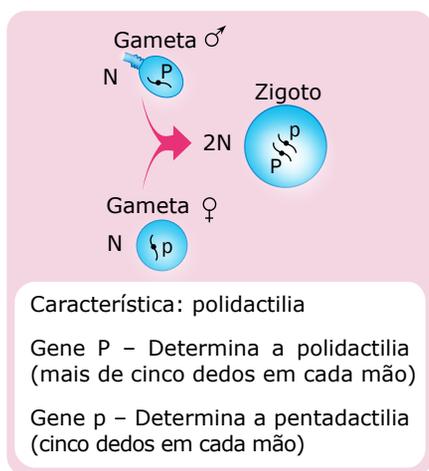


Genética: Conceitos Fundamentais

As unidades responsáveis pelas características hereditárias, os genes, são segmentos de DNA que normalmente se localizam em estruturas celulares denominadas cromossomos. Cada cromossomo é constituído por uma única molécula de DNA e, em cada molécula de DNA, existem diversos genes. O local que o gene ocupa no cromossomo é denominado loco ou *locus* gênico.

De um modo geral, nas células diploides (2N), para cada característica hereditária, existe um par de genes, enquanto, nas células haploides (N), existe apenas um gene para cada característica. Veja o exemplo esquematizado a seguir:



Observe que, em cada gameta, para a característica número de dedos em cada mão, existe apenas um gene, enquanto, no zigoto, temos um par de genes.

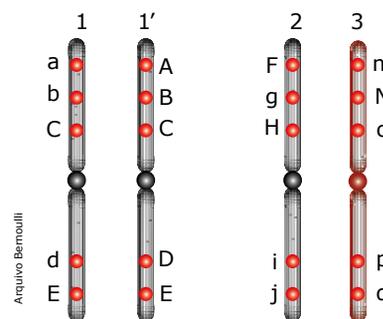
GENES ALELOS

Nas células diploides (2N), os cromossomos se distribuem aos pares, sendo denominados de cromossomos homólogos. Em cada par de cromossomos homólogos, um dos cromossomos é de origem paterna e o outro, de origem materna.

Em um par de cromossomos homólogos, os genes que se localizam nos mesmos loci (plural de locus) são ditos genes alelos ou alelomorfos. Em um par de genes alelos, um dos genes é de origem paterna e o outro, de origem materna.

Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica e podem ser iguais ou diferentes. Quando o indivíduo apresenta em suas células genes alelos iguais para uma determinada característica, esse indivíduo é dito homocigoto ou “puro” para a referida característica; quando os alelos são diferentes, o indivíduo é dito heterocigoto ou “híbrido”.

A figura a seguir mostra exemplos de pares de alelos homocigotos e heterocigotos.



Os cromossomos 1 e 1' são homólogos. Os genes que neles ocupam os mesmos loci são genes alelos. Os genes alelos se relacionam com uma mesma característica. Assim, a é alelo de A; b é alelo de B; C é alelo de C; d é alelo de D; E é alelo de E. Nesse exemplo, o indivíduo é homocigoto para as características determinadas pelos pares CC e EE e heterocigoto para aquelas determinadas pelos pares Aa, Bb e Dd. Os cromossomos 2 e 3 são heterólogos (não homólogos). Os genes que neles se encontram não são alelos.

Entre os genes alelos, quando em heterocigose, pode-se ter o fenômeno da dominância completa, da ausência de dominância e da codominância.

- **Dominância completa** ou **absoluta** – Quando um alelo, denominado gene dominante, manifesta sua ação em homocigose e em heterocigose. O alelo que, em heterocigose, não manifesta sua ação é dito gene recessivo. Em outras palavras, pode-se dizer que um gene é dominante quando manifesta a sua ação em dose dupla (homocigose) ou em dose simples (heterocigose), enquanto o gene recessivo só manifesta sua ação na ausência do gene dominante ou se estiver em dose dupla (homocigose).

Veja o exemplo a seguir:

Dominância completa

Característica: Pigmentação da pele na espécie humana.

Gene A → Determina a pigmentação da pele.

Gene a → Determina a apigmentação da pele (albinismo).

Para a característica em questão, o indivíduo poderá ter uma entre as seguintes combinações de genes alelos:

AA → O indivíduo será pigmentado.

Aa → O indivíduo também será pigmentado.

aa → O indivíduo será apigmentado (albino).

Nesse exemplo, observa-se:

Gene A → É o gene dominante.

Gene a → É o gene recessivo.

Quando existe o fenômeno da dominância absoluta entre os alelos, a letra minúscula representa o gene recessivo e a maiúscula, o dominante. A letra do alfabeto que geralmente se escolhe para representar esses genes é a letra inicial do nome da manifestação recessiva. No exemplo anterior, usou-se a letra A por ser a inicial da manifestação recessiva (apigmentado ou albino).

- **Ausência de dominância** – Não existe dominância entre os alelos. Assim, o indivíduo heterozigoto apresenta uma manifestação intermediária entre a dos dois homozigotos. Por isso, alguns autores consideram um caso de herança intermediária ou incompleta.

Veja o exemplo a seguir:

Ausência de dominância

Característica: Cor das flores na planta boca-de-leão.

Gene F^V → Determina a formação de flores vermelhas.

Gene F^B → Determina a formação de flores brancas.

Para a característica em questão, a planta poderá ter uma das seguintes combinações de genes:

F^VF^V → Flores vermelhas.

F^VF^B → Flores rosas.

F^BF^B → Flores brancas.

Observe que a cor das flores da planta heterozigota (F^VF^B) é intermediária entre a cor das flores das plantas homozigotas F^VF^V (flores vermelhas) e F^BF^B (flores brancas).

- **Codominância** – No indivíduo heterozigoto, os dois alelos manifestam suas ações.

Veja o exemplo a seguir:

Codominância

Característica: Cor da pelagem no gado da raça Shorthorn.

Gene V → Determina a formação de pelos vermelhos.

Gene B → Determina a formação de pelos brancos.

O animal para a característica em questão poderá ter as seguintes combinações gênicas:

VV → Pelos vermelhos.

VB → Pelos vermelhos e pelos brancos.

BB → Pelos brancos.

Observe que, no heterozigoto, há manifestação dos dois alelos.

Nesse caso, diz-se que os alelos são codominantes.

GENÓTIPO E FENÓTIPO 

Os genes que um indivíduo possui para determinada característica constituem o seu **genótipo** para a referida característica. A manifestação do genótipo é o **fenótipo**. Veja o exemplo no quadro a seguir:

Vamos admitir que, na espécie humana, para a característica pigmentação da pele, existem o gene A (para a pigmentação) e o gene a (para a apigmentação ou albinismo), sendo o gene A dominante e o gene a, recessivo. Entre esses dois alelos, há, portanto, um caso de dominância absoluta. Assim, com esses dois genes, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
AA	Pigmentado
Aa	Pigmentado
aa	Apigmentado

Observe que, quando existe dominância absoluta entre os alelos, genótipos diferentes (AA e Aa) podem determinar um mesmo fenótipo.

O termo “genótipo” é usado para indicar tanto um gene específico como um conjunto de genes de um indivíduo. Pode-se, por exemplo, falar do genótipo total de uma pessoa ou de seu genótipo quanto a uma determinada característica apenas. O termo “genoma”, por sua vez, é usado para designar o lote completo de genes que caracterizam uma espécie, ou seja, a totalidade da informação genética contida no DNA da célula (RNA, em alguns vírus). O fenótipo de muitas características é visível e detectável a olho nu. É o caso, por exemplo, da cor dos olhos (azul, verde, castanho). Por outro lado, existem características em que o fenótipo não é visível, mas pode ser deduzido ou detectado por meio de exames especiais.

É o que acontece, por exemplo, com a característica tipo sanguíneo (sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O).

Muitas vezes, fatores do meio ambiente podem exercer influência no fenótipo, levando a uma manifestação que não corresponde exatamente ao que se podia esperar em função exclusivamente do genótipo. A essa influência, dá-se o nome de peristase. Por exemplo: uma pessoa que tem um genótipo determinante de pele clara, isto é, com pouca produção de melanina, pode torná-la um pouco mais escura expondo-se com frequência à ação dos raios solares. Os raios solares são capazes de acelerar a síntese do pigmento melanina na nossa pele, proporcionando o bronzeamento desta. Assim, pode-se dizer que, para muitas características, o fenótipo resulta da interação do genótipo com o meio.

Fenótipo = Genótipo + Influência do meio

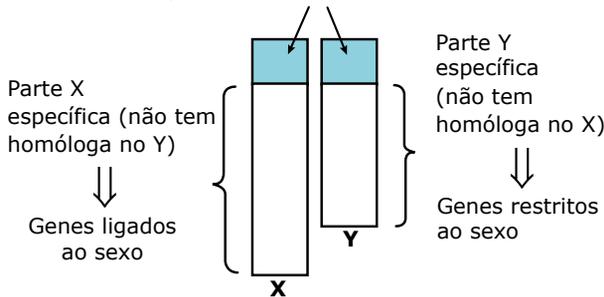
É bom ressaltar que o meio em questão não é somente o ambiente externo ao corpo do indivíduo. É também o ambiente interno, representado por tudo o que cerca os cromossomos, como o nucleoplasma e o citoplasma.

HERANÇA GENÉTICA

Os genes recebidos dos pais e transmitidos aos descendentes por meio da reprodução constituem a chamada herança genética. Conforme já vimos, caso haja ou não dominância entre os alelos, quando em heterozigose, a herança pode ser com dominância completa, dominância incompleta (intermediária) ou codominância.

Nas espécies em que os cromossomos estão distribuídos em dois grupos, autossomos e heterossomos (alossomos, cromossomos sexuais), a herança pode ser autossômica ou heterossômica. Quando os genes estão localizados em autossomos (genes autossômicos, característica autossômica), a herança é dita autossômica. Quando localizados nos heterossomos, a herança pode ser parcialmente ligada ao sexo, ligada ao sexo ou, ainda, restrita ao sexo.

Partes homólogas do X e Y (pseudautossômicos)
⇒ Genes parcialmente ligados ao sexo.



Cromossomos sexuais humanos – Os cromossomos sexuais X e Y possuem partes homólogas e partes não homólogas. Quando os genes se localizam nas partes homólogas do X e do Y, a herança é dita parcialmente ligada ao sexo (incompletamente ligada ao sexo, pseudautossômica); quando localizados na parte X específica, a herança é ligada ao sexo (ligada ao X); quando se localizam na parte Y específica, temos a herança restrita ao sexo (holândrica).

Devido à influência dos hormônios sexuais, certos genes autossômicos podem se comportar diferentemente nos dois sexos, ou seja, manifestar-se em um dos sexos como dominante e no sexo oposto como recessivo. Nesse caso, a herança é dita influenciada pelo sexo. É o caso, por exemplo, do gene para a calvície na espécie humana, que se comporta como dominante no sexo masculino e como gene recessivo no sexo feminino.

Calvície hereditária na espécie humana		
Gene C → calvície Gene C' → ausência de calvície		
Genótipos	Fenótipos	
	Homem	Mulher
CC	Calvo	Calva
CC'	Calvo	Não calva
C'C'	Não Calvo	Não calva

Observe que o gene C (calvície), no sexo masculino, expressa sua ação em homozigose e em heterozigose, tendo, portanto, um comportamento de gene dominante. Já no sexo feminino, esse gene só expressa sua ação quando em homozigose, comportando-se, portanto, como gene recessivo.

Também devido aos efeitos dos hormônios sexuais, existe ainda a chamada herança com efeito limitado ao sexo. Nesse caso, os genes autossômicos ocorrem nos dois sexos, mas só se manifestam em um deles. Um bom exemplo ocorre no gado leiteiro, em que os genes destinados à produção de leite estão presentes nos machos e nas fêmeas, mas manifestam-se apenas nas fêmeas.

POLIALELIA (ALELOS MÚLTIPLOS)

Para certas características genéticas, como cor das flores na planta dente-de-leão, existem apenas dois genes alelos diferentes (F^V e F^B) e, conseqüentemente, esses dois genes podem originar apenas três genótipos distintos (F^VF^V, F^VF^B e F^BF^B). Para algumas características, entretanto, existem mais de dois genes alelos diferentes que podem ocupar os mesmos loci num par de cromossomos homólogos. Nesse caso, fala-se que, na característica, há uma polialelia ou alelos múltiplos.

Um bom exemplo de polialelia aparece na característica coloração da pelagem em coelhos, em que se encontram as variedades aguti (selvagem), chinchila, himalaia e albino. Nessa característica, existe uma série de quatro genes alelos. São eles:

Gene C → condiciona uma pelagem com três faixas coloridas, sendo a mais próxima da pele de cor cinza-escuro, a intermediária de cor amarela e a mais superficial de cor preta ou marrom. Esses coelhos são ditos agutis ou selvagens.

Gene c^{ch} → condiciona uma pelagem cinza-prateada devido à combinação dos pigmentos preto e cinza em seus pelos, sendo ausente o pigmento marrom. Esses coelhos são chamados de chinchilas.

Gene c^h → condiciona uma pelagem branca na maior parte do corpo e pelos pretos nas extremidades (focinho, orelhas, patas e rabo). São os coelhos himalaia.

Gene c^a → condiciona ausência total de pigmentos na pelagem. Os pelos são totalmente brancos. Esses coelhos são ditos albinos.

Na série de genes alelos anterior, a ordem de dominância de um gene sobre o(s) outro(s) ocorre na seguinte sequência: $C > c^{ch} > c^h > c^a$. O gene C é, portanto, o mais dominante dessa série, uma vez que domina todos os outros; já o gene c^a é o mais recessivo de todos. Assim, para a característica cor da pelagem, os coelhos podem apresentar os seguintes genótipos e correspondentes fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
CC, Cc^{ch}, Cc^h e Cc^a	Aguti ou selvagem
$c^{ch}c^{ch}, c^{ch}c^h$ e $c^{ch}c^a$	Chinchila
c^hc^h e c^hc^a	Himalaia
c^ac^a	Albino

PLEIOTROPIA

Constitui o fenômeno em que um mesmo genótipo é responsável por mais de uma manifestação fenotípica. Nesse caso, os genes envolvidos são ditos pleiotrópicos (do grego *pleios*, mais). Veja o exemplo a seguir:

Em camundongos (*Mus musculus*), o mesmo par de genes alelos que determina a coloração cinza ou branca da pelagem também é responsável pela maior ou menor agressividade do animal. Veja que são duas características: cor da pelagem e grau de agressividade do animal. Assim, nos camundongos, pode-se ter:

- **Gene B** , que condiciona a formação de pelagem cinza e comportamento muito agressivo.
- **Gene b** , que condiciona a formação de pelagem branca e comportamento pouco agressivo.

Os genótipos e respectivos fenótipos que podem existir resultantes da combinação entre esses dois genes são:

Genótipos	Fenótipos
BB →	Cinza e muito agressivo
Bb →	Cinza e muito agressivo
bb →	Branco e pouco agressivo (dócil)

Assim, todo camundongo branco (bb) é mais manso (menos agressivo), enquanto todo camundongo cinzento (BB ou Bb) é muito agressivo.

Um bom exemplo de pleiotropia na espécie humana é o do gene responsável pela anemia falciforme. Tal anomalia é resultante da substituição de um único aminoácido num determinado trecho da molécula de hemoglobina, o que acarreta a formação de uma hemoglobina anômala (hemoglobina s). Essa hemoglobina anômala, por sua vez, faz com que as hemácias (glóbulos vermelhos) tenham uma forma também anômala, que lembra a lâmina de uma foice (daí o termo *falciforme*). Essas hemácias falciformes, por sua vez, são destruídas mais rapidamente que as hemácias normais, causando, conseqüentemente, a anemia. Em consequência dessa anemia, haverá o comprometimento de praticamente todo o metabolismo normal do indivíduo, que apresentará, por exemplo, fraqueza, diminuição das funções mentais, insuficiência cardíaca, desenvolvimento físico retardado, etc. Por outro lado, o indivíduo que tem anemia falciforme é mais resistente à malária provocada pelo *Plasmodium falciparum*. Assim, há várias manifestações fenotípicas determinadas por um mesmo genótipo.

GENES LETAIS

Genes letais são aqueles que, ao manifestarem sua ação, acarretam a morte do indivíduo, o que, dependendo do tipo de gene, pode ocorrer durante a vida embrionária ou na vida pós-natal (após o nascimento). Quando o gene letal provoca a morte, quer esteja em homozigose ou em heterozigose, ele é considerado dominante para a letalidade. Caso provoque a morte apenas quando em homozigose, é dito recessivo para a letalidade.

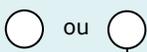
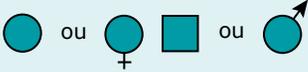
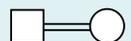
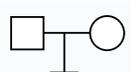
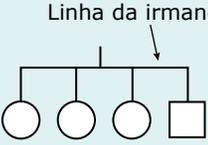
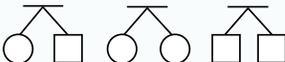
Um bom exemplo de gene letal dominante é o que causa a doença conhecida por Coreia de Huntington. Tal doença causa degeneração nervosa, tremores generalizados e deterioração mental e física. Tais anomalias são progressivas e irreversíveis, culminando na morte do indivíduo. O gene responsável por essa doença é um gene letal dominante. Veja o quadro a seguir:

Coreia de Huntington	
Gene H → Condiciona a doença Coreia de Huntington.	
Gene h → Condiciona a normalidade.	
Genótipos	Fenótipos
HH	Doente → morte
Hh	Doente → morte
hh	Normal

A doença manifesta-se numa idade entre a infância e a velhice, na maioria dos casos, por volta dos 35 anos de idade. Nos casos em que a doença se manifesta tardiamente, os seus portadores podem se casar antes do aparecimento dos sintomas, sem saber que são afetados e, assim, transmitir o gene H para os seus descendentes, contribuindo para a propagação e para a perpetuação da doença.

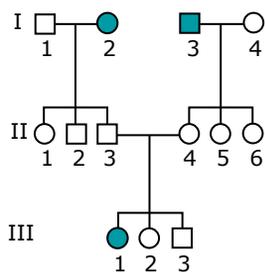
HEREDOGRAMAS

Heredogramas, genealogias, cartas genealógicas ou *pedigrees* são representações gráficas da herança de determinada característica hereditária em uma família. Os símbolos convencionais mais comumente usados na construção dos heredogramas estão relacionados a seguir:

	Sexo masculino.
	Sexo feminino.
	Sexo ignorado (indivíduo de sexo não informado).
	Indivíduos que manifestam a característica estudada, que pode ser ou não uma anomalia. Quando é uma doença ou anomalia genética, tais indivíduos também podem ser ditos afetados.
	Cruzamento ("casamento").
	Cruzamento consanguíneo (entre parentes próximos).
	Casal estéril (sem filhos).
<p>Linha da irmandade</p> 	Filhos (os irmãos são colocados a partir da esquerda para a direita na ordem em que nasceram, ligados a uma linha horizontal, denominada linha de irmandade).
	Gêmeos dizigóticos (DZ) ou bivitelinos.
	Gêmeos monozigóticos (MZ) ou univitelinos.

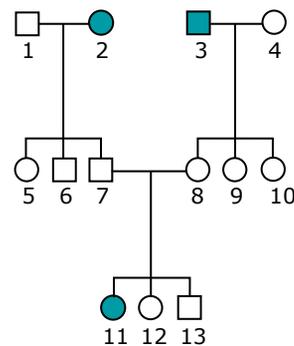
A numeração dos indivíduos no heredograma pode ser feita de diferentes maneiras. Veja os exemplos a seguir:

Exemplo 1:



Os algarismos romanos indicam as diferentes gerações representadas no heredograma. Em cada geração, os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando a sua geração e seu respectivo número dentro da geração. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os identificados por I-2, I-3 e III-1.

Exemplo 2:



Os indivíduos são numerados, em ordem crescente, da esquerda para a direita. Faz-se referência a um indivíduo citando o seu número. Por exemplo: os indivíduos afetados representados no heredograma anterior são os de números 2, 3 e 11.

NOÇÕES DE PROBABILIDADE

O estudo da transmissão das características hereditárias, isto é, o estudo da Genética, exige algum conhecimento a respeito da teoria das probabilidades. Assim, antes de iniciarmos o estudo da Genética propriamente dito, veremos algumas regras básicas dessa importante parte da Matemática.

A probabilidade é a frequência esperada da ocorrência de um certo evento, ou seja, é a chance que um fenômeno tem de ocorrer. Seu cálculo é feito por meio da seguinte relação:

$$\text{Probabilidade} = \frac{\text{N. de vezes da ocorrência desejada}}{\text{N. de vezes de todas as ocorrências possíveis}}$$

Exemplo: Numa urna, existem 30 bolas brancas e 10 bolas pretas. Qual a probabilidade de se retirar dessa urna uma bola branca?

Resolução:

Note que o número total de bolas é igual a 40, sendo 30 delas brancas. Quando colocamos a mão na urna e retiramos aleatoriamente uma única bola, podemos retirar qualquer uma das 40 bolas. Como o desejado em questão é que se retire, no universo das 40 bolas, uma bola branca, a probabilidade de ocorrência desse evento será obtida da seguinte maneira:

$$P = \frac{\text{N. de bolas brancas (ocorrência desejada)}}{\text{N. total de bolas da urna (ocorrências possíveis)}}$$

Assim, a probabilidade corresponderá a $30/40 = 3/4$ (75%).

Resposta: $3/4$ (75%)

Quando se calcula a probabilidade de dois ou mais eventos, deve-se considerar se eles são mutuamente exclusivos ou se são eventos independentes.

Eventos mutuamente exclusivos

São aqueles em que a ocorrência de um exclui a possibilidade da ocorrência de outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade será obtida pela soma das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

Exemplo: No lançamento de um dado normal, qual é a probabilidade de se obter a face 4 **ou** a face 5?

Resolução:

Observe que, nesse caso, a ocorrência de um dos eventos desejados exclui a possibilidade de ocorrência do outro ao mesmo tempo, ou seja, é um **ou** outro. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 = $1/6$
- Probabilidade de sair a face 5 = $1/6$
- Probabilidade de sair a face 4 **ou** a face 5 = $1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3$

Resposta: $1/3$ (33,333...%)

Eventos independentes

São aqueles que podem ocorrer simultaneamente, isto é, a ocorrência de um não exclui a possibilidade de ocorrência do(s) outro(s) ao mesmo tempo. Nesse caso, a probabilidade é obtida pelo produto das probabilidades isoladas de cada um dos eventos.

Exemplo: No lançamento simultâneo de um dado normal e de uma moeda de duas faces ("cara" e "coroa"), qual é a probabilidade de se obter a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda?

Resolução:

Observe que o fato de sair a face 4 no dado não exclui a possibilidade de sair a face "coroa" na moeda e vice-versa, ou seja, os dois eventos desejados são independentes. Assim, tem-se:

- Probabilidade de sair a face 4 no dado = $1/6$
- Probabilidade de sair a face "coroa" na moeda = $1/2$
- Probabilidade de sair a face 4 no dado **e** a face "coroa" na moeda = $1/6 \cdot 1/2 = 1/12$

Resposta: $1/12$ (8,333...%)

Regra do "ou" e regra do "e"

É costume dizer que a resolução da probabilidade de eventos mutuamente exclusivos é feita por meio da **regra do "ou"**, enquanto a probabilidade de eventos independentes obedece à **regra do "e"**.

- **Regra do "ou"** – Aplica-se para **eventos mutuamente exclusivos**. A probabilidade é igual à soma das probabilidades de cada evento em separado, isto é, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, ao fim, somam-se todas elas.
- **Regra do "e"** – Aplica-se para **eventos independentes**. A probabilidade é dada pelo produto das probabilidades de cada evento em separado, ou seja, calcula-se separadamente a probabilidade de cada evento e, em seguida, multiplica-se uma(s) pela(s) outra(s).

Existem situações em que, para se chegar ao resultado final da probabilidade desejada, deve-se combinar a **regra do "ou"** com a **regra do "e"**. Veja o exemplo:

Em três lançamentos consecutivos de uma moeda, qual a probabilidade de serem obtidas duas "caras" e uma "coroa"?

Resolução:

Observe que o desejado é a obtenção de duas faces "caras" e uma face "coroa", não importando a ordem em que esses eventos ocorram. Assim, conforme mostra o quadro a seguir, são possíveis três diferentes ordens de ocorrência, envolvendo duas "caras" e uma "coroa" que satisfazem ao desejado, ou seja: "cara", "cara", "coroa" **ou** "cara", "coroa", "cara" **ou** "coroa", "cara", "cara".

1º Lançamento	2º Lançamento	3º Lançamento
"cara"	"cara"	"coroa"
"cara"	"coroa"	"cara"
"coroa"	"cara"	"cara"

Nesse exemplo, procede-se da seguinte maneira:

- Probabilidade de sair a face "cara" em qualquer lançamento de uma moeda = $1/2$
- Probabilidade de sair a face "coroa" em qualquer lançamento de uma moeda = $1/2$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "cara", "coroa" = $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "cara", "coroa", "cara" = $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$
- Probabilidade de sair duas "caras" e uma "coroa" na ordem "coroa", "cara", "cara" = $1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 = 1/8$

Assim, em três lançamentos consecutivos de uma moeda, a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa" corresponderá a:

$$1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8.$$

Resposta: $3/8$ (37,5%)

Esse mesmo resultado pode ser obtido aplicando-se o binômio de Newton: $(p + q)^n$, em que **p** representa a probabilidade de se obter a face "cara", **q**, a probabilidade de se obter "coroa" e **n** corresponde ao número de lançamentos feitos. Como nesse exemplo foram feitos três lançamentos da moeda, o binômio será $(p + q)^3$.

Desenvolvendo o binômio anterior, obtemos:

$$(p + q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3.$$

Como o desejado no caso são duas "caras" e uma "coroa", o termo do binômio que usaremos é o $3p^2q$. Substituindo os valores de **p** e **q** nesse termo, teremos:

$$3 \cdot (1/2)^2 \cdot 1/2 = 3 \cdot 1/4 \cdot 1/2 = 3/8.$$

Resposta: $3/8$

Uma outra maneira de se chegar a esse mesmo resultado consiste em calcular a ocorrência da probabilidade desejada numa ordem qualquer e multiplicar pelo número de ordens ou combinações possíveis que podem existir.

Para calcular o número de ordens ou combinações possíveis, usa-se a fórmula $n!/p!(n-p)!$, em que **n** é o número de elementos que entram no cálculo e **p** é uma das alternativas. Como, nesse exemplo, foram feitos três lançamentos, **n** = 3. O **p** pode representar 2 (duas "caras") ou 1 (uma "coroa"). Vamos considerar que **p** seja igual a 2. Substituindo os valores de **n** e **p** na fórmula anterior, teremos:

$$3!/2!(3-2)! = 1.2.3/1.2.1 = 3.$$

Assim, em três lançamentos de uma moeda, existem três ordens diferentes em que poderão sair duas faces "caras" e uma face "coroa". Essas ordens, conforme já foi visto, são: "cara", "cara", "coroa" ou "cara", "coroa", "cara" ou "coroa", "cara", "cara". Como a probabilidade de sair duas faces "caras" e uma face "coroa" numa ordem qualquer = $1/8$, a probabilidade de se obterem duas "caras" e uma "coroa", independentemente da ordem que tais eventos ocorram, será correspondente a

$$3 \cdot 1/8 = 3/8.$$

Resposta: $3/8$

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01.
7JHY



(UDESC) Relacione os conceitos dos verbetes, utilizados na Genética, do primeiro grupo com o significado do segundo grupo.

- | | |
|---------------------------|--|
| (1) Genótipo | () Expressa-se mesmo em heterozigose. |
| (2) Fenótipo | () Pareiam-se durante a meiose. |
| (3) Alelo dominante | () Conjunto de características morfológicas ou funcionais do indivíduo. |
| (4) Alelo recessivo | () Local ocupado pelos genes nos cromossomos. |
| (5) Cromossomos homólogos | () Constituição genética dos indivíduos. |
| (6) Locus gênico | () Expressa-se apenas em homozigose. |

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| A) 4 - 6 - 5 - 2 - 1 - 3 | D) 3 - 5 - 2 - 6 - 1 - 4 |
| B) 3 - 5 - 6 - 2 - 1 - 4 | E) 4 - 3 - 1 - 5 - 6 - 2 |
| C) 3 - 5 - 1 - 6 - 2 - 4 | |

02.
MYHE



(UFRGS-RS) As reações bioquímicas, em sua maioria, são interligadas e, frequentemente, interdependentes.

Os produtos de uma cadeia de reações podem ser utilizados em muitas outras vias metabólicas. Assim, não é surpreendente que a expressão fenotípica de um gene envolva mais do que uma característica.

A afirmação anterior se refere ao conceito de

- A) dominância incompleta.
- B) heterogeneidade genética.
- C) pleiotropia.
- D) alelismo múltiplo.
- E) fenocópia.

03.

(UEM-PR-2018) Sobre a interação entre alelos de um mesmo gene, assinale o que for correto.

- 01. Na dominância completa, os indivíduos heterozigóticos apresentam ambos os fenótipos dos homozigóticos.
- 02. Na dominância incompleta, os indivíduos heterozigóticos apresentam o mesmo fenótipo que um dos homozigóticos.
- 04. Na codominância, os indivíduos heterozigóticos apresentam fenótipo intermediário entre os homozigóticos.
- 08. Na herança recessiva, um alelo recessivo deve estar em homozigose para o fenótipo ser expressado.
- 16. Na herança dominante, um alelo dominante deve estar em homozigose ou heterozigose para o fenótipo ser expressado.

Soma ()

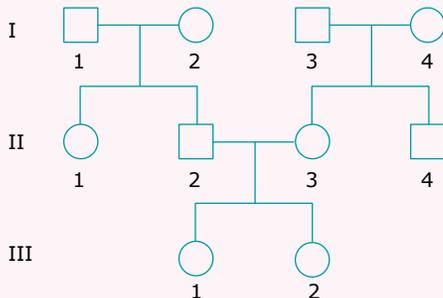
04. Vamos admitir que, em cobaias, há uma série alélica com três genes diferentes para a cor da pelagem: gene **E** (pelagem branca), gene **e^p** (pelagem preta) e gene **e** (pelagem marrom uniforme). A relação de dominância entre os genes dessa série é:

$$E > e^p > e$$

Com as informações anteriores, podemos concluir corretamente, exceto

- A) Trata-se de um caso de polialelia (alelos múltiplos).
- B) Existem seis genótipos diferentes para essa característica das cobaias.
- C) Existem três fenótipos diferentes para essa característica das cobaias.
- D) Cobaias com pelagem marrom uniforme poderão ter genótipos diferentes.

05. (OBC-2018) A anemia falciforme é causada pela presença de uma hemoglobina anormal. Essa doença é herdada como autossômica recessiva. Considerando o heredograma apresentado inicialmente, se os indivíduos I-2 e I-3 forem heterozigotos e os indivíduos I-1 e I-4 forem homozigotos normais, quem poderá ser afetado pela doença?



- A) Apenas III-1 e III-2.
- B) Apenas II-1 e II-3.
- C) Apenas II-2 e II-4.
- D) II-1, II-2, II-3 e II-4.
- E) II-1, II-3, III-1 e III-2.

- D) surgem por eventos de permutação entre cromossomos homólogos.
- E) apresentam sequências nucleotídicas diferentes, que surgiram por mutações.

02. (Uncisal) O fenômeno genético que explica as semelhanças observadas entre pais e filhos, ao longo das gerações, é chamado de

- A) pangênese.
- B) hereditariedade.
- C) mutação.
- D) probabilidade.
- E) camuflagem.

03. (UCSal-BA) Coelhos himalaia em temperaturas de cerca de 20 °C são inteiramente brancos. Quando colocados em temperatura de cerca de 5 °C, desenvolvem pelos pretos nas patas, nas orelhas e nos focinhos. O fenômeno descrito anteriormente ilustra

- A) a atuação do meio nas mutações.
- B) o processo de seleção natural.
- C) a influência do ambiente na alteração do genótipo.
- D) a interação do meio e do genótipo.
- E) a transmissibilidade dos caracteres adquiridos.

04. (UFAC) Na espécie humana o cromossomo X está presente em indivíduos tanto do sexo feminino quanto do masculino. O cromossomo Y possui genes exclusivos que determinam a herança restrita ao sexo ou herança:

- A) Autossômica
- B) Holândrica
- C) Hemofílica
- D) Daltônica
- E) Retinosquise

05. (PUC Rio) A neuropatia óptica hereditária de Leber (LHON) é uma doença genética que afeta geralmente jovens e adultos, levando a uma súbita perda de acuidade visual de um ou dos dois olhos. Ela está relacionada a genes localizados no DNA mitocondrial.

Nesse caso, essa doença seria consequência de uma herança genética

- A) materna ou paterna, afetando somente descendentes do sexo feminino.
- B) unicamente materna, afetando somente descendentes do sexo feminino.
- C) materna ou paterna, afetando descendentes dos dois sexos.
- D) unicamente paterna, afetando somente descendentes do sexo masculino.
- E) unicamente materna, afetando descendentes dos dois sexos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (USP) Os diferentes alelos de um gene



- A) ocupam posições variáveis nos cromossomos homólogos.
- B) localizam-se em cromossomos não homólogos.
- C) ocupam diferentes lócus gênicos na herança quantitativa.

Com base nos dados dessa tabela e em outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que

- A) o peso é a característica que apresenta maior influência genética.
- B) as diferenças entre os gêmeos MZ indicam diferenças genéticas entre eles.
- C) a influência ambiental pode ser avaliada em gêmeos MZ.
- D) o comprimento da cabeça apresenta maior influência ambiental.

11. (PUC RS) Considere a informação a seguir:

IXX9



A variabilidade da cor do olho em humanos é regulada por múltiplos genes. Hipoteticamente, pode-se aceitar que alelos funcionais A, B, C, D são responsáveis pela produção de muito pigmento (visto nos olhos negros), e alelos não funcionais a, b, c, d sintetizam pouco (típico de olhos azuis). Conhece-se ainda uma variação patológica (alelo e) que, quando em homozigose, causa o albinismo, isto é, a ausência completa de pigmento (olhos avermelhados).

Considerando os alelos citados, sabe-se que

- A) há *crossing-over* entre A e a.
- B) há pareamento entre A, B, C e D.
- C) heterozigotos Bb terão olhos verdes.
- D) pessoas Cc produzem gametas CC e cc.
- E) o locus D está na mesma posição do locus d.

12. (Uncisal) A causa da doença (anemia falciforme) é uma mutação pontual no gene beta da globina, em que há a substituição de uma base nitrogenada do códon GAG para

A244



GTG, resultando na troca do ácido glutâmico (Glu) pela valina (Val) na posição número seis do gene. Manifesta-se somente em indivíduos homozigotos com uma mutação específica, chamada HbS, que leva, após tradução do RNA-m, à produção de cadeias beta de hemoglobina alteradas.

BENFATO, Mara da Silveira et al. A fisiopatologia da anemia falciforme. *Infarma*, v. 19, n. 1/2, 2007 (Adaptação).

Qual genótipo caracteriza um indivíduo com anemia falciforme?

- A) HbSS
- B) HbAS
- C) HbAA
- D) HbAa
- E) HBss

SEÇÃO ENEM

01. Na espécie humana, a capacidade de sentir o gosto amargo de uma substância conhecida por PTC (feniltiocarbamida) deve-se a um gene dominante I que, como tal, manifesta sua ação em homozigose (dose dupla) e em heterozigose (dose simples).

A incapacidade de sentir tal gosto deve-se ao seu alelo recessivo i que só manifesta sua ação quando em homozigose (dose dupla). Cada um de nós recebe de cada genitor apenas um desses dois genes (I ou i). Assim, para essa característica (sensibilidade ou não ao gosto amargo do PTC), existem três genótipos distintos: II, I i e $i i$. Com essas informações, pode-se concluir que os indivíduos sensíveis ao PTC, isto é, capazes de sentir o gosto amargo dessa substância, podem ter os seguintes genótipos:

- A) II ou $i i$
- B) II ou I i
- C) I i ou $i i$
- D) Apenas II
- E) Apenas $i i$

SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. C
- 03. Soma = 24
- 04. D
- 05. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. B
- 03. D
- 04. B
- 05. E
- 06. E
- 07. B
- 08. A
- 09. B
- 10. C
- 11. E
- 12. A

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %