,

$$\Rightarrow \text{freq A1} = p$$

$$\Rightarrow \text{freq A2} = q$$

então:

$$p + q = 1$$



Lei de Hardy-Weinberg

Passando a frequências genotípicas, temos:

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

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

O **equilíbrio de Hardy-Weinberg** (também princípio de Hardy-Weinberg, ou lei de Hardy-Weinberg) é a base da genética de populações. Foi demonstrado independentemente por Godfrey Harold Hardy na Inglaterra e por Wilhelm Weinberg, na Alemanha, em 1908 e afirma que, numa população mendeliana, dentro de determinadas condições, as frequências alélicas permanecerão constantes ao passar das gerações, isto é, independentemente de um gene ser raro ou ser abundante, a frequência permanecerá a mesma em relação aos outros desde que essas condições sejam mantidas.

Por pura intuição poder-se-ia supor que alelos raros se tornariam cada vez mais raros e que alelos frequentes aumentassem cada vez mais a sua frequência, simplesmente por já serem raros ou comuns, mas o princípio de Hardy-Weinberg demonstra matematicamente esta não ocorrência.

Este princípio refere-se assim a populações mendelianas em equilíbrio, ou seja, populações infinitamente grandes, em que os cruzamentos ocorrem ao acaso (panmixia), não existindo factores de evolução.

Nestas condições, a lei de Hardy-Weinberg diz que a frequência de cada alelo tende a manter-se constante em cada geração.

Este teorema, então, só é válido para populações:

- ⇒ Infinitamente grandes;
- ⇒ Com cruzamentos ao acaso;
- ⇒ Isentas de factores evolutivos, tais como, mutação, selecção natural e migrações.

Uma população assim caracterizada encontra-se em **equilíbrio genético**. Na natureza, entretanto, não existem populações sujeitas rigorosamente a essas condições. [2]

No entanto, tal é dificilmente verificável na realidade, uma vez que existe uma tendência natural para que as populações evoluam ao longo das gerações, por isto, esta lei não se aplica a situações reais, pois existem sempre factores de evolução a actuar sobre a população.

Os seguintes factores podem ser utilizados para alterar a frequência genica de uma população: **Processos Sistemáticos**, aqueles cuja alteração na frequência genica podem ser conhecidas, tanto em termos de magnitude quanto em direcção. Considera-se como processos sistemático a selecção, migração e mutação.

Processos Dispersivos, aqueles em que é possível conhecer apenas a magnitude da alteração da frequência mas não a direcção em que ela foi alterada. Como processo dispersivo é considerado a oscilação genética ou amostragem. [1]

Da enorme diversidade de factores que podem alterar a composição genética das populações, apenas cinco deles são considerados capazes de causar desvios significativos, nomeadamente as **mutações** que influenciam grosso modo a exactidão associada ao processo de divisão celular da meiose; as **migrações**, uma vez que geralmente entre populações podem ocorrer instabilidades — movimento de indivíduos em idade reprodutora de uma população para outra, implicando fluxo de genes; as **selecções naturais** que

influenciam a transmissão dos genótipos a taxas não uniformes; a **deriva genética** como modo de assegurar os cruzamento não ao acaso.

Todos estes factores tendem a alterar o equilíbrio das populações, alterando as frequências génicas, logo designam-se por factores de evolução.

A importância do teorema de Hardy-Weimberg para as populações naturais está no fato de ele estabelecer um modelo para o comportamento dos genes. Desse modo, é possível estimar frequências genicas e genotípicas ao longo das gerações e compara-las com as obtidas na prática. Se os valores observados são significativamente diferentes dos valores esperados, pode-se concluir que factores evolutivos estão actuando sobre essa população e que ela está evoluindo. Se os valores não diferem significativamente, pode-se concluir que a população estão equilíbrio e que, portanto, não está evoluindo. ^[2]

[1] <http://www.ufv.br/dbg/labgen/genpop.html> a 17/05/06

[2] <http://sti.br.inter.net/rafaas/biologia-ar/genetica.htm> a 17/05/06

• http://pt.wikipedia.org/wiki/Equil%C3%ADbrio_de_Hardy-Weinberg

RESULTADOS

Tabela 1 – Aplicação da lei de Hardy-Weinberg para a geração parental

<i>Geração parental</i>			
	A1A1	A1A2 A2A1	A2A2
Observados	231	516	253
Esperados	239,12	499,76	261,12
qui-quadrado calculado manualmente			1,056232442
Graus de liberdade			2
Teste qui-quadrado			0,589714822
Qui-quadrado calculado no Excel			0,589714822
Diferença significativa para a previsão de H-W?			No

Tabela 2 – Aplicação da lei de Hardy-Weinberg para a população da descendência

<i>População descendência (F1)</i>			
	A1A1	A1A2 A2A1	A2A2
Observados	238	496	265
Esperados	239,12	499,76	261,12
qui-quadrado calculado manualmente			0,091137308
Graus de liberdade			2
Teste qui-quadrado			0,955454005
Qui-quadrado calculado no Excel			0,955454005
Diferença significativa para a previsão de H-W?			No

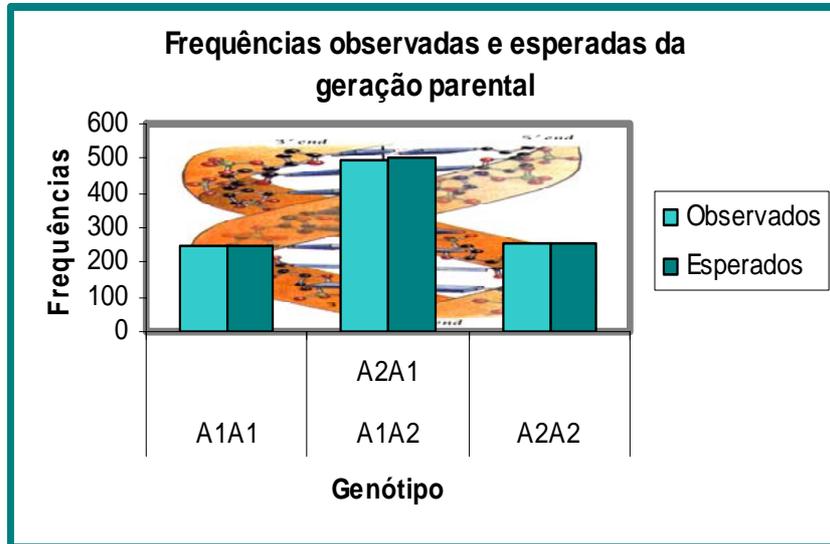


Gráfico 1 – Frequências observadas e esperadas da geração parental

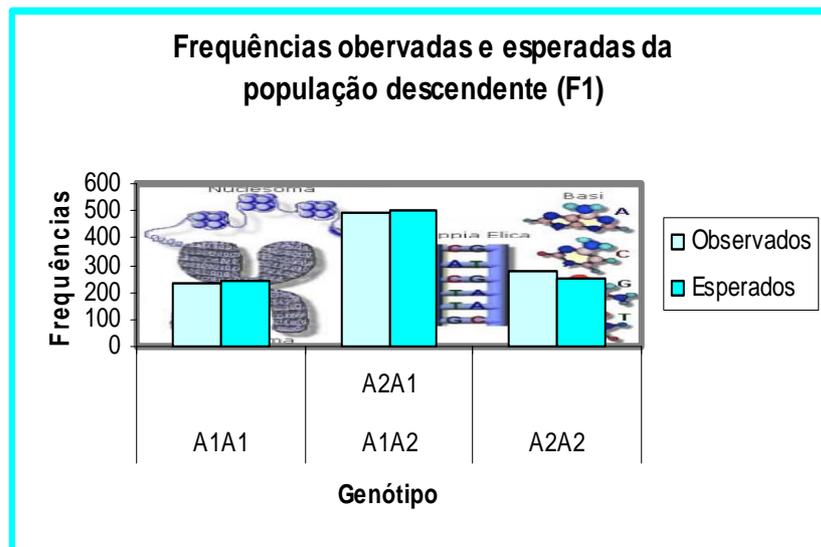


Gráfico 2 - Frequências observadas e esperadas da população descendente

Tabela 3 – Frequência dos genótipos esperados

Frequência de A1	Genótipos esperados		
	A1A1	A1A2	A2A2
0	0,00	0,00	1000,00
0,1	11,34	190,32	798,34
0,2	36,864	310,272	652,864
0,3	97,65625	429,6875	472,65625
0,4	174,724	486,552	338,724
0,5	253,51225	499,9755	246,51225
0,6	371,49025	476,0195	152,49025
0,7	498,436	415,128	86,436
0,8	236,68	499,64	263,68
0,9	786,769	200,462	12,769
1	1000	0	0

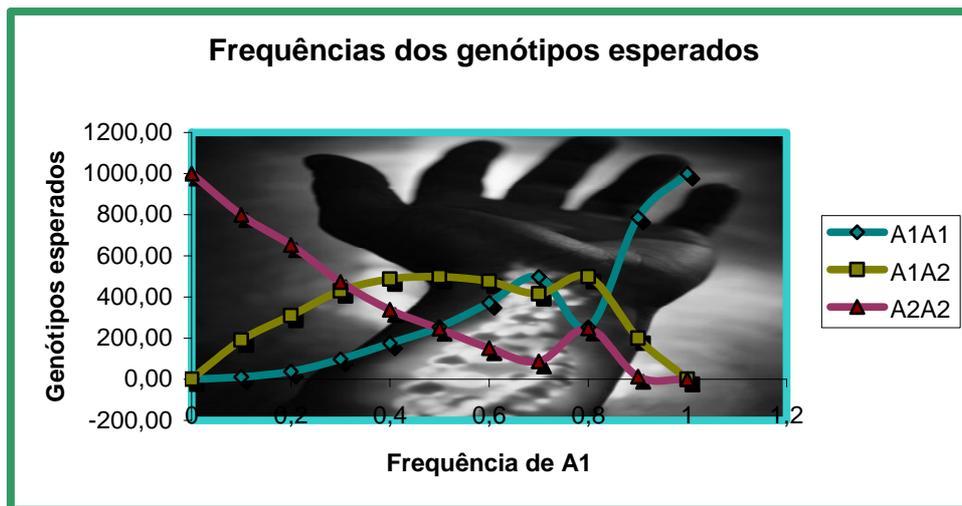


Gráfico 3 - Frequência dos genótipos esperados

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Da análise das tabelas e dos gráficos verificamos que as frequências genóticas dos progenitores e as da descendência variam muito pouco, e estão bastante próximas dos valores esperados, mas mais a geração parental.

Esta quase constância dos valores vai de encontro à máxima sugerida pela lei de Hardy-Weinberg, que defende que as frequências dos génes de geração em geração permanecem estáveis.

Verificamos também que os gâmetas heterozigóticos são os que apresentam uma maior frequência, e A2A2, apresentam uma frequência ligeiramente superior à dos A1A1, em ambos os gráficos de pais e filhos.

Relativamente à fórmula sugerida na mesma lei, cujo alelo A1 representa a letra p e o A2, a letra $q = 1-p$, a combinação dos gâmetas parece ir de acordo com a fórmula, uma vez que da fórmula $p^2 + 2pq + q^2$, representa o equivalente a A1A1 + (A1A2+A2A1) + A2A2.

Para testar o desvio do equilíbrio Hardy-Weinberg (H-W), utilizou-se o teste do Chi-quadrado de Pearson, que pretendia verificar se o valor observado se desviava muito do valor esperado; assim, quanto maior o chi-quadrado, maior a relação entre a variável dependente e a variável independente.

Calculámos manualmente o chi-quadrado através da seguinte fórmula:

$$\chi^2 = (f(A1A1)_{obs} - f(A1A1)_{esp})^2 + f(A1A2)_{obs} - f(A1A2)_{esp} + (f(A2A2)_{obs} - f(A2A2)_{esp})^2$$

E verificamos que a geração parental apresenta um valor mais elevado que a da sua descendência, apresentando portanto uma maior relação entre o valor calculado e o esperado.

Relativamente ao valor observado do χ^2 , pudemos concluir que existe uma maior discrepância entre os valores da descendência (quando comparados com valor calculado manualmente) cuja diferença atinge quase uma unidade, que na geração parental, cuja diferença é de cerca de meia unidade.

Para verificar a compatibilidade dos nossos valores com esta lei, teve-se como hipótese nula a de a população estar em proporções Hardy-Weinberg, e a hipótese alternativa a população não estar nessas proporções.

Os cálculos seguintes, nomeadamente a determinação dos graus de liberdade e nível de significância, no que toca à geração parental, fizeram-nos tirar como conclusões que para um grau de significância de 5% e grau de liberdade 2, temos um valor de 5.99 e o calculado manualmente é de 1.056, sendo menor, pelo que não se rejeita a hipótese nula e concluímos encontrarem-se dentro das proporções desta lei.

Para a população descendente, podemos verificar também que, para 2 graus de liberdade o valor de χ^2 é 5.99 e o calculado manualmente é de 0.091, logo inferior ao χ^2 crítico, e por isto, podemos inferir que a hipótese nula de que a população está em equilíbrio Hardy-Weinberg não é igualmente rejeitada.

Assim, a frequência de alelos de uma geração para a outra não sofre avanços evolutivos, estando portanto em equilíbrio, já que vai de acordo com a lei referida.

Para simular diferentes frequências alélicas, começou-se por utilizar uma proporção de 50%-50% (A1=0.5;A2=0.5) numa população de 1000 indivíduos, verificando-se, tal como referido atrás que, as combinações A1A1 e A2A2, apresentavam valores muito próximos (254;247 respectivamente).

Ao variarmos a frequência de A1, verificamos para frequências baixas, a combinação A1A1, inicia-se com valores baixos ao contrário da A2A2, mas ambos tendem a convergir um com o outro ao chegar à proporção

de 0,5-0,5, no entanto posteriormente, voltam a divergir até ao valor 0,7 de A1, e convergem na proporção 0,8, separando-se novamente no fim. Já o gráfico do heterozigotismo, apresenta uma forma côncava, semi completa, visto apresentar uma frequência mais baixa à proporção 0,7, aumentando posteriormente, na proporção 0,8 em diante, apresentando uma frequência mais elevada quando está na proporção 0,5.