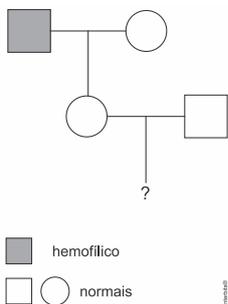




INTERAÇÃO GÊNICA E EPISTASIA

1. (UNIFIMES 2016) A hemofilia é uma anomalia ligada ao sexo, condicionada por um alelo recessivo h localizado no cromossomo X. A figura ilustra um heredograma em que um dos homens é hemofílico.



a. Qual é o genótipo da filha desse homem hemofílico? Qual é a probabilidade de ela gerar um menino hemofílico?

b. Em uma população, a probabilidade de que sejam encontradas mulheres hemofílicas é menor do que a probabilidade de que sejam encontrados homens hemofílicos. Explique essa afirmativa, contemplando os dois sexos.

2. (FAC. SANTA MARCELINA 2016) Raquel está gestando um casal de gêmeos. O pai dos bebês é seu primo, filho da irmã da mãe de Raquel. O único irmão de Raquel morreu ainda jovem, portador da Distrofia de Duchenne, uma doença genética recessiva, degenerativa e incapacitante, ligada ao sexo.

a. Qual a probabilidade de o menino vir a desenvolver a doença? Qual a probabilidade de a menina vir a desenvolver a doença?

b. Se Raquel estivesse grávida de outro rapaz, não aparentado a ela e em cuja família não houvesse histórico da doença, a probabilidade de os gêmeos virem a desenvolver a doença estaria diminuída? Justifique sua resposta.

3. (UNESP 2016) Em moscas de frutas *Drosophila melanogaster*, o sexo é determinado segundo o sistema XY. A cor dos olhos nessa espécie é determinada por alelos localizados no cromossomo X. O alelo dominante B confere cor vermelha aos olhos da mosca e o alelo recessivo b, cor branca.

O cruzamento de uma fêmea de olhos vermelhos com um macho de olhos vermelhos resultou em uma geração constituída por 75% de indivíduos de olhos vermelhos e 25% de olhos brancos. Determine o genótipo da fêmea deste cruzamento e o sexo dos descendentes de olhos brancos.

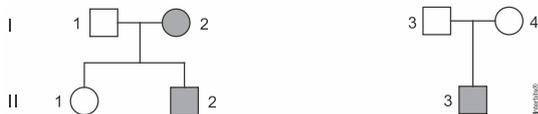
Em outro cruzamento, uma fêmea de olhos brancos foi fecundada por um macho de olhos vermelhos. Dos descendentes obtidos, foi realizado o cruzamento de uma fêmea com um macho, que deu origem a uma



população de 100 indivíduos. Qual a porcentagem de machos de olhos brancos e a porcentagem de fêmeas de olhos brancos esperadas nessa população?

4. (EBMSP 2016) Um casal de homens brasileiros acabou de chegar do exterior, onde iniciaram um processo de gravidez por substituição – barriga de aluguel – e disseram que não pagaram pelos óvulos. Eles tiveram a ideia de como juntar características genéticas das duas famílias, utilizando o óvulo da irmã de um deles e os espermatozoides do outro.

Suponha que os heredogramas a seguir representem a expressão de uma característica que tem herança recessiva ligada ao sexo nas famílias desses dois homens, II – 2 e II – 3, e que II – 1 é a tia doadora do óvulo.



Com base nessas informações e nos conhecimentos da genética, indique:

- a. A probabilidade de esse bebê expressar a característica, justificando sua resposta.
- b. Os possíveis genótipos dessa criança se ela apresentar essa característica.

5. (UEM 2015) Sobre as variações da expressão gênica, é correto afirmar que:

01. Em ervilhas o mesmo gene que condiciona a cor da casca da semente

também determina a cor da flor e a presença de manchas roxas nas estípulas foliares, ou seja, um caso de pleiotropia.

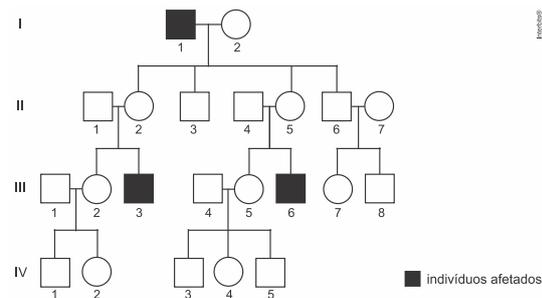
02. A expressividade de um gene pode ser definida como o fenótipo que ele expressa. Em certos casos, o mesmo tipo de alelo expressa-se de maneira diferente nos seus diversos portadores. Fala-se, então, em expressividade gênica variável.

04. A expressividade gênica variável, a penetrância gênica e a pleiotropia, são exemplos de variações da expressão gênica.

08. A hemofilia e o daltonismo são causados por uma combinação de fatores genéticos, dentre eles a penetrância e a expressividade gênicas.

16. Na espécie humana, a polidactilia (presença de dedo extranumerário) é um exemplo de codominância.

6. (UERJ 2015) No heredograma a seguir, pode-se verificar a ocorrência de uma determinada síndrome genética.



Identifique os tipos de herança genética associados a essa síndrome em relação a dois fatores: padrão de dominância e sexo. Em seguida, cite duas características representadas no heredograma que explicam esses tipos de herança genética.



7. (UFPR 2014) Nos gatos domésticos, a herança da cor da pelagem é ligada ao sexo. Os machos e as fêmeas podem ser pretos ou malhados (com pelos pretos e pelos brancos), ou podem ser amarelos ou malhados (com pelos amarelos e pelos brancos). Somente as fêmeas podem possuir as três cores (com pelos pretos, pelos amarelos e pelos brancos), sendo este último fenótipo chamado de cálico. A cor branca dos pelos é condicionada por um gene autossômico e tanto o macho quanto a fêmea podem ou não expressá-lo. Sabendo disto, responda:

- a. Quais são os genótipos e fenótipos dos pais cujos descendentes são: metade das fêmeas possuem fenótipo cálico e metade são malhadas (pelos pretos e brancos), e metade dos machos são malhados (pelos amarelos e brancos).
- b. Qual a hipótese que melhor explica a falta do fenótipo cálico nos machos? Justifique sua resposta.

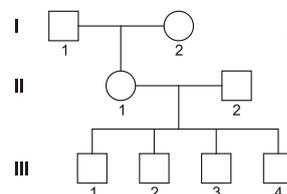
8. (UEM 2014) Sobre a herança ligada ao sexo, assinale o que for correto.

- 01. Um exemplo desse tipo de herança é a calvície hereditária na espécie humana, determinada por um alelo localizado em um autossomo, dominante nos homens e recessivo nas mulheres.
- 02. Na espécie humana, o sexo feminino, quanto aos cromossomos sexuais, é chamado de homogamético.
- 04. O daltonismo e a hemofilia são doenças hereditárias ligadas ao cromossomo Y.
- 08. Tanto no sistema XY como no sistema XO, o sexo heterogamético é o masculino.
- 16. O cromossomo Y humano possui pouquíssimos genes, todos

eles holândricos e relacionados à determinação do sexo, à formação e ao funcionamento dos testículos.

9. (FUVEST 2014) Os genes que condicionam a visão para cores e a síntese da enzima G6PD (desidrogenase da glicose-6-fosfato) estão localizados no cromossomo X humano. O alelo recessivo *d* determina o daltonismo e o alelo recessivo *g*, a deficiência da enzima G6PD.

No heredograma abaixo, o homem I-1 é daltônico e tem também deficiência da enzima G6PD.



Sua mulher I-2 é homocigótica, com visão normal para cores, não tendo deficiência de G6PD. A filha II-1 desse casal casou-se com o homem II-2, que possui visão normal para cores e não tem deficiência de G6PD. Os quatro filhos desse casal (III-1, 2, 3 e 4) diferem entre si quanto aos fenótipos em relação à visão para cores e à síntese de G6PD.

Com relação a essas características,

- a. quais são os genótipos de I-1 e I-2?
- b. quais são os genótipos de II-1 e II-2?
- c. que fenótipos e respectivos genótipos os filhos de II-1 e II-2 podem ter?
- d. explique como III-1, 2, 3 e 4 podem ter herdado genótipos diferentes.

10. (UNESP 2014) A Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) apresenta incidência de



1 a cada 3.500 nascimentos de meninos. É causada por um distúrbio na produção de uma proteína associada à membrana muscular chamada distrofina, que mantém a integridade da fibra muscular. Os primeiros sinais clínicos manifestam-se antes dos 5 anos, com quedas frequentes, dificuldade para subir escadas, correr, levantar do chão e hipertrofia das panturrilhas. A fraqueza muscular piora progressivamente, levando à incapacidade de andar dentro de cerca de dez anos a partir do início dos sintomas.

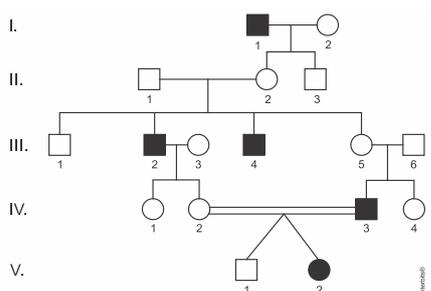
Trata-se de uma doença genética, com padrão de herança recessivo ligado ao cromossomo X. Na maioria dos casos, a mutação responsável pela doença foi herdada da mãe do paciente (em geral, assintomática).

(www.oapd.org.br. Adaptado.)

Considerando as informações do texto, explique por que as mulheres portadoras da mutação em geral são assintomáticas (não desenvolvem a doença).

Se uma mulher portadora da mutação, assintomática, estiver grávida de um casal de gêmeos, e o pai das crianças for um homem não portador da mutação, quais as probabilidades de seus filhos desenvolverem a doença? Justifique.

11. (IFSC 2014) O heredograma abaixo representa uma família em que alguns indivíduos (em preto) são acometidos pela hemofilia. A hemofilia é uma herança recessiva ligada ao cromossomo X.



De acordo com a análise do heredograma, assinale a soma da(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01. Os indivíduos II.1 e II.2 certamente são homocigotos para a hemofilia, pois do contrário não poderiam ter filhos afetados pela doença.
- 02. Como a hemofilia é uma herança recessiva ligada ao cromossomo X, a proporção entre homens e mulheres afetados vai ser diferente, considerando que proporcionalmente existirão mais homens que mulheres afetados pela doença, como evidencia o heredograma.
- 04. Certamente as mulheres III.5 e IV.4 são heterocigotas para a hemofilia.
- 08. No caso em questão, a presença da doença em V.2 tem relação direta com o casamento consanguíneo entre seus pais.
- 16. A chance de um próximo filho do casal IV.2 e IV.3 nascer afetado pela hemofilia é a mesma, seja ele homem ou mulher.
- 32. O fato de os indivíduos V.1 e V.2 serem gêmeos bivitelinos significa que ambos são portadores do alelo recessivo que causa a hemofilia.

12. (UEPG 2013) O polialelismo, a interação gênica e as heranças ligadas ao sexo são importantes tipos de herança genética. Com relação a esses sistemas de herança genética, assinale o que for correto.

- 01. Para a herança do grupo sanguíneo ABO, um homem tipo sanguíneo AB (genótipo I^AI^B) casado com uma mulher homocigota para sangue O (ii) só podem ter descendentes do tipo sanguíneo A ou B.
- 02. A cor da pelagem dos coelhos é condicionada por 4 alelos, a seguir, em ordem de dominância: C, que determina pelagem selvagem; c^{ch} determina



chinchila; c^h determina himalaio; c determina albino. O cruzamento entre um coelho macho selvagem (genótipo Cc) e uma fêmea chinchila (genótipo c^{hc}) resulta em uma probabilidade fenotípica da prole de 50% selvagem, 25% chinchila e 25% albino.

04. Quando dois ou mais genes (não alelos) determinam uma mesma característica, ocorre a denominada interação gênica.

08. Uma mulher com visão normal, porém portadora do alelo para daltonismo (genótipo X^DX^d) é casada com homem normal (genótipo X^DY). Esse casal terá todos os filhos (meninos) apresentando daltonismo.

Um homem hemofílico (genótipo X^hY) casado com uma mulher normal (X^HX^H) terá todos os filhos normais.

13. (UFPR 2013) Um cruzamento de drosófilas (moscas-da-fruta) fêmeas de olhos vermelhos com machos de olhos brancos produziu, em F1, 100% de machos e fêmeas de olhos vermelhos. A seguir, o cruzamento de machos e fêmeas de F1 produziu, na geração F2, 75% de moscas com olhos vermelhos (50% fêmeas + 25% machos) e 25% de moscas de olhos brancos (todos machos). Explique como surge essa desigualdade de fenótipos.

14. (UEM 2012) Considerando as heranças ligadas ao sexo, assinale o que for correto.

01. Os cromossomos sexuais de indivíduos com síndrome de Klinefelter são XXY e daqueles com síndrome de Turner são XO.

02. Um homem hemofílico casado com uma mulher normal homocigota terá 25% de probabilidade de ter um descendente hemofílico.

04. A determinação do sexo, em todas as espécies animais, é definida pela constituição de um par de cromossomos sexuais, sendo que as fêmeas apresentam cromossomos XX e os machos XY.

08. Uma mulher normal, cujo pai é daltônico, casada com um homem daltônico, apresenta 50% de probabilidade de ter um descendente com essa característica.

16. Genes com expressão limitada ao sexo são aqueles que, apesar de estarem presentes em ambos os sexos, só se expressam em um deles.

15. (UEPG 2012) Em relação aos mecanismos de herança genética, assinale o que for correto.

01. Na primeira lei de Mendel, com dominância completa de uma característica sobre a outra, será observada uma proporção de 3:1 na geração denominada F2.

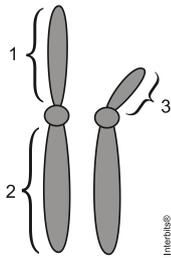
02. Na lei de segregação independente, os dois ou mais genes em análise estão em cromossomos diferentes.

04. Na segunda lei de Mendel, quando são analisados 2 genes, observa-se 100% de duplos heterocigotos (dihíbridos) na geração denominada F1.

08. No polialelismo, como no caso do sistema sanguíneo ABO humano, um gene pode apresentar mais de dois alelos.

16. No mecanismo de herança ligada ao cromossomo X humano, o sexo masculino é considerado hemizigótico, enquanto as fêmeas apresentam os dois alelos, podendo ser homocigótica ou heterocigótica.

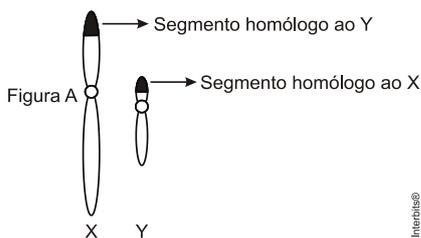
16. (UFTM 2012) A distrofia muscular do tipo Duchenne, doença determinada por alelo recessivo ligado ao cromossomo X, é caracterizada pela degeneração progressiva da musculatura esquelética e diminui a expectativa de vida da pessoa. Considere o esquema que ilustra os cromossomos sexuais.



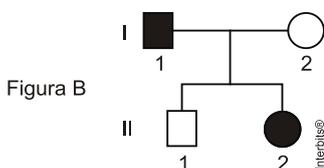
a. Que número representa o local onde fica o alelo que determina a distrofia? Justifique sua resposta.

b. Uma mulher, que teve um irmão com essa doença, procurou um geneticista para saber a possibilidade de ter uma criança com essa anomalia. Sabendo que na família de seu marido não havia ninguém com essa doença, qual seria a probabilidade informada pelo geneticista? Demonstre o cálculo.

17. (FUVEST 2012) A figura A abaixo mostra o par de cromossomos sexuais humanos X e Y. Esses cromossomos emparelham-se na meiose, apenas pelos segmentos homólogos que possuem nas extremidades de seus braços curtos. Ocorre permuta entre esses segmentos.



No heredograma (figura B), os indivíduos I-1 e II-2 são afetados por uma doença que tem herança dominante ligada ao X.



a. Desenhe os cromossomos sexuais de I-1 e II-2, representando-os como aparecem na figura A.

b. Indique os genótipos de I-1 e II-2, localizando, nos cromossomos desenhados, o alelo (d) normal e o alelo (D) determinante da doença.

18. (UNIFESP 2019) Um agricultor adquiriu um saco de sementes de milho comercializadas por uma indústria agropecuária. O rótulo desse saco informava que as sementes vinham do cruzamento de linhagens diferentes e geneticamente puras, ou seja, para as características fenotípicas de interesse, as linhagens eram homozigotas, mas cada uma delas homozigota para alelos diferentes.

O agricultor plantou essas sementes em uma mesma área e obteve uma safra de ótima produção, com espigas uniformes e repletas de grãos.

Após a colheita, o agricultor, considerando a qualidade dessas espigas, resolveu guardar algumas delas para plantar a safra seguinte. Contudo, ainda que as condições ambientais tenham se mantido, essa nova safra foi pouco produtiva, gerando espigas não uniformes e sem a mesma qualidade da safra anterior.

a. As “linhagens diferentes”, citadas no rótulo do saco de milho, são da mesma espécie ou de espécies diferentes? Justifique sua resposta.

b. Explique por que as plantas obtidas pela germinação das sementes adquiridas produziram espigas uniformes e explique o porquê das diferenças fenotípicas e de produtividade da segunda safra em relação à primeira.



GABARITO

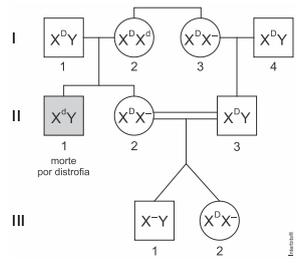
1. a) O genótipo da mulher filha do homem hemofílico é $X^H X^h$.

Pais: $X^H X^h$ e $X^H Y$.

$P(X^H Y) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

b) A frequência de homens hemofílicos na população geral é maior, porque eles apresentam apenas uma cópia de um gene raro (h) situado na região não homóloga de seu único cromossomo X. Mulheres hemofílicas são raríssimas, pois são portadoras de duas cópias de um gene raro, apresentando genótipo $X^h X^h$.

2. Alelos ligados ao sexo: d (distrofia de Duchenne) e D (normalidade).



a) $P(\text{Raquel - II.2 ser } XDXd) = \frac{1}{2}$

$P(\text{gêmeo- III.1 ser } XdY) = \frac{1}{2}$

$P(\text{Raquel ser } XDXd \text{ e gêmeo ser } XdY) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

$P(\text{Raquel ser } XDXd \text{ e gêmea ser } XdXd) = \frac{1}{2} \times 0 = \text{zero}$

b) Não. As probabilidades seriam as mesmas, porque Raquel teria filhos com um homem com genótipo idêntico ao de seu primo.

3. Alelos ligados ao sexo: b (olho branco) e B (olho vermelho)

Cruzamento I:

Pais: $X^B X^b$ e $X^B Y$.

Filhos: 25% $X^B X^B$; 25% $X^B X^b$; 25% $X^B Y$ e 25% $X^b Y$.

Fêmea: $X^B X^b$.

Sexo dos descendentes de olhos brancos: machos ($X^b Y$)

Cruzamento II:

Pais: $X^b X^b$ e $X^B Y$.

F1: $X^B X^b$ e $x^b y$

F2: $X^B X^b$; $X^b X^b$; $X^B Y$ e $X^b Y$.

Porcentagem de machos com olhos brancos ($X^b Y$) : 25% da prole.

Porcentagem de fêmeas com olhos brancos ($X^b X^b$) : 25% da prole.

4. a) A irmã de um dos rapazes, tia do bebê, doadora do óvulo, não apresenta essa característica (porém sua mãe sim), então seu genótipo é $X^D X^d$. O doador dos espermatozoides apresenta a característica, portanto, com genótipo $X^d Y$. Assim, a probabilidade desse bebê expressar a característica é de 50% para ambos os sexos, de acordo com a tabela abaixo.

b) Os possíveis genótipos da criança para essa característica são $XdXd$ e XdY .

H/M	X^d	Y
X^D	$X^D X^d$	$X^D Y$
X^d	$X^d X^d$	$X^d Y$

5. $01 + 02 + 04 = 07$.

[08] Falso. A herança relacionada aos casos genéticos de hemofilia e daltonismo é recessiva e ligada ao sexo, isto é, são determinadas por genes situados na região não homóloga do cromossomo X.

[16] Falso. Na espécie humana a polidactilia é um exemplo de herança autossômica dominante, uma vez que, pais portadores do caráter, muitas vezes têm filhos sem dedos extranumerários.

6. O heredograma sugere um padrão de herança recessiva e ligada ao sexo, isto é, gene recessivo situado na região não homóloga do cromossomo X. São evidências: somente afeta homens que transmitem o gene, por meio de suas filhas portadoras, para cerca de metade de seus netos do sexo masculino. Os filhos homens de indivíduos afetados pela anomalia não manifestam o caráter.

7. a) alelos ligados ao sexo: P (preto) e A (amarelo) alelos autossômicos: A (coloração) e a (branco)

pais: ♂ $XPY Aa$ x ♀ $XPXA aa$

filhos: $XPXA aa$ (♀ cálico)

$XPXP aa$ (♀ preto e branco)



XPY aa (♂ amarelo e branco)

b) O fenótipo cálcico XAXP não ocorre normalmente nos machos porque eles apresentam apenas um cromossomo X. Dessa forma, somente expressam uma cor, amarelo (XAY) ou preto (XPY).

Observação: O enunciado não deixa clara a forma como o gene autossômico para o branco é expresso. A resolução proposta supõe que o gene seja autossômico e recessivo.

8. $02 + 08 + 16 = 26$.

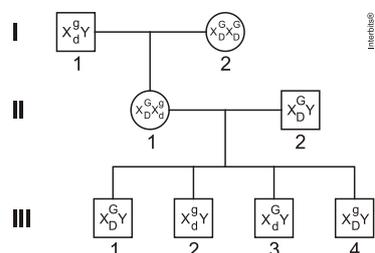
[01] Falso. A determinação genética da calvície em humanos não é determinada por genes situados na porção não homóloga do cromossomo X. Esse caráter parece ser autossômico com dominância variável, isto é, o gene (ou genes) é autossômico e se comporta como dominante em homens e recessivos em mulheres.

[04] Falso. Os genes situados na região não homóloga do cromossomo Y somente se expressam em homens.

9. Alelos ligados ao cromossomo x:

d (daltonismo) e D (normalidade);

g (deficiência da enzima G6PD) e G (normalidade)



a) I.1: $X_d^g Y$; I.2: $X_D^g X_D^g$.

b) II.1: $X_D^g X_D^g$; II.2: $X_D^G Y$.

c) Os quatro filhos do casal II.1 e II.2 apresentam os seguintes genótipos e fenótipos:

III.1: $X_D^G Y$ - normal para ambas as características

III.2: $X_d^g Y$ - daltônico com deficiência da enzima G6PD.

III.3: $X_d^G Y$ - apenas daltônico.

III.4: $X_d^g Y$ - apenas portador da deficiência enzimática.

d) Durante a gametogênese materna, ocorreu crossing-over (permutação) entre os seus cromossomos x. Foram produzidos gametas parentais (originais) dos tipos x_D^g e x_d^G , além de gametas recombinantes, dos tipos x_D^G e x_d^g .

10. O gene causador da Distrofia Muscular de Duchenne (DMD) é recessivo (d). A mulher portadora ($X^D X^d$) não manifesta os sintomas porque possui uma cópia do gene dominante (D) que determina a produção normal da proteína distrofina.

Se os gêmeos são monozigóticos, a probabilidade de pais XDY e XDXd terem dois meninos com DMD e genótipo XdY é 25%. Se forem dizigóticos, a probabilidade de dois meninos com DMD é $0,25 \times 0,25$ ou seja, 0,0625 ou 6,25%.

11. $02 + 08 + 16 = 26$.

[01] Falsa: O indivíduo II.1 é normal e portador do genótipo $X^H Y$.

[04] Falsa: A mulher IV.4 apresenta 50% de chance de ser normal portadora com genótipo $X^H X^h$.

[32] Falsa: O indivíduo V.1 é normal e portador do genótipo $X^H Y$.

12. $01 + 02 + 04 + 16 = 23$.

O item [08] está incorreto, pois este casal irá apresentar filhos (meninos) daltônicos e meninas e meninos de visão normal.

13. O gene determinante da cor dos olhos das drosófilas está situado no cromossomo X. O alelo mutante (b) causador do olho branco é transmitido por um macho, por meio de filhas heterozigotas, para 50% de seus netos do sexo masculino.

14. $01 + 08 + 16 = 25$.

O homem hemofílico, com genótipo $X^h Y$ casado com mulher normal homozigota ($X^H X^H$) terá todos os seus filhos ($X^H Y$) e filhas ($X^H X^h$) normais. As filhas serão portadoras do alelo recessivo h, determinante da hemofilia. A determinação do sexo em animais depende do sexo heterogamético, o qual nem sempre é o macho. Pode ocorrer por haplodiploidismo, fatores ambientais como a temperatura, etc.

15. $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$.

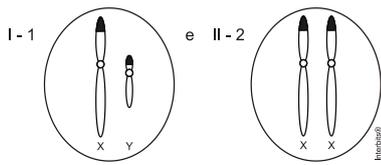
Todos os itens estão corretos em relação aos mecanismos de herança genética.

16. a) O alelo determinante da distrofia muscular Duchenne situa-se na região não homóloga do cromossomo X, indicado pelo número 1, no esquema apresentado.

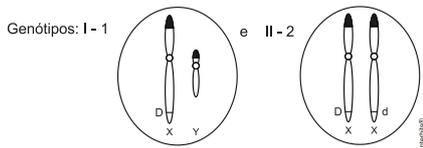
b) P (mulher XD x Xd e filho Xdy) = $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$.



17. a) Observe a figura a seguir:



b) Observe a figura a seguir:



18. a) As "linhagens diferentes", citadas no rótulo do saco de milho, são da mesma espécie, porque não há isolamento reprodutivo entre elas. Elas foram cruzadas entre si, produzindo descendência fértil.

b) Considerando que as linhagens parentais são puras (homozigotas), as sementes obtidas pelo agricultor são heterozigotas para os alelos diferentes e, quando germinam, produzem espigas uniformes e repletas de grãos. O cruzamento dessas plantas heterozigotas, entre si, produziu as sementes que o agricultor guardou e replantou. O resultado não foi o esperado devido à segregação independente dos genes não alelos.

19. a) As plantas com flores róseas apresentam genótipo A_bb (AAbb ou Aabb).

b) O cruzamento $AaBb \times aabb$ produz 25% AaBb, 25% Aabb, 25% aaBb e 25% aabb. A proporção fenotípica é de 25% flores roxas, 25% róseas e 50% brancas.

c) O cruzamento $AaBb \times AaBb$ deverá produzir 9/16 plantas com flores roxas; 3/16 róseas e 4/16 brancas.

ANOTAÇÕES

Área de anotações com 20 linhas horizontais para escrita.