



# APOSTILA DE GENÉTICA

2021

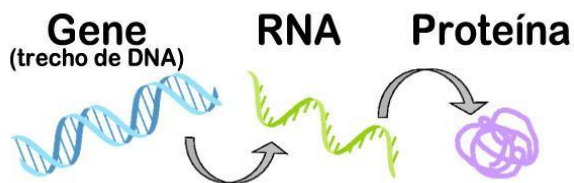
|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| AULA 1: CONCEITOS              | P. 2  |
| AULA 2: PRIMEIRA LEI DE MENDEL | P. 8  |
| AULA 3: SEGUNDA LEI DE MENDEL  | P.23  |
| AULA 4: INTERAÇÃO GÊNICA       | P.27  |
| AULA 5: HERANÇA SEXUAL         | P. 37 |
| AULA 6: LINKAGE                | P.44  |
| AULA 7: BIOTECNOLOGIA          | P.53  |
| AULA 8: EVOLUÇÃO               | P. 64 |
| AULA 9: GENÉTICA DE POPULAÇÕES | P. 77 |



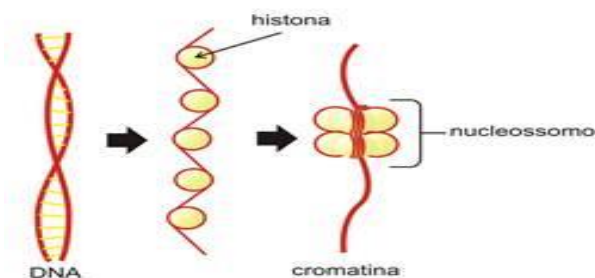
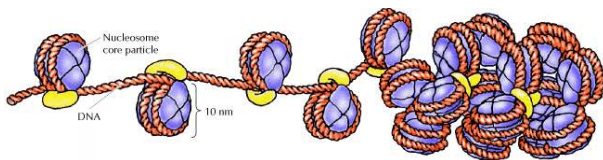


## AULA 1: CONCEITOS

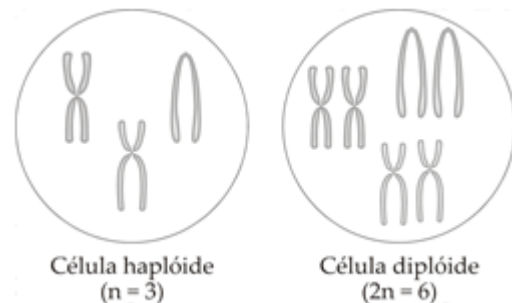
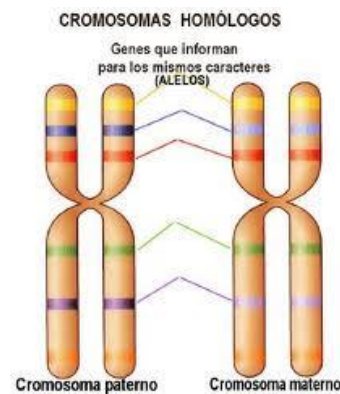
1. **DNA:** molécula orgânica, macromolécula, ácida, composta por nucleotídeos (base-fósforo e açúcar), contém o gene (sequência de nucleotídeos cuja informação é transcrita para a molécula de RNAm, o qual será traduzido pelo ribossomo, levando a síntese proteica).



2. **CROMOSSOMO:** estrutura nuclear, sem membrana, associação do DNA (molécula ácida) à proteínas básicas chamadas histonas, a associação de histonas ocorre de 8 em 8 unidades que são os nucleossomas, e formam o filamento solenoide.

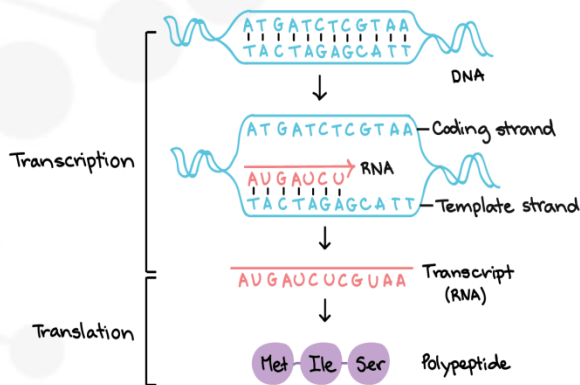
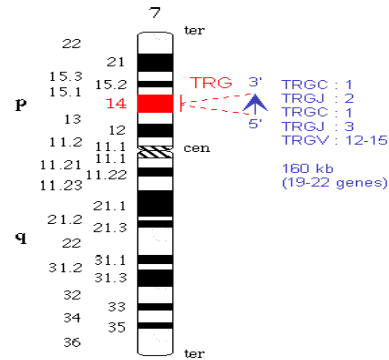
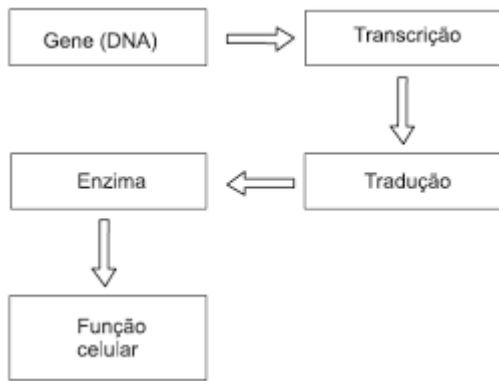


3. **HOMÓLOGOS:** cromossomos aos pares, cromossomos do mesmo tipo (formato, posição do centrômero), possuem genes para os mesmos caracteres (ex: cabelo, olho), são consequência da fecundação (um de origem paterna e o outro de origem materna), caracterizam uma célula diploide.

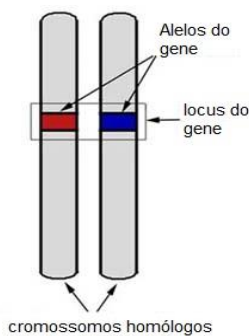


4. **GENES:** segmentos de DNA, sequência de nucleotídeos-bases, cuja informação é transcrita para a forma de RNAm que sintetiza proteína, e expressa o carácter.





5. **ALELO**: variante do gene, genes para o mesmo caráter, um de origem paterna e outro materna, presente no mesmo locus, no mesmo par de homólogos.



6. **LOCUS**: posição encontrada pelo gene no cromossomo, região promotora e região de término, não variam nos homólogos.

7. **DOMINANTE**: gene ativo, que sintetiza proteína que é visível, expressa fenótipo, ativo em homozigose (duas cópias) ou na presença do recessivo (heterozigose), ele mascara o recessivo.

8. **RECESSIVO**: gene inativo ou síntese proteica com baixa expressão. É mascarado pela presença do gene dominante, só se expressa em homozigose (aa).

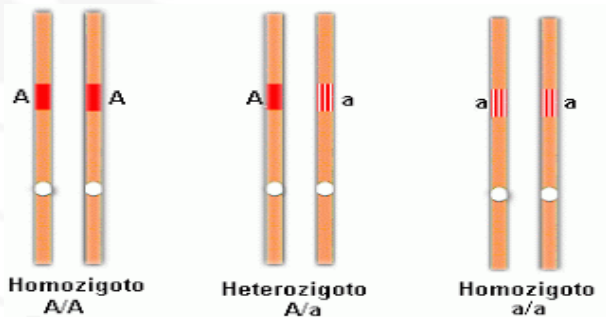
### Deve ser encontrado

1. Pais iguais com filho diferente
2. Pais diferentes com 100% de descendente
9. **HOMOZIGOTO**: duas cópias idênticas do gene. Pode ser dominante (AA) ou recessivo (aa).





10. **HETEROZIGOTO:** Aa



11. **AUTOSSÔMICOS:** nos humanos são 22 pares, 22 tipos, 44 no total, possuem apenas genes autossômicos para características somáticas.

12. **LIGADA AO SEXO:**

É a herança presente no cromossomo X não homólogo ao Y,



As fêmeas tem duas cópias do cromossomo X (par de homólogo) e machos uma cópia (HEMIZIGOTO)

EX: DALTONISMO, HEMOFILIA, DUCHENNE, ADRENOLEUCODISTROFIA.

O cromossomo X possui genes Sexuais e Autossômicos.

Quando a herança for recessiva, é mais fácil aparecer no macho, pois uma cópia já determinará a doença enquanto as fêmeas precisarão de duas cópias.

13. **RESTRITA AO SEXO:** genes do cromossomo Y não homólogo ao X. é o CORPORATIVISMO GENÉTICO DE ADÃO.  
EX: Gene SRY.

14. **GENÓTIPO:** conjunto dos genes alelos do indivíduo. Pode ser homozigoto dominante AA, recessivo aa e hetero Aa

15. **FENÓTIPO:** CARACTERÍSTICA VISÍVEL.

Gene mais ambiente. Pode ser estático ou sofrer interferência do local



Exemplos de fenótipos influenciados pelo ambiente. Cor das penas em flamingos (*Phoenicopterus ruber*) (A e B) e guará (*Eudocimus ruber*) (C) é resultado de sua alimentação rica em crustáceos.





### 16. NORMA DE REAÇÃO:

Maneira como um gene pode variar sua expressão de acordo com o ambiente.

O ambiente vai interferir dentro de um limite.

17. EXPRESSIVIDADE: variação de um fenótipo determinado por um gene.

EX: listas, manchas,

18. PENETRÂNCIA: o quanto o gene se manifesta nos portadores dele.

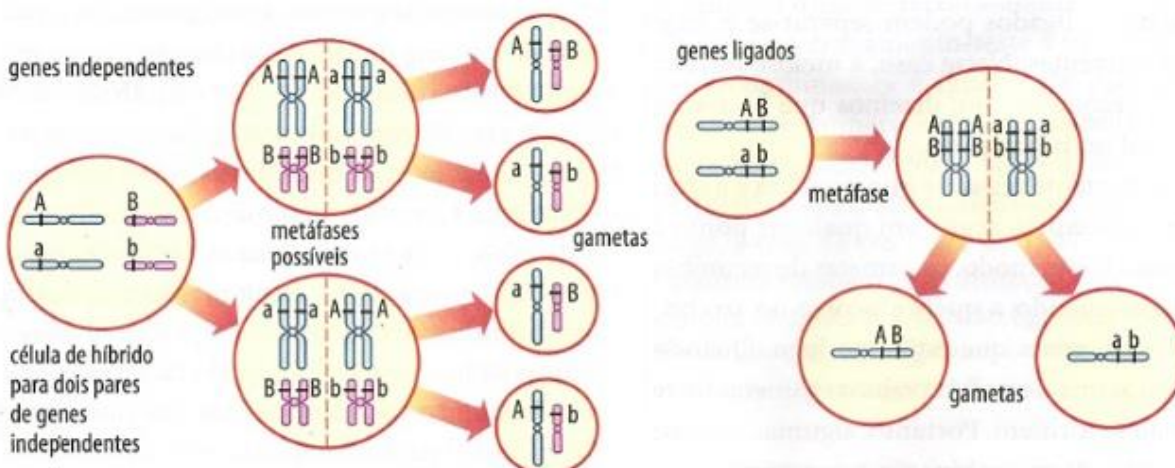
Penetrância completa: gene se expressa 100% nos portadores.

Penetrância incompleta: alguns portadores não expressão o caracter determinado pelo gene.

20. SEGREGAÇÃO INDEPENDENTE: considera-se segregação de pares de homólogos diferentes. É oposto a linkage (não segrega os genes, pois estão no mesmo par de cromossomos).



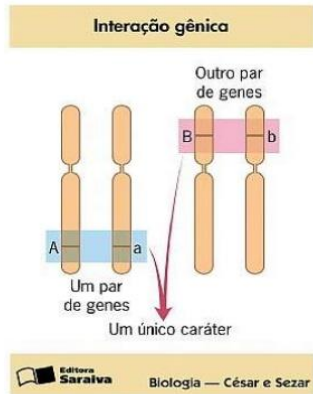
19. SEGREGAÇÃO: separação do par de homólogo,  $2n$  origina  $n$ , anáfase 1



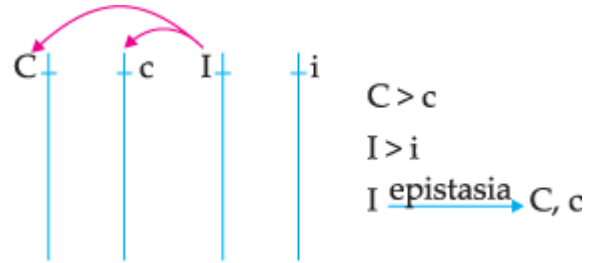


**21. INTERAÇÃO GÊNICA:**

**INTERAÇÃO GÊNICA**



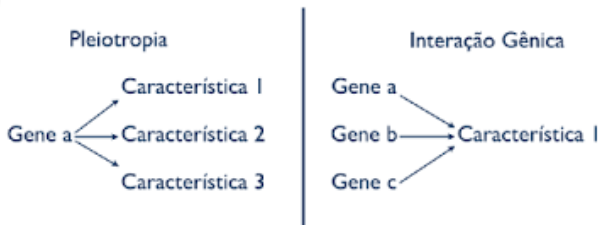
pares atua permitindo e inibindo (epistático) a ação do outro (hipostático)



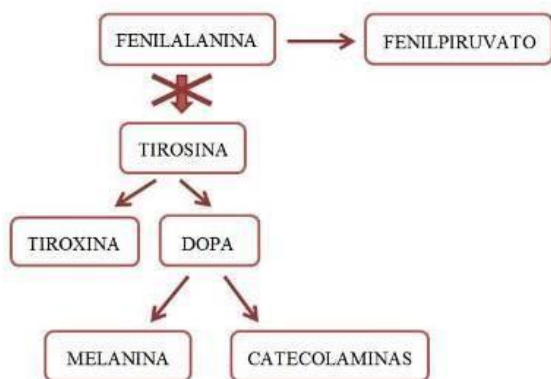
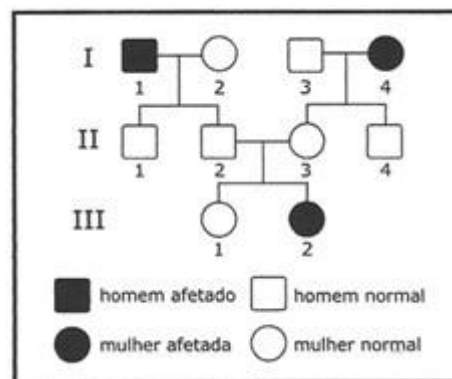
**22. FENOCÓPIA:**

Fenótipos alterados para um fenótipo existente.

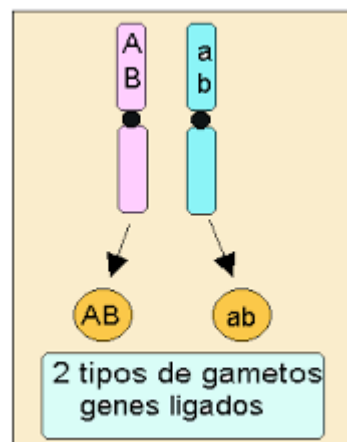
20. **PLEIOTROPIA:** 1 único par de genes determina uma síndrome com várias características-sintomas. Anemia falciforme, talassemia, fenilcetonúria.



**23. GENEALOGIA PARA ANÁLISE**



**24. GENES LIGADOS-LINKAGE**



**21. EPISTASIA:** é uma interação (dois pares de alelos ou mais para 1 caráter), um dos





**25. HETEROGAMÉTICO:** possui dois tipos diferentes de sexuais, formará dois tipos de gametas, determinará sexo prole.

### Sexo homogamético e heterogamético

- O sexo que produz gametas de um tipo de cromossomo sexual é chamado homogamético. Aquele que pode produzir gametas de tipo de cromossomos diferentes é chamado heterogamético.

| Sistemas   | homogamético | heterogamético |
|------------|--------------|----------------|
| Sistema XY | Fêmea XX     | Macho XY       |
| Sistema X0 | Fêmea XX     | Macho X0       |
| Sistema ZW | Macho ZZ     | Fêmea ZW       |

### 27. CARIÓTIPO

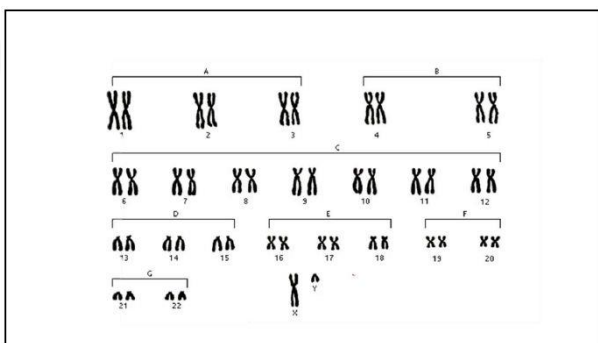


Figura 3

**28. HERANÇA INFLUENCIADA AO SEXO:** autossômica, todos portam dois alelos, atividade variável em dominante e recessivo.

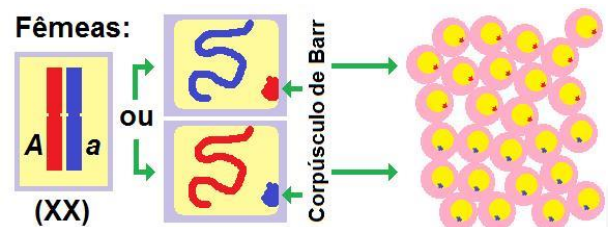
| GENÓTIPO | FENÓTIPO                              |
|----------|---------------------------------------|
| cc       | homem: não calvo<br>mulher: não calva |
| Cc       | homem: calvo<br>mulher: não calva     |
| CC       | homem: calvo<br>mulher: calva         |

**29. HERANÇA LIMITADA AO SEXO:** autossômica, todos portam dois alelos, APENAS UM DOS SEXOS ATIVA E EXPRESSA.

Ex: leite, hipertricose.

### 30. BARR

Cromossomo x inativo, condensado, em intérfase.



### 31. CRUZAMENTO COSANGUÍNEOS

Cruzamento entre familiares que favorece encontro de genes recessivos mutagênicos na família. Favorecendo a expressão do carácter recessivo.



## AULA 2: PRIMEIRA LEI DE MENDEL

### 1. TEORIA



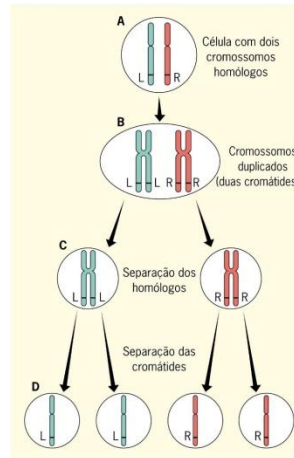
#### A. ERVILHA

- rápida produção de prole
- prole abundante
- características visíveis
- hermafrodita fechada- PURA

#### B. DISSE

- cada característica é determinada por dois fatores (pai e mãe)
- só transmite-se um fator pois eles se segregam (SEPARAM)
- quem aparece é fator que domina, o fator mascarado é o recessivo (só pode se manifestar se tiver dose dupla).

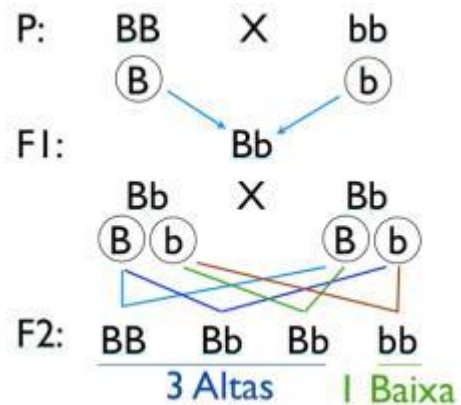
### 2. CRUZAMENTO MENDEL



### 3. CRUZAMENTOS

- TODOS PORTAM 2 FATORES
- OS FATORES SE SEGREGAM
- SÓ TRANSFERIMOS 1 FATO

### 4. HETEROZIGOTO DECORE

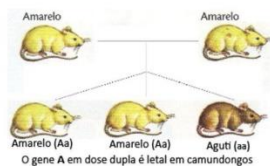


### 5. LETAL

- \_ O enunciado diz
- \_ O heterozigoto terá prole fenótipo 2:1



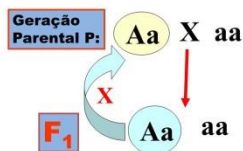
## Genes Letais



|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| <b>Genótipos</b> | (F1) Aa x Aa                    |
| AA (Morte)       | (F2) <del>AA</del> ; Aa; Aa; aa |
| Aa (Amarelo)     | Proporção Genotípica            |
| Aa (Aguti)       | 2 Aa : 1 aa                     |
|                  | Proporção Fenotípica            |
|                  | 2 Amarelo : 1 aguti             |

## 6. RETROCRUZAMENTO

### RETROCRUZAMENTO



É o cruzamento entre um indivíduo da F<sub>1</sub> com um de seus genitores (pais)

## 7. CRUZAMENTO TESTE

\_ O indivíduo com fenótipo dominante será cruzado com homocigoto recessivo.

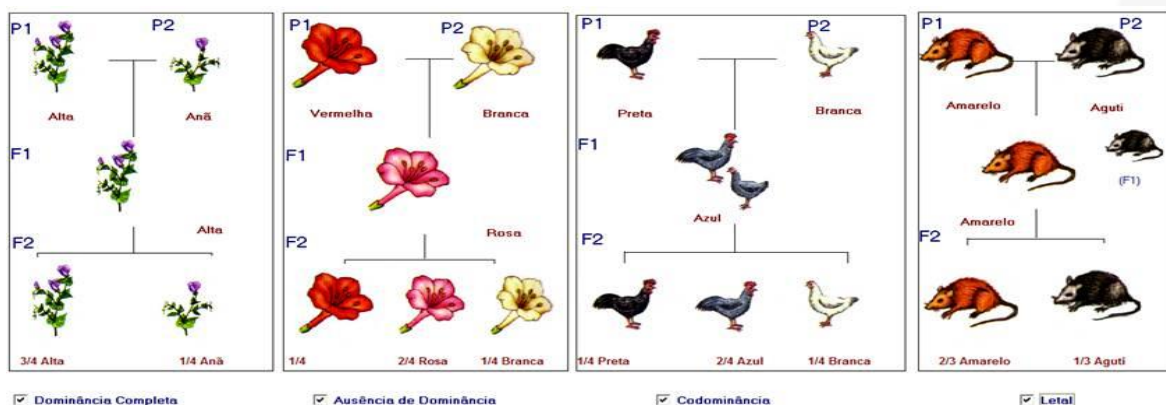
$$V\_ \times vv$$

|   |    |       |
|---|----|-------|
|   | V  | ? → V |
| v | Vv | Vv    |
| v | Vv | Vv    |

|   |    |       |
|---|----|-------|
|   | V  | ? → v |
| v | Vv | vv    |
| v | Vv | vv    |

## 8. AUSÊNCIA DE DOMINÂNCIA

\_ A caract apresenta 3 fenótipos para 1 caráter e dois alelos. \_ Os heterocigotos gera fenótipo e genótipo na prole 1:2:1. \_ Se for CODOMINÂNCIA, o terceiro fenótipo apresenta os dois outros: CARIJÓ, LISTRA, sangue MN e AB. \_ Se for INTERMEDIÁRIA, o terceiro fenótipo apresenta UM NOVO FENÓTIPO com ROSA e CINZA.





## 9. ALELOS MÚLTIPLOS

\_ Por mutação surgem vários alelos para o mesmo caráter.

\_ Vestibular pode trazer inventando enunciado, ou a pelagem coelho ou sangue ABO.

### A. PELAGEM

#### AGUTI

CC, Cc<sup>ch</sup>, Cc<sup>h</sup>, Cc<sup>a</sup>

#### CHINCHILA

c<sup>ch</sup>c<sup>ch</sup>, c<sup>ch</sup>c<sup>h</sup>, c<sup>ch</sup>c<sup>a</sup>

#### HIMALAIO

c<sup>h</sup>c<sup>h</sup>, c<sup>h</sup>c<sup>a</sup>

#### ALBINO

c<sup>a</sup>c<sup>a</sup>

### B. SANGUE: ABO E RH

#### C.1. ABO

A produção de aglutinogênios A e B são determinadas, respectivamente, pelos genes  $I^A$  e  $I^B$ . Um terceiro gene, chamado  $i$ , condiciona a não produção de aglutinogênios. Trata-se, portanto de um caso de alelos múltiplos. Entre os genes  $I^A$  e  $I^B$  há co-dominância ( $I^A = I^B$ ), mas cada um deles domina o gene  $i$  ( $I^A > i$  e  $I^B > i$ ).

#### O sistema ABO

- **Histórico:** No início do séc. XX (1900), o médico austríaco Karl Landsteiner (1868-1943) resolveu misturar o sangue de algumas pessoas e verificou que em alguns casos havia presença de coágulos.

- **Definição:** É um grupo sanguíneo, em que se verifica a presença de três alelos  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$  (alelos múltiplos). Onde a combinação destes irá determinar 4 tipos sanguíneos ou fenótipos diferentes.

#### C.2. RH

| Genótipos | Fenótipos |
|-----------|-----------|
| Rh +      | RR ou Rr  |
| Rh -      | rr        |

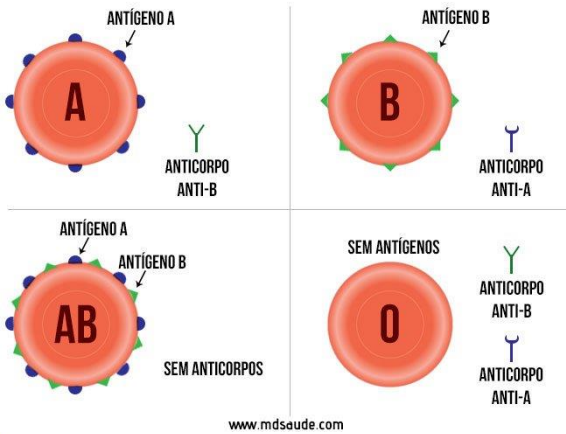
| Tipos Sanguíneos<br>ou Fenótipos sanguíneos | Genótipos            |          | Aglutinogênios         | Aglutininas            |
|---|----------------------|----------|------------------------|------------------------|
|   | Antiga               | Atual    | ou Antígenos (hemácia) | ou Anticorpos (plasma) |
| A   | $I^A I^A$ ou $I^A i$ | AA ou AO | A                      | Anti - B               |
| B   | $I^B I^B$ ou $I^B i$ | BB ou BO | B                      | Anti - A               |
| AB  | $I^A I^B$            | AB       | A e B                  | -                      |
| O   | ii                   | OO       |                        | Anti - A e Anti - B    |
| Rh <sup>+</sup>                             | RR ou Rr             | -        | Fator Rh               | -                      |
| Rh <sup>-</sup>                             | rr                   | -        |                        | -                      |



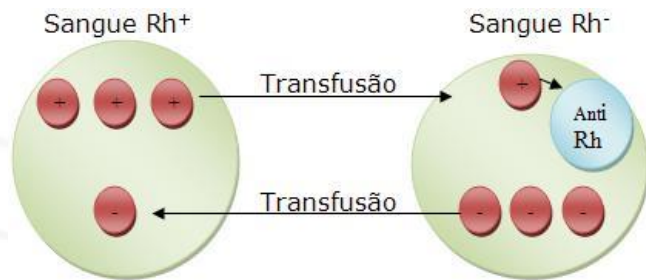


Obs:

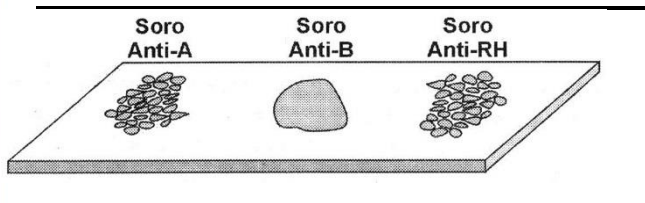
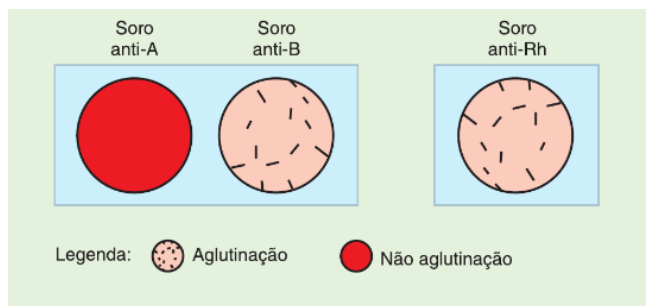
DOAÇÃO: anticorpo do receptor (aglutinina) ataca a hemácia (aglutinogênio) do doador.



www.mdsau.de.com



Obs: TIPAGEM- teste sanguíneo em laboratório usando soro-anticorpo-aglutinina do laboratório



OBS: SISTEMA MN

| Grupo Sanguíneo | Fenótipos      | Genótipos                     |
|-----------------|----------------|-------------------------------|
| M               | Antígeno M     | L <sup>m</sup> L <sup>m</sup> |
| N               | Antígeno N     | L <sup>n</sup> L <sup>n</sup> |
| MN              | Antígeno M e N | L <sup>m</sup> L <sup>n</sup> |

**OBS: ERITROBLASTOSE FETAL**

\_ eritroblastose: presença de eritroblastos jovens, hemácias destruídas.

\_ hemolítica: lise das hemácias, produção de bilirrubina.

\_ anticorpos da mãe (proteínas de defesa IgG) anti Rh atravessam os capilares e chegam a circulação fetal. Aglutinam e lisam as hemácias fetais.

\_ Mae deve ser RH NEGATIVA (dd)

Mae positiva não ataca!!!

\_ Filho deve ser RH POSITIVO (Dd)

Filho negativo não é atacado!!!

\_ Pai deve ser RH POSITIVO (Dd ou DD)

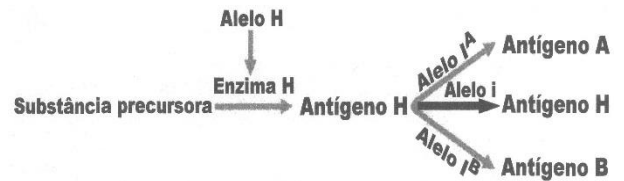
\_ **SITUAÇÃO 1:** mãe negativa nunca tomou sangue positivo----não porta anti-rh---não ataca o 1 filho---na hora do parto o sangue do filho positivo entra na mãe ----mãe é sensibilizada e produz anti rh----atacará um 2 filho positivo.





**SITUAÇÃO 2:** mãe negativa já recebeu sangue positivo em uma transfusão---já tem anti-rh----vai atacar o primeiro filho positivo---lesões variáveis.

**PREVENÇÃO:** quando ocorre o parto do 1 filho positivo---assim que a mãe pare e recebe sg do filho positivo---ela recebe soro com ANTI-RH----vai destruir as células do filho que entraram na mãe---corpo da mãe não percebe sg positivo do filho----mãe não produz anti-rh----não atacará o próximo filho

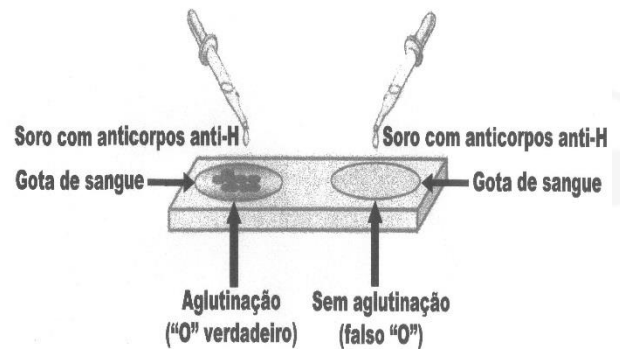


**O FALSO O = FENÓTIPO DE BOMBAIM (1952)**

| GENÓTIPOS   | FENÓTIPOS |
|---|-----------|
| H – I <sup>A</sup> I <sup>A</sup> ou H – I <sup>A</sup> i | A         |
| H – I <sup>B</sup> I <sup>B</sup> ou H – I <sup>B</sup> i | B         |
| H – I <sup>A</sup> I <sup>B</sup>                         | AB        |
| H – ii  | O         |
| hh – –  | falso O   |

**OBS: FALSO O –EFEITO BOMBAIM**

| HH OU Hh                           |           |
|------------------------------------|-----------|
| IA-----enzima A-----fator H-----sg |           |
| A                                  |           |
| IB-----enzima B-----fator H-----sg |           |
| B                                  |           |
| i-----fator H-----sg               |           |
| O                                  |           |
| <hr/>                              |           |
|                                    | <b>hh</b> |
| IA-----enzima A-----X              | -----sg   |
| O (anti H)                         |           |
| IB-----enzima B-----X              | -----sg   |
| O (anti H)                         |           |
| i-----X                            | -----sg   |
| O (anti H)                         |           |



**PRIMEIRA LEI**

- (Uepg) Alguns termos em genética são extremamente importantes para a compreensão de mecanismos de transmissão das características hereditárias. Assinale o que for correto, em relação as estas terminologias.
  - 01) Um mesmo caráter pode apresentar duas ou mais variedades. Por exemplo, para o caráter grupo sanguíneo do sistema ABO pode haver quatro fenótipos distintos: grupo A, grupo B, grupo AB e grupo O.
  - 02) O fenótipo de um indivíduo é determinado exclusivamente pelo seu genótipo.
  - 04) Os filhos herdam dos pais determinados genótipos, que têm potencialidade de expressar um fenótipo. Um mesmo genótipo pode expressar diferentes fenótipos, dependendo de sua interação com o meio.
  - 08) Quando um alelo se manifesta apenas em heterozigose diz-se que ele é recessivo, sendo que o alelo dominante sempre se manifesta em homozigose.





16) O cruzamento entre dois indivíduos heterozigotos para determinada característica fornece a seguinte proporção de genótipos: 2 homozigotos dominantes (AA) e 2 heterozigotos (Aa).

2. (Uem) Considerando os conceitos de Genética, assinale o que for **correto**.

- 01) De acordo com a lei da segregação cada par de alelos presente nas células diploides separa-se na meiose, sendo que cada célula haploide recebe apenas um alelo do par.
- 02) O termo “herança monogênica” é usado em casos onde apenas um par de alelos de um gene está envolvido na herança da característica, como por exemplo a sensibilidade ao PTC (feniltiocarbamida) na espécie humana.
- 04) O cruzamento entre dois indivíduos heterozigotos para um gene produzirá descendência de 75% de indivíduos com traço dominante e de 25% com traço recessivo.
- 08) Alelos múltiplos ocorrem quando um indivíduo heterozigoto apresenta dois alelos diferentes de um gene, não apresentando um fenótipo intermediário, mas sim os dois fenótipos simultaneamente.
- 16) Epistasia ocorre quando a ação do meio atua de forma a imitar um caráter congênito provocando alguma anomalia no indivíduo afetado.

3. (Fac. Santa Marcelina - Medicin ) As imagens mostram alguns fenótipos em coelhos. Sabe-se que o alelo C determina a pelagem selvagem, o alelo  $c^{ch}$  determina pelagem chinchila, o alelo  $c^h$  determina a pelagem himalaia e o alelo  $c^a$  determina a pelagem albina. A ordem de dominância entre eles é  $C > c^{ch} > c^h > c^a$ .



- a) Considere o cruzamento entre um macho  $Cc^{ch}$  e uma fêmea  $c^h c^a$ . Quais os possíveis fenótipos dos descendentes desse cruzamento?
- b) Embora sejam fenotipicamente diferentes, por que não podemos afirmar que esses coelhos são de espécies diferentes? De acordo com a genética, como provavelmente surgiram os diferentes alelos nesses animais?

4. (Ufpr 2015) Em uma certa espécie de abelhas, a cor dos olhos é condicionada por uma série de alelos múltiplos com a seguinte relação de dominância:

$$b^m > b^p > b^n > b^c > b$$

(marrom) > (pérola) > (neve) > (creme) > (amarelo)

Uma abelha de olhos marrons, heterozigota para pérola, produziu 1.250 gametas que foram inseminados artificialmente por espermatozoides de machos com olhos de cores marrom (20%), pérola (20%), neve (20%), creme (20%) e amarelo (20%). Foram fecundados 80% dos gametas femininos. Pergunta-se:

- a) Quantos descendentes fêmeas e quantos machos nascerão? Por quê?
- b) Quantos descendentes fêmeas e machos terão olhos cor pérola?

5. (Famerp) O bebê Charlie Gard, de 11 meses, morreu devido à Síndrome de Depleção do DNA mitocondrial, doença muito rara, que causa a morte precoce. Essa síndrome é determinada por uma mutação no gene autossômico RRM2B, situado no núcleo celular. Essa mutação faz com que o gene não produza uma proteína essencial para a síntese de DNA mitocondrial, o que provoca uma redução na quantidade dessas organelas, afetando principalmente células musculares e neurônios, como ocorreu com o bebê Charlie.

- a) Qual molécula fundamental ao metabolismo celular é sintetizada pelas mitocôndrias? Por que a redução da quantidade de mitocôndrias afeta principalmente células musculares e neurônios?
- b) Considerando que os pais de Charlie não possuem a síndrome e que as mitocôndrias são herdadas da linhagem materna, por que a mãe de Charlie não apresenta a doença? Qual a probabilidade de os pais de Charlie gerarem outra criança com a mesma síndrome?

6. (Ufrgs) Observe a ilustração abaixo, que indica o genótipo de uma característica monogênica Mendeliana em um indivíduo.

- Moço, eu queria uma tattoo bem de biológicas.
- Tá ok.
- Mas bem de biológicas mesmo.
- Tá bom.



Adaptado de: <<https://clubedabiologia.wordpress.com/>>. Acesso em: 26. set. 2017.

Com relação ao que aparece na ilustração, é correto afirmar que





- a) o indivíduo é heterozigoto para a característica monogênica indicada e pode formar 50% dos gametas A e 50% dos gametas a.
- b) caso esse indivíduo tenha um filho gerado com outra pessoa de igual genótipo, a probabilidade de o filho ser heterozigoto é de 25%.
- c) esse genótipo é um exemplo de expressão de uma característica recessiva.
- d) quatro células haploides serão formadas na proporção de 1:2:1, ao final da meiose II desse indivíduo.
- e) as letras representam alelos para características diferentes e ocupam locos diferentes nos cromossomos homólogos.

7. (Unicamp) Para um determinado caráter, fenótipo é o conjunto de características que o organismo exibe como fruto de seu genótipo. No entanto, no molusco hermafrodita *Lymnaea peregra*, ocorre algo diferente. Neste animal, há dois tipos de fenótipo da concha (ver figura a seguir), que não são determinados pelo genótipo do próprio indivíduo. A prole formada pela fertilização de óvulos vindos de um parental com genótipos AA ou Aa tem conchas dextrógiras; já a prole formada pela fertilização de óvulos vindos de um parental aa tem conchas levógiras.



Concha dextrógira



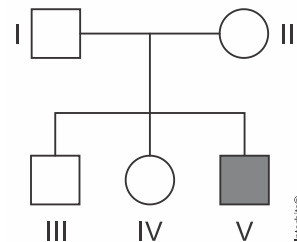
Concha levógira

Se óvulos de um molusco Aa forem fertilizados por espermatozoides de um molusco aa, as probabilidades de ocorrência de indivíduos Aa dextrógiros, Aa levógiros, aa dextrógiros e aa levógiros na prole resultante são, respectivamente,

- a) 1/4, 1/4, 1/4 e 1/4.
- b) 1/2, 0, 0 e 1/2.
- c) 1/2, 0, 1/2 e 0.
- d) 1, 0, 0 e 0.

8. (Fmp) A doença renal policística autossômica recessiva, conhecida em inglês pela sigla ARPKD, é uma rara enfermidade hereditária. Para desenvolver a enfermidade, uma criança deve herdar as duas cópias defeituosas do gene que causa a ARPKD. Quem tem apenas uma cópia do gene com problema não desenvolve a doença, embora possa transmiti-la a seus filhos se seu parceiro também carregar uma mutação nesse mesmo gene.

Considere o heredograma abaixo que mostra uma família na qual o indivíduo V nasceu com ARPKD:



A probabilidade de o indivíduo III ser portador do gene para a ARPKD é

- a) 1/3   b) 2/3   c) 1   d) 1/2   e) 1/4

9. (Uece 2018) Em relação à herança, assinale com V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma a seguir.

- (   ) Na dominância completa, os heterozigotos apresentam fenótipo intermediário entre os dos homozigotos.
- (   ) Quando ocorre a codominância, os heterozigotos apresentam o mesmo fenótipo de um dos homozigotos.
- (   ) Alelos letais causam a morte de seus portadores e são considerados: dominante, quando apenas um está presente; ou recessivo, quando os dois estão presentes.
- (   ) A pleiotropia é o fenômeno em que o gene determina a expressão de mais de uma característica.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- a) F, F, V, V.   b) V, V, F, F.   c) V, F, V, F.
- d) F, V, F, V.

10. (Unicamp 2018) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas nas definições a seguir.

- (i) \_\_\_\_\_ é o conjunto de toda a informação genética de um organismo.
  - (ii) \_\_\_\_\_ é um trecho do material genético que fornece instruções para a fabricação de um produto gênico.
  - (iii) \_\_\_\_\_ é a constituição de alelos que um indivíduo possui em um determinado loco gênico.
  - (iv) \_\_\_\_\_ é a correspondência que existe entre códons e aminoácidos, relativa a uma sequência codificadora no DNA.
- a) (i) Código genético; (ii) Alelo; (iii) Homozigoto; (iv) Gene.
  - b) (i) Genoma; (ii) Gene; (iii) Genótipo; (iv) Código genético.
  - c) (i) Código genético; (ii) DNA; (iii) Genótipo; (iv) tRNA.

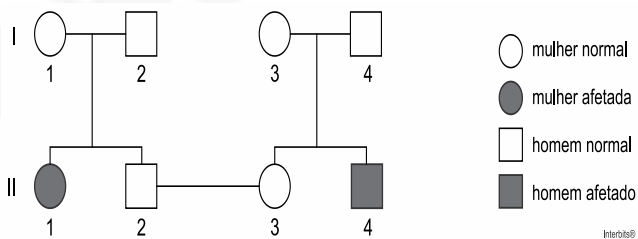




- d) (i) Genoma; (ii) Código genético; (iii) Homozigoto; (iv) tRNA.

11. (Unifesp 2018) Um casal buscou um serviço de aconselhamento genético porque desejava ter filhos. Os indivíduos desse casal possuíam, em suas respectivas famílias, indivíduos afetados por uma mesma doença genética. O geneticista consultado detectou que havia um único gene envolvido na patologia das famílias e constatou que marido e mulher eram heterozigóticos.

A partir dos dados obtidos, foi elaborado o seguinte heredograma:



Considere que o estudo de caso foi realizado com o casal II2 – II3 do heredograma.

- a) Se o casal tiver uma filha e um filho, alguma das duas crianças tem maior probabilidade de ser clinicamente afetada pela doença? Justifique sua resposta, mencionando dados do heredograma.  
b) Determine a probabilidade de uma primeira criança, clinicamente normal e independentemente do sexo, não possuir o alelo para a doença. Determine a probabilidade de uma primeira criança ser menina e manifestar a doença.

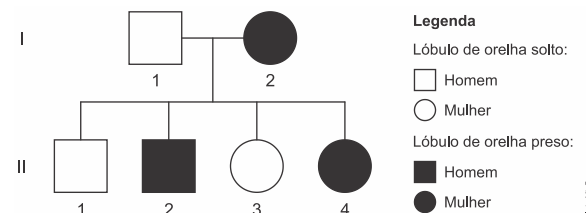
12. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2017) A fenilcetonúria, também conhecida como PKU, é uma doença genética humana caracterizada pela incapacidade de metabolizar o aminoácido fenilalanina. Como consequência, há acúmulo de fenilalanina no organismo, o que interfere negativamente no desenvolvimento cerebral e provoca deficiência intelectual. É um tipo de distúrbio que afeta crianças de ambos os sexos, que, na maioria das vezes, nascem de pais normais. O diagnóstico, quando realizado precocemente pelo teste do pezinho, é útil para se estabelecer uma dieta planejada que previne a deficiência intelectual. Considerando essas informações, pode-se inferir que os fenilcetonúricos

- a) são heterozigotos e devem seguir uma dieta com algumas restrições lipídicas.  
b) são homozigotos e devem seguir uma dieta com algumas restrições proteicas.  
c) podem ser heterozigotos ou homozigotos e sua dieta deve ser rica em proteínas.  
d) podem ser heterozigotos ou homozigotos e devem evitar proteínas e lipídios.

13. (Ufrgs 2017) O conjunto de fenótipos possíveis, a partir de um determinado genótipo sob diferentes condições ambientais, é denominado

- a) adaptação individual.  
b) seleção sexual.  
c) homeostasia.  
d) pleiotropia.  
e) norma de reação.

14. (G1 - col. naval 2017) O lóbulo da orelha é uma pequena proeminência que se situa na região inferior da orelha dos seres humanos. O lóbulo solto das orelhas é uma característica condicionada por um alelo dominante. O homozigoto recessivo, por sua vez, tem os lóbulos presos. Sendo assim, considere que um homem heterozigoto se case com uma mulher com lóbulos presos e tenha quatro filhos, conforme o heredograma abaixo.



Com a análise do heredograma acima, é correto afirmar que

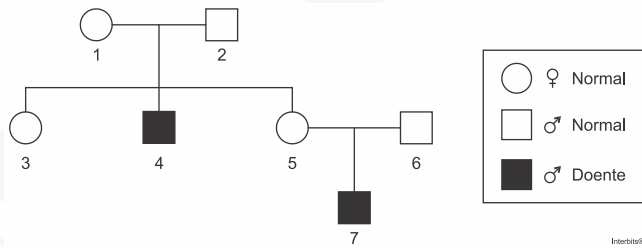
- a) todos os filhos do indivíduo II 2 terão lóbulos presos e o genótipo desse indivíduo é AA.  
b) o indivíduo II 1 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.  
c) todos os filhos do indivíduo II 3 terão, pelo menos, um gene para lóbulo preso e o genótipo desse indivíduo é aa.  
d) qualquer descendente do indivíduo II 4 receberá o gene para lóbulo preso e seu genótipo é aa.  
e) o indivíduo I 2 é totalmente dominante e seu genótipo é AA.

15. (Uece) Os genes letais foram identificados, em 1905, pelo geneticista francês Lucien Cuénot. A acondroplasia é uma forma de nanismo humano condicionada por um alelo dominante D que prejudica o desenvolvimento ósseo. Pessoas que apresentam a acondroplasia são heterozigotas e pessoas normais são homozigotas recessivas. Assinale a opção que corresponde ao genótipo em que o gene é considerado letal.

- a) DD b) Dd c) dd d) D\_

16. (Upf) A doença de Tay-Sachs é um distúrbio neurológico degenerativo, autossômico recessivo, causada pela disfunção dos lisossomos. O heredograma de três gerações da família Silva, apresentado abaixo, mostra indivíduos com essa doença.

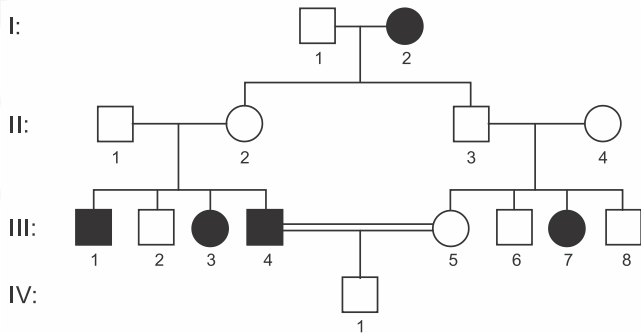




Com base no heredograma, é **correto** afirmar que os indivíduos

- 1 e 2 são homocigóticos dominante, caso contrário, seriam doentes.
- 3 e 5 são necessariamente heterocigóticos para essa doença.
- 2 e 6 são homocigóticos para essa doença.
- 5 e 6 são heterocigóticos, caso contrário, não teriam filho doente.
- 2 e 4 são heterocigóticos para essa doença.

17. (Uefs)



A partir do heredograma ilustrado de uma família, em que há indivíduos não afetados (círculos e quadrados não pintados) e afetados por uma doença (círculos e quadrados pintados), à luz das leis mendelianas, é correto afirmar:

- O indivíduo II-1 é homocigoto.
- A possibilidade de III-2 ser heterocigoto é de, aproximadamente, 67%.
- O gene responsável pela expressão da característica é holândrico.
- O indivíduo III-8 é homocigoto dominante.
- O indivíduo IV-1 pode não possuir o gene responsável pela expressão da característica afetada.

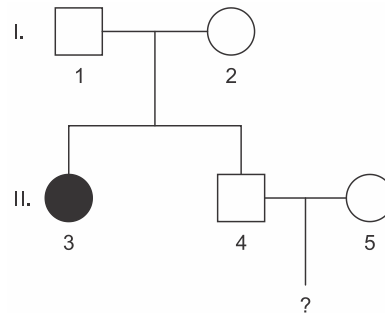
18. (Fuvest) Uma determinada malformação óssea de mãos e pés tem herança autossômica dominante. Entretanto, o alelo mutante que causa essa alteração óssea não se manifesta em 30% das pessoas heterocigóticas, que, portanto, não apresentam os defeitos de mãos e pés.

Considere um casal em que a mulher é heterocigótica e apresenta essa alteração óssea, e o homem é homocigótico quanto ao alelo normal.

- Que genótipos podem ter as crianças clinicamente normais desse casal? Justifique sua resposta.
- Qual é a probabilidade de que uma criança que esse casal venha a ter não apresente as alterações de mãos e pés? Justifique sua resposta.

19. (Famema) A fibrose cística é uma doença monogênica autossômica grave e mais frequente em pessoas caucasianas, principalmente descendentes de europeus. Com o passar dos anos, pessoas com fibrose cística podem apresentar problemas em órgãos do sistema digestório, reprodutor, cardiovascular e respiratório, podendo ainda ter outros órgãos afetados.

- Explique a relação entre o prejuízo na atividade pancreática, causado pela fibrose cística, e a desnutrição.
- A genealogia a seguir refere-se a uma família em que a mulher II.3 apresenta fibrose cística e os demais membros são todos normais.



Sabendo que a frequência de indivíduos heterocigotos na população é de  $1/20$ , calcule a probabilidade de o casal II.4 e II.5 gerar uma criança com fibrose cística.

20. (Uepg) Uma característica de herança genética na espécie humana é a sensibilidade ao PTC, sigla da substância fenil-tiocarbamida. Algumas pessoas são capazes de sentir um sabor amargo em soluções diluídas de PTC, enquanto outras são incapazes de sentir sabor algum. Esses traços têm herança monogênica simples, sendo o alelo condicionante da sensibilidade ao PTC (P) dominante sobre o alelo condicionante da insensibilidade (p).

Com relação a esta herança genética humana, assinale o que for correto.

- 01) Casais heterocigóticos quanto a este gene (Pp) têm a possibilidade de gerar a seguinte combinação genotípica em seus descendentes:  $1/2 PP$  e  $1/2 pp$ .







- 02) Casais homocigotos recessivos sempre geram descendentes capazes de sentir o gosto amargo do PTC.
- 04) Casais homocigotos dominantes para este gene têm a possibilidade de gerar apenas descendentes capazes de sentir o gosto amargo do PTC.
- 08) Um descendente incapaz de sentir o gosto amargo do PTC herda um alelo recessivo do pai (p) e outro da mãe (p).

21. (Uem) Considere uma espécie de vertebrado que apresenta dominância incompleta para um determinado gene codificador do fenótipo da pelagem do animal, e assinale o que for **correto**.

- 01) Animais homocigotos dominantes, homocigotos recessivos e heterocigotos terão fenótipos de pelagem distintos.
- 02) A proporção fenotípica de pelagem esperada para descendentes do cruzamento de parentais heterocigotos é de 3:1.
- 04) Os gametas produzidos por animais homocigotos com fenótipos de pelagem distintos terão genótipos idênticos.
- 08) Nesta espécie de vertebrados, fenótipos de pelagem distintos em animais com genótipos de pelagem distintos ocorrem porque a primeira lei de Mendel não se aplica durante a formação dos gametas desta espécie.
- 16) O cruzamento entre animais homocigotos com fenótipos de pelagem distintos gera descendentes com fenótipos de pelagem iguais entre si e diferentes dos parentais.

22. (Uerj) Em algumas raças de gado bovino, o cruzamento de indivíduos de pelagem totalmente vermelha com outros de pelagem totalmente branca produz sempre indivíduos malhados, com pelagem de manchas vermelhas e brancas.

Admita um grupo de indivíduos malhados, cruzados apenas entre si, que gerou uma prole de 20 indivíduos de coloração totalmente vermelha, 40 indivíduos com pelagem malhada e 20 indivíduos com coloração inteiramente branca.

O resultado desse cruzamento é exemplo do seguinte fenômeno genético:

- a) epistasia  
b) pleiotropia  
c) dominância  
d) codominância

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:**  
01 + 04 = 05.

**Resposta da questão 2:**  
01 + 02 + 04 = 07.

**Resposta da questão 3:**

a) pais:  $Cc^{ch} \times c^h c^a$

filhos: selvagens e chinchilas

b) Os coelhos pertencem à mesma espécie porque não apresentam isolamento reprodutivo entre si. Os alelos múltiplos surgem por mutações de genes preexistentes.

**Resposta da questão 4:**

a) Em abelhas, os óvulos fecundados originam fêmeas, portanto 80% de 1250 gametas formarão 1000 fêmeas. Os 250 restantes evoluem partenogeneticamente, originando machos.

b) Fêmea:  $b^m b^p$  - óvulos:  $b^m$  e  $b^p$

Macho: 20% $b^m$ ; 20% $b^p$ ; 20% $b^n$ ; 20% $b^c$  e 20% $b$

Cruzamento:

|                             |           |           |           |           |         |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| $\frac{\text{♀}}{\text{♂}}$ | $b^m$     | $b^p$     | $b^n$     | $b^c$     | $b$     |
| $b^m$                       | $b^m b^m$ | $b^m b^p$ | $b^m b^n$ | $b^m b^c$ | $b^m b$ |
| $b^p$                       | $b^m b^p$ | $b^p b^p$ | $b^p b^n$ | $b^p b^c$ | $b^p b$ |

$$P(\text{♀ } b^p b^p \text{ ou } b^p b^n \text{ ou } b^p b^c \text{ ou } b^p b) = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{4}{10} \times 1000 = 400$$

$$P(\text{♂ } b^p) = P(\text{óvulos partenogênicos } b^p) = \frac{1}{2} \times 250 = 125$$

**Resposta da questão 5:**

a) A molécula fundamental para o metabolismo celular sintetizada pelas mitocôndrias é o ATP (adenosina trifosfato). A redução de mitocôndrias diminui a quantidade de ATP, sendo que as células musculares e nervosas (neurônios) demandam uma alta quantidade de energia para impulsos nervosos e contrações musculares.

b) A Síndrome da Depleção do DNA mitocondrial é autossômica recessiva, ou seja, só se manifesta em duplo recessivo (aa). Assim, a mãe, que não possui a síndrome, apresenta genótipo Aa, e o pai também Aa, cada um doando um gene recessivo para Charlie, aa. A probabilidade de o casal gerar outra criança com a mesma síndrome é de 1/4 (25%), de acordo com a tabela:





|     |    |    |
|-----|----|----|
| H/M | A  | a  |
| A   | AA | Aa |
| a   | Aa | aa |

Resposta da questão 6: [A]

Resposta da questão 7: [C]

Resposta da questão 8: B

Resposta da questão 9: [A]

Resposta da questão 10: [B]

As lacunas estarão corretamente preenchidas com os termos: (i) Genoma; (ii) Gene; (iii) Genótipo e (iv) Código genético.

Resposta da questão 11:

a) Não. O heredograma sugere a ocorrência de herança recessiva e autossômica. Dessa forma, a probabilidade de filhos e filhas afetados, com pais heterozigotos é a mesma e igual a  $1/2$  ou 25%.

b) Alelos: a (anomalia) e A (normalidade)

Pais:  $Aa \times Aa$ . P (normal e AA) =  $1/3$

$$P(\text{♀ e aa}) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$$

Resposta da questão 12: [B]

Resposta da questão 13: [E]

Resposta da questão 14: [D]

Alelos: a (lóbulo preso) e A (lóbulo solto)

Pais: I - 1 Aa e I - 2 aa

Filhos: II - 1 Aa; II - 2 aa; II - 3 Aa e II - 4 aa

Resposta da questão 15 [A]

Resposta da questão 16: [D]

Resposta da questão 17:

[B]

Sendo normal e filho de pais seguramente heterozigotos, o indivíduo III-2 apresenta aproximadamente 67% ( $2/3$ ) de chance de ser heterozigoto.

Resposta da questão 18:

a) Alelos: a (normalidade) e A (anormalidade)

Pais: ♀  $Aa \times aa$  ♂

Filhos: 50% Aa e 50% aa

Serão clinicamente normais todos os filhos com genótipo aa e 30% dos filhos heterozigotos (Aa) porque o gene A, causador da anormalidade óssea, apresenta penetrância incompleta.

b)

$$P(\text{normalidade}) = 50\% aa + 30\% \text{ de } 50\% Aa = 50\% aa + 15\% Aa = 65\%$$

Resposta da questão 19:

a) A fibrose cística é uma condição patológica em que os tecidos glandulares secretam grande quantidade de muco espesso. Esse muco provoca a obstrução dos ductos que conduzem o suco pancreático para o duodeno, daí a desnutrição do paciente que não consegue utilizar as enzimas pancreáticas para digerir os alimentos de sua dieta.

b) Alelos: f (fibrose cística) e F (normalidade)

$$P(\text{II.4 Ff e II.5 Ff e criança ff}) = \frac{2}{3} \times \frac{1}{20} \times \frac{1}{4} = \frac{2}{240} = 1$$

Resposta da questão 20:  $04 + 08 = 12$ .

[01] Incorreto: Casais heterozigóticos quanto a esse gene (Pp) têm a possibilidade de gerar a seguinte combinação genotípica em seus descendentes:  $1/4 PP : 3/4 Pp : 1/4 pp$ .

[02] Casais portadores do genótipo pp sempre geram descendentes pp, os quais expressam o fenótipo recessivo e não sentem o gosto amargo do PTC.

Resposta da questão 21:  $01 + 16 = 17$ .

Resposta da questão 22: [D]

Alelos: V (vermelho) e B (branco)

| fenótipos | genótipos |
|-----------|-----------|
| vermelho  | VV        |
| branco    | BB        |
| malhado   | VB        |

Pais:  $VB \times VB$

filhos: 25% VV (vermelhos) :

50% VB (malhados) : 25% BB (brancos)

Conclusão: Os resultados revelam que os alelos determinantes das colorações vermelha e branca são codominantes.

## EXERCÍCIOS SANGUE





1. (Fac. Albert Einstein - Medicin) Em humanos, a definição dos tipos sanguíneos do sistema ABO depende da ação conjunta do loco **H** e do loco ABO. O alelo dominante **H** é responsável pela síntese do chamado antígeno H, enquanto que essa produção não ocorre por ação do alelo recessivo **h**, muito raro na população. Os alelos  $I^A$  e  $I^B$ , por sua vez, são responsáveis pela conversão do antígeno H em aglutinógenos A e B, respectivamente, enquanto o alelo recessivo **i** não atua nessa conversão.

Considerando que na tipagem sanguínea se identifica a presença apenas de aglutinógenos A e B, e não do antígeno H, é possível que uma pessoa de sangue tipo O tenha genótipos diferentes, tais como

- a)  $HhI^A I^B$  e  $HHI^A i$ .
- b)  $Hhii$ ,  $hhI^A i$  e  $hhI^A I^B$ .
- c)  $hhii$ ,  $HhI^A i$  e  $HHI^A I^B$ .
- d)  $HHii$  e  $hhI^A i$  e  $HhI^B i$ .

2. (Ufrgs) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

Pessoas que pertencem ao grupo sanguíneo **A** têm na membrana plasmática das suas hemácias \_\_\_\_\_ e no plasma sanguíneo \_\_\_\_\_.

As que pertencem ao grupo sanguíneo **O** não apresentam \_\_\_\_\_ na membrana plasmática das hemácias.

- a) aglutinina anti-B – aglutinina anti-A e anti-B – aglutinogênio
- b) aglutinogênio A – aglutinina anti-B – aglutinogênio
- c) aglutinogênio B – aglutinogênio A e B – aglutinina anti-A e anti-B
- d) aglutinina anti-A – aglutinogênio B – aglutinina anti-A e anti-B
- e) aglutinina anti-A e anti-B – aglutinogênio A – aglutinina anti-B

3. (Ufrgs) Um casal tem dois filhos. Em relação ao sistema sanguíneo ABO, um dos filhos é doador universal e o outro, receptor universal.

Considere as seguintes possibilidades em relação ao fenótipo dos pais.

- I. Um deles pode ser do grupo **A**; o outro, do grupo **B**.
- II. Um deles pode ser do grupo **AB**; o outro, do grupo **O**.
- III. Os dois podem ser do grupo **AB**.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

4. (Puccamp) Considere a observação abaixo, sobre um casal e seus filhos:

*Um homem de tipo sanguíneo A tem dois filhos com uma mulher de tipo sanguíneo B. O primeiro filho do casal apresenta tipo sanguíneo AB e o segundo filho é do tipo A.*

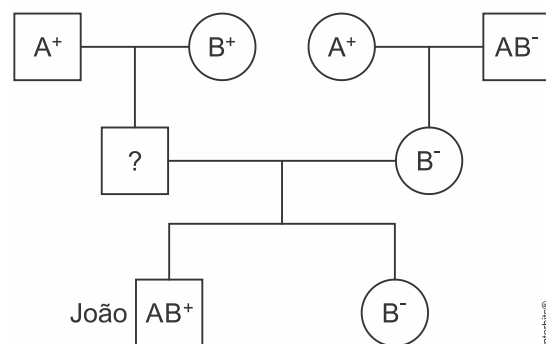
A partir dessa observação são feitas as seguintes afirmações:

- I. A mãe é heterozigótica.
- II. No caso de um acidente, os dois filhos podem doar sangue para o pai.
- III. Os dois filhos são heterozigóticos.

Está correto o que se afirma em

- a) I, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I e II, apenas.
- e) I, II e III.

5. (Fac. Santa Marcelina - Medicin) No heredograma estão indicados os tipos sanguíneos de alguns indivíduos de uma família de acordo com os sistemas ABO e Rh.



- a) Considerando que o pai de João apresenta somente aglutininas **anti-B** no plasma, qual o seu tipo sanguíneo quanto ao sistema ABO? Qual a probabilidade de João ter uma irmã com tipo sanguíneo O?
- b) Considere que João nasceu com eritroblastose fetal e que sua mãe esteja grávida. Explique por que existe a possibilidade de o futuro irmão de João também apresentar a eritroblastose fetal.





6. (Famerp) Um homem do grupo sanguíneo **AB** e Rh negativo casa-se com uma mulher do grupo sanguíneo **O** e Rh positivo homocigoto. Os grupos sanguíneos dos descendentes desse casal podem ser
- A ou AB, podendo ser Rh positivo ou Rh negativo.
  - A ou B, todos Rh negativo.
  - A ou B, todos Rh positivo.
  - A, B ou O, todos Rh negativo.
  - A, B ou AB, todos Rh negativo.

7. (Uel) Leia o texto a seguir.

### **Bebê sobrevive após 11 transfusões de sangue ainda no útero**

Uma bebê britânica sobreviveu após ter sido submetida a 11 transfusões de sangue ainda no útero da mãe e outras duas após seu nascimento. Jasmine Tanner, que hoje tem 1 ano e três meses de idade, foi afetada pela chamada doença hemolítica perinatal (ou eritroblastose fetal), na qual anticorpos da mãe destroem as células sanguíneas do bebê, podendo levá-lo à anemia e até à morte. Sua mãe, Melanie Tanner, foi diagnosticada com a incompatibilidade sanguínea com o feto ainda com nove semanas de gestação. Durante 16 semanas, ela teve de se submeter quinzenalmente a um procedimento para que fosse injetado sangue no cordão umbilical. Após o nascimento, a menina foi submetida a outras duas transfusões. Melanie Tanner acredita que o problema com Jasmine tenha sido consequência de um erro durante suas gestações anteriores. Isso fez com que seu segundo filho, Owen, nascesse anêmico e necessitasse de uma transfusão de sangue imediatamente. Jasmine é a terceira filha de Melanie e foi afetada de maneira ainda mais grave que o irmão. O primeiro filho nasceu sem problemas.

Com base no texto, responda aos itens a seguir.

- Considerando que a eritroblastose fetal é uma doença de herança autossômica monogênica, qual a probabilidade de Melanie e seu marido (heterocigoto para o sistema Rh) terem um quarto filho sem o desenvolvimento dessa doença? Demonstre isso por meio de um cruzamento da Primeira Lei de Mendel.
- Qual órgão formado por tecidos maternos e embrionários permitiu que a primeira gestação de Melanie Tanner fosse normal? Cite três funções desse órgão.

8. (Enem PPL) Uma mulher deu à luz o seu primeiro filho e, após o parto, os médicos testaram o sangue da criança para a determinação de seu grupo sanguíneo. O sangue da criança era do tipo O+. Imediatamente, a equipe médica aplicou na mãe uma solução contendo

anticorpos anti-Rh, uma vez que ela tinha o tipo sanguíneo O-.

Qual é a função dessa solução de anticorpos?

- Modificar o fator Rh do próximo filho.
- Destruir as células sanguíneas do bebê.
- Formar uma memória imunológica na mãe.
- Neutralizar os anticorpos produzidos pela mãe.
- Promover a alteração do tipo sanguíneo materno.

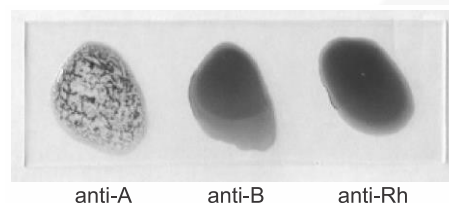
9. (Pucrj 2017) Um casal teve quatro filhos: Roberta, Felipe, Pedro e Mônica. Roberta e Pedro são do tipo sanguíneo Rh positivo. Felipe e Mônica são do tipo Rh negativo. Quais dos irmãos poderão ter filhos com eritroblastose fetal?

- Roberta e Felipe
- Pedro e Mônica
- Mônica e Felipe
- Pedro e Roberta
- Roberta e Mônica

10. (Uepg) Na espécie humana, existem aproximadamente 20 sistemas diferentes de classificação de grupos sanguíneos. Considerando-se o sistema ABO, assinale o que for correto.

- Indivíduos do grupo **O** não apresentam aglutininas (anticorpos) no plasma e possuem anti-A e anti-B na superfície das hemácias.
- Em um teste de tipagem sanguínea, um indivíduo com tipo sanguíneo **AB** não irá reagir nem com anti-A e nem com anti-B.
- O pai do grupo sanguíneo **A** e a mãe do grupo sanguíneo **B**, ambos heterocigotos, podem gerar filhos dos grupos sanguíneos **A**, **B**, **AB** e **O**, nas mesmas proporções (25% de chance para cada tipo).
- Os alelos  $I^A$  e  $I^B$  são codominantes e o alelo  $i$  é recessivo em relação aos alelos  $I^A$  e  $I^B$ .

11. (Fgv) A imagem da lâmina a seguir mostra um resultado obtido em teste de tipagem sanguínea humana para os sistemas ABO e Rh. O método consiste, basicamente, em pingar três gotas de sangue da mesma pessoa sobre três gotas de reagentes: anti-A, anti-B e anti-Rh.



(www.joseferreira.com.br. Adaptado)





O resultado obtido nessa lâmina permite afirmar que o sangue da pessoa testada é do tipo

- a) A Rh<sup>+</sup>, pois apresenta aglutinogênios A e Rh em suas hemácias.
- b) B Rh<sup>-</sup>, pois apresenta aglutininas anti-A em seu plasma.
- c) B Rh<sup>+</sup>, pois apresenta aglutinogênios B e Rh em suas hemácias.
- d) A Rh<sup>+</sup>, pois apresenta aglutininas anti-B e anti-Rh em seu plasma.
- e) A Rh<sup>-</sup>, pois apresenta aglutinogênios A em suas hemácias.

12. (Unesp) Sílvio e Fátima têm três filhos, um deles fruto do primeiro casamento de um dos cônjuges. Sílvio é de tipo sanguíneo AB Rh<sup>-</sup> e Fátima de tipo O Rh<sup>+</sup>.

Dentre os filhos, Paulo é de tipo sanguíneo A Rh<sup>+</sup>, Mário é de tipo B Rh<sup>-</sup> e Lucas é de tipo AB Rh<sup>+</sup>.

Sobre o parentesco genético nessa família, é correto afirmar que

- a) Paulo e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Lucas é filho de Sílvio e não de Fátima.
- b) Lucas e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- c) Paulo e Lucas são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- d) Paulo e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- e) Lucas e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Paulo é filho de Sílvio e não de Fátima.

13. (Enem 2ª aplicação) Um jovem suspeita que não é filho biológico de seus pais, pois descobriu que o seu tipo sanguíneo é O Rh negativo, o de sua mãe é B Rh positivo e de seu pai é A Rh positivo.

A condição genotípica que possibilita que ele seja realmente filho biológico de seus pais é que

- a) o pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e para o fator Rh.
- b) o pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e homozigotos para o fator Rh.
- c) o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para as duas características.
- d) o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para o sistema ABO e homozigota para o fator Rh.

e) o pai seja homozigoto para o sistema ABO e heterozigoto para o fator Rh e a mãe homozigota para as duas características.

14. (Fuvest) O casal Fernando e Isabel planeja ter um filho e ambos têm sangue do tipo A. A mãe de Isabel tem sangue do tipo O. O pai e a mãe de Fernando têm sangue do tipo A, mas um outro filho deles tem sangue do tipo O.

- a) Com relação ao tipo sanguíneo, quais são os genótipos do pai e da mãe de Fernando?
- b) Qual é a probabilidade de que uma criança gerada por Fernando e Isabel tenha sangue do tipo O?

15. (Uem) Sobre Genética, assinale o que for **correto**.

- 01) Uma pessoa sem aglutininas anti-A e anti-B no plasma e que possui os aglutinogênios A e B nas hemácias pertence ao grupo sanguíneo AB.
- 02) Segundo a lei da segregação ou primeira lei de Mendel, os alelos de um gene separam-se por ocasião da formação dos gametas.
- 04) Cromossomos homólogos são os que apresentam mesmo tamanho, mesma forma e mesmos genes para as mesmas características.
- 08) A ausência de dominância é a situação em que dois alelos, combinados em diferentes genótipos, produzem um mesmo fenótipo.
- 16) Um organismo ou célula que possua apenas um conjunto cromossômico característico de sua espécie é denominado recessivo.

### Gabarito:

**Resposta da questão 1:**  
[B]

**Resposta da questão 2:**  
[B]

As pessoas pertencentes ao grupo sanguíneo A apresentam o aglutinogênio A em suas hemácias e aglutininas anti-B no plasma. As que compõem o grupo O não apresentam aglutinogênios na membrana plasmática de suas hemácias.

**Resposta da questão 3:** [A]

**Resposta da questão 4:** [B]

**Resposta da questão 5:**

a) O tipo sanguíneo do pai de João é A. A probabilidade de João ter uma irmã com o tipo sanguíneo O é de 12,5%, pois multiplica-se a probabilidade de ser do tipo sanguíneo O com a probabilidade de ser menina:





|                |                               |                  |
|----------------|-------------------------------|------------------|
| H/M            | I <sup>A</sup>                | i                |
| I <sup>B</sup> | I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> | I <sup>B</sup> i |
| i              | I <sup>A</sup> i              | ii               |

1/4 de ser do tipo sanguíneo O (ii), multiplicado por 1/2 de ser menina, sendo  $1/4 \times 1/2 = 1/8 = 0,125$  ou 12,5%.

b) Como João nasceu com eritroblastose fetal, a mãe produziu anticorpos anti-Rh, que tentarão destruir o agente Rh do feto, caso seja Rh positivo.

**Resposta da questão 6:**  
[C]

**Resposta da questão 7:**

a) A primeira Lei de Mendel diz que “cada caráter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas”. Levando isso em consideração, os genótipos de Melanie e de seu marido são, respectivamente, dd e Dd. Diante disso, tem-se a seguinte formação de gametas e cruzamento:

|                    |   |                   |    |
|--------------------|---|-------------------|----|
|                    |   | Gametas femininos |    |
|                    |   | d                 | d  |
| Gametas masculinos | D | Dd                | Dd |
|                    | d | dd                | dd |

Dessa forma, existe uma probabilidade de 50% ou  $\frac{1}{2}$  de que o quarto filho do casal seja homocigoto recessivo para o fator Rh (ou seja, Rh negativo) e não desenvolva a eritroblastose fetal.

b) Para que a primeira gestação de Melanie fosse normal, não poderia haver contato entre o sangue dela e o do feto. A placenta foi o órgão responsável por não

permitir o contato entre o sangue materno e o fetal. As demais funções da placenta são: permitir a fixação do

embrião na parede do útero, realizar trocas gasosas entre o feto e o sangue materno, permitir a passagem de nutrientes e anticorpos para o embrião, promover a retirada de excretas e produzir hormônios da gravidez.

**Resposta da questão 8:** [B]

**Resposta da questão 9:** [B]

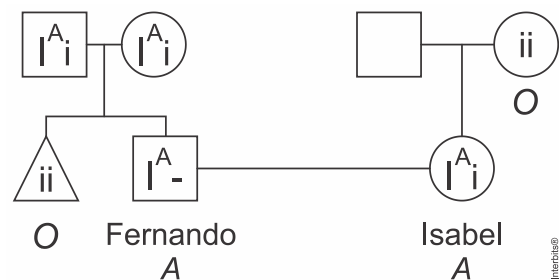
**Resposta da questão 10:**  $04 + 08 = 12$ .

**Resposta da questão 11:** [E]

**Resposta da questão 12:** [A]

**Resposta da questão 13:** [A]

**Resposta da questão 14:**



a) Os pais de Fernando possuem o genótipo I<sup>A</sup>i.

b)  $P(\text{Fernando ser } I^A i) = \frac{2}{3}$

$P(\text{Isabel ser } I^A i) = 1$

$P(\text{criança } ii) = \frac{1}{4}$

$P(\text{Fernando ser } I^A i \text{ e Isabel ser } I^A i \text{ e criança } ii) = \frac{2}{3} \times 1 \times \frac{1}{4} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$

**Resposta da questão 15:**

$01 + 02 + 04 = 07$ .

## AULA 3: SEGUNDA LEI DE MENDEL





## COMO IDENTIFICAR A HERANÇA NO

### ENUNCIADO:

- DUAS CARACTERÍSTICAS (OU MAIS)
- SEGREGAÇÃO INDEPENDENTE
- PARES DE HOMÓLOGOS DIFERENTES
- DIIBRIDISMO TRIIBRIDISMO
- 9:3:3:1
- 27:9:9:9:3:3:3:1

### 1. TEORIA

#### 2ª LEI DA HERANÇA OU LEI DA SEGREGAÇÃO INDEPENDENTE

- Os fatores para duas ou mais características segregam-se de forma independente, distribuindo-se para os gametas, onde se recombinam ao acaso e em igual probabilidade.
- Ou seja, na formação dos gametas, o par de fatores responsável por uma característica separa-se independentemente de um outro par de fatores responsável por outra característica.

### 2. HETEROZIGOTO

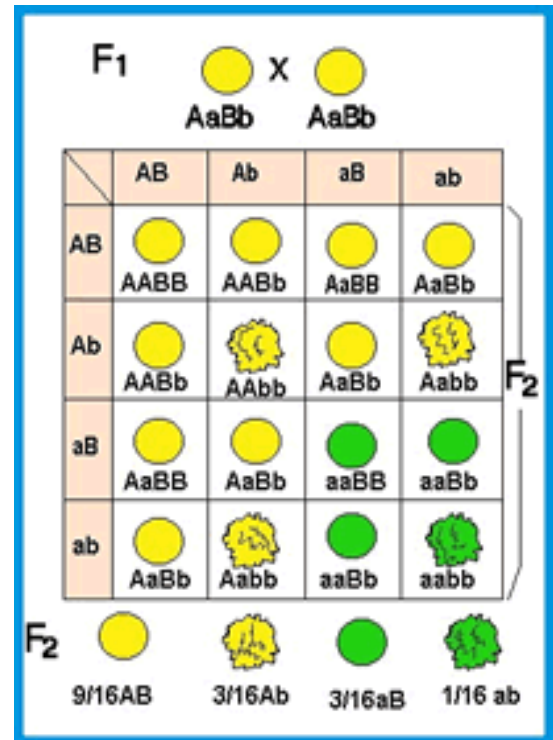
P  $\begin{matrix} \text{VVRR} & \text{x} & \text{vvrr} \\ \text{(Semente amarela e lisa)} & & \text{(Semente verde e rugosa)} \end{matrix}$

G  $\begin{matrix} \text{(VR)} & \text{x} & \text{(vr)} \end{matrix}$

F<sub>1</sub> Vv Rr (100% semente amarela e lisa)

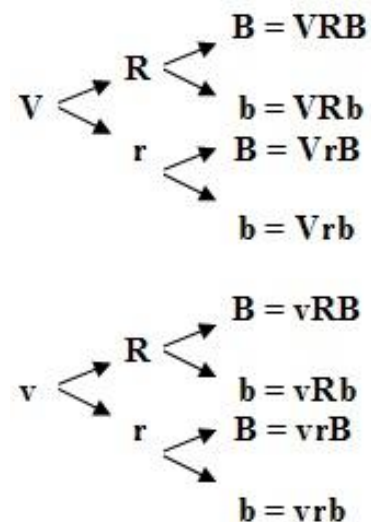
F<sub>1</sub> x F<sub>1</sub>  $\begin{matrix} \text{VvRr} & \text{x} & \text{VvRr} \end{matrix}$

G  $\begin{matrix} \text{(VR)} & \text{(Vr)} & \text{(vR)} & \text{(vr)} & \text{x} & \text{(VR)} & \text{(Vr)} & \text{(vR)} & \text{(vr)} \end{matrix}$



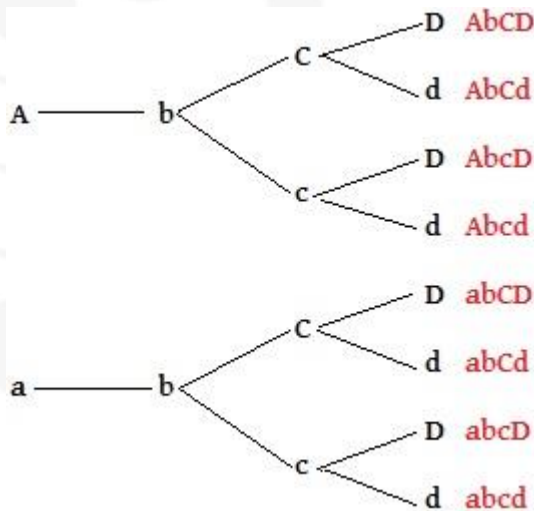
### 3. GAMETAS TIPOS e NÚMERO (2<sup>n</sup>)

## VvRrBb





# AaBbCcDd



## 4. CRUZAMENTOS

– Cruze aleatoriamente e multiplique.

## EXERCÍCIO 2 LEI

1. (Famerp 2018) O quadro ilustra um experimento que utilizou ervilhas de cheiro, em que as plantas parentais (P) eram de linhagens puras.

|         |  |
|---------|--|
| P       | ervilha lisa e amarela (P1) × ervilha rugosa e verde (P2)  |
| F1      | 100% ervilha lisa e amarela  |
| F1 × P2 | ervilha lisa e amarela x ervilha rugosa e verde  |
| F2      | 25% ervilha lisa e amarela<br>25% ervilha lisa e verde<br>25% ervilha rugosa e amarela<br>25% ervilha rugosa e verde |

Os resultados obtidos em F2 permitiram concluir que os genes que determinam a forma e os genes que determinam a cor das ervilhas

- estão no mesmo par de cromossomos homólogos.
- se combinaram de tal modo que revelaram um desacordo com a 2ª Lei de Mendel.
- se combinaram de diferentes formas por causa da permutação.
- distam 25 centimorgans por estarem no mesmo par de cromossomos homólogos.
- estão em diferentes pares de cromossomos homólogos.

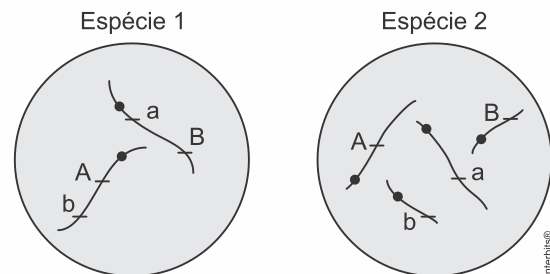
2. (Ebmsp 2018) O quadro ilustra o resultado encontrado em um importante experimento realizado pelo monge Gregor Mendel a partir de cruzamentos feitos com exemplares de ervilhas-de-cheiro.

| Gametas | VR                        | Vr                          | vR                        | vr                          |
|---------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| VR      | VVRR<br>amarelas<br>lisas | VVrR<br>amarelas<br>lisas   | VvRR<br>amarelas<br>lisas | VvRr<br>amarelas<br>lisas   |
| Vr      | VVrR<br>amarelas<br>lisas | VVrr<br>amarelas<br>rugosas | VvRr<br>amarelas<br>lisas | Vvrr<br>amarelas<br>rugosas |
| vR      | VvRR<br>amarelas<br>lisas | VvRr<br>amarelas<br>lisas   | vvRR<br>verdes<br>lisas   | vvRr<br>verdes<br>lisas     |
| vr      | VvRr<br>amarelas<br>lisas | Vvrr<br>amarelas<br>rugosas | vvRr<br>verdes<br>lisas   | vvrr<br>verdes<br>rugosas   |

Com base nesse experimento e nas conclusões precisas obtidas pelo pesquisador, é correto afirmar:

- Esse experimento utilizou duas características, simultaneamente, em um exemplo de interação gênica quantitativa.
- Esse resultado expressa o cruzamento entre indivíduos puros presentes na primeira geração filial (F1).
- Os resultados obtidos divergem dos resultados esperados segundo a 1ª lei de Mendel ou Lei da Pureza dos Gametas.
- Os gametas Vr e vR são considerados parentais e encontram-se presentes em todas as gerações estudadas.
- O resultado da F2 expressa a presença de quatro fenótipos diferentes e uma frequência de 0,125 de genótipos também encontrados na geração parental.

3. (Unesp 2018) As figuras representam células de duas espécies animais, 1 e 2. Na célula da espécie 1, dois genes, que determinam duas diferentes características, estão presentes no mesmo cromossomo. Na célula da espécie 2, esses dois genes estão presentes em cromossomos diferentes.



Tendo por base a formação de gametas nessas espécies, e sem que se considere a permutação (*crossing-over*), constata-se a Primeira Lei de Mendel

- tanto na espécie 1 quanto na espécie 2, mas a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 1.
- apenas na espécie 1, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 2.
- apenas na espécie 2, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 1.
- apenas na espécie 2, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata tanto na espécie 1 quanto na espécie 2.
- tanto na espécie 1 quanto na espécie 2, mas a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 2.

4. (Ufrgs 2018) A mosca *Drosophila melanogaster* é um organismo modelo para estudos genéticos e apresenta alguns fenótipos mutantes facilmente detectáveis em laboratório. Duas mutações recessivas, observáveis nessa mosca, são a das asas vestigiais (v) e a do corpo escuro (e).

Após o cruzamento de uma fêmea com asas vestigiais com um macho de corpo escuro, foi obtido o seguinte:

F1 - todos os machos e fêmeas com fenótipo selvagem.







F2 - 9/16 selvagem; 3/16 asas vestigiais; 3/16 corpo escuro; 1/16 asas vestigiais e corpo escuro.

Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo, referentes aos resultados obtidos para o cruzamento descrito.

- ( ) As proporções fenotípicas obtidas em F2 indicam ausência de dominância, pois houve alteração nas proporções esperadas.
- ( ) Os resultados obtidos em F2 indicam um di-hibridismo envolvendo dois genes autossômicos com segregação independente.
- ( ) As proporções obtidas em F2 estão de acordo com a segunda Lei de Mendel ou Princípio da segregação independente dos caracteres.
- ( ) Os pares de alelos desses genes estão localizados em cromossomos homólogos.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) V – V – F – F.
- b) V – F – V – F.
- c) V – F – F – V.
- d) F – F – V – V.
- e) F – V – V – F.

5. (Uem-pas) Durante a meiose, cromossomos homólogos de origem materna e paterna segregam-se com total independência uns dos outros, levando à segregação independentemente dos genes situados em pares diferentes de cromossomos homólogos. Sobre o assunto, e outros correlatos, assinale o que for **correto**.

- 01) Um indivíduo heterozigoto, para dois genes localizados em pares diferentes de cromossomos homólogos, produz quatro tipos de gametas haploides com quatro combinações gênicas na mesma proporção.
- 02) Genes são compostos por segmentos de ácido ribonucleico.
- 04) O enunciado do comando da questão refere-se à primeira Lei de Mendel.
- 08) No cruzamento de parentais heterozigotos para dois genes localizados em cromossomos diferentes, as proporções fenotípica e genotípica esperadas nos descendentes serão iguais.
- 16) A proporção fenotípica esperada nos descendentes do cruzamento de parentais homozigotos, um recessivo e outro dominante, para dois genes localizados em pares de cromossomos diferentes, é de **100%** de heterozigotos.

6. (Pucrj) Uma linhagem pura de uma variedade de ervilhas de sementes lisas (gene dominante) e flores brancas (gene recessivo) foi cruzada com outra linhagem pura de uma variedade de sementes rugosas (gene recessivo) e de flores roxas (gene dominante). Caso os híbridos sejam fecundados posteriormente, a proporção de indivíduos com sementes rugosas e flores brancas será a seguinte:

- a) 1/16.
- b) 2/16.
- c) 3/16.
- d) 6/16.
- e) 9/16.

7. (Ufpr) Um casal possui os seguintes genótipos: **AaB1B2CcIai** e **aaB1B2ccIbi**. Suponha que as seguintes características são atribuídas a cada gene:

|  |  |
|--|--|
| <b>A</b> = lóbulo da orelha solto.<br><b>a</b> = lóbulo da orelha preso.   | <b>A</b> é completamente dominante.  |
| <b>B<sub>1</sub></b> = cabelo crespo.<br><b>B<sub>2</sub></b> = cabelo liso.   | <b>B<sub>1</sub></b> e <b>B<sub>2</sub></b> têm dominância incompleta.   |
| <b>C</b> = presença de bico de viúva.<br><b>c</b> = ausência de bico de viúva.   | <b>C</b> é completamente dominante.  |
| <b>I<sup>A</sup></b> = antígeno eritrocitário A.<br><b>I<sup>B</sup></b> = antígeno eritrocitário B.<br><b>i</b> = ausência de antígeno. | <b>I<sup>A</sup></b> e <b>I<sup>B</sup></b> são codominantes e ambos têm dominância completa em relação a <b>i</b> . |

Considerando que os genes em questão são autossômicos e segregam-se independentemente, responda:

- a) Qual é a probabilidade de esse casal ter um(a) filho(a) com lóbulo da orelha preso, cabelo liso, sem bico de viúva e sangue do tipo **O**? (Demonstre seu raciocínio)
- b) Qual é a probabilidade de esse casal ter um(a) filho(a) com lóbulo da orelha preso, cabelo crespo, com bico de viúva e qualquer tipo de sangue? (Demonstre seu raciocínio)
- c) Qual é a probabilidade de esse casal ter um(a) filho(a) com lóbulo da orelha solto, cabelo liso, sem bico de viúva e sangue do tipo **AB**? (Demonstre seu raciocínio)

8. (Mackenzie) Um homem polidáctilo e não albino, filho de mãe albina, casa-se com uma mulher não polidáctila e albina. O primeiro filho desse casal é normal para ambos os caracteres e a mulher está grávida da segunda criança. A probabilidade de essa segunda criança ser polidáctila e albina é de

a) 1/4   b) 1/8   c) 1/2   d) 1   e) 3/4

9. (Ufjf-pism 3) Em uma determinada raça de gato, a cor e o comprimento da pelagem são controlados por genes autossômicos que podem ser dominantes ou recessivos. A tabela abaixo demonstra as características para esses alelos:

| Gene     | Características |
|----------|-----------------|
| <b>B</b> | pelagem negra   |
| <b>b</b> | pelagem branca  |
| <b>S</b> | pelagem curta   |
| <b>s</b> | pelagem longa   |

Sobre o cruzamento de um gato macho (**BbSs**) com uma gata fêmea (**bbSS**), responda:

- a) Qual a probabilidade de se obterem filhotes brancos com pelos curtos?
- b) Quais os genótipos dos gametas que podem ser produzidos pela fêmea e pelo macho?
- c) Se a gata acima cruzar com um gato com pelagem longa, qual é a probabilidade de nascer um descendente com pelagem longa?

10. (Udesc) Em uma espécie de inseto, o tamanho e a formação das asas são determinados geneticamente. O gene que “determina o tamanho das asas” (longas, curtas ou intermediárias) possui dois alelos sem relação de dominância entre si. O gene que determina o desenvolvimento das asas também possui dois alelos; o dominante determina o aparecimento das asas, o recessivo a ausência destas. Vários casais de insetos, duplo heterozigoto, são cruzados e obtém-se um total de **2048** descendentes.

Assinale a alternativa que indica, deste total, o número esperado de

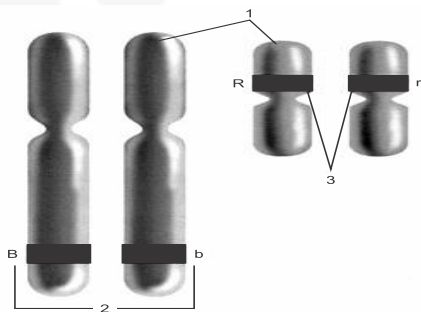




insetos com asas intermediárias.

- a) 128 insetos
- b) 384 insetos
- c) 768 insetos
- d) 512 insetos
- e) 1024 insetos

11. (Uepg) A figura abaixo esquematiza dois dos sete pares de cromossomos homólogos de uma célula de ervilha. A cor da pétala da ervilha é determinada pelos alelos dominante (**B**) para púrpura e recessivo (**b**) para cor branca. O alelo dominante (**R**) determina a forma lisa da ervilha, enquanto o recessivo (**r**) gera formato rugoso. Com relação aos conceitos fundamentais em genética e mendelismo, assinale o que for correto.



- 01) A frequência e tipos de gametas formados a partir da célula representada na figura é de 25% BR, 25% Br, 25% bR e 25% br.
- 02) O número 2 aponta a condição heterozigota para a característica da cor da pétala da ervilha.
- 04) O loco gênico para a forma da ervilha é mostrado em 3.
- 08) A combinação genotípica demonstrada na figura resulta em fenótipo de cor da pétala branca e forma da ervilha rugosa.
- 16) Em 1, as linhas apontam o par de cromossomos homólogos.

**Gabarito:**

- Resposta da questão 1: [E]
- Resposta da questão 2: [E]
- Resposta da questão 3: [E]
- Resposta da questão 4: [E]
- Resposta da questão 5: 01 + 16 = 17.
- Resposta da questão 6: [A]
- Resposta da questão 7:

$$a) P(aa B_2 B_2 cc ii) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$$

$$b) P(aa B_1 B_1 C \_ \_ \_) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{16}$$

$$c) P(A \_ B_2 B_2 cc I^A I^B) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$$

Resposta da questão 8: [A]

Resposta da questão 9:  
a) A probabilidade de obterem filhotes com pelos brancos e curtos é de 50%, pois BbSs (macho) e bbSS (fêmea) tem os seguintes gametas: BS, Bs, bS,bs (macho) e bS (fêmea). Assim, cruzando-se:

| M/F | BS   | Bs   | bS   | bs   |
|-----|------|------|------|------|
| bS  | BbSS | BbSs | bbSS | bbSs |
| bS  | BbSS | BbSs | bbSS | bbSs |
| bS  | BbSS | BbSs | bbSS | bbSs |
| bS  | BbSS | BbSs | bbSS | bbSs |

$$\left. \begin{array}{l} BbSS : \text{negros e curtos} \\ BbSs : \text{negros e curtos} \end{array} \right\} 50\%$$

$$\left. \begin{array}{l} bbSS : \text{brancos e curtos} \\ bbSs : \text{brancos e curtos} \end{array} \right\} 50\%$$

- b) Os genótipos produzidos pela fêmea são apenas bS e pelos machos BS, Bs, bS e bs.
- c) A probabilidade da gata acima (bbSS) cruzar com um gato de pelagem longa \_\_SS e nascer descendente de pelagem longa é de 0%, pois de acordo com o cruzamento só haverá Ss (pelagem curta).

Resposta da questão 10: [C]

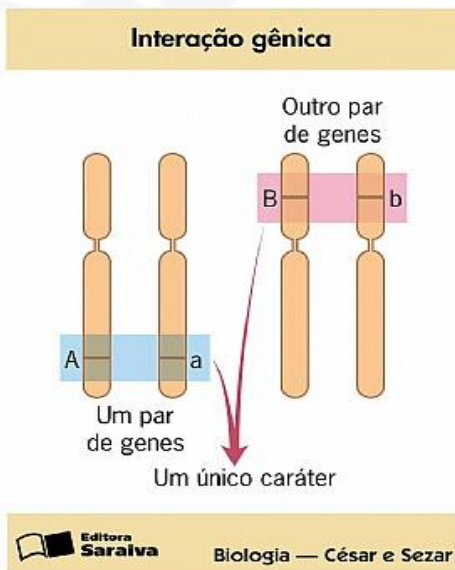
Resposta da questão 11: 01 + 02 + 04 = 07.





## AULA 4: INTERAÇÃO GÊNICA

- \_ UMA ÚNICA CARACTERÍSTICA
- \_ DOIS PARES DE ALELOS OU MAIS
- \_ SEGUE O PADRÃO DA 2 LEI
- \_ HOMÓLOGOS DIFERENTES
- \_ SEGREGAÇÃO INDEPEDENTE



### 1. INTERAÇÃO GÊNICA SIMPLES

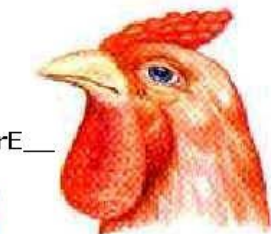
- \_ GENES COMPLEMENTARES
- \_ DOIS PARES DE ALELOS DIFERENTES EM SI PARA UM CARACTER.
- \_ TRABALHA COMO 2 LEI E MESMAS FREQ PORÉM 1 CARACTERÍSTICAS
- \_ EX CRISTA DAS GALINHAS, COR PIRIQUITO

### Cor da plumagem de periquitos australianos

- aabb são brancos.
- aaB\_ são amarelos.
- A\_bb são azuis.
- A\_B\_ são verdes.
- Vamos fazer o cruzamento de 2 periquitos verdes duplo-heterozigotos.



Crista Ervilha  
(Genótipos: rrE\_\_)



Crista Simples  
(Genótipo: rree)



Crista Noz  
(Genótipo: R\_\_E\_\_)





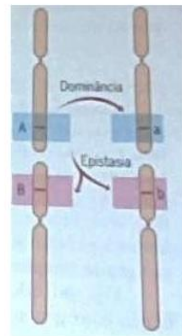
## 2. INTERAÇÃO GÊNICA EPISTÁTICA

### Epistasia

Um gene bloqueia o outro

**Dominância:** entre alelos de um mesmo gene  
**A é dominante sobre a**

**Epistasia:** entre genes diferentes  
**A é epistático sobre B**



Epistático  
Hipostático

\_ A epistasia é um tipo de interação gênica que ocorre quando dois ou mais genes atuam sobre uma mesma característica. No caso desse tipo de interação gênica, um gene atua inibindo a ação do outro para determinada característica.

\_ Os alelos de um gene que inibem a manifestação dos alelos de outro par são denominados epistáticos, e os alelos que são inibidos, hipostáticos.

→ Tipos de epistasia

• Epistasia recessiva: os alelos epistáticos somente se manifestam em homozigose.

Exemplo: A cor dos pelos de cães labradores.

A cor dos pelos de cães labradores é determinada por dois pares de alelos. Um par

determina o pigmento do pelo: o alelo B determina a cor do pelo preta, que é dominante sobre a cor marrom (chocolate), determinada pelo alelo b, que se manifesta em homozigose (bb). No entanto, um outro par determina se os pigmentos marrom ou preto serão ou não depositados no pelo: o alelo E determina que a cor preta ou marrom, dependendo do alelo presente no gene do animal, pode manifestar-se. Já o alelo e, em homozigose (ee), determina a cor amarela nos pelos, independentemente da presença do alelo para cor marrom ou preta. Assim, os alelos para o depósito desse pigmento são epistáticos para os alelos que determinam o pigmento do pelo marrom ou preto.

- Epistasia dominante: Nesse tipo, um alelo dominante impede a manifestação do alelo de outro gene.

Exemplo: A cor das penas em galinhas.

A cor das penas em galinhas é determinada por dois pares de alelos. Um par determina a pigmentação das penas: o alelo C determina a produção de pigmentos, e o alelo c não produz pigmento. Já o alelo I atua impedindo a manifestação do alelo C, ou seja, impedindo que haja a coloração das penas. O alelo i não causa nenhum impedimento. Assim, o alelo I, dominante, é epistático para o alelo C, que determina a pigmentação das penas.





**Obs: DUPLICADA**

**Epistasia Duplo Recessiva**

Normal = D\_E\_

Surdez = ddee, DDee, Ddee, ddEE, ddEd

|                                |   |  |
|--------------------------------|---|--|
| <b>Genótipo dos Indivíduos</b> | <b>D_E_</b><br>(DDEE ou DDEe ou DdEE ou BbEe) | <b>ddE_ou D_ee</b><br>(ddEE ou ddEe ou DDee ou Ddee) |
| <b>Fenótipo dos Indivíduos</b> | <b>Normal</b>                                 | <b>Surdo</b>   |

**3. QUANTITATIVA, MULTIFATORIAL, POLIGENIA, ACUMULATIVA.**

- \_ É UMA INTERAÇÃO;
- \_ DIFERENTES ALELOS, DIFERENTES HOMÓLOGOS, SI, 1 CARACTERÍSTICA;
- \_ OS GENES NÃO DETERMINAM O CARÁTER, APENAS ACRESCENTAM AO CARÁTER JÁ EXISTENTE.
- \_ O INDIVÍDUO QUE NÃO PORTA DOMINANTES TERÁ O CARÁTER MÍNIMO;
- \_ O INDIVÍDUO QUE PORTA TODOS OS DOMINANTES TERÁ O CARACTER MÁXIMO.
- \_ EXISTEM FENÓTIPOS TRANSITÓRIOS ENTRE O MÍNIMO E O MÁXIMO DE

ACRODO COM O NÚMERO DE DOMINANTES.

\_ NÃO IMPORTA COMO É O GENÓTIPO MAS QUANTOS SÃO OS DOMINANTES.

\_ OS CARACTERES POSSUEM NORMA DE REAÇÃO.

**A. TEORIA**

**B. DECORE**

**Herança Quantitativa**  
**Cor da pele no homem**

| Fenótipos     | Genótipos | Genes aditivos |
|---------------|-----------|----------------|
| Negro         | SSTT      | 4              |
| Mulato Escuro | SsTT      | 3              |
|               | SSTt      |                |
| Mulato Médio  | SsTt      | 2              |
|               | SStt      |                |
|               | ssTT      |                |
| Mulato Claro  | Ss tt     | 1              |
|               | ss Tt     |                |
| Branco        | ss tt     | 0              |

**C. N GENES**

**FENÓTIPO= GENES + 1**

**D. VALOR DO GENE**

**MAIOR VALOR – MENOR VALOR**  
**NUMERO DE GENES**







- I. O gráfico exemplifica um caso de herança quantitativa.
- II. As sete classes fenotípicas podem resultar da interação de seis alelos.
- III. A distribuição normal apresenta indivíduos heterozigotos em suas extremidades.

Está/Estão correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- a) I.
- b) III.
- c) I e II.
- d) II e III.

4. (Ufsc 2018) Fatores limitantes se alteram constantemente, sendo necessária a existência de programas de melhoramento genético para a seleção de cultivares com características agrônômicas superiores. Em um modelo hipotético composto por três genes que possuem segregação independente, um geneticista cruzou dois cultivares parentais contrastantes ( $P_1$  e  $P_2$ ).

-  $P_1$  : AABDD [cultivar com a melhor absorção de nitrogênio e suscetível ao oídio]. Os alelos "A" e "B" possuem um efeito aditivo equivalente, caracterizando uma herança quantitativa. O efeito aditivo se manifesta pela redução da necessidade da concentração de nitrogênio no solo. Esse cultivar necessita de uma concentração de 4% em massa no fertilizante. O alelo "D" torna a planta suscetível ao oídio (doença causada pelo fungo *Erysiphe difusa*).

-  $P_2$  : aabbdd [cultivar com a pior absorção de nitrogênio e resistente ao oídio]. Esse cultivar necessita de uma concentração de 12% em massa no fertilizante. O alelo "d", quando em homozigose, torna a planta resistente ao oídio.

Desse cruzamento foi obtida a geração  $F_1$ , com a qual foi realizada a autofecundação que deu origem à geração  $F_2$  com o total de 192 plantas.

- a) Qual a concentração necessária, em percentual, de nitrogênio nos fertilizantes para as plantas da geração  $F_1$ ?
- b) No total de plantas obtidas na geração  $F_2$ , em quantas delas se esperam as seguintes características: menor necessidade de concentração de nitrogênio no fertilizante e resistência ao oídio?

5. (Uem-pas) Considere o cruzamento de parentais duplo heterozigotos para os genes A e B localizados em cromossomos diferentes, e assinale o que for **correto**.

- 01) Se a proporção fenotípica em  $F_1$  for de 9 : 3 : 3 : 1 para uma única característica, temos um caso de interação gênica.
- 02) Se a proporção fenotípica em  $F_1$  for de 9 : 3 : 3 : 1 para duas características, temos um caso de segregação independente.
- 04) Se a proporção fenotípica em  $F_1$  for de 9 : 3 : 4 para uma única característica, temos um caso de epistasia recessiva.
- 08) Se a proporção fenotípica em  $F_1$  for de 1 : 4 : 6 : 4 : 1 para uma única característica, temos um caso de herança poligênica.
- 16) Se a proporção fenotípica em  $F_1$  for de 13 : 3 para uma única característica, temos um caso de pleiotropia.

6. (Acafe) O termo genética foi aplicado pela primeira vez pelo biólogo inglês William Bateson (1861-1926) para definir o ramo das ciências biológicas que estuda e procura explicar os fenômenos relacionados à hereditariedade.

Assim, a alternativa **correta** é:

- a) A penetrância é a expressão percentual com que um gene se manifesta. Sabendo-se que a penetrância do gene para o nanismo acondroplásico é de 80%, pode-se dizer que a probabilidade de um homem heterozigoto, casado com uma mulher normal, ter um filho com este tipo de nanismo é de 80%.
- b) Epistasia é um tipo de interação gênica em que um gene de determinado *locus* inibe a manifestação de genes de outro *locus*. Denomina-se hipostático o gene inibidor e epistático, o gene inibido.
- c) A capacidade que tem um único par de alelos de produzir diversos efeitos fenotípicos, simultaneamente, no mesmo indivíduo, chama-se pleiotropia.
- d) Na herança quantitativa, os indivíduos diferem de forma descontínua, apresentando como componentes da variação o genótipo e o ambiente. Dessa forma, toda a variação existente pode ser representada graficamente através de uma curva de Gauss.

7. (Unicid - Medicina) Em cães labradores, a determinação genética para coloração da pelagem é condicionada por dois pares de alelos não ligados. O alelo B condiciona coloração preta e o alelo b condiciona coloração marrom. O alelo E permite a pigmentação preta ou marrom do pelo e o alelo e não permite, condicionando a coloração dourada. Trata-se de um caso típico de epistasia.

- a) Com relação aos dois pares de alelos, quais os genótipos que condicionam a pelagem dourada nos labradores?
- b) Considere o cruzamento entre um labrador macho





preto e um labrador fêmea marrom. Desse cruzamento nasceram seis filhotes: três pretos, dois marrons e um dourado. Qual a probabilidade do nascimento de um filhote com pelagem dourada em um próximo cruzamento entre esses mesmos parentais? Justifique sua resposta.

8. (Ufu) Numa determinada espécie de milho, a altura da planta varia de 150 cm a 300 cm. Cruzando-se linhagens homocigóticas que produzem plantas com altura de 150 cm e linhagens homocigóticas que produzem plantas com altura de 300 cm, obteve-se uma geração F1 que, autofecundada, originou sete fenótipos.

Com base nos dados apresentados, responda:

- Quantos genes efetivos estão atuando na herança da altura do milho?
- Quantos centímetros cada gene efetivo adiciona ao fenótipo mínimo? Qual a altura dos descendentes da geração F1?
- A geração F2 resultou em 384 plantas. Quantas dessas possuem uma altura de 250 cm?

9. (Unesp) Na cobra do milharal, os alelos  $A/a$  e  $B/b$  regulam a coloração da pele. O pigmento preto é determinado pelo alelo dominante  $A$ , enquanto o alelo recessivo  $a$  não produz esse pigmento. O pigmento laranja é determinado pelo alelo dominante  $B$ , enquanto o alelo  $b$  não produz esse pigmento. A cobra selvagem produz os pigmentos preto e laranja. Cobras pretas produzem apenas pigmento preto. Cobras laranja produzem apenas pigmento laranja. Existem ainda cobras albinas, que não produzem os dois pigmentos. As figuras apresentam os quatro fenótipos possíveis de coloração da pele.



selvagem



preta



laranja



albina

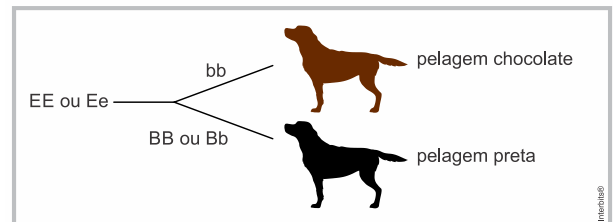
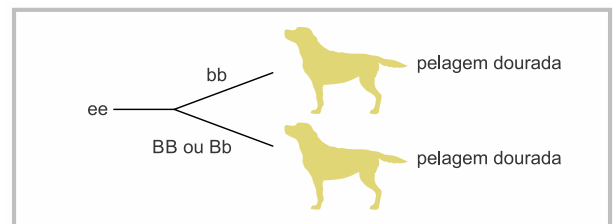
(www.reptilesbymack.com)

Assinale a alternativa na qual os genótipos representam, respectivamente, uma cobra selvagem e uma cobra

albina.

- $AaBb$  e  $aabb$ .
- $aaBb$  e  $aabb$ .
- $AaBb$  e  $AAbb$ .
- $aaBB$  e  $Aabb$ .
- $Aabb$  e  $aaBb$ .

10. (Uerj) Admita uma raça de cães cujo padrão de coloração da pelagem dependa de dois tipos de genes. A presença do alelo  $e$ , recessivo, em dose dupla, impede que ocorra a deposição de pigmento por outro gene, resultando na cor dourada. No entanto, basta um único gene  $E$ , dominante, para que o animal não tenha a cor dourada e exiba pelagem chocolate ou preta. Caso o animal apresente um alelo  $E$  dominante e, pelo menos, um alelo  $B$  dominante, sua pelagem será preta; caso o alelo  $E$  dominante ocorra associado ao gene  $b$  duplo recessivo, sua coloração será chocolate. Observe o esquema.



Identifique o tipo de herança encontrada no padrão de pelagem desses animais, justificando sua resposta.

Em seguida, indique o genótipo de um casal de cães com pelagem chocolate que já gerou um filhote dourado. Calcule, ainda, a probabilidade de que esse casal tenha um filhote de pelagem chocolate.

11. (Pucrs) Para responder à questão, analise as afirmações sobre a herança genética.

- Em um caso de monohibridismo com dominância completa, espera-se que, em um cruzamento entre heterocigotos, as proporções genotípicas e fenotípicas sejam, respectivamente, 1 : 2 : 1 e 3 : 1.
- Em um cruzamento entre heterocigotos para um par de genes, considerando um caso de "genes letais", no qual o referido gene é dominante, as proporções genotípicas e fenotípicas não serão iguais.







III. No cruzamento entre diíbridos, podemos encontrar uma proporção fenotípica que corresponde a 12:3:1, o que configura um caso de epistasia recessiva.

Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s)

- a) I, apenas. b) III, apenas.  
c) I e II, apenas. d) II e III, apenas.  
e) I, II e III.

12. (Uscs - Medicina) A coloração dos grãos de trigo é um típico exemplo de herança quantitativa. Seus fenótipos variam entre vermelho-escuro, vermelho médio, vermelho, vermelho-claro e branco.

Considere a presença de apenas dois pares de alelos, com segregação independente, responsáveis pela coloração dos grãos de trigo e utilize as letras **A**, **a**, **B** e **b** para representar os alelos envolvidos. Entre os genes **A** e **B** ocorre uma interação não alélica aditiva.

- a) Esquematize um cruzamento entre uma planta produtora de grãos vermelho-escuros e uma planta produtora de grãos brancos, indicando os genótipos parentais e a proporção fenotípica esperada em **F1**.  
b) Duas plantas parentais produtoras de grãos vermelhos, com genótipos diferentes, foram intercruzadas diversas vezes. Em todos os cruzamentos realizados, o resultado obtido foi sempre de 100% de plantas produtoras de grãos vermelhos. Justifique os resultados obtidos nos cruzamentos, indicando os genótipos das plantas parentais e da geração **F1**.

13. (Upf) Suponha que a diferença entre uma planta de 100 cm de estatura e uma de 160 cm é devida a dois pares de genes de fatores e efeitos iguais e aditivos. A planta de 160 cm é duplo homocigota dominante e a de 100 cm é duplo homocigota recessiva. Cruzando-se uma planta duplo heterocigota com uma duplo homocigota recessiva, pode-se prever que, entre os descendentes:

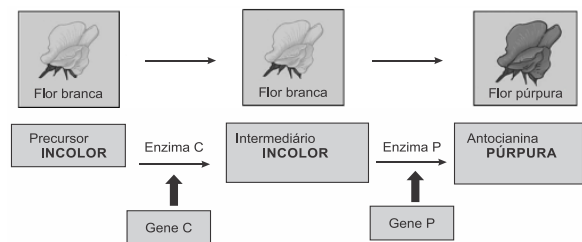
- a) 25% terão em média 130 cm, 50% terão em média 115 cm e 25% terão em média 100 cm de estatura.  
b) 100% das plantas terão em média 115 cm de estatura.  
c) 50% terão em média 140 cm e 50% terão em média 100 cm de estatura.  
d) 75% terão em média 130 cm e 25% terão em média 145 cm de estatura.

- e) 25% terão em média 115 cm, 25% terão em média 130 cm, 25% terão em média 145 cm e 25% terão em média 160 cm de estatura.

14. (Uem) Considerando os conceitos de Genética, assinale o que for **correto**.

- 01) De acordo com a lei da segregação cada par de alelos presente nas células diploides separa-se na meiose, sendo que cada célula haploide recebe apenas um alelo do par.  
02) O termo “herança monogênica” é usado em casos onde apenas um par de alelos de um gene está envolvido na herança da característica, como por exemplo a sensibilidade ao PTC (feniltiocarbamida) na espécie humana.  
04) O cruzamento entre dois indivíduos heterocigotos para um gene produzirá descendência de 75% de indivíduos com traço dominante e de 25% com traço recessivo.  
08) Alelos múltiplos ocorrem quando um indivíduo heterocigoto apresenta dois alelos diferentes de um gene, não apresentando um fenótipo intermediário, mas sim os dois fenótipos simultaneamente.  
16) Epistasia ocorre quando a ação do meio atua de forma a imitar um caráter congênito provocando alguma anomalia no indivíduo afetado.

15. (Pucmg) A cor das flores da ervilha-de-cheiro não é determinada por um único par de alelos como descrito por Mendel. Trata-se de um caso de interação gênica epistática como pode ser deduzida pelo esquema abaixo.



Com base no esquema, assinale a afirmativa **INCORRETA**.

- a) O cruzamento de duas plantas com flores púrpuras pode gerar descendentes com flores brancas.  
b) O cruzamento de duas plantas com flores brancas não pode gerar plantas de flores púrpuras.  
c) A chance do cruzamento de duas plantas  $CcPp \times CcPp$  gerar descendentes púrpuras é de  $9/16$ .  
d) A chance do cruzamento de duas plantas  $ccPp \times Ccpp$  gerar descendentes púrpuras é de  $1/4$ .





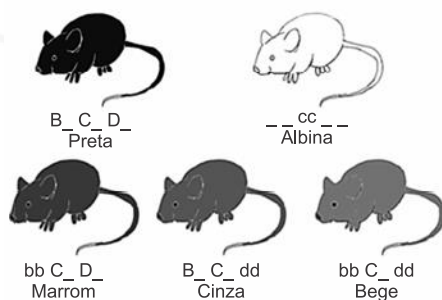
16. (Ufu 2015) Em uma determinada raça de cão há três possibilidades de cores de pelo: preta, amarela e marrom. O alelo **M** é responsável pela cor preta, e seu alelo recessivo, pela cor marrom. O gene **E**, não alélico de **M**, condiciona o depósito de pigmento preto ou marrom no pelo. Já o alelo recessivo (**e**) impede esse depósito, originando o pelo amarelo.

No cruzamento entre dois cães dessa raça, um de pelo preto heterozigoto para os dois pares de genes e outro marrom descendente de uma mãe amarela, espera-se na descendência uma proporção fenotípica de:

- 6 pretos: 2 amarelos.
- 3 pretos: 3 marrons: 2 amarelos.
- 3 pretos: 5 marrons.
- 4 pretos: 3 marrons: 1 amarelo.

17. (Pucmg) De acordo com a figura, considere a ocorrência de cinco fenótipos (preta, albina, marrom, cinza e bege) para a cor da pelagem de camundongos, determinados pela interação de três pares de genes alelos com segregação independente. Na figura, os traços indicam que, independentemente do alelo ser dominante ou recessivo, não há alteração fenotípica.

Cor da pelagem de camundongos



De acordo com as informações, é **INCORRETO** afirmar:

- O cruzamento entre indivíduos marrom com cinza pode produzir descendentes com os cinco fenótipos apresentados.
- Se um casal de camundongos de pelagem preta gerou um filhote albino, a chance de gerar outro filhote albino é de  $1/4$ .
- Se um casal de camundongos de pelagem preta gerou um filhote albino, a chance de gerar um filhote preto é de  $3/8$ .
- Um casal de camundongos beges só pode gerar descendentes beges ou albinos.

18. (Ufsc 2015) Para explicar a herança da cor da pele nos humanos, existem dois modelos poligênicos. O primeiro se baseia na existência de dois genes com dois alelos cada um. O segundo admite a existência de três genes, cada um deles também com dois alelos. No primeiro modelo, indivíduos **AABB** seriam negros e

**aabb** seriam brancos. No segundo modelo, **AABBCC** seriam negros e **aabbcc** seriam brancos. Em ambos os modelos, a ação dos genes e seus alelos seria aditiva, não existindo uma relação de dominância entre os alelos envolvidos. A cor da pele dependeria então da presença de alelos mais ou menos ativos na produção da melanina, sendo este um modelo típico de herança quantitativa.

Com relação à herança da cor da pele humana, é **CORRETO** afirmar que:

- em ambos os modelos, o padrão de herança é autossômico recessivo.
- no primeiro modelo, a chance de um casal duplo heterozigoto ter um descendente negro é de  $6,25\%$ .
- no segundo modelo, a chance de um casal triplo heterozigoto ter um descendente branco é de  $3,12\%$ .
- no primeiro modelo, há a possibilidade de existirem quatro classes fenotípicas diferentes.
- no segundo modelo, pode-se prever a existência de sete classes fenotípicas diferentes.
- na herança de padrão quantitativo, as condições ambientais têm pouca influência nos fenótipos.
- o gráfico de distribuição das classes fenotípicas de uma herança quantitativa tende a apresentar uma distribuição contínua de suas classes.

19. (Uem) Sabendo que o tipo de crista em certas variedades de galinhas é condicionado por dois pares de alelos, **R/r** e **E/e** – que se segregam independentemente, mas que interagem entre si na produção da forma de crista. A interação entre os alelos dominantes **R** e **E** resulta em crista noz; entre o alelo dominante **R** e o recessivo **e**, resulta em crista ervilha; e entre o alelo recessivo **r** e o dominante **E**, resulta em crista simples. O cruzamento de uma galinha de crista rosa com um galo de crista ervilha resultou descendentes com crista simples. Com base nessas informações e em seus conhecimentos de genética, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- A galinha tem o genótipo **Rree**.
- A probabilidade de que esse cruzamento origine uma ave de crista noz é de  $25\%$ .
- A probabilidade de que esse cruzamento origine uma ave com genótipo **rrEe** é de  $50\%$ .
- O cruzamento entre os descendentes com crista noz resultará em  $1/16$  de aves com crista simples.
- Quando dois ou mais pares de alelos interagem para expressão de uma característica, pode-se dizer que ocorre epistasia.

20. (Ufpb) O aumento da população mundial tem provocado a busca por uma maior produção de alimentos. Dentre as estratégias utilizadas para





umentar a oferta de alimentos, o melhoramento animal, através de cruzamento direcionado, possibilita um ganho de produtividade nas gerações seguintes. Um pequeno pecuarista, de posse desses conhecimentos, para melhorar seu rebanho com relação à produtividade de leite e ao aumento de porte físico dos animais, selecionou uma vaca de seu rebanho, que tinha porte médio e produzia 15 litros de leite por dia, e cruzou com um touro de genótipo aaBb. Sabe-se que:

- Cada alelo B contribui com 10 litros de leite por dia e cada alelo b com 5 litros;
- O genótipo aa define grande porte; Aa médio porte e AA, pequeno porte.

De acordo com essas informações, julgue os itens a seguir relativos aos possíveis resultados desses cruzamentos:

- ( ) A probabilidade de nascerem indivíduos com porte maior e mais produtivos que a mãe é admissível
- ( ) A probabilidade de ocorrer diminuição na produção de leite da prole resultante do cruzamento é de pelo menos 50%.
- ( ) A probabilidade de nascerem indivíduos de pequeno porte é de 50%.
- ( ) A probabilidade de nascer um indivíduo de fenótipo igual ao da mãe é de 25%.
- ( ) A probabilidade de nascerem indivíduos com fenótipo inferior ao da mãe é de 25%.

21. (Ufu) Considere o trecho a seguir e as informações seguintes.

"Nielson-Ehle mostrou que a herança poligênica segue as leis mendelianas e que os fenótipos são condicionados por diversos genes cujos alelos têm efeitos aditivos."

Uma variedade de gramíneas tem o tamanho médio dos entrenós do caule de 4,2 cm. A outra variedade, de tamanho menor, apresenta para os entrenós do caule a média de 1,8 cm. A polinização entre essas duas variedades produziu F1 com gramíneas de altura intermediária, cujos entrenós são em média de 3 cm. A autopolinização de F1 produziu F2 constituído por plantas de diferentes tamanhos. Dentre esses diferentes tamanhos, existiam gramíneas com entrenós de 4,2 cm e 1,8 cm, que correspondiam, separadamente, a 1/64 da população F2.

Acerca desse assunto, pergunta-se:

- a) Qual o número provável de genes envolvidos no tamanho dos entrenós dessas plantas? Justifique sua

resposta.

- b) Calcule a participação provável de cada alelo para o fenótipo final.

22. (Ufu) O peso dos frutos (fenótipos) de uma determinada espécie vegetal varia de 150g a 300g. Do cruzamento entre linhagens homocigóticas que produzem frutos de 150g, com linhagens homocigóticas que produzem frutos de 300g, obteve-se uma geração F1 que, autofecundada, originou 7 fenótipos diferentes.

Sabendo-se que o peso do fruto é um caso de herança quantitativa, reponda:

- a) quantos pares de genes estão envolvidos na determinação do peso dos frutos desta espécie vegetal?
- b) qual é o efeito aditivo de cada gene?
- c) de acordo com o triângulo de Pascal, qual é a proporção de cada classe fenotípica obtida em F2?

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:**  
[A]

| fenótipos | genótipos |
|-----------|-----------|
| preto     | A_B_      |
| marrom    | A_bb      |
| branco    | aa__      |

Pais: AaBb × AaBb

Filhos: 9 A\_B\_ (pretos): 3 A\_bb (marrons):  
4 aa\_\_ (3 aaB\_ + 1 aabb brancos)

**Resposta da questão 2:** [B]

**Resposta da questão 3:** [C]

**Resposta da questão 4:**

- a) A F1 apresenta genótipo AaBb, para os alelos que controlam a absorção do nitrogênio. Tratando-se de herança quantitativa, seu fenótipo é a média aritmética dos pais, isto é,  $4\% + 12\% = 16\% \div 2 = 8\%$ .

- b) A probabilidade de plantas em F2 com genótipo AABBdd é igual a  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64} = 0,0156 \cong 1,56\%$ .

**Resposta da questão 5:** 01 + 02 + 04 + 08 = 15.

**Resposta da questão 6:** [C]

**Resposta da questão 7:**





a) Labradores com pelagem dourada: eeBB, eeBb e eebb.

b) macho E\_B\_ (preto) × fêmea E\_bb (marrom)  
Filhotes: 3 E\_B\_ (pretos); 2 E\_bb (marrons) e 1 ee\_\_ (dourado).

Pais: ♂ EeBb × ♀ Eebb

|   |    |      |      |      |      |
|---|----|------|------|------|------|
| ♂ | ♀  | EB   | Eb   | eB   | eb   |
| ♀ | ♂  | Eb   | eb   |      |      |
|   | EB | EEBb | EEbb | EeBb | Eebb |
|   | Eb | EeBb | Eebb | eeBb | eebb |

$$P(\text{filhote ee\_}) = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} = 25\%$$

**Resposta da questão 8:**

a) Na herança quantitativa o número de fenótipos na F2 é igual ao número de genes envolvidos menos um. Dessa forma, estão atuando na herança da altura do milho seis genes.

b) A contribuição do gene aditivo é a diferença entre os extremos dividida pelo número de genes. Assim, temos:

$$\frac{300 \text{ cm} - 150 \text{ cm}}{6} = \frac{150 \text{ cm}}{6} = 25 \text{ cm.}$$

c) As plantas com 250 cm de altura possuem quatro genes aditivos no genótipo e frequência de 15/64 na F2. Logo, a proporção desses vegetais é 15/64 de 384 plantas, ou seja, 90 indivíduos.

**Resposta da questão 9:** [A]

**Resposta da questão 10:**

Epistasia

A expressão de um gene interfere na expressão de outro.

Ambos têm o genótipo Eebb.

Pais: Eebb × Eebb

$$P(\text{filhote E\_bb}) = \frac{3}{4} \times 1 = \frac{3}{4} \text{ ou } 0,75 \text{ ou } 75\%$$

**Resposta da questão 11:** [A]

**Resposta da questão 12:**

| Fenótipos       | Genótipos          |
|-----------------|--------------------|
| Vermelho-escuro | AABB               |
| Vermelho médio  | AABb ou AaBB       |
| Vermelho        | AAbb, aaBB ou AaBb |
| Vermelho-claro  | Aabb ou aaBb       |
| Branco          | aabb               |

a) Pais: AABB × aabb

F1: 100% AaBb (vermelhas)

b) Pais: AAbb × aaBB

F1: 100% AaBb (vermelhas)

**Resposta da questão 13:** [A]

**Resposta da questão 14:** 01 + 02 + 04 = 07.

**Resposta da questão 15:** [B]

**Resposta da questão 16:** [B]

**Resposta da questão 17:** [C]

**Resposta da questão 18:** 02 + 16 + 64 = 82.

**Resposta da questão 19:** 01 + 02 + 08 = 11.

**Resposta da questão 20:** V - F - F - V - F.

**Resposta da questão 21:**

a) 6 (3 pares). Os extremos da F2 são:  $1/4^n = 1/64 = 1/4^3$ .

b) 0,4 cm.

**Resposta da questão 22:**

a) 3 pares de genes.

b) 25g

c) 1:6:15:20:15:6:1

## AULA 5: HERANÇA SEXUAL





**ENUNCIADO APRESENTA OS TERMOS:**

- \_ ligada ao sexo
- \_ restrita ao sexo
- \_ par sexual
- \_ par heterólogo
- \_ X
- \_ Y
- \_ hemizigoto (XY)
- \_ daltonismo
- \_ hemofilia
- \_ Duchenne
- \_ SRY
- \_ não multiplica pelo sexo
- \_ THOMAS MORGAN-MOSCAS DASC. TEORIA: ADÃO, EVA, FRUTAS

| Genótipos | Fenótipos               |
|-----------|-------------------------|
| $X^HX^H$  | Mulher normal           |
| $X^HX^h$  | Mulher normal portadora |
| $X^hX^h$  | Mulher hemofílica       |
| $X^HY$    | Homem normal            |
| $X^hY$    | Homem hemofílico        |

| Genótipos | Fenótipos               |
|-----------|-------------------------|
| $X^DX^D$  | Mulher normal           |
| $X^DX^d$  | Mulher normal portadora |
| $X^dX^d$  | Mulher daltônica        |
| $X^DY$    | Homem normal            |
| $X^dY$    | Homem daltônico         |

**OS VESTIBULARES COBRAM:**

- A. CRUZAMENTOS
- B. GENEALOGIA
- C. TEORIA: ADÃO, EVA, FRUTAS
- D. ALTERAÇÕES SEXUAIS

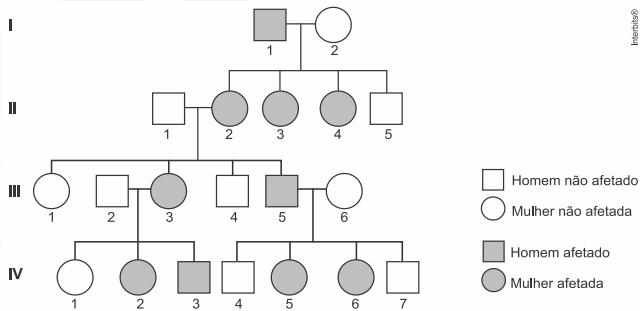


**EXERCÍCIOS**





1. (Fuvest 2018) O heredograma mostra pessoas afetadas por uma doença genética rara.



- a) É mais provável que essa doença tenha herança  
- autossômica ou ligada ao cromossomo X?  
- dominante ou recessiva?  
Justifique suas respostas.

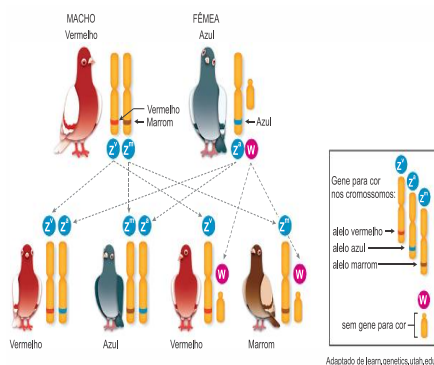
- b) Determinou-se que a doença nessa família é causada pela substituição de um único par de bases num determinado gene, o que levou à substituição de uma glicina por uma arginina em uma enzima. Na tabela do código genético, estão relacionados os códons correspondentes à glicina e à arginina.

|          |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Glicina  | GGU | GGC | GGA | GGG |     |     |
| Arginina | CGU | CGC | CGA | CGG | AGA | AGG |

G=Guanina; C=Citosina; Adenina; U=Uracila.

Com base nas informações da tabela, indique a alteração que possa ter ocorrido no gene, em uma das trincas de bases correspondentes à glicina, determinando sua substituição por arginina na enzima.

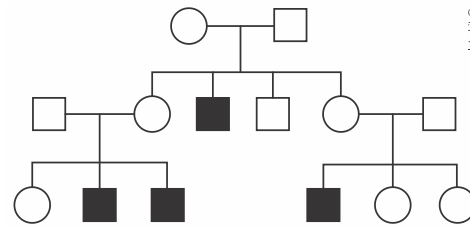
2. (Uerj 2018) Em pombos, o sexo é determinado pelos cromossomos Z e W, sendo as fêmeas heterozigóticas ZW e os machos homozigóticos ZZ. A coloração das penas desses animais é definida por três genes ligados ao cromossomo Z. Observe a imagem, que representa o padrão de dominância desses genes no cruzamento dos pombos.



A partir dessas informações, considere o cruzamento entre fêmeas de pombos vermelhos com machos azuis.

Apresente os genótipos possíveis desses machos azuis. Calcule, ainda, para cada um desses genótipos, a porcentagem de pombos de coloração azul na prole, independentemente do sexo.

3. (Pucsp 2018) A distrofia muscular de Duchenne é uma doença que provoca degeneração muscular progressiva, geralmente culminando na morte ao início da segunda década de vida. O heredograma a seguir ilustra uma família em que se observam alguns casos de afetados por essa doença.



A análise do heredograma permite deduzir que a herança mais provável da distrofia muscular é

- a) autossômica dominante.  
b) dominante ligada ao X.  
c) recessiva ligada ao X.  
d) restrita ao Y.

4. (Usf 2018) Alguns casos da Doença de Alzheimer (DA) precoce apresentam um padrão de herança monogênica autossômica dominante. Já o daltonismo é uma herança de natureza recessiva ligada ao sexo.

O genótipo e o fenótipo para DA de Paulo são desconhecidos. Ele tem duas irmãs mais velhas com sinais de DA e um irmão normal, sendo a mãe e o avô materno também portadores de DA (os demais membros da família dele são normais). Ele está para se casar com Vanilde e jamais foi constatado qualquer caso da doença precoce na família dela. Por outro lado, em relação ao daltonismo, Vanilde é normal e filha de pai daltônico, sendo Paulo, normal. O casal consulta um geneticista para dirimir algumas dúvidas.

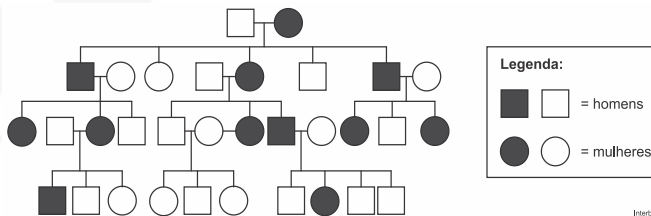
- a) Qual a probabilidade de o casal vir a ter um menino daltônico e que, no futuro, venha a desenvolver a DA precoce?  
b) Qual a probabilidade de o casal vir a ter dois meninos com DA precoce?

5. (Unicamp 2018) O heredograma abaixo representa o padrão de herança, em uma única família, de uma doença genética humana. Os indivíduos doentes são representados em preto, enquanto os indivíduos não doentes são indicados em branco. Nessa família, a doença é causada por apenas um loco gênico, localizado em um dos dois tipos de cromossomos sexuais. No conjunto dos





indivíduos da família, esse loco apresenta dois alelos,  $A_1$  e  $A_2$ .



a) O loco gênico envolvido nessa doença está no cromossomo X ou no cromossomo Y? Considerando que um dos alelos é dominante, o alelo que promove o aparecimento da doença nos indivíduos afetados (alelo  $A_1$ ) é dominante ou recessivo em relação ao alelo  $A_2$ ? Explique como você chegou às suas conclusões.

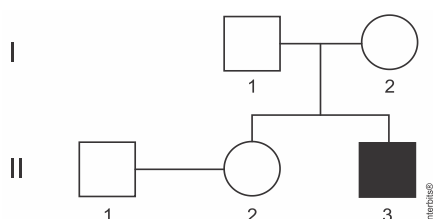
b) Pesquisas recentes analisaram as alterações causadas nos neurônios de indivíduos doentes pelo alelo  $A_1$ . Nessas pesquisas, fibroblastos coletados da pele de pessoas afetadas foram utilizados para produzir células-tronco pluripotentes (iPSC). As iPSC foram então utilizadas para gerar neurônios. Por que células-tronco podem originar neurônios? Por que não seria adequado aos pesquisadores estudar os efeitos neuronais do alelo  $A_1$  diretamente nos fibroblastos coletados da pele dos indivíduos afetados?

## 6. (Fcmmg 2018) Distrofia Muscular do Tipo Duchenne (DMD)

A Distrofia muscular do tipo Duchenne é uma condição genética determinada por um gene recessivo ligado ao cromossomo X. As manifestações clínicas incluem fraqueza muscular, pseudo-hipertrofia da panturrilha; início no princípio da 2ª infância e morte até a 3ª década.

Baseado nos dados acima e excluindo os casos raros da literatura médica, por que a DMD é uma doença exclusiva dos homens?

7. (Ufsc 2018) A distrofia muscular do tipo Duchenne é uma doença ligada ao sexo que causa problemas nas células musculares de forma progressiva e letal. Na genealogia abaixo, são mostrados indivíduos normais e um afetado pela doença.

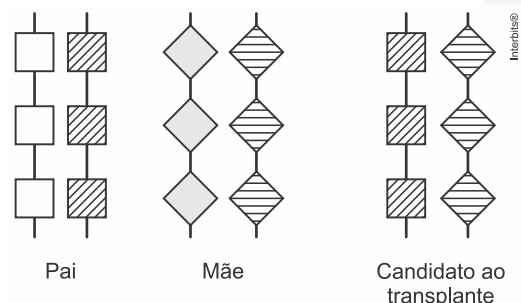


Com base na genealogia e sabendo-se que não ocorreu mutação e nenhum erro de segregação, é correto afirmar que:

- 01) o indivíduo I-1 pode ser heterozigoto para a doença.
- 02) o indivíduo I-2 é homozigoto.
- 04) o casal I-1 e I-2 tem 50% de chance de ter uma filha com a doença.
- 08) o indivíduo II-3 tem 50% de chance de ser heterozigoto.
- 16) a chance de o casal II-1 e II-2 ter um descendente com a doença é de 12,50%.
- 32) o casal II-1 e II-2 não pode ter descendentes com a doença.

8. (Fuvest) Um homem recebeu, quando recém-nascido, o diagnóstico de síndrome da imunodeficiência combinada grave, com herança recessiva ligada ao cromossomo X. Aos dois meses de idade, foi submetido a transplante de células-tronco obtidas de medula óssea e não apresenta mais os sintomas da doença.

- a) Existe possibilidade de esse homem transmitir o alelo mutante, que causa a doença, para as crianças que vier a ter? Justifique sua resposta.
- b) Como o transplante de células-tronco de medula óssea pôde levar à cura da doença?
- c) A identidade quanto aos antígenos do sistema HLA (*Human Leukocyte Antigen*) é avaliada para que se determine a compatibilidade entre um doador e um receptor de medula óssea. Esses antígenos são determinados por um conjunto de genes ligados (haplótipo) localizados no cromossomo 6. São representados, a seguir, o genótipo de um candidato a transplante de medula óssea e os genótipos de seus genitores, quanto a esse haplótipo.



Esse candidato ao transplante pode ter maior identidade de haplótipos com um irmão do que com seus genitores? Justifique sua resposta.

9. (Upf) Carlos e Juliana, ambos com visão normal, tiveram três filhos: um menino daltônico com tipo sanguíneo AB, um menino com visão normal e tipo sanguíneo O e uma menina com visão normal e tipo

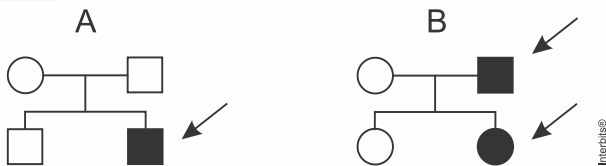




sanguíneo B. Considerando o fenótipo dos filhos, podemos concluir que:

- Juliana é portadora de um alelo recessivo do gene que codifica para o daltonismo e Carlos não tem esse alelo; Carlos tem tipo sanguíneo AB e Juliana tem tipo sanguíneo B.
- Juliana é portadora de um alelo recessivo do gene que codifica para o daltonismo e Carlos não tem esse alelo; um deles tem tipo sanguíneo A e o outro tem tipo sanguíneo B.
- Carlos tem um alelo recessivo do gene que codifica para o daltonismo e Juliana não tem esse alelo; um deles tem tipo sanguíneo A e o outro tem tipo sanguíneo B.
- Carlos e Juliana tem um alelo recessivo do gene que codifica para o daltonismo; ambos têm tipo sanguíneo AB.
- Juliana é portadora de um alelo recessivo do gene que codifica para o daltonismo e Carlos não tem esse alelo; Carlos tem tipo sanguíneo O e Juliana tem tipo sanguíneo AB.

10. (Fac. Albert Einstein - Medicin) Nos heredogramas abaixo, o casal indicado por A tem dois filhos e o casal indicado por B, duas filhas. As setas indicam pessoas que apresentam uma dada doença:



Após a análise dos heredogramas, é possível concluir que a doença

- é obrigatoriamente devida a um gene recessivo localizado no cromossomo X.
- é obrigatoriamente devida a um gene autossômico recessivo.
- pode ser devida a um gene dominante, tanto autossômico como localizado no cromossomo X.
- pode ser devida a um gene recessivo, tanto autossômico como localizado no cromossomo X.

11. (Ebmsp) A hemofilia, distúrbio hereditário que afeta a coagulação do sangue, é determinada por um gene recessivo ligado ao cromossomo X.

Com base nos conhecimentos sobre genética, é correto afirmar:

- Um casal que não é afetado pela hemofilia não terá filhos hemofílicos.
- A primeira criança de uma mulher heterozigota com um homem normal tem 50% de probabilidade de ser menino e hemofílico.

- Os filhos de um homem hemofílico também serão hemofílicos.
- O segundo filho de uma mulher portadora, mas não afetada pela doença, com um homem normal tem 50% de probabilidade de ser hemofílico.
- Meninas heterozigotas herdam o gene normal de seus pais e o alterado de suas mães.

12. (Fatec) Leia o texto para responder à questão a seguir.

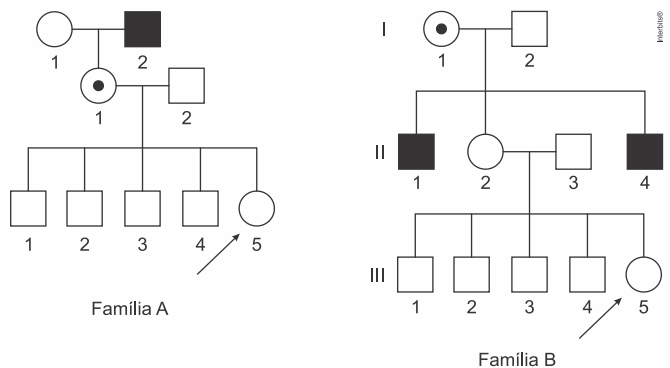
Em uma espécie de felídeos, uma alteração anatômica na laringe permite que alguns indivíduos tenham a capacidade de rugir. Essa característica é determinada exclusivamente por um único par de genes, com herança dominante ligada ao sexo.

Em um determinado zoológico, uma fêmea rugidora heterozigota está prenha de um macho incapaz de rugir, ambos da mesma espécie de felídeos.

A probabilidade de que o filhote desse acasalamento seja uma fêmea rugidora, desprezando a ocorrência de mutações genéticas e de recombinações gênicas, é de

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

13. (Fcmmg 2017) Os heredogramas apresentados, sobre as famílias A e B, retratam uma mesma doença genética:



Sobre essa doença, podemos afirmar que:

- Trata-se de um caso típico de Herança Ligada ao Cromossomo X.
- Os propósitos indicados nas duas famílias apresentam o mesmo risco de possuírem o gene em questão.
- A prole do casal da segunda geração da família B é maior do que a prole do casal da segunda geração da família A.
- A probabilidade de os homens afetados transmitirem esse gene para as suas filhas ou para os seus filhos é a mesma.







*Genetics*, n. 4, 1990 (adaptado).

14. (Uepg) Na maioria das espécies, os cromossomos sexuais possuem genes para determinação de sexo, além de outras informações. Assinale o que for correto a respeito dos cromossomos sexuais e das heranças ligadas ao sexo.

- 01) No homem, metade dos espermatozoides possui o cromossomo X e a outra metade o Y, sendo o sexo masculino heterogamético. Nas fêmeas, todos os óvulos apresentam cromossomo X, sendo então classificadas como homogaméticas.
- 02) O daltonismo é uma herança ligada ao sexo. Uma mulher de visão normal ( $X^D X^D$ ) casada com um homem daltônico ( $X^d Y$ ) não terá nenhum filho(a) daltônico(a).
- 04) Na espécie humana há uma doença hereditária, a distrofia muscular de Duchenne, em que ocorre a degeneração e atrofia dos músculos. Essa doença é condicionada por um alelo mutante recessivo, localizado no cromossomo X.
- 08) A hemofilia é uma herança ligada ao sexo. Uma mulher com coagulação normal, mas portadora de um alelo mutante ( $X^H X^h$ ), casa-se com um homem com coagulação normal ( $X^H Y$ ). A possibilidade dos(as) filhos(as) deste casal são de 100% de coagulação normal.
- 16) Homens daltônicos ( $X^d Y$ ) terão todos os seus filhos do sexo masculino também daltônico, independente do genótipo da mulher.

15. (Pucrj) Em uma espécie de inseto recém-descoberta, o fenótipo de asas reduzidas foi identificado com o padrão de herança dominante ligado ao X.

O que se pode esperar de um cruzamento entre uma fêmea com asas reduzidas e um macho com asas de tamanho normal se o sexo (heterogamético) for o feminino?

- a) Toda a prole terá asas normais.
- b) Toda a prole terá asas reduzidas.
- c) Somente as fêmeas terão asas normais.
- d) Somente os machos terão asas normais.
- e) Somente as fêmeas terão asas reduzidas.

16. (Enem 2017) A distrofia muscular Duchenne (DMD) é uma doença causada por uma mutação em um gene localizado no cromossomo X. Pesquisadores estudaram uma família na qual gêmeas monozigóticas eram portadoras de um alelo mutante recessivo para esse gene (heterozigóticas). O interessante é que uma das gêmeas apresentava o fenótipo relacionado ao alelo mutante, isto é, DMD, enquanto a sua irmã apresentava fenótipo normal.

RICHARDS. C. S. et al. *The American Journal of Human*

A diferença na manifestação da DMD entre as gêmeas pode ser explicada pela

- a) dominância incompleta do alelo mutante em relação ao alelo normal.
- b) falha na separação dos cromossomos X no momento da separação dos dois embriões.
- c) recombinação cromossômica em uma divisão celular embrionária anterior à separação dos dois embriões.
- d) inativação aleatória de um dos cromossomos X em fase posterior à divisão que resulta nos dois embriões.
- e) origem paterna do cromossomo portador do alelo mutante em uma das gêmeas e origem materna na outra.

17. (Ufrgs) No bloco superior abaixo, estão citados dois termos utilizados na determinação do padrão de herança monogênica nas famílias; no inferior, os critérios envolvidos na descrição dos termos.

Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

1. Autossômica
2. Ligada ao X

- ( ) Presença igual em homens e mulheres.
- ( ) Transmissão direta de homem para homem.
- ( ) Homens afetados terão todas as filhas afetadas, se a característica for dominante.
- ( ) Mulheres afetadas terão todos os filhos homens afetados, se a característica for recessiva.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 – 2 – 2 – 1.
- b) 1 – 1 – 2 – 2.
- c) 1 – 2 – 2 – 2.
- d) 2 – 1 – 1 – 1.
- e) 2 – 1 – 1 – 2.

18. (Mackenzie 2017) Um homem daltônico e não polidáctilo, filho de pai e mãe polidáctilos, casa-se com uma mulher polidáctila e de visão normal, cujo pai era daltônico. O casal já tem uma filha normal para ambos os caracteres. A probabilidade desse casal ter um filho com o mesmo fenótipo da irmã é de

- a)  $1/8$
- b) 1
- c) zero
- d)  $1/4$
- e)  $1/2$

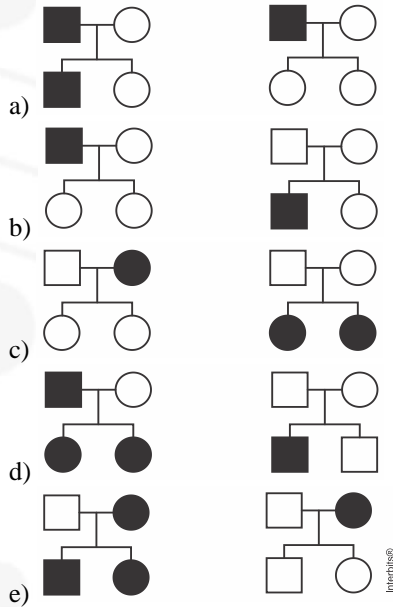
19. (Fuvest) Nos heredogramas apresentados nas alternativas, ocorrem pessoas que têm alterações na



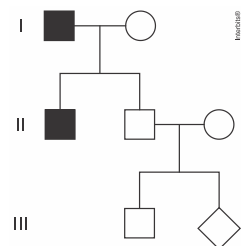


formação do esmalte dos dentes (■ e ●).

Os heredogramas em que as alterações do esmalte dos dentes têm herança ligada ao cromossomo X, dominante e recessiva, estão representados, respectivamente, em



20. (Uemg) Analise o heredograma sobre a herança da distrofia muscular de Duchenne, uma doença degenerativa, determinada por gene recessivo, ligado ao cromossomo X representado a seguir. Os indivíduos I.1 e II.1 são afetados pela herança.



A probabilidade do descendente III.2 ser uma menina afetada será de

- a) 0%.
- b) 25%.
- c) 50%.
- d) 100%.

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:**

a) O heredograma sugere ao padrão típico de condição dominante e ligada ao cromossomo X. São evidências: as filhas de homens afetados são todas afetadas. Os homens filhos de homens afetados não manifestam a doença.

b) A alteração ocorrida no DNA foi a substituição da primeira base dos quatro primeiros códons. Houve uma transversoção porque a base citosina (C) foi trocada por guanina (G) no DNA. Também pode ter ocorrido

uma transição do tipo troca de C por T (timina) entre os dois últimos códons de glicina e os dois últimos da arginina.

**Resposta da questão 2:**

$$Z^m Z^a$$

$$Z^a Z^a$$

$$Z^m Z^a = 25\%$$

$$Z^a Z^a = 50\%$$

**Resposta da questão 3:**

[C]

O heredograma indica que casais normais tiveram filhos com a distrofia, mostrando que a herança é recessiva, além de os afetados serem todos do sexo masculino, indicando que é uma herança recessiva ligada ao cromossomo X, manifestando-se com apenas um alelo.

**Resposta da questão 4:**

Alelos: a (normalidade) e A (DA precoce)  
d (daltonismo) e D (normalidade)

a) Pais de Paulo: mãe Aa e pai aa

genótipo de Paulo:  $X^D Y_a$

$$P (\text{Paulo ser } X^D Y Aa) = \frac{1}{2}$$

genótipo de Vanilde:  $X^D X^d aa$

P (Paulo  $X^D Y Aa$  e Vanilde  $X^D X^d aa$  e menino

$$X^d Y Aa) = \frac{1}{2} \times 1 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{16}$$

$$b) P (2 \text{ meninos com DA precoce}) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$$

**Resposta da questão 5:**

a) O loco gênico envolvido na doença localiza-se no cromossomo X. Se estivesse na região não homóloga do cromossomo Y, a condição só afetaria homens. O alelo  $A_1$  domina o alelo  $A_2$ . A análise do heredograma mostra que todas as filhas de homens afetados herdaram o cromossomo  $X^{A_1}$  de seu pai.

Outra evidência que trata-se de herança dominante e ligada ao sexo é que os filhos homens de pais afetados, não exibem a doença paterna;

b) As células-tronco podem se diferenciar e dar origem a neurônios. Fibroblastos e neurônios expressam genes distintos. Logo, os efeitos do alelo  $A_1$  aparecem nos neurônios, porque nessas células o gene está ativo e, nos fibroblastos, inativo.

**Resposta da questão 6:**

A determinação do sexo masculino é definida pelo par de cromossomos sexuais X, recebido da mãe e Y, recebido do pai. A distrofia muscular de Duchenne é uma doença ligada ao cromossomo X, recessiva e se manifesta no sexo masculino com apenas um gene recessivo, localizado no único cromossomo X, já que não possui alelo correspondente no cromossomo Y.

**Resposta da questão 7:**

16.

**Resposta da questão 8:**

a) Sim. O transplante de células-tronco não alterou o genótipo das





células germinativas que darão origem aos espermatozoides do homem. O alelo mutante, situado no cromossomo X poderá ser transmitido para as suas filhas.

b) As células-tronco portadoras do alelo normal proliferaram e substituíram as células anormais. As células portadoras do alelo mutante foram previamente eliminadas da medula óssea durante o tratamento recebido pelo paciente.

c) Sim. Um irmão do candidato pode ter herdado dos genitores os dois haplótipos, fato que o torna mais apto como doador em relação aos seus pais que são portadores de apenas um dos haplótipos relativos à histocompatibilidade.

**Resposta da questão 9:**  
[B]

**Resposta da questão 10:**  
[D]

Alelos: A (dominante) e a (recessivo)

Herança autossômica e recessiva:

Cruzamento A – pais: Aa × Aa e filho aa.

Cruzamento B – pais: aa × Aa e filha Aa.

Herança recessiva e ligada ao sexo:

Cruzamento A – pais: X<sup>A</sup>X<sup>a</sup> e X<sup>A</sup>y filho X<sup>a</sup>Y.

Cruzamento B – pais: X<sup>A</sup>X<sup>a</sup> e X<sup>a</sup>Y filha X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>.

**Resposta da questão 11:**  
[D]

A alternativa [D] está correta, mas é interpretativa, apresentando duas respostas, conforme veremos a seguir:

**Interpretação 1:** De acordo com o gabarito. O segundo filho teria 50%, X<sup>h</sup>Y, de chances de ser hemofílico, analisando-se apenas as possibilidades masculinas, que são X<sup>H</sup>Y e X<sup>h</sup>Y.

**Interpretação 2:** Em desacordo com o gabarito. O segundo filho teria a mesma probabilidade de ser hemofílico em todas as probabilidades, de 25%, de acordo com a tabela geral de cruzamentos:

|                |                               |                               |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| M/H            | X <sup>H</sup>                | X <sup>h</sup>                |
| X <sup>H</sup> | X <sup>H</sup> X <sup>H</sup> | X <sup>H</sup> X <sup>h</sup> |
| Y              | X <sup>H</sup> Y              | X <sup>h</sup> Y              |

Justificativa as alternativas incorretas:

[A] Caso a mãe não seja afetada pela hemofilia, mas seja portadora, há chances de nascerem meninos hemofílicos.

[B] Sendo a mãe heterozigota para hemofilia (X<sup>H</sup>X<sup>h</sup>) e o pai normal (X<sup>H</sup>Y), as chances de terem um menino com hemofilia é de 25%, de acordo com tabela:

|                |                               |                               |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| M/H            | X <sup>H</sup>                | X <sup>h</sup>                |
| X <sup>H</sup> | X <sup>H</sup> X <sup>H</sup> | X <sup>H</sup> X <sup>h</sup> |
| Y              | X <sup>H</sup> Y              | X <sup>h</sup> Y              |

[C] Os filhos meninos herdam o gene para hemofilia da mãe, X<sup>h</sup>Y, e as meninas herdam da mãe e do pai, X<sup>h</sup>X<sup>h</sup>.

[E] Meninas heterozigotas podem herdar o gene normal ou alterado para hemofilia tanto da mãe quanto do pai, pois recebem um cromossomo X do pai e o outro X da mãe.

**Resposta da questão 12:** [B]

**Resposta da questão 13:** [A]

**Resposta da questão 14:** 01 + 02 = 03.

**Resposta da questão 15:** [C]

**Resposta da questão 16:** [D]

**Resposta da questão 17:** [B]

**Resposta da questão 18:** [A]

Alelos:

p (normalidade) e P (polidactilia)

d (daltonismo) e D (normalidade)

Pais: x<sup>d</sup>y pp × x<sup>D</sup>x<sup>d</sup>Pp

$$P(x^D x^d pp) = \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

**Resposta da questão 19:**  
[D]

**Resposta da questão 20:**  
[A]





## AULA 6: LINKAGE

### 1. O ENUNCIADO DIZ

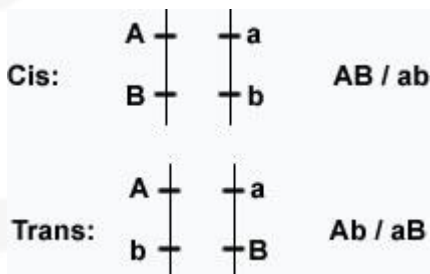
\_ LIGAÇÃO FATORIAL

\_ AaBb não produz 4 gametas 25%

\_ AaBbxaabb não será 1:1:1:1

\_ ab-AB OU AB/ab

\_ cis e trans



\_ recombinantes (gametas que portam a mistura do crossing)

\_ gametas parentais (gametas que são como os pais, não portam mistura de crossing)

\_ permuta=recombinação=crossing

### 2. A TEORIA

\_ Quando duas características são controladas por genes localizados no mesmo cromossomo, dizemos que estes estão ligados e a denominação que se dá a este fenômeno é linkage ou ligação gênica.

\_ O diíbrido que apresenta dois genes dominantes ligados no mesmo cromossomo e dois genes recessivos ligados no cromossomo homólogo forma a posição cis, já o diíbrido

que apresenta um gene dominante e um gene recessivo ligados ao mesmo cromossomo e outro dominante ligado ao outro recessivo no cromossomo homólogo, forma a posição trans.

\_ Genes ligados tendem a ir para o mesmo polo durante a meiose (ligação completa) e, para confirmar uma hipótese como esta, é necessário realizar um cruzamento-teste, que dará origem a uma geração F1 com apenas dois genótipos, iguais aos parentais - em genes independentes, a F1 terá 4 tipos diferentes: dois iguais aos parentais e dois diferentes, os recombinantes. Ou seja: neste cruzamento-teste, quando se trata de genes ligados, as classes de recombinação são ausentes.

\_ Quando há uma troca de pares entre as cromátides homólogas, ocorre a separação dos genes outrora ligados. Assim, a meiose formará os gametas de recombinação, em razão de uma ligação parcial.

\_ Quanto mais distantes os genes ligados estiverem, maior a possibilidade de permutação. A distância entre eles pode ser calculada pela soma dos gametas de recombinação, denominada taxa de crossing (ou taxa de recombinação).

\_ Assim, o primeiro passo é identificar os indivíduos de recombinação (gametas obtidos





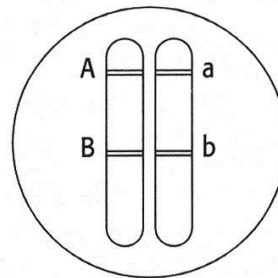
por permutação, diferentes dos parentais) e, depois, soma-se seus valores, transformando-os em porcentagem.

\_ A unidade de medida é UR (unidade de recombinação) ou cM (centimorgans).

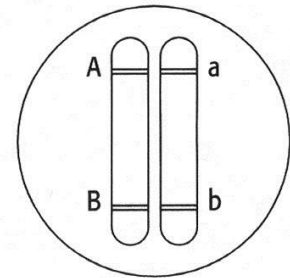
CROSSIN (FORMARÃO APENAS SEM MISTURA).

- QUANTO MAIOR A DISTÂNCIA DOS GENES MAIOR A CHANCE DE CROSSING POIS MAIS PONTOS DE QUEBRA EXISTEM

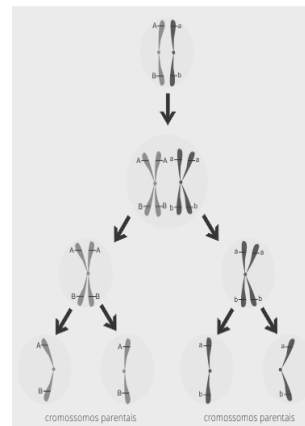
CASO I



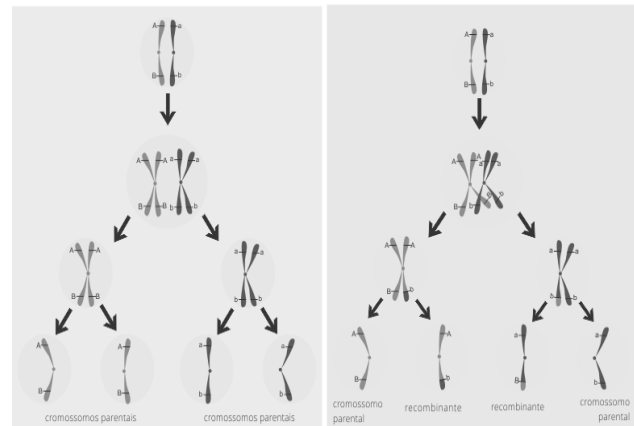
CASO II



Sem recombinação



Com recombinação



LOGO:

- TODAS AS MEIOSES TEM O FENÔMENO DE CROSSING-OVER=PERMUTAÇÃO=RECOMBINAÇÃO.
- ESSE FENÔMENO OCORRE NA PRÓFASE I, PAQUÍTENO DIPLÓTENO, E QUEBRA E TROCA GENES DE CROMÁTIDES HOMÓLOGAS INTERNAS.
- A MEIOSE 1 RESULTA EM 2 CÉLULAS COM RECOMBINAÇÃO,
- PORÉM A MEIOSE 2 RESULTA EM 4 CÉLULAS, SENDO DUAS COM MISTURA (RECOMBIANTE/CROMÁTIDES TROCADAS) E DUAS SEM MISTURA (PARENTAL/CROMÁTIDES NÃO TROCADAS).
- APESAR DE TODA MEIOSE TER CROSSING, NEM SEMPRE ELA OCORRE NO MESMO PAR.
- LOGO PARA O PAR DE ESTUDO (EX AB) EXISTIRAM MEIOSES COM CROSSING (FORMANDO 4 CÉLULAS SENDO DUAS COM MISTURA E DUAS SEM) E TEREMOS DIVISÕES SEM





**DECORE:**

**TAXA DE PERMUTA=TAXA DE CROSSING=TAXA DE RECOMBIANAÇÃO**

**1. SOMA DOS RECOMBIANTES**

**2. DISTÂNCIA EM MORGANÍDEOS/UNIDADES DE RECOMBINAÇÃO**

**3. ½ DA % DE CÉLULAS OU MEIOSE DE CROSSING**

**DECORE:**

**TAXA DE CÉLULA/TAXA DE MEIOSE: AS 4 CÉLULAS QUE SURGEM DA DIVISÃO COM CROSSING, SENDO 2 PARENTAIS E 2 RECOMBINANTES**

**DECORE:**

**TAXA MÁXIMA DE RECOMBINAÇÃO (R+R) É DE 50%  
QUANDO 50% DOS GAMETAS TIVEREM MISTURA DE CROSSING, 100% DAS CÉLULAS TERÃO SOFRIDO MEIOSE COM CROSSING NO PAR ESTUDADO**

**DECORE:**

**TAXA DE RECOMBINAÇÃO IGUAL A 0%**

- 1. GENES MUITO PRÓXIMOS, NÃO HÁ PONTOS DE QUEBRA**
- 2. GENES MUITO DISTANTES E OCORRÊNCIA DE DUPLO CROSSING**

**AaBb  
5% ab  
5% AB  
45% Ab  
45% aB**





**aabbXAaBb**

**15%aabb**

**15%AaBb**

**35%Aabb**

**35%aaBb**

**Taxa crossing cis 50%**





## EXERCÍCIOS

### LINKAGE

1. (Upe-ssa 3 2017)



Fonte: [http://www.nacozinhabrasil.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/08/800px-Peruvian\\_corn.jpg](http://www.nacozinhabrasil.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/08/800px-Peruvian_corn.jpg)

Um pesquisador tenta descobrir se pares de genes alelos, que atuam em duas características para cor (colorido - B e incolor - b) e aspecto (liso - R e rugoso - r) do grão do milho, se situam em pares de cromossomos homólogos ou no mesmo cromossomo (*Linkage*). Ele efetuou o cruzamento de um duplo-heterozigoto com um duplo-recessivo, ou seja,

P : AaBb × aabb

Assinale a alternativa que resulta na CORRETA F<sub>1</sub>.

- Distribuição independente, de acordo com a 1ª Lei de Mendel, apresentando 4 genótipos e 2 fenótipos: coloridos/rugosos e incolores/lisos.
- Distribuição independente, de acordo com a 2ª Lei de Mendel, apresentando as proporções 280 coloridos/lisos, 290 incolores/rugosos, 17 coloridos/rugosos e 13 incolores/lisos.
- Linkage* com *crossing-over* apresentando 4 genótipos e 2 fenótipos coloridos/lisos e incolores/rugosos.
- Linkage* sem *crossing-over* apresentando as proporções 75% AaBb : 25% aabb.
- Linkage* com 4 genótipos e 4 fenótipos com dois tipos parentais em alta frequência, sem *crossing* e dois tipos recombinantes em baixa frequência com *crossing-over*.

2. (Unifesp 2017) Em tomateiros, o alelo dominante A condiciona frutos vermelhos e o alelo recessivo a condiciona frutos amarelos.

O alelo dominante B condiciona flores amarelas e o alelo recessivo b, flores brancas. Considere que em uma planta adulta os alelos A e B estão em um mesmo cromossomo e distantes 15 unidades de recombinação (UR), da mesma forma que os alelos a e b, conforme mostra a figura.

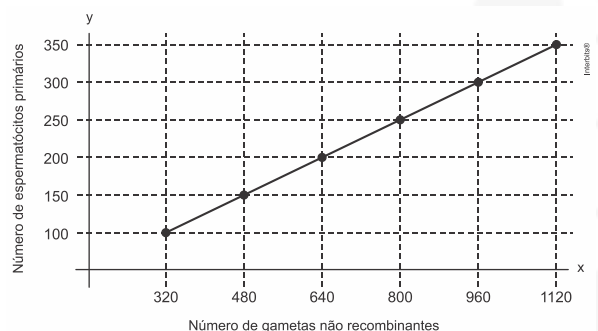


- Quais os gametas recombinantes produzidos por essa planta?
- Qual a porcentagem esperada de gametas recombinantes produzidos por essa planta? Do cruzamento dessa planta com uma planta duplo-homozigótica recessiva foram geradas 1.000 sementes. Quantas sementes originarão plantas com frutos vermelhos e flores brancas?

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

A mutação e a recombinação gênicas são mecanismos que promovem a variabilidade genética das espécies, os quais foram explicitados na Teoria Sintética da Evolução.

3. (Ufsc 2017) Um dos mecanismos que promovem a variabilidade genética é a recombinação gênica. O gráfico abaixo mostra o número de gametas não recombinantes (eixo X) em relação ao número de espermatócitos primários (eixo Y) de um indivíduo com genótipo AaBb.



Sabendo-se que os genes estão em ligação e em posição *cis*, responda:

- Qual a distância gênica, em centimorgan (cM), entre o gene "A" e o gene "B"?
- Caso os genes estivessem na posição *trans*, quais gametas seriam formados e em que percentual cada um deles?







4. (Ufu 2016) Nos camundongos, o gene **e**, recessivo, produz pelos encrespados, e seu alelo dominante, pelos normais. Em outro par de genes alelos, o gene recessivo **a** produz fenótipo albino, enquanto seu alelo dominante produz fenótipo selvagem. Quando camundongos diíbridos foram cruzados com camundongos albinos e de pelos encrespados, foram obtidos 79 camundongos de pelos encrespados e selvagens, 121 com pelos encrespados e albinos, 125 de pelos normais e selvagens e 75 com pelos normais e albinos.

Qual esquema representa a posição dos genes no diíbrido?

- a)
- b)
- c)
- d)

5. (Uscs - Medicina 2016) Na gametogênese da maioria dos animais, verifica-se a redução da ploidia nas células em formação, assim como a segregação independente de genes alelos. Esses dois processos estão relacionados à diversidade genética das espécies.

- a) Por que é necessária a redução da ploidia no processo de formação dos gametas? Em que etapa da divisão celular (gametogênese) ocorre tal redução?
- b) Considerando o genótipo duplo heterozigoto **AaBb** e a ausência de permutação, indique os possíveis genótipos dos gametas gerados quando: 1) tais alelos estão em ligação gênica do tipo cis (**AB/ab**); e 2) quando estão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos.

6. (Ufjf-pism 3 2016) Em uma espécie vegetal, com flores coloridas e grandes frutos carnosos comestíveis, descoberta recentemente por um botânico, a distância entre dois *loci* gênicos **A** e **B** é de 13 unidades. Pergunta-se:

- a) Quais são as porcentagens em que se segregam os gametas de um genótipo **AB/ab**?

b) Quais são os gametas recombinantes?

c) Se o indivíduo citado (**AB/ab**) for cruzado com um duplo-recessivo, como serão os genótipos dos descendentes e em que proporção aparecerão?

7. (Udesc 2016) A *Drosophila melanogaster* (mosca de frutas) possui em um dos seus cromossomos dois genes (**A** e **B**) que se encontram a uma distância de 28 U.R. (Unidades de recombinação). Considere um macho desta espécie com o genótipo **AaBb** em posição *trans*. Espera-se que ele produza espermatozoides com os genes **AB**, em um percentual de:

- a) 33% b) 25% c) 50% d) 75% e) 14%

8. (Ueg 2015) O processo de divisão celular é extremamente importante nos processos biológicos. Durante a prófase da primeira divisão da meiose, os cromossomos homólogos podem passar por permutações entre si (recombinação ou *crossing over*), gerando gametas com uma combinação de alelos diferentes das combinações existentes nos cromossomos dos pais. A soma desses recombinantes é chamada de taxa ou frequência de recombinação. A figura a seguir exemplifica um caso de três genes (**A**, **B** e **C**) situados em um par de cromossomos homólogos.



GEWANDSZNAJDER, F.; LINHARES, S. *Biologia hoje*. São Paulo: Ática, vol.3, 2014, p. 73.

Sobre as taxas de recombinação entre esses *loci*, verifica-se que a taxa de recombinação entre

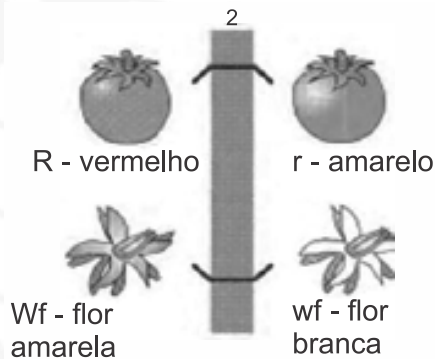
- a) **A**, **B** e **C** é randomizada e inespecífica.  
b) **A** e **C** é maior que entre **A** e **B**.  
c) **A** e **B** é equivalente à taxa entre **B** e **C**.  
d) **A** e **B** é menor que entre **B** e **C**.

9. (Upe 2015) O tomate *Solanum lycopersicum* tem 12 pares de cromossomos, e sua flor é hermafrodita, ocasionando percentual de cruzamento natural inferior a 5%. A geração parental foi submetida a cruzamento por meio de uma polinização cruzada artificial, utilizando a parte feminina da flor de uma planta selvagem para cruzamento com a parte masculina de outra, com características recessivas, resultando em uma **F<sub>1</sub>** duplo-heterozigota. No quadro a seguir, observamos: a representação esquemática do cromossomo 2 de tomate com dois genes, seus respectivos alelos e





características fenotípicas; os resultados da prole de um cruzamento de tomates duplo-heterozigotos ( $F_1$ ) com duplo-homozigotos.



(Griffiths et al., 2008. Introdução à genética. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. Adaptada)

| PERCENTUAL $F_2$ | FENÓTIPO                      |
|------------------|-------------------------------|
| 41%              | Fruto vermelho e flor amarela |
| 41%              | Fruto amarelo e flor branca   |
| 9%               | Fruto vermelho e flor branca  |
| 9%               | Fruto amarelo e flor amarela  |

Com base nessas informações, conclui-se que

- o cruzamento-teste de plantas duplo-heterozigotas  $F_1$  mostra a formação de quatro tipos de gametas em proporções esperadas para uma distribuição do tipo independente.
- o desvio nas proporções ocorre por causa da ligação entre o gene para a cor do fruto e o gene para a cor das flores que distam 9% centimorgans.
- o resultado de gametas apresentado para a prole  $F_2$  configura arranjo do tipo trans para o cromossomo 2 dos indivíduos da  $F_1$ .
- os gametas portadores dos alelos R/Wf e r/wf ocorrem em percentual maior que os não parentais R/wf e r/Wf, evidenciando a ligação.
- parte da prole  $F_2$  mostra fenótipo recombinante em maior frequência, indicando que os alelos dos dois genes se recombinaram na  $F_1$ , e a distância entre eles é de 18% unidade de recombinação.

10. (Ufu 2015) Uma espécie de tomateiro apresenta os genes A, D, E e F, ligados a um determinado cromossomo, que determinam a cor e textura das folhas, a morfologia do fruto e as cores do caule.

As frequências de *crossing-over* encontradas nos cruzamentos testes para dois pares de genes foram:

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Entre F – E = 14% | Entre D – A = 11% |
| Entre F – D = 9%  | Entre F – A = 20% |
| Entre D – E = 5%  | Entre E – A = 6%  |

Qual é a sequência desses genes localizados no mesmo cromossomo?

- a) EFAD. b) DEFA. c) AFED. d) FDEA.

11. (Acafe 2014) Um cruzamento entre uma fêmea duplo-heterozigota (AaBb) com um macho duplo recessivo revelou a seguinte proporção genotípica entre os descendentes: 40% AaBb, 40% aabb, 10% Aabb, 10% aaBb.

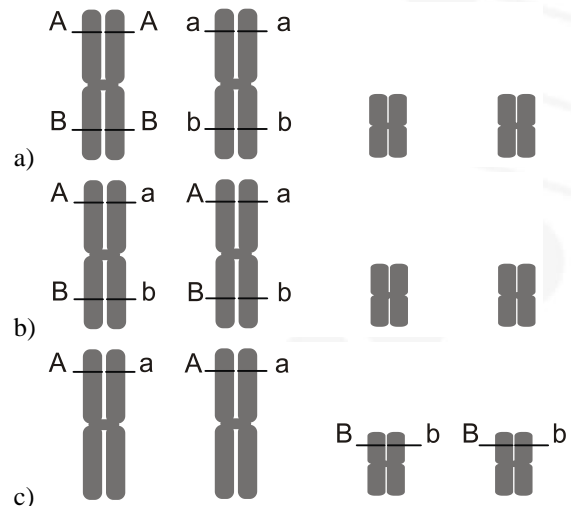
Assim, assinale a alternativa **correta**.

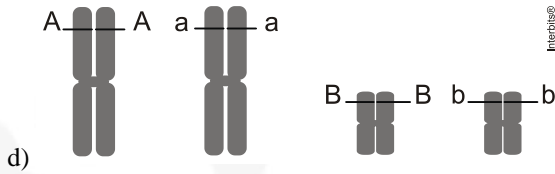
- Não há evidência que tenha ocorrido permutação na formação dos gametas.
- A segregação observada dos genes está de acordo com a Segunda Lei de Mendel.
- Os resultados indicam que os genes estão em ligação, a uma distância de 20 UR.
- O arranjo dos genes alelos na fêmea é trans (AB/ab).

12. (Ucs 2014) Considerando que, em dois pares de genes AB e ab, em arranjo *cis*, durante a gametogênese (meiose) das células reprodutoras de um indivíduo, ocorra uma taxa de permutação de 24%, os gametas formados serão: AB \_\_\_\_\_%; Ab \_\_\_\_\_%; aB \_\_\_\_\_%; ab \_\_\_\_\_%.

- 26; 24; 24; 26
- 02; 48; 48; 02
- 24; 26; 26; 24
- 38; 12; 12; 38
- 48; 2; 2; 48

13. (Unicamp 2013) Considere um indivíduo heterozigoto para dois locos gênicos que estão em *linkage*, ou seja, não apresentam segregação independente. A representação esquemática dos cromossomos presentes em uma de suas células somáticas em divisão mitótica é:





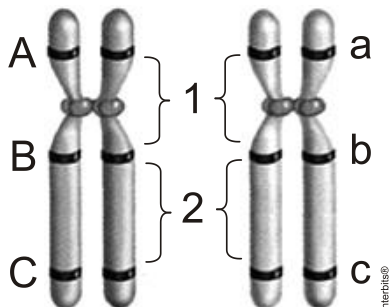
d) 14. (Pucsp 2013) O cruzamento entre um heterozigoto **AaBb** e um homozigoto recessivo **aabb** produziu uma descendência com as seguintes taxas:

|              |
|--------------|
| AaBb – 2,5%  |
| Aabb – 47,5% |
| aaBb – 47,5% |
| aabb – 2,5%  |

Em relação ao resultado obtido, foram feitas cinco afirmações. Assinale a única **INCORRETA**.

- O resultado não está de acordo com a segunda lei de Mendel.
- No caso de herança mendeliana, o resultado esperado seria de 25% para cada classe de descendente.
- Os genes em questão localizam-se no mesmo cromossomo, a uma distância de 5 unidades de recombinação.
- O heterozigoto utilizado no cruzamento produziu gametas **Ab** e **aB** por permutação ou *crossing-over*.
- O heterozigoto utilizado no cruzamento apresenta constituição TRANS.

15. (Unioeste 2012) *Crossing over* ou permuta é um importante fenômeno que ocorre na prófase I meiótica, responsável pela recombinação entre os diferentes pares de genes de cromossomos homólogos. O desenho abaixo representa um par de cromossomos homólogos, com 3 genes: *gene A*, *gene B* e *gene C*, cada um destes possuindo dois alelos (alelo dominante e alelo recessivo). A partir deste desenho, assinale a alternativa correta.



- Se houver *crossing over* apenas na região 1 serão produzidos gametas com as combinações ABC, abc, ABc e abC.
- Se houver *crossing over* apenas na região 2 serão produzidos gametas com as combinações ABC, abc, Abc e aBC.

- Se houver *crossing over* nas regiões 1 e 2 serão produzidos gametas com as combinações ABC, abc, ABc e aBc.
- Se houver *crossing over* apenas na região 1 serão produzidos somente gametas com as combinações Abc e aBC.
- Se houver *crossing over* apenas na região 2 serão produzidos somente gametas com as combinações ABc e abC.

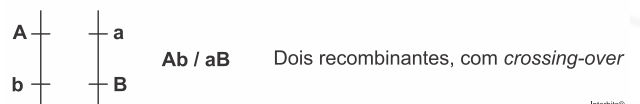
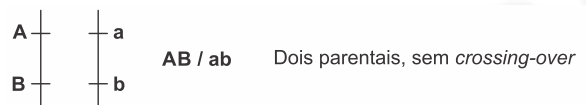
16(Pucpr 2017) Suponha a existência de dois genes, A e B, localizados no mesmo cromossomo e com frequência de permuta de 16%. Do cruzamento de um macho di-híbrido com genótipo cis com uma fêmea **aabb**, qual a frequência esperada, na primeira geração filial, de indivíduos com o genótipo **aabb**?

- 8%
- 16%
- 42%
- 64%
- 84%

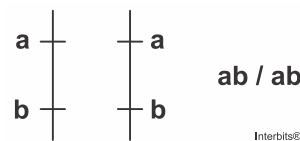
**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:**  
[E]

A distribuição independente relaciona-se à 2ª Lei de Mendel. Não é possível definir as proporções sem as quantidades passadas no enunciado. Portanto, são apresentados 4 genótipos e 4 fenótipos em *Linkage* com 4 genótipos, sendo que dois serão parentais (sem *crossing-over*) e dois recombinantes (com *crossing-over*), representados abaixo:  
O duplo-heterozigoto em *Linkage*, produzirá os seguintes gametas



O duplo-recessivo **aabb** produzirá apenas **ab**, genótipo igual ao de um gameta parental do duplo-heterozigoto



Produzindo, assim,

**AaBb** (parental) / **aabb** (parental) / **Aabb** (recombinante) / **aABb** (recombinante)





**Resposta da questão 2:**  
a) Os gametas recombinantes com permutação produzidos por essa planta são **AB** e **aB**.

b) Dado que a frequência de gametas recombinantes é igual à distância relativa entre os genes ligados, essa será igual a **15%** dos gametas formados por essa planta. A frequência de descendentes com frutos vermelhos e flores brancas com genótipo **Ab/ab**, produzidos no cruzamento-teste será igual a **7,5%** de **1.000**, isto é **75**.

**Resposta da questão 3:**  
a) Porcentagem total de espermatozoides formados pelo duplo heterozigoto é igual a  $350 \times 4 = 1.400$ . O número de gametas não recombinantes (parentais) é **1.120** em **1.400**, isto é, **80%**. Logo, a taxa de *crossing-over* é igual a **20%**. Dessa forma, a distância relativa entre os genes **A** e **B** ligados é igual a **20** centimorgans (**cM**).

b) Arranjo trans: **Ab/aB**  
gametas parentais: **40% Ab** e **40% aB**.  
gametas recombinantes: **10% AB** e **10% ab**.

**Resposta da questão 4:** [A]

**Resposta da questão 5:**  
a) A redução da ploidia no processo de formação dos gametas compensa a fecundação e garante a constância do número cromossômico da espécie ao longo das gerações.  
b) Gametas formados pelo duplo heterozigoto (**AB/ab**) com ligação fatorial completa: **50% AB** e **50% ab**. Gametas formados pelo duplo heterozigoto **AaBb**, considerando os genes **A** e **B** situados em diferentes pares de cromossomos: **25% AB**; **25% Ab**; **25% aB** e **25% ab**.

**Resposta da questão 6:**  
a) Gametas parentais: **AB = 43,5%** e **ab = 43,5%**  
Gametas com permutação: **Ab = 6,5%** e **aB = 6,5%**

b) Gametas recombinantes com permutação: **Ab** e **aB**.

c) Pais: **AB/ab** × **ab/ab**

Filhos: **43,5% AB/ab**; **43,5% ab/ab**;  
**6,5% Ab/ab** e **6,5% aB/ab**.

**Resposta da questão 7:**  
[E]

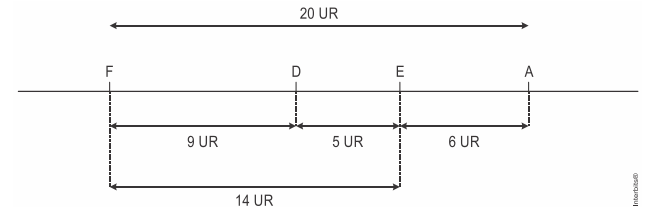
**Resposta da questão 8:**  
[B]

A taxa de recombinação entre dois genes situados no mesmo cromossomo é diretamente proporcional à distância entre os mesmos. Dessa forma, a taxa de recombinação (*crossing over*) entre os genes **A** e **C** é maior do que entre os genes **A** e **B**.

**Resposta da questão 9:**  
[D]

**Resposta da questão 10:**  
[D]

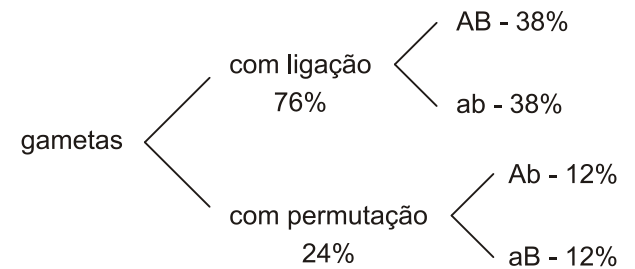
Observe o mapa cromossômico a seguir:



**Resposta da questão 11:**  
[C]

**Resposta da questão 12:**  
[D]

Parental *cis*: **AB/ab**



**Resposta da questão 13:**  
[A]

A representação esquemática dos cromossomos duplicados que apresentam os genes **A** e **B** ligados e em heterozigose está indicada corretamente na alternativa [A].

**Resposta da questão 14:**  
[D]

O duplo heterozigoto utilizado no cruzamento-teste apresenta arranjo trans (**Ab/aB**) e produziu os gametas **ab** e **AB** por permutação ou *crossing-over*.

**Resposta da questão 15:**  
[C]

O *crossing over* ou permuta é a troca de pedaços de cromátides irmãs entre cromossomos homólogos; a ocorrência deste fenômeno nas regiões 1 e 2 ocasionará a formação de gametas **ABC**, **abc**, **AbC** e **aBc**.

16. C





## AULA 7: BIOTECNOLOGIA

### Biotecnologia

O termo biotecnologia pode ser definido como a aplicação de princípios científicos e tecnológicos no processamento de materiais por agentes biológicos visando à produção de serviços e mercadorias

Possui aplicações antigas (fermentação-pão, vinho) e recentes.

A revolução da biotecnologia tradicional veio com o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante ou bioengenharia, ou engenharia genética, o que envolve um conhecimento multidisciplinar e trabalha com a manipulação do material genético.

### Bioengenharia ou tecnologia do DNA recombinante

DNA recombinante (rDNA) é uma seqüência de DNA artificial que resulta da combinação de diferentes seqüências de DNAs. Essa técnica surgiu a partir da engenharia genética.

Possui diferentes ferramentas como enzimas (restrição, DNase, ligase, PCR) e métodos de inocular genes (vetores, projéteis e corrente elétrica)

### DIFERENTES FORMAS DE IMPLANTAR GENES

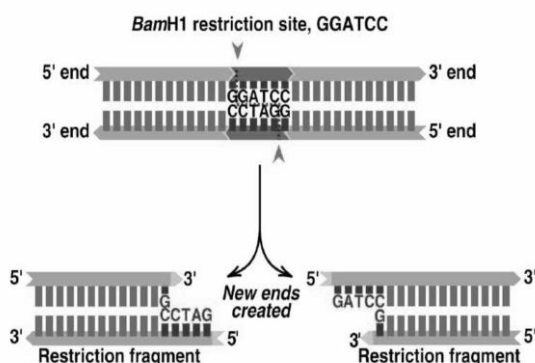
1. Vetor: vírus e plasmídeo bacteriano
2. Eletroporação: corrente elétrica (vegetal)
3. Biobalística (projétil)
4. Lipossomo

### OBS: ENZIMAS DE RESTRIÇÃO

As endonucleases de restrição são enzimas bacterianas que atuam como "tesouras moleculares", reconhecendo seqüências de pares de bases específicas em moléculas de DNA e cortando-as nesses pontos –ESPECÍFICAS-

Elas são altamente específicas: cada tipo de enzima reconhece e corta apenas uma determinada seqüência de nucleotídeo, em geral constituída por 4 ou 6 pares de bases nitrogenadas\_ PALÍNDROMO\_

Estas enzimas funcionam nas células bacterianas como parte de um mecanismo de proteção ao ataque de bacteriófagos chamado sistema de restrição modificação



Este tipo de segmento é chamado de um palíndromo de DNA, o que significa que ambos os filamentos têm a mesma seqüência de nucleotídeos mas com polaridade inversa.

Enzimas de restrição diferentes cortam em seqüências palindrômicas diferentes.

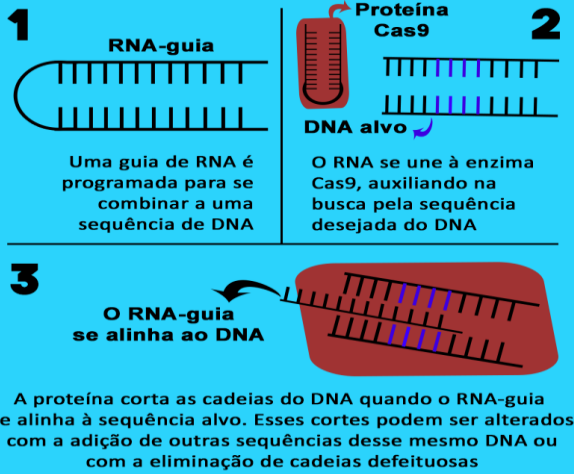
Por exemplo, a enzima EcoRI faz cortes apenas entre os nucleotídeos G e A em cada filamento do palíndromo: ↓

5'-GAATTC-3'

3'-CTTAAG-5'



## Entenda o funcionamento da CRISPR/Cas9

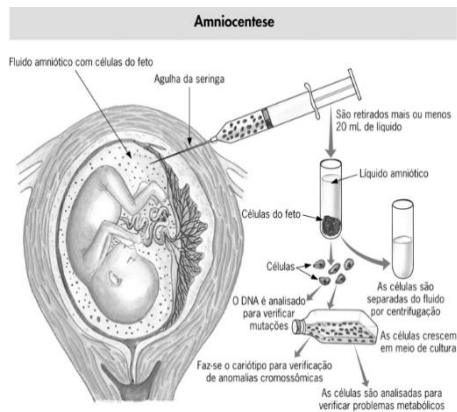


Infográfico: João Pedro Pavanin

## PRODUTOS DA BIOTECNOLOGIA

**A. Biorremediação:** MICROORGANISMOS MODIFICADOS DESPOLIEM.

**B. Amniocentese:** EXAME EMBRIONÁRIO



**C. MELHORAMENTO GENÉTICO:** não é transgênico, é resultante de uma seleção artificial, ou seja, cruzamento selecionados. Formam híbridos.

**D. PCR:** Reação em cadeia da polimerase (em [inglês](#) Polymerase Chain Reaction - PCR) é um método de amplificação (de criação de múltiplas cópias) de [DNA](#) (ácido desoxirribonucleico) sem o uso de um [organismo](#) vivo. Na primeira etapa do ciclo a temperatura é elevada de 94 a 96 °C por pouco tempo para que haja a separação da dupla cadeia de DNA (Desnaturação, quebra das pontes de hidrogênio). Na segunda etapa, a temperatura é reduzida entre 50 a 60 °C e coloca-se nucleotídeo, DNase e primer. Na última etapa do ciclo a temperatura é elevada a 72 °C para que a enzima possa funcionar sintetizando a nova molécula (extensão



**E. TERAPIA GÊNICA** Por terapia gênica se entende a transferência de material genético com o propósito de prevenir ou curar uma enfermidade qualquer.

## G. TRANSGÊNICO/ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs)

Transgênicos são organismos que, mediante técnicas de engenharia genética, contêm materiais genéticos de outros organismos.

A geração de transgênicos visa organismos com características novas ou melhoradas relativamente ao organismo original.

Aplicações:

\_ milho Bt (inseticida), soja resistente ao glifosato, *Anopheles* resistente a malária, *Aedes* variados, bactérias produtores de fatores médicos, big mouse, Gh no leite

Polêmicas:

\_ positivo: medicina, melhor produtividade, economia.

\_ negativo: perda de diversidade, alergia, falta de estudos, ecologia e impactos ambientais.

## F PROJETO GENÔMICO

Projeto Genoma é o nome de um trabalho conjunto realizado por diversos países visando desvendar O GENOMA (podendo ser animal, vegetal, de fungos, bactérias ou de um vírus) através do seu mapeamento. Seu marco inicial é considerado o Projeto Genoma Humano

Foi um homem, 24 cromossomos, 5 % genes ativos, DNA não codificante, splicing, 96-98% similar ao chipanzé.

O Brasil tem participado ativamente das pesquisas, através de suas grandes universidades, principalmente [USP](#) e [UNICAMP](#), que realizaram o mapeamento do genoma da [bactéria \*Xylella fastidiosa\*](#), causadora de uma doença chamada [amarelinho](#), que atinge algumas culturas vegetais.

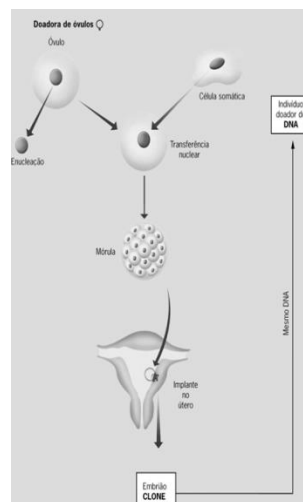
## H. CLONAGEM

**H1. - NATURAL: MONOZIGÓTICOS E ASSEX**

**H2. -GÊNICA: VETORES**

**H3. REPRODUTIVA: PROCRIA**

**H4. TERAPEUTICA: TRATAMENTO**



### A) CLONAGEM REPRODUTIVA

1. ÓVULO X ENUCLEADO
2. NÚCLEO Y DE CÉLULA SOMÁTICA (2N)
3. TRANSFERÊNCIA NUCLEAR
4. IPLANTAÇÃO DO ÓVULO X COM NÚCLEO Y EM UM TERCEIRO INDIVÍDUO
5. FORMA CLONE Y COM MITOCÔNDRIA X

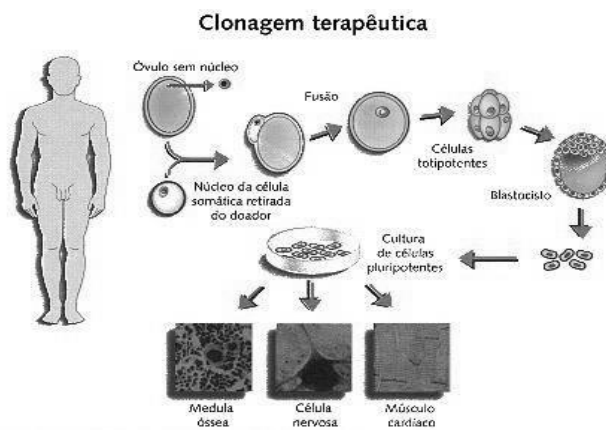
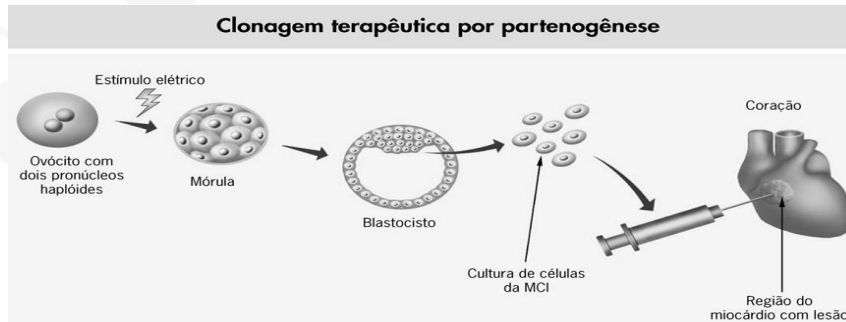




## B) CLONAGEM TERAPÊUTICA PARA OBTENÇÃO DAS CÉLULAS-TRONCO :

- OBTÉM OVÓCITO
- LABORATÓRIO
- \_ DESENVOLVE EMBRIÃO
- \_ ESTÁGIO MÓRULA
- \_ CÉLULA TRONCO EMBRIONÁRIA
- \_ IMPLANTAÇÃO NO ÓRGÃO
- \_ REJENERAÇÃO SEM REJEIÇÃO MAS COM RISCO DE DIVISÃO DESENFREADA

OBS: PODE SER CLONAGEM TERAPEUTICA PARTENOGENÉTICA E POR TRANSFERÊNCIA DE NÚCLEO



## I. CÉLULAS TRONCO

### 1. EMBRIONÁRIA

A. **Totipotentes**: podem produzir todas as células embrionárias e extra embrionárias;

Células totipotentes são aquelas capazes de se diferenciar em qualquer uma das três camadas germinativas

As células-tronco embrionárias que podem formar todos os tecidos incluindo a placenta são denominadas embrionárias - totipotentes. Elas constituem o primeiro grupo de até 32 células, e se formam nas primeiras 72 horas após a fecundação do óvulo. Nos vegetais são os meristemas

B. **Pluripotentes**: podem produzir todos os tipos celulares do embrião, menos placenta e anexos.

### 2. ADULTAS

A. **Multipotentes**: podem produzir células de várias linhagens; Um exemplo de célula-tronco multipotente é a célula hematopoiética — uma célula-tronco do sangue que pode se desenvolver em diversos tipos de células do sangue, mas não pode se desenvolver em células do cérebro ou outros tipos de células.

## LEI DE BIOSSEGURANÇA

O STF (Supremo Tribunal Federal) aprovou dia 29/05/2008 as pesquisas com células-tronco embrionárias no país. O Supremo rejeitou uma ação direta de inconstitucionalidade contra o artigo 5º artigo da Lei de Biossegurança que permite a utilização, em pesquisas, dessas células fertilizadas in vitro e não utilizadas. Segundo a norma, podem ser utilizados apenas os embriões que estejam congelados há três anos ou





mais, mediante autorização do casal. O artigo também veta a comercialização do material biológico.

## J. EXAME DE DNA

### 1. ELETROFORESE

### 2. HIBRIDAÇÃO DO DNA

1. corte de DNA por enzima de restrição específica

2. introdução de DNA em placa com gel.

3. Ligada corrente elétrica

4. Dna de menor tamanho são carregados para porção inferior (polo \_ para +) da placa e os maiores DNA se desloca menos.

5. separa-se fitas de DNA

6. Usa-se sondas radioativas

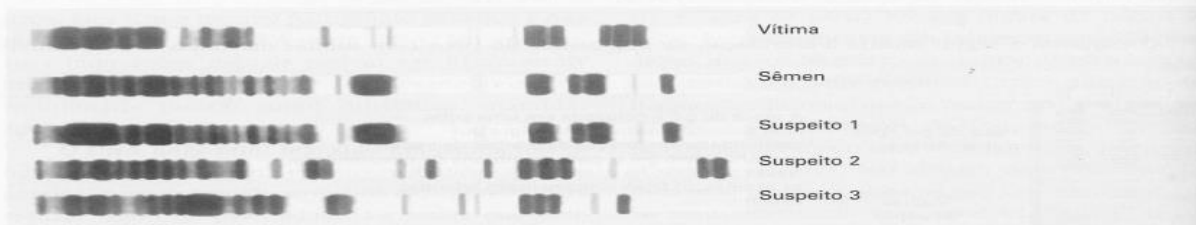
7. Dna híbrido

8. foto

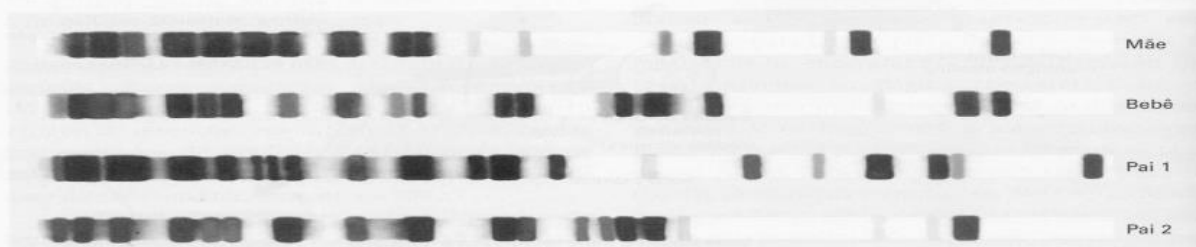
Essa técnica é empregada não só para localizar as VNTRs como também genes e outros trechos da molécula de DNA. O que muda são as enzimas de restrição e as sondas de DNA empregadas. Observe os esquemas a seguir, que mostram as aplicações práticas do DNA *fingerprint* na identificação de pessoas.



Compare o código de barras de uma vítima com o obtido a partir do sangue encontrado nas roupas de um suspeito pelo assassinato. Veja que o código de barras coincide, indicando que o sangue presente na roupa do suspeito pelo crime é o da vítima. O código de barras do suspeito é muito diferente do obtido a partir de amostras do sangue encontrado em sua roupa. Isso prova que o suspeito, no mínimo, entrou em contato com a pessoa assassinada no momento de sua morte.



Em um caso de estupro foi feito o DNA *fingerprint* da vítima, do sêmen encontrado na vagina e de três suspeitos. Veja que o código de barras do suspeito número 1 coincide com o obtido a partir do sêmen, confirmando que ele foi o culpado pelo estupro.



Teste de paternidade. Compare os códigos de barras da mãe e do bebê com o código de barras dos dois prováveis pais. O bebê deve ter 50% do padrão de barras da mãe e 50% do padrão de barras do pai, que, no caso, é o homem número 2.



## EXERCÍCIOS

1. (Uerj 2018) Por meio de técnicas desenvolvidas pela engenharia genética, é possível alterar o DNA das células. Uma dessas técnicas se baseia na utilização de vírus, manipulados por meio de duas enzimas: uma responsável pelo corte do material genético viral em pontos específicos e outra pela inserção de genes de interesse no vírus.

Indique a característica dos vírus que justifica sua utilização na alteração do DNA das células. Em seguida, nomeie as duas enzimas referidas acima, indispensáveis para esse procedimento.

2. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2018) Nas plantas de tabaco ocorre uma doença conhecida como mosaico do tabaco, provocada pelo vírus TMV. O TMV tem constituição simples: uma única molécula de RNA encapsulada em um revestimento de proteína. Linhagens diferentes desses vírus são identificáveis pela composição do envoltório proteico. Em um experimento clássico da década de 1950, pesquisadores trabalharam com duas linhagens de TMV. Em cada uma das linhagens, separaram as proteínas do RNA. Em seguida, reuniram as proteínas da linhagem A com o RNA da linhagem B e vice-versa, reconstituindo, assim, vírus completos capazes de infectar as folhas do tabaco. Se uma planta de tabaco fosse infectada com uma linhagem mista de TMV contendo proteínas da linhagem A e RNA da linhagem B, seria esperado encontrar, após algum tempo, nas folhas infectadas,

- a) apenas vírus mistos, contendo proteína da linhagem A e RNA da linhagem B.
- b) apenas vírus mistos, contendo proteína da linhagem B e RNA da linhagem A.
- c) apenas vírus da linhagem B.
- d) apenas vírus da linhagem A.

3. (Ufpr) A microinjeção pronuclear de óvulos fertilizados é o método mais amplamente utilizado para a produção de camundongos transgênicos. Esse método consiste na injeção de uma solução de DNA contendo o transgene de interesse no pronúcleo de um óvulo recém-fertilizado. Os óvulos são então transferidos para os ovidutos de uma fêmea, onde se desenvolvem. Considerando a técnica de microinjeção pronuclear de óvulos fertilizados, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- ( ) O transgene será expresso nas células somáticas e germinativas dos indivíduos transgênicos.
- ( ) A expressão do transgene ocorrerá pela tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do transgene.
- ( ) O transgene será transmitido para a descendência do camundongo transgênico de forma mendeliana.
- ( ) O camundongo transgênico produzirá descendentes com o código genético modificado.

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

- a) F – V – F – F.
- b) V – V – F – V.
- c) V – F – V – V.
- d) V – V – V – F.
- e) F – F – V – V.

4. (Unicamp 2018) A estrutura química do composto puomicina é muito semelhante à estrutura de um RNA transportador. Em virtude dessa semelhança, os ribossomos de procariotos são capazes de interagir com a puomicina como se ela fosse um RNA transportador. O ribossomo catalisa a formação de uma ligação covalente entre a cadeia proteica em crescimento e a puomicina, se este composto estiver presente durante a tradução. Após tal evento bioquímico, novos aminoácidos não podem ser incorporados à cadeia da proteína.

- a) Por que a puomicina tem ação antibiótica sobre bactérias? Na presença de puomicina, a massa molecular média de uma dada proteína bacteriana será maior, igual ou menor em relação à massa média da mesma proteína na ausência do antibiótico? Explique seu raciocínio.
- b) A puomicina também é utilizada para transgenia. Neste caso, um gene que codifica uma enzima capaz de destruir a puomicina é adicionado, juntamente com o gene de interesse do pesquisador, ao genoma de células cultivadas *in vitro*. Na presença de puomicina, a taxa de sobrevivência de células que receberam esses genes será igual, maior ou menor em relação à sobrevivência de células não modificadas? Explique seu raciocínio.

5. (Unicamp 2018) Dados genéticos podem ser utilizados para estudar populações de uma espécie no ambiente natural. Por exemplo, amostras de DNA podem ser coletadas para identificar espécies, estimar tamanhos populacionais ou identificar indivíduos. Um pesquisador coletou duas amostras de fezes em uma localidade na Índia e sequenciou parte do gene *Gapdh* dos DNAs extraídos a partir delas. Como resultado, foram obtidas as sequências abaixo (apenas uma das fitas do DNA é mostrada).

|         |                                |    |
|---------|--------------------------------|----|
| Amostra | 1                              |    |
| 5'      | ACAGGATCCAATAACCCCGCAGGAATGGTG | 3' |
| Amostra | 2                              |    |
| 5'      | ACAGGATCCAATAACCCCTCACGAATGGTG | 3' |





As sequências da mesma região do gene *Gapdh* nos genomas do tigre de Bengala (*Panthera tigris*) e do leopardo (*Panthera pardus*) são:

*Panthera tigris*

5' ACAGGATCCAATAACCCCGCAGGAATGGTG 3'

*Panthera*

*pardus*

5' ACAGGATCTAACAACCCCGCAGGAATAGTA 3'

a) De posse desses dados, responda: as amostras de fezes 1 e 2 pertencem, com maior probabilidade, a tigres de Bengala ou a leopardos? As amostras 1 e 2 pertencem ao mesmo indivíduo ou a dois indivíduos diferentes? Justifique sua resposta.

b) Um crítico argumentou que o trabalho do pesquisador não era válido, pois as sequências do gene nuclear *Gapdh* foram obtidas a partir de amostras de fezes. Segundo o crítico, material genético nuclear de felinos só poderia ser extraído com qualidade a partir de hemácias (eritrócitos) coletadas dos animais. Quem tem razão, o pesquisador ou o crítico? Justifique. (Fonte: J. Bhagavatula e L. Singh. *BMC Genetics*, Londres, v. 7, p. 48, out. 2006.)

6. (Fmp) Há 20 anos, em julho de 1996, nascia a ovelha Dolly, o primeiro mamífero clonado por transferência nuclear de células somáticas (TNCS). O núcleo utilizado no processo de clonagem da ovelha Dolly foi oriundo de uma célula diploide de uma ovelha chamada Bellinda, da raça Finn Dorset. Uma outra ovelha, denominada Fluffy, da raça Scottish Blackface, foi doadora do óvulo que, após o processo de enucleação, foi usado para receber este núcleo. Uma terceira ovelha, Lassie, da raça Scottish Blackface foi quem gestou a ovelha Dolly.

O DNA mitocondrial da ovelha Dolly é proveniente da(s) ovelha(s)

- a) Fluffy, apenas
- b) Lassie, apenas
- c) Bellinda, apenas
- d) Fluffy e da ovelha Bellinda
- e) Bellinda e da ovelha Lassie

7. (Ufjf-pism 3) O primeiro transgênico criado foi uma bactéria geneticamente alterada para produzir a insulina, em 1978. Em 1994, foi lançada a primeira planta transgênica aprovada para o consumo, um tipo de tomate, nos Estados Unidos. De lá para cá, o mundo viu um crescimento da comercialização de produtos que contêm genes modificados.

Fonte: texto adaptado de

<http://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2016/10/07/noticias-saude,194867/alimentos-transgenicos-ocupam-gondolas-do-mercado-tire-suas-duvidas.shtml>

Acessado em 15/10/16

A produção dos transgênicos descrita no texto acima só foi possível devido à descoberta das enzimas de restrição. Essas enzimas podem cortar a dupla-hélice de DNA em pontos específicos. Um fragmento do DNA humano cortado com a enzima de restrição EcoRI pode ser ligado a qual tipo de ácido nucleico?

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) RNA viral sem cortes com enzimas de restrição.
- b) DNA bacteriano sem cortes com enzimas de restrição.
- c) RNA viral cortado com uma enzima de restrição diferente.
- d) DNA bacteriano cortado com a mesma enzima de restrição.
- e) DNA humano cortado com uma enzima de restrição diferente.

8. (Ufpr) Atualmente é possível comprar e criar os chamados GloFish, peixes transgênicos que se tornam fluorescentes quando expostos à luz ultravioleta. Para conferir a fluorescência, pesquisadores criaram peixes que produzem em suas células a proteína GFP (proteína verde fluorescente, na sigla em inglês), presente naturalmente em medusas e que pode ser detectada sob luz ultravioleta. Considerando a tecnologia para obtenção de transgênicos, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

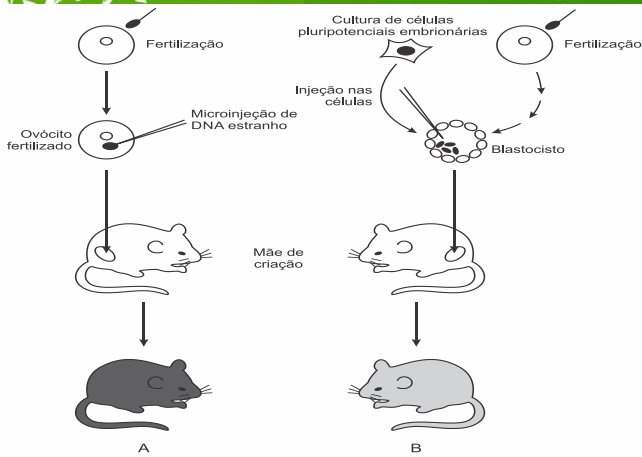
- ( ) Os peixes GloFish são chamados transgênicos porque possuem em seu genoma um segmento de DNA de medusa.
- ( ) O gene que codifica a GFP foi inserido nas células somáticas, mas não nas gaméticas dos peixes GloFish.
- ( ) As células fluorescentes dos GloFish produzem RNA mensageiro, que, por meio da tradução, origina a proteína GFP.
- ( ) Os peixes GloFish foram produzidos pela introdução de um núcleo extraído de uma célula de medusa em uma célula de peixe cujo núcleo tinha sido anteriormente removido.

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

- a) V – F – F – V.
- b) F – V – F – V.
- c) F – F – V – V.
- d) V – F – V – F.
- e) F – V – F – F.

9. (Fcmmg) O esquema representado abaixo ilustra os métodos de produção de camundongos com material genético ou celular de um organismo diferente, para estudos dos efeitos de uma determinada mutação gênica sobre o desenvolvimento inicial.





Tais camundongos (A e B) são denominados, respectivamente, de:

- Quiméricos e Mosaicos
- Transgênicos e Mutantes
- Mosaicos e Transgênicos
- Transgênicos e Quiméricos

10. (Fuvest) A produção de insulina humana para o tratamento do diabetes pode ser feita, inserindo-se, em bactérias, a sequência de nucleotídeos correspondente à cadeia polipeptídica desse hormônio.

- Por que é possível sintetizar uma proteína humana, a partir de sequência de nucleotídeos específica humana, utilizando a maquinaria da bactéria?
- Para a produção de insulina, a sequência de nucleotídeos inserida na bactéria pode ser idêntica à do gene humano, contendo íntrons e éxons? Justifique sua resposta.

11. (Puccamp) Leia atentamente a afirmação abaixo, sobre produtos transgênicos:

*Alimentos transgênicos são alimentos geneticamente modificados com alteração do código genético.*

A afirmação é

- correta, pois os organismos transgênicos possuem o código genético alterado para serem mais produtivos.
- correta, pois a alteração do código genético faz com que os organismos sintetizem novas proteínas.
- correta, e por isso só são criados em laboratórios especializados que possuem tecnologia para modificar o código genético.
- incorreta, pois tanto organismos transgênicos como não transgênicos possuem o mesmo código genético.
- incorreta, pois o código genético dos organismos transgênicos é alterado apenas em algumas partes do genoma.

12. (Unicamp) A figura a seguir ilustra fragmentos de um gene presente em 4 espécies identificadas com os números de 1 a 4 entre parênteses.

CACTTGTA AAAACCAGTATAGACCCTAG (1)  
CACTTGTA AAAACCAGGATAGACGCTAG (2)  
CACTTGTA AAAACCAGTATAGACGCTAG (3)  
CATT TTTTAACACCAGGATAGACGCTAT (4)

Assinale a alternativa correta.

- As espécies 1 e 4 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 3.
- As espécies 2 e 3 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 3.
- As espécies 1 e 3 são mais próximas entre si do que as espécies 3 e 4.
- As espécies 2 e 4 são mais próximas entre si do que as espécies 1 e 2.

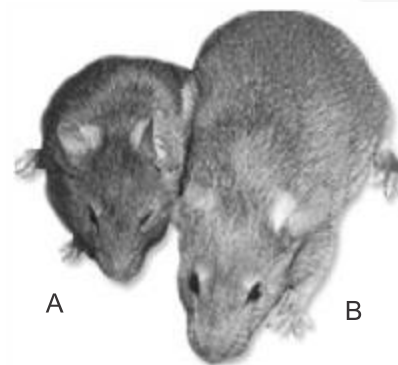
13. (Enem PPL) O resultado de um teste de DNA para identificar o filho de um casal, entre cinco jovens, está representado na figura. As barras escuras correspondem aos genes compartilhados.



Qual dos jovens é filho do casal?

- I
- II
- III
- IV
- V

14. (Pucsp) Os camundongos A e B da imagem abaixo são geneticamente idênticos, exceto pelo fato de que um deles tem um gene extra, o gene que codifica o hormônio de crescimento humano, que foi inserido no genoma do animal por técnicas de engenharia genética, no início de seu desenvolvimento.



Considerando as informações fornecidas, analise



atentamente as seguintes afirmações.

- I. O camundongo B, que recebeu o gene humano, apresenta esse gene apenas nas células glandulares produtoras de hormônio de crescimento.
- II. Após ter recebido o gene humano, o camundongo tem possibilidade de transmitir hereditariamente esse gene para sua prole.
- III. A modificação descrita fez com que o código genético do camundongo B se tornasse ligeiramente diferente daquele do camundongo A.

Está correto o que se afirma

- a) em I, apenas.
- b) em II, apenas.
- c) em III, apenas.
- d) em II e III, apenas.

15. (Ebmsp) O DNA é o material genético dos seres vivos. A molécula é uma dupla hélice formada pela união de nucleotídeos e sua estrutura possibilita a duplicação, o que é fundamental para a hereditariedade, bem como para a expressão da informação genética.

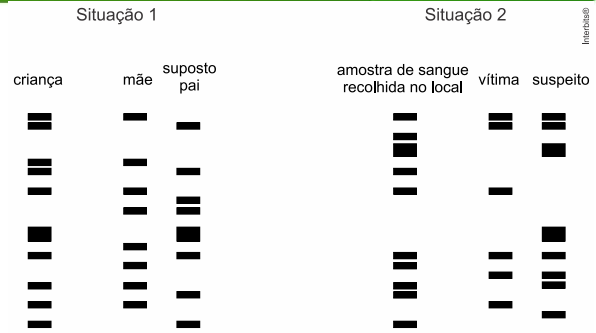
Com base nos conhecimentos sobre ácidos nucleicos e genética, pode-se afirmar:

- a) Um exame de DNA, para avaliar a paternidade de uma criança, não tem a capacidade de diferenciar gêmeos monozigóticos.
- b) A sequência de nucleotídeos que compõe o DNA de uma espécie é o seu código genético.
- c) Em células eucarióticas, o RNAm é traduzido no núcleo e, em seguida, transportado para o citoplasma, onde será processado e transcrito.
- d) As diferentes células de um mesmo organismo sintetizam proteínas distintas porque apresentam diferenças no código genético.
- e) A complexidade de um organismo está diretamente relacionada à quantidade de DNA que ele possui, quanto maior a quantidade de DNA, maior o número de genes e mais complexo o organismo.

16. (Unifesp) As figuras representam os resultados de dois exames de DNA em que as amostras de DNA dos envolvidos são fragmentadas com enzimas específicas e submetidas à eletroforese, gerando um padrão de faixas ou “bandas”.

A situação 1 refere-se a um caso de investigação de paternidade: o suposto pai deseja saber se a criança é, de fato, seu filho biológico.

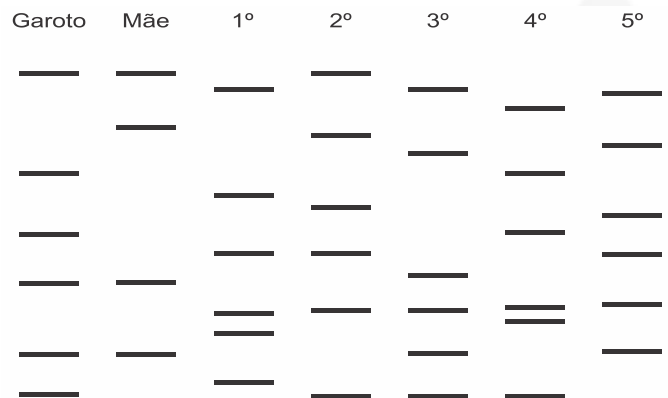
A situação 2 refere-se a uma investigação criminal: na cena do crime foram encontradas manchas de sangue e o delegado precisa saber se o sangue é da vítima, de um indivíduo apontado como suspeito de ser o criminoso ou de uma terceira pessoa não identificada até o momento.



A partir da análise dos resultados, responda:

- a) A criança é filho biológico do suposto pai? Justifique sua resposta.
- b) A amostra de sangue recolhida no local do crime é da vítima, do suspeito ou de uma terceira pessoa não identificada? Justifique sua resposta.

17. (Enem PPL) Para verificar a eficácia do teste de DNA na determinação de paternidade, cinco voluntários, dentre eles o pai biológico de um garoto, cederam amostras biológicas para a realização desse teste. A figura mostra o resultado obtido após a identificação dos fragmentos de DNA de cada um deles.



OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia a partir de temas atuais. *Revista Genética na Escola*, abr. 2010.

Após a análise das bandas de DNA, pode-se concluir que o pai biológico do garoto é o

- a) 1° voluntário.
- b) 2° voluntário.
- c) 3° voluntário.
- d) 4° voluntário.
- e) 5° voluntário.

18. (Ueg) A pele, os epitélios intestinais e especialmente o sangue são estruturas presentes no organismo humano adulto que possuem a capacidade de regeneração por meio de um processo complexo e finamente regulado, visto que suas células são destruídas e renovadas constantemente. Esse processo de renovação ocorre, de forma geral, conforme apresentado no esquema a seguir.



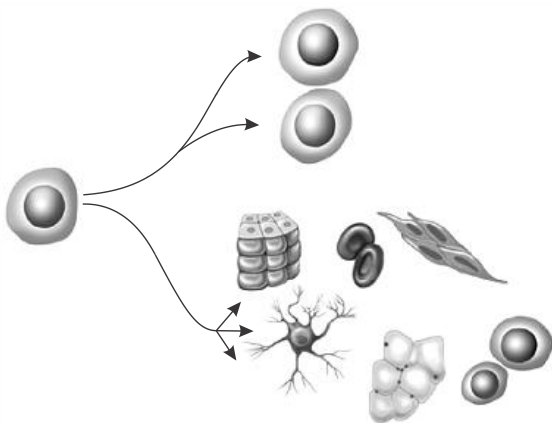


Células-tronco hematopoiéticas → Células formadoras de colônias das diferentes linhagens hematopoiéticas → Células precursoras → Células maduras

Com base nessas informações, verifica-se que

- a hematopoiese resulta da diferenciação e proliferação simultânea das células-tronco que, à medida que se diferenciam, vão reduzindo sua potencialidade.
- as diferentes linhagens hematopoiéticas geradas no sistema preservam altas taxas de proliferação e diferenciação.
- existe um aumento gradual da capacidade de autorrenovação das células progenitoras durante esse processo.
- células-tronco hematopoiéticas apresentam potencial para diferenciar-se em qualquer célula do corpo humano, todavia não geram outras células-tronco.
- as células precursoras e maduras já diferenciadas são utilizadas em procedimentos de utilização de células-tronco no tratamento de alguma doença.

19. (Ufpa



Adaptado de: *Understanding stem cells*, [www.nationalacademies.org/stemcells](http://www.nationalacademies.org/stemcells).

A figura acima ilustra o conceito de células-tronco, que tem sido objeto de muita polêmica, principalmente no âmbito da justiça, da ética e da religião.

Em relação ao que a figura representa e à luz dos conhecimentos atuais, considere as seguintes afirmativas:

- Células-tronco são células indiferenciadas, com potencialidade para dar origem aos mais diversos tipos de células especializadas que formam os tecidos do organismo.
- Células-tronco embrionárias ou pluripotentes têm a capacidade de se diferenciar em qualquer tipo de célula adulta.
- Células-tronco multipotentes, que são menos plásticas e mais diferenciadas, dão origem a uma gama limitada de células dentro de um determinado tipo de tecido.

- As células-tronco embrionárias constituem a chamada massa celular interna da blástula (blastocisto), que dá origem ao embrião.
- Células da medula óssea são exemplos de células-tronco pluripotentes.

É correto o que se afirma em:

- I e II, apenas.
- II e III, apenas.
- I, II, III e IV.
- III, IV e V, apenas.
- I, II e V, apenas.

20. (Ufsc) No noticiário atual ou mesmo em séries de TV e novelas, tem sido frequente a referência aos “exames de DNA” ou “testes de DNA” para determinação de paternidade, identificação de criminosos ou de suas vítimas e mesmo de cadáveres. Com relação a estes testes e ao DNA, é CORRETO afirmar que:

- nos testes de DNA, é necessário fazer o sequenciamento de todo o DNA presente na célula de um indivíduo para compará-lo com o DNA de outra pessoa.
- para realizar este tipo de exame, é necessário coletar células sanguíneas, principalmente as hemácias, pela quantidade de DNA que estas apresentam.
- nestes testes, é possível fazer exclusão de paternidade, pois um filho deve apresentar pelo menos um cromossomo de origem paterna.
- exames de DNA podem ser utilizados para traçar semelhanças evolutivas entre espécies.
- para realizar este tipo de teste, é necessário que o DNA seja “fragmentado” por enzimas especiais e depois analisado com o auxílio de microscópios.
- os testes de DNA só são possíveis quando se comparam as sequências das bases nitrogenadas e a sequência das pentoses.

21. (Acafe 2015) Biotecnologia é o conjunto de conhecimentos que permite a utilização de agentes biológicos (organismos, células, organelas, moléculas) para obter bens ou assegurar serviços.

Sobre o tema, analise as afirmações a seguir.

- As técnicas biotecnológicas possibilitam à Indústria Farmacêutica cultivar microrganismos para produzir os antibióticos, por exemplo.
- A Engenharia Genética ocupa um lugar de destaque como tecnologia inovadora, seja porque permite substituir métodos tradicionais de produção de hormônio de crescimento e insulina, seja porque permite obter produtos inteiramente novos (Organismos transgênicos).
- Hoje, a utilização de plasmídeos bacterianos restringe-se à produção de novos medicamentos.
- Através de técnicas biotecnológicas é possível o tratamento de despejos sanitários pela ação de microrganismos em fossas sépticas.
- A aplicação da biotecnologia está limitada a área médica e de saúde.





Todas as afirmações corretas estão em:

- a) I - II - IV
- b) II - III - IV
- c) III - IV - V
- d) IV - V

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:**

Característica: vírus normalmente invadem e utilizam células para se reproduzir.

Enzimas: de restrição; DNA - ligase.

**Resposta da questão 2:**  
[C]

**Resposta da questão 3:**  
[D]

**Resposta da questão 4:**  
a) A puromicina tem ação antibiótica, porque bloqueia a produção das proteínas necessárias à sobrevivência das bactérias patogênicas. A massa molecular de dada proteína será menor na presença do antibiótico, porque o medicamento impede a adição de novos aminoácidos nas proteínas.

b) A taxa de sobrevivência das células que receberam esses genes será maior, porque o produto gênico destrói a puromicina que abrevia a vida das bactérias que não são transgênicas.

**Resposta da questão 5:**

a) As amostras 1 e 2 pertencem, com maior probabilidade ao tigre de bengala. Essas amostras não são do mesmo indivíduo, porque revelam duas mudanças na sequência das bases nitrogenadas.

b) O pesquisador tem razão, porque nas fezes existem células nucleadas que descamam do epitélio intestinal. Os eritrócitos são anucleados e não possuem organelas, daí não possuem DNA.

**Resposta da questão 6:** [A]

**Resposta da questão 7:** [D]

**Resposta da questão 8:** [D]

**Resposta da questão 9:** [D]

**Resposta da questão 10:**

a) As bactérias podem receber e expressar o gene humano que codifica o hormônio insulina, porque o código genético é universal, isto é, os códons formados por trincas de nucleotídeos são, praticamente, os mesmos para todos os seres vivos e vírus.

b) Não. As células procarióticas não são capazes de remover as sequências não codificantes do DNA,

denominadas íntrons, e reunir as sequências codificantes, os éxons.

**Resposta da questão 11:**  
[D]

Os alimentos transgênicos apresentam genes exógenos, porém possuem o mesmo código genético dos outros organismos vivos, incluindo vírus.

**Resposta da questão 12:**  
[C]

As espécies 1 e 3 são mais próximas evolutivamente entre si do que as espécies 3 e 4, porque compartilham sequências de nucleotídeos de DNA mais semelhantes.

**Resposta da questão 13:**  
[C]

O filho biológico do casal é o número II, porque as suas bandas de DNA coincidem com a mãe e com o pai.

**Resposta da questão 14:**  
[B]

[I] Incorreto. O gene recebido estará presente em todas as células do camundongo B.

[II] Correto. O gene recebido pelo camundongo B poderá ser transmitido aos seus descendentes.

[III] Incorreto. A incorporação de um gene não altera o código genético do camundongo B.

**Resposta da questão 15:**  
[A]

**Resposta da questão 16:**

a) Sim. A criança é filho biológico do suposto pai, porque todas as bandas de DNA que ele não herdou de sua mãe coincidem com esse homem.

b) A amostra de sangue recolhida no local do crime é de uma terceira pessoa não identificada, porque diversas bandas de DNA verificadas nessa amostra não coincidem com as amostras detectadas no DNA da vítima ou do suspeito.

**Resposta da questão 17:** [D]

**Resposta da questão 18:** [A]

**Resposta da questão 19:** [C]

**Resposta da questão 20:** 08.

**Resposta da questão 21:** [A]

[V] Falsa. A biotecnologia é aplicada nas áreas médicas, veterinárias, agropecuárias, piscicultura, biorremediadoras, etc





## AULA 8: EVOLUÇÃO

Teorias evolucionistas trabalham os conceitos: adaptado, meio, especiação e evolução

### 1. Teorias

#### a) Lamarckismo

- francês → 1º a dizer evolução/adaptação.

- **EVOLUIR**: melhorar / aprimorar-se, **não existe extinção**: o indivíduo que não está presente (fósseis) são os atuais melhorados.

Obs.: isso é errado, não existe bom ou ruim, tudo depende do local, **primitivo é apenas antigo e o evoluido é novo.**

- **ADAPTADO**: é aquele que torna-se melhor usando um órgão e desenvolve (hipertrofia) e não usa outro e perdendo (atrofia), transmitindo isso ao longo das gerações que ficam cada vez mais especializadas.

**ADAPTADO RESPEITA**: uso e desuso e lei dos caracteres adquiridos.

- **MEIO**: é ativo, faz acontecer, direciona o bom, escolhe o caráter a ser desenvolvido.

- frases lamarckistas:

“para ficar bom”

“ficou resistente”

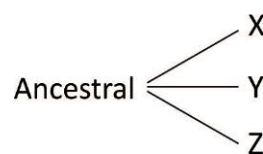
Obs.: **o meio não faz o caráter, ele já existe, não é causado.**

#### b) DARWIN

- História conturbada: medicina, religião, Prima = filhos com consanguinidade (expressão do recessivo), demorou para publicar os dados (1º foi o Wallace), rio Amazonas e rio Negro, viagem galápagos.

**VIAGEM Beagle**, fósseis gigantes da Patagônia, seleção artificial com pássaros, influencia Malthus.

- **EVOLUIR**: mudar de forma lenta e gradual ao longo das gerações a partir de um ancestral primitivo comum que sofre especiação por irradiação com órgãos homólogos.



Obs<sub>1</sub>: O gradualismo- darwinismo (lentidão) não é real, hoje tem o equilíbrio pontuado (alguns períodos de lentidão na evolução com poucas mudanças e outros rápidos).

Obs<sub>2</sub>: Realizou estudos com os pássaros/bicos (tentilhões).







Obs<sub>3</sub>: Representou árvores estrutural), somáticas (2n) ou germinativas filogenéticas/filogenias onde o ponto de ramificação é o ancestral. (gameta).

- **ADAPTADO:** abundante, sucesso reprodutivo, êxito reprodutivo, sobreviver e deixar descendentes.

- **MEIO:** atua sobre a variação de características- ↑ um caráter ao longo das gerações e ↓ um caráter ao longo das gerações. Isso é a seleção natural. Não existe seleção natural em clones, a seleção marca o bom para o ambiente. Pode levar a extinção ao longo do tempo.

**Obs. Darwin não sabia explicar a origem da variação em que a seleção atuava. Chegou a apoiar Lamarck**

### c) Neodarwinismo

- É a teoria sintética da evolução.
- Juntou darwinismo + genética para explicar o que Darwin não conseguiu (a variação).
- **EVOLUIR:** mudar o pool gênico (conjunto de genes da pop.)

#### C1. Origem da variação / geração de características:

##### A. MUTAÇÃO

- É a fonte primária de variabilidade, todo ser vivo tem.
- Pode ser espontânea ou induzida, genéticas (altera base) ou cromossômicas (numérica ou

##### B. RECOMBINAÇÃO

- Envolve sexo: fecundação e meiose (crossing-over e segregação independente)

#### C2. Fatores que atuam na variação aumentando e diminuindo ela:

##### **A. seleção natural**

seleção natural – Conjunto de condições que leva A SOBREVIVER e deixar mais descendentes e outro não. ↑ X, ↓ Y. Existe um caso particular em que o que mais tem descendentes (adaptado) conseguiu esse fator por características sexuais, é a seleção sexual, cruzamentos não são ao acaso, existe preferência. Não existe em clone.

##### **B. migração**

migração – por isso não se deve ter barreiras como estradas e represas e deve se manter corredores ecológicos para manter o fluxo gênico.

##### **C. deriva genética**

- Deriva é acaso, sorte (fogo, tsunami, enchente). Existe um tipo de deriva chamado Princípio do Fundador (poucos representantes colonizam uma área,





passam a falsa impressão de serem adaptados).

## 2. Tipos de adaptação

- a) Homeostática = aclimação = individual: é fisiológica, não é reprodutiva nem herdada, não é Darwin.
- b) Adaptação evolutiva = reprodutiva: sucesso reprodutivo, é o abundante que pode ser provado em 3 momentos:
  - aposematismo (coloração de advertência)
  - camuflagem (vida / meio)
  - mimetismo (vida / vida)

### OBS:

Existem dois tipos de camuflagem, a Homocromia, onde o animal tem a cor é a mesma do meio onde vive, e a Homotipia, onde o animal tem a forma de objetos que compõe o meio. Homocromia (ursos polares) Homotipia (O bicho-pau).

### OBS: Mimetismo de Defesa

O mimetismo batesiano é mais comum na natureza e no grupo das aranhas. Esse tipo de mimetismo ocorre quando a espécie mimética e o modelo vivem no mesmo espaço geográfico ao mesmo tempo, mas não interagem de forma direta.

O mimetismo mulleriano é melhor visto em grupos de borboletas, anfíbios anuros e serpentes que usam sua coloração semelhante a de animais perigosos para se esquivar de predadores. Essas cores aposemáticas indicam que certos animais são extremamente venenosos como a cobra coral verdadeira.

### OBS: Mimetismo de ataque

Peckhaminano: os animais se misturam a outros parecidos, para se aproximar da presa. Exemplo: búbio, se aproxima do bando de outras aves para se aproximar da presa.

## 3. Tipos de seleção

(↑X, ↓Y)

### a) Seleção artificial

feita pelo homem, cruzamentos escolhidos, endogamia para criar raças e variedades, melhoramento genético, não é transgênico pois não teve gene de outra espécie

b) **Seleção sexual:** 1 tipo de natural mas o adaptado é o que mais reproduz

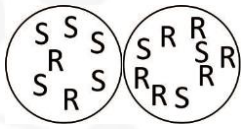
### c) Seleção natural:

C<sub>1</sub>: **direcional** → É mais comum, Meio muda, adaptado muda. Ex.: insetos e bactérias resistentes e sensíveis (sensível é melhor o remédio seleciona), melanismo industrial (borboletas na Inglaterra) em HIV algumas



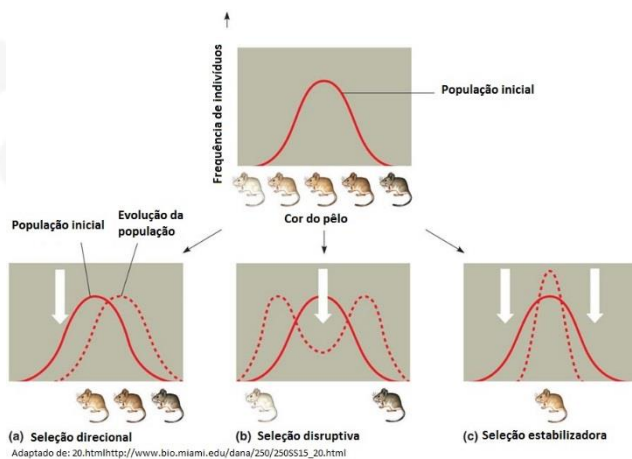


vezes é necessário parar o tratamento ( $\uparrow$ sensível,  $\downarrow$ resistente).

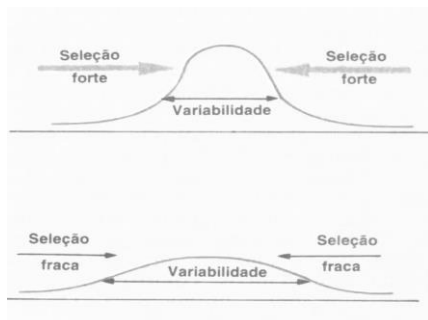


$C_2$ : **estabilizadora** – favorece o heterozigoto / **intermediário**. Ex.: anemia falciforme em regiões amazônicas em que tem malária.

$C_3$ : **disruptiva** – favorece os extremos, **especialistas**. Tamanho e alimentação (bico)



OBS: Seleção é forte, a variação do ambiente é baixa. Seleção natural é fraca, a variabilidade é alta.



#### 4. ESPECIAÇÃO

- É o processo de originar novas espécies.
- É apoiada pela teoria evolutiva.
- O conceito de espécie é o de compatibilidade genética, é deixar descendentes férteis.
- A comprovação da especiação é o isolamento é o isolamento reprodutivo, não gerar descendentes férteis.
- A especiação pode ocorrer de forma linear, como na anagênese, ou se bifurcando e formando grupos irmãos, como na cladogênese.

##### 4.1. Clássica / Darwin: por irradiação do ancestral / homólogo

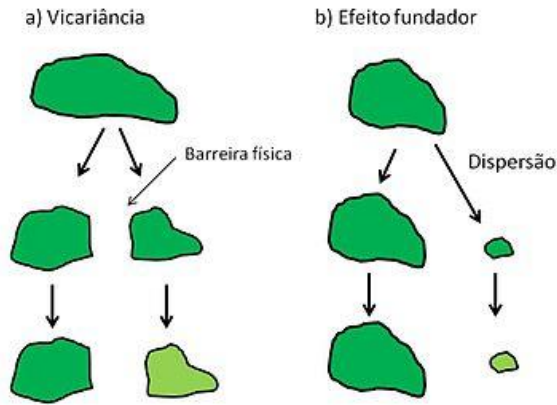
- espécie ancestral
  - barreira geográfica (continente, rio, montanha)
  - \_ isolamento reprodutivo de fluxo gênico,
  - locais  $\neq$  = histórias evolutivas  $\neq$  (mutação, recombinação, deriva)
  - voltar a se encontrar
  - **se ainda puderem cruzamentos sendo  $\neq$  são raças da mesmo espécies,**
  - se houver isolamento reprodutivo, são espécies  $\neq$ .

**4.2. Variação de especiação:**

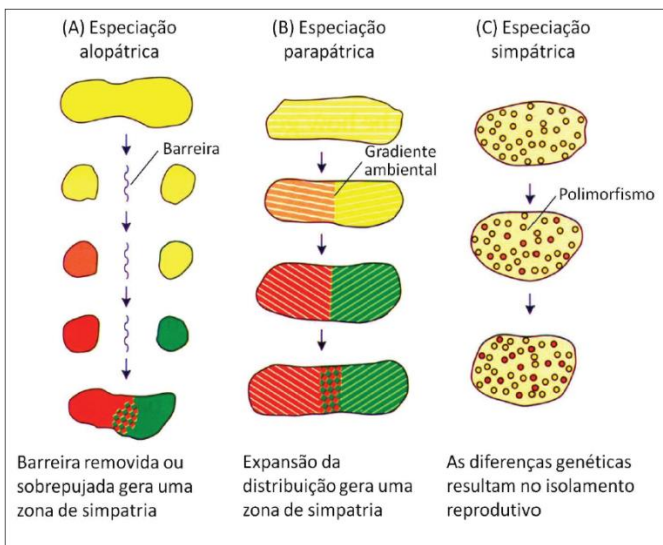
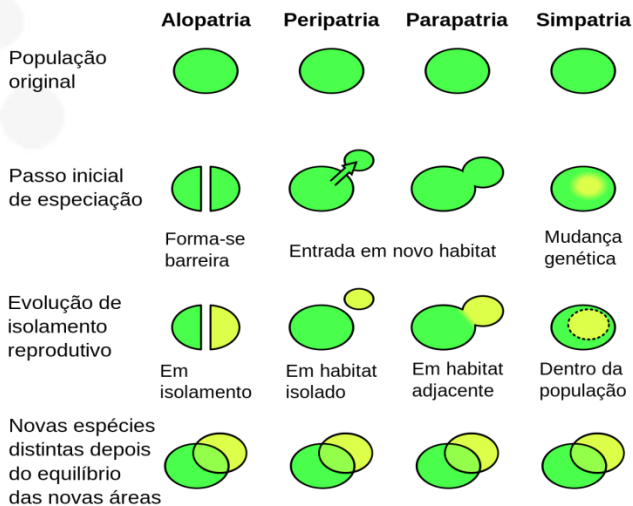
a) Alopátrica – há separação geográfica

-DICOPÁTRICA- BARREIRA

- PERIPÁTRICA- FUNDADOR



b) Simpática – na mesma área por euploidia surge uma nova espécie.



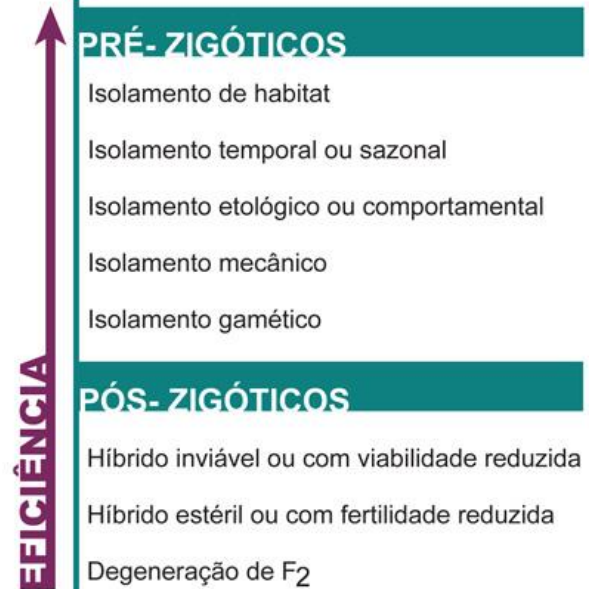
c) Parapátrica – se distanciam fisicamente mas na mesma área.

**4.3. isolamentos** – espécies ≠ não cruzam e deixam descendentes férteis.

**Mecanismos de isolamento reprodutivo**



animais de espécies diferentes



**5. Provas da evolução**

- indicam o ancestral e a especiação: fósseis, órgãos vestigiais, embriologia, bioquímica (hemoglobina humana e chimpanze igual-ancestral recente, compartilha vários ancestrais), anatomia comparada.



a) Orgãos análogos:

- **Mesma função, origem evolutiva diferente, mutações em ancestrais diferentes, seleção no mesmo tipo de ambiente!**

\_ Obs.: o processo de formação (**mesma mutação e origem  $\neq$** ) é **convergência**.

\_ Ex.: asa do morcego e pássaro,

\_ Papo e moela anelídeo e ave,

\_ Segmentação anelídeo e cordado,

- Asa óssea e inseto de quitina,

\_ Rádula e lanterna-de-aristóteles,

\_ Nadadeira de peixe e mamífero.

b) Orgãos homólogos:

\_ **Surgem da mesma estrutura do mesmo ancestral. Indicam parentesco evolutivo.**

\_ Podem ter a **mesma função ou funções  $\neq$** .

\_ Se tiverem funções  $\neq$  apesar da mesma origem ancestral vieram da **irradiação adaptativa** – especiação

Ex.: pênis e clitóris,

\_ fendas e tuba auditiva

\_ pelo e pena,

\_ espinho e folha

\_ Braço e pata (mesmos ossos)

**OBS: COEVOLUÇÃO**

Exercícios

1. (Ufrgs 2018) A coluna da esquerda, abaixo, lista adaptações que conferem vantagens aos seres vivos; a da direita, imagens de organismos que ilustram essas adaptações.

Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.

1. ( )  
Mimetismo Camaleão  
2. ( )  
Camuflagem



- ( ) Bicho-pau



- ( ) Falsa cobra-coral



- ( ) Orquídea abelha



- ( ) Linguado



A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 – 2 – 2 – 1 – 1.  
b) 1 – 1 – 2 – 2 – 1.  
c) 2 – 1 – 1 – 2 – 2.  
d) 2 – 2 – 1 – 1 – 2.  
e) 1 – 1 – 1 – 2 – 2.





2. (Famerp 2018) Considere os exemplos de características anatômicas e fisiológicas de três seres vivos.

- O chimpanzé (*Pan troglodytes*) possui visão binocular e o primeiro dedo oponível nas mãos. A visão binocular permite que o cérebro distinga as diferentes distâncias entre os objetos observados e o observador e a presença do primeiro dedo oponível nas mãos permite o movimento de pinça, facilitando agarrar objetos.
- O inseto maria-fedida (*Nezara viridula*) libera um odor, produzido por glândulas toda vez que se sente ameaçado. Além dessa defesa, ele pode apresentar algumas colorações, como verde ou marrom, o que auxilia na proteção contra predadores.
- A planta urtiga (*Urtica baccifera*) apresenta tricomas urticantes na superfície de suas folhas. Eles secretam substâncias ácidas, causando vermelhidão, coceira e ardência na pele de uma pessoa que as toca.

Esses três seres vivos apresentam

- a) normas de reação, que apareceram por mutações induzidas.
- b) características adaptativas, que foram selecionadas pelo ambiente.
- c) órgãos homólogos, que surgiram para adaptá-los ao ambiente.
- d) órgãos vestigiais, que ficaram cada vez mais complexos com o tempo.
- e) órgãos análogos, que surgiram pela necessidade de sobrevivência.

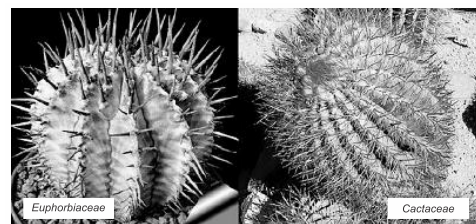
3. (G1 - ifpe 2018) Diversas são as estratégias de adaptação de uma espécie aos distintos ecossistemas do planeta Terra. Dentre essas, citam-se: a camuflagem, definida como uma propriedade dos membros de uma espécie apresentarem uma ou mais características que os assemelham ao ambiente, dificultando sua localização por espécies com as quais interagem, sejam elas predadoras ou presas; e o mimetismo, no qual duas espécies diferentes assemelham-se em certas características, o que constitui uma vantagem para uma ou para ambas em relação a outra ou a outras espécies. Diante do exposto, analise as assertivas abaixo.

- I. O urso polar, na neve, com pelo branco exuberante, é confundido com o ambiente gelado. Assim, representa um perigo para as suas presas, além de se proteger dos seus predadores.
- II. A borboleta vice-rei (*Limnitis archippus*), de sabor supostamente agradável aos pássaros, é confundida devido à enorme semelhança, com a borboleta-monarca (*Danaus plexippus*), extremamente tóxica.
- III. O inseto bicho-folha é tão parecido com uma folha que até as nervuras de suas asas lembram as nervuras foliares.
- IV. A coruja-do-ártico entre troncos, gravetos e muita neve é muitas vezes imperceptível aos olhos de suas presas.
- V. Existem espécies de coral-falsa que não são venenosas e, naturalmente, são confundidas com as corais-verdadeiras inoculadoras de veneno.

São exemplos de camuflagem apenas as afirmativas

- a) I, III e IV.
- b) I e II.
- c) II, III e IV.
- d) III e IV.
- e) I, II, III, IV e V.

4. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2018) O nome cacto é atribuído a plantas da família Cactaceae. Os cactos são conhecidos, dentre outras características, pela presença de inúmeros espinhos caulinares e capacidade de armazenar água. No entanto, algumas espécies de plantas que apresentam esse mesmo aspecto vegetal pertencem à família Euphorbiaceae, ou seja, têm maior parentesco evolutivo com plantas tais como a mandioca e a seringueira. A figura a seguir mostra a semelhança entre essas plantas.



Fonte: <[http://plantconvergentevolution.weebly.com/uploads/2/7/3/0/27301003/5588755\\_orig.jpg](http://plantconvergentevolution.weebly.com/uploads/2/7/3/0/27301003/5588755_orig.jpg)>

Considerando essas informações, é CORRETO afirmar que as plantas da figura representam um caso evolutivo de

- a) homologia.
- b) camuflagem.
- c) herança de caracteres adquiridos.
- d) analogia.

5. (Famerp 2018) Observe a imagem, que mostra dois cavalos-marinhos (*Hippocampus sp*) apoiados a um coral.



(<http://blog.wakatobi.com>)

- a) A imagem mostra uma grande semelhança fenotípica entre os cavalos-marinhos e os corais. Qual o tipo de adaptação observada nessa espécie de cavalo-marinho? Justifique sua resposta.
- b) O macho do cavalo-marinho retém os ovos durante a reprodução. A espécie desenvolveu essa característica, que foi transmitida aos descendentes, para aumentar a proteção dos filhotes. Esta afirmação está de acordo com qual evolucionista? Justifique sua resposta.

6. (Ufrgs 2018) Algumas características facilitaram a saída das florestas e a ocupação de campos e savanas aos ancestrais da espécie humana.

Considere as afirmações sobre essas características.



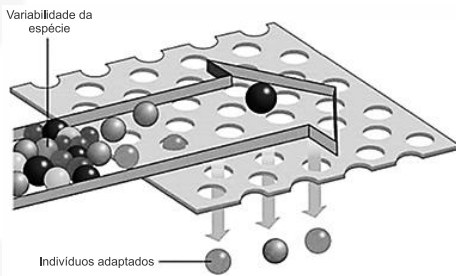


- I. A postura ereta liberou as mãos para executar outras funções não relacionadas ao deslocamento.
- II. A gradativa redução do volume do crânio facilitou o deslocamento mais rápido em ambientes abertos.
- III. A arcada dentária com a disposição dos dentes em U, com caninos reduzidos, favoreceu a exploração de maior variedade de alimentos.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas I e III.
- e) I, II e III.

7. (Ufsc 2018) Em uma aula sobre evolução, o professor apresentou o seguinte modelo didático: uma tela que possibilita apenas a passagem das bolinhas pequenas.



FAVARETTO, J.A. *Biologia: unidade e diversidade*, 3º ano, 1. ed. São Paulo: FTD, 2016, p. 267. [Adaptado].

Com base no modelo didático e sobre o assunto evolução, é correto afirmar que:

- 01) o modelo didático pode representar esquematicamente a ação da seleção natural.
- 02) a mutação é um mecanismo que promove a variabilidade da espécie.
- 04) os fenótipos necessários para a sobrevivência e a reprodução dos indivíduos se modificam por causa da transmissão aos descendentes de novas características adquiridas, conforme proposto por Lamarck.
- 08) a teoria da evolução proposta por Darwin e Wallace foi elaborada após a descrição dos mecanismos genéticos que promovem a variabilidade da espécie.
- 16) os indivíduos adaptados não apresentarão variabilidade nas suas futuras gerações.
- 32) o *Aedes aegypti*, ao longo do seu processo evolutivo, apresentou um nicho ecológico em expansão, com novos comportamentos que favoreceram a propagação dos vírus da dengue, chicungunha e zika.
- 64) a seleção artificial pode ser explicada através do modelo didático, no qual a tela representa os critérios estabelecidos pelo homem com o objetivo de selecionar indivíduos com características de interesse.

8. (Uerj simulado 2018) As suculentas *Cereus jamacaru* e *Euphorbia ingens* muitas vezes são confundidas entre si por apresentarem características morfológicas semelhantes, como a ausência de folhas e a presença de caule fotossintético, conforme ilustram as imagens.



*Cereus jamacaru*  
(Cactaceae)



*Euphorbia ingens*  
(Euphorbiaceae)

Essa semelhança morfológica é uma consequência do seguinte processo:

- a) deriva genética
- b) seleção artificial
- c) irradiação evolutiva
- d) convergência adaptativa

9. (Unicamp 2018)



(Fonte: Google Maps. Acessado em 10/07/2017.)

Um estudo mostrou que na localidade A são encontradas sete (7) espécies de camarões-pistola. Na localidade B são encontradas outras sete (7) espécies, sendo que cada espécie do local A tem uma espécie-irmã correspondente no local B (espécies-irmãs são espécies originadas de um mesmo ancestral comum recente).

É correto afirmar que

- a) o canal do Panamá permitiu que camarões-pistola migrassem de A para B, adaptando-se ao novo ambiente, diferenciando-se e originando novas espécies semelhantes às do lado A.
- b) vulcões expeliram substâncias mutagênicas durante o Terciário, o que aumentou a variabilidade genética dos camarão-pistola, originando espécies-irmãs nas áreas oceânicas A e B.
- c) o istmo do Panamá interpôs uma barreira geográfica, formando dois grupos isolados para cada espécie ancestral, que puderam então se diferenciar, originando espécies-irmãs nos oceanos A e B.
- d) o impacto de um asteroide no final do Cretáceo levou a uma extinção em massa, fornecendo as condições para a radiação adaptativa dos camarões-pistola, com consequente formação de espécies-irmãs.

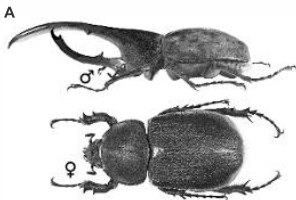
10. (Ufpr 2018) Um grupo de roedores é separado pelo surgimento de um rio. Ao longo do tempo, os roedores ao norte do rio tornam-se brancos, enquanto os roedores ao sul do rio tornam-se castanhos. Nesse caso, é correto afirmar que a seleção natural:

- a) gera mutações específicas para os ambientes ao norte e ao sul do rio.

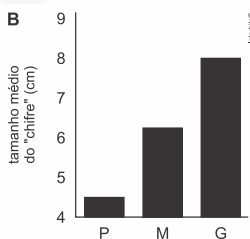


- b) promove a competição entre roedores brancos e castanhos.
- c) aumenta a probabilidade de sobrevivência apenas dos roedores brancos.
- d) promove a cooperação entre roedores brancos e castanhos.
- e) favorece diferentes fenótipos ao norte e ao sul do rio.

11. (Unicamp 2018) A figura A abaixo mostra o claro dimorfismo sexual que ocorre na espécie de besouro neotropical *Dynastes hercules* (besouro-hércules), um dos maiores besouros do mundo. Nos machos, protuberâncias cefálicas e torácicas formam estruturas semelhantes aos chifres de alguns mamíferos. Um estudo mostrou que, nessa espécie, há três tipos de machos geneticamente distintos, P, M e G, que diferem apenas quanto ao tamanho médio dos "chifres" (figura B). Os dados na figura C indicam a capacidade de machos dos três tipos de copular com fêmeas. Testes genéticos mostraram ainda que 85% dos filhotes em cada geração têm machos do tipo G como pais.



(Fonte: Udo Schmidt, Disponível em <https://www.flickr.com/photos/30703260@N08>, Acessado em 29/10/2017.)



C

| Tipo de macho | Capacidade da cópula |
|---------------|----------------------|
| P             | 70                   |
| M             | 85                   |
| G             | 100                  |

Capacidade de cópula de cada tipo de macho (% de encontros com uma fêmea que resultam em cópula)

- a) Os "chifres" são parte do esqueleto do besouro-hércules macho. Cite duas características do esqueleto de artrópodes e duas diferenças em relação ao esqueleto de vertebrados.
- b) Darwin acreditava que diferenças entre animais machos e fêmeas como as mostradas na figura A surgem durante a evolução como consequência da seleção sexual, um tipo especial de seleção natural.

Defina seleção natural. Utilizando os dados fornecidos acima, explique por que a característica masculina dimórfica do besouro-hércules é uma adaptação, fruto da seleção natural.

12. (Ebmsp 2018) A afirmativa que melhor esclarece os motivos científicos pelo qual a humanidade realmente não teria banido "as bactérias com o uso de antibióticos para a periferia da existência" é

- a) O uso moderado dos antibióticos induziu o surgimento de novas características de resistência em superbactérias em relação aos medicamentos normalmente utilizados pela medicina.
- b) Os desinfetantes foram capazes de eliminar apenas a porção bacteriana mais sensível e incapaz de traduzir as informações herdáveis contidas no seu material genético, entretanto, mantiveram aquelas bactérias naturalmente ativas.
- c) Os antibióticos orientaram caminhos evolutivos mais adaptativos para as bactérias que já apresentavam estratégias de resistência a eles, alterando, assim, o conjunto gênico das populações que se apresentavam sob esse tipo de pressão seletiva.
- d) A população bacteriana se mostrou imune aos diversos esforços da humanidade em limitar a sua existência devido à sua alta capacidade mutacional, que é consequência da estrutura simplificada e acelular.
- e) As bactérias são consideradas os seres dominantes no planeta, visto que estão presentes em todos os tipos de nichos ecológicos existentes, como consequência do desenvolvimento de um novo tipo de código genético que se mostrou mais eficiente, quando comparado aos outros organismos.

13. (Uerj 2017) Segundo estudos, a evolução de todos os eucariotos é o resultado da incorporação, em um passado remoto, de bactérias aeróbias de vida livre no interior de uma célula, em uma associação vantajosa para ambas. Essas bactérias originaram organelas celulares denominadas mitocôndrias.

Nomeie a teoria evolutiva que explica a formação da célula eucariótica por esse processo. Nomeie, também, a relação ecológica estabelecida entre as bactérias e a célula e explique de que maneira cada uma se beneficiou dessa associação.

14. (Ufjf-pism 3) Recentemente, uma nova espécie de caramujo aquático foi descrita para a América do Norte. Os pesquisadores estavam estudando o que acreditavam se tratar de duas populações de uma espécie bem conhecida, quando observaram que os indivíduos da população 'A' apresentavam características morfológicas diferentes daquelas observadas nos indivíduos da população 'B'. Para confirmar que a população 'A' representava uma nova espécie, os pesquisadores analisaram e compararam o DNA dos indivíduos provenientes das duas populações e provaram, através de experimentos de laboratório, que esses indivíduos não são capazes de se acasalar. As diferenças observadas no DNA e o fato de os indivíduos das duas populações não terem acasalado e, portanto, não gerarem descendentes férteis foram interpretados pelos cientistas como provas de que





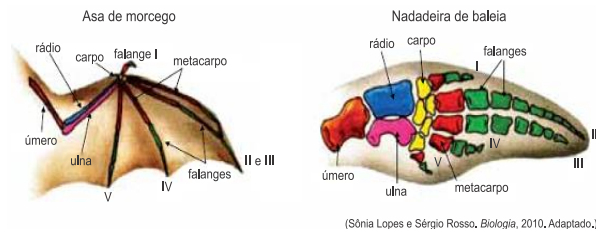
essas duas populações correspondem a duas espécies diferentes.

- I. O mecanismo de isolamento reprodutivo entre as populações de caramujos poderia ser do tipo pré-zigótico, já que os indivíduos não foram capazes de se acasalar.
- II. Duas populações que se encontram em alopatria podem se tornar espécies diferentes ao longo do tempo devido à manutenção do fluxo gênico.
- III. Através de mutações no DNA e ausência de fluxo gênico, alelos diferentes vão sendo fixados nas duas populações levando à formação de duas espécies diferentes.
- IV. O isolamento geográfico pode resultar em mudanças no fenótipo, que tornam os indivíduos incompatíveis para a reprodução.
- V. O isolamento reprodutivo pode ocorrer em consequência do isolamento geográfico e ausência de fluxo gênico entre populações alopatricas.

Assinale a opção com as afirmativas CORRETAS:

- a) somente I, II, V.
- b) somente I, II, III, IV.
- c) somente I, III, IV, V.
- d) somente III, IV, V.
- e) I, II, III, IV e V.

15. (Fac. Santa Marcelina - Medicin) As figuras ilustram dois órgãos homólogos: uma asa de morcego e uma nadadeira de baleia.



- a) O que são órgãos homólogos?
- b) Por que os órgãos homólogos são considerados evidências da evolução biológica? Cite outra evidência evolutiva que não seja homologia entre órgãos.

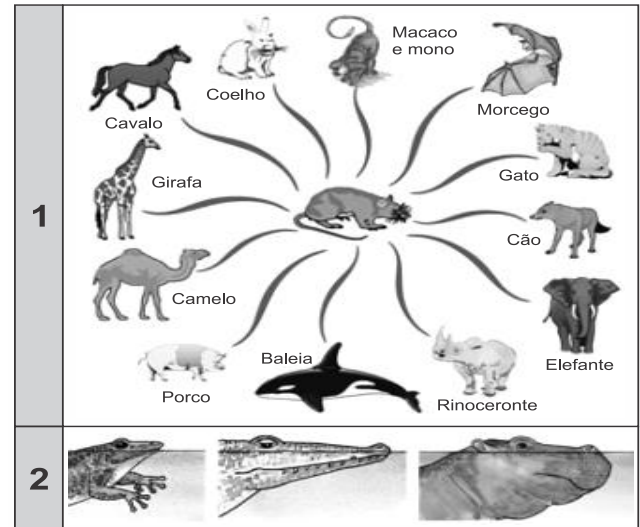
16. (Pucrj) Uma espécie de roedores apresenta uma característica determinada por um único *locus* gênico. Em uma população dessa espécie, há indivíduos com a característica dominante e recessiva numa proporção de 10:1, respectivamente. Entretanto, ocorreu um desastre ambiental que levou à morte todos os indivíduos com a característica recessiva, alterando bruscamente a frequência do alelo recessivo na população.

- a) Qual força evolutiva é responsável por essa alteração na frequência alélica?
- b) Pode-se afirmar que a frequência do alelo recessivo será zero após o desastre? Justifique.

17. (Fepar 2017) As **adaptações** dos diversos organismos vivos são um aspecto central no estudo da Biologia.

Todas as características que adequam um ser vivo a determinada circunstância ambiental são geralmente denominadas adaptativas; permitem que os seres vivos desenvolvam certa harmonia com o ambiente, ajustando-se assim para poder sobreviver em determinado local.

O quadro apresenta dois fenômenos adaptativos que você deverá identificar, denominar e explicar.



a) 1:

b) 2:

18. (Unesp 2017) Na natureza, a grande maioria dos gafanhotos é verde. No entanto, uma mutação genética incomum e pouco conhecida, chamada eritrismo, provoca alteração na produção de pigmentos, o que resulta em gafanhotos cor-de-rosa. Descobertos em 1887, esses gafanhotos raramente são encontrados.



<http://voices.nationalgeographic.com>. Adaptado.

Os gafanhotos cor-de-rosa são raros porque

- a) a mutação reduz a variabilidade genética na população de gafanhotos, prejudicando a seleção natural de indivíduos cor-de-rosa.
- b) concorrem por alimento com os gafanhotos verdes, que são mais eficientes por terem a mesma coloração das folhagens.
- c) destacam-se visualmente e são facilmente encontrados e predados, enquanto os gafanhotos verdes se camuflam na natureza.
- d) os gafanhotos verdes são mais numerosos na natureza e, portanto, se reproduzem e deixam muito mais descendentes.



e) são muito menos evoluídos que os gafanhotos verdes e por isso sobrevivem por pouco tempo na natureza.

19. (Uel 2017) Mimetismo é um termo utilizado em biologia, a partir da metade do século XIX, para designar um tipo de adaptação em que uma espécie possui características que evoluíram para se assemelhar com as de outra espécie. As observações do naturalista Henry Walter Bates, estudando borboletas na Amazônia, levaram ao desenvolvimento do conceito de mimetismo batesiano.

É correto afirmar que o mimetismo batesiano é uma adaptação em que

- a) a fêmea de algumas espécies de inseto é imitada por flores que se beneficiam da tentativa de cópula do macho para sua polinização.
- b) uma espécie apresenta características que a assemelham ao ambiente, dificultando sua localização por outras espécies com as quais interage.
- c) um modelo inofensivo é imitado por um predador para se aproximar o suficiente de sua presa a ponto de capturá-la.
- d) um modelo tóxico ou perigoso é imitado por espécies igualmente tóxicas ou perigosas.
- e) um modelo tóxico ou perigoso é imitado por espécies palatáveis ou inofensivas.

20. (Unesp) Leia a transcrição da notícia dada pela apresentadora de um programa de variedades da televisão brasileira.

No fim de semana passado uma criança caiu dentro da jaula de um gorila no zoológico de Cincinnati, nos Estados Unidos. Para salvar a criança, o animal foi morto com um tiro. [...] Apesar de trágico, o episódio trouxe à tona o interesse pelo comportamento desses ancestrais que são tão próximos dos humanos.

<http://g1.globo.com/fantástico>, 05.06.2016.

Na frase que encerra essa notícia, a apresentadora faz duas afirmações: que os gorilas são ancestrais dos Humanos e que há proximidade entre essas espécies.

A afirmação sobre os gorilas serem ancestrais dos humanos está correta? Justifique sua resposta, apresentando um argumento fundamentado na biologia evolutiva que indique se está certa ou se está errada.

No que se refere à segunda afirmação, explique, considerando os dados sobre parentesco genético obtidos pela biologia molecular, o que significa dizer que essas duas espécies são próximas.

21. (Fac. Albert Einstein - Medicina 2017) O orangotango, o chimpanzé e a espécie humana apresentam grande semelhança bioquímica.



Após análise de substâncias e processos que ocorrem nas células, qual das situações abaixo permite apontar essa semelhança entre as três espécies?

- a) Os diversos tipos de aminoácidos livres no citosol.
- b) A existência de transporte ativo de íons através da membrana plasmática.
- c) A sequência de aminoácidos que constituem os citocromos presentes na mitocôndria.
- d) As sequências de anticódons das moléculas de RNA transportador presentes no citosol.

22. (Uepg 2017) O pensamento evolutivo predominante, até meados do século XVIII, preconizava que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características. No início do século XIX, a hipótese de uma transformação de espécies passou a ser defendida por alguns cientistas para explicar a diversidade das espécies. Assinale o que for correto sobre as teorias evolutivas.

- 01) Segundo o Lamarckismo, a evolução das espécies era guiada pelas mudanças ambientais. Ou seja, os seres vivos reagem às mudanças utilizando alguns órgãos mais do que outros e transmitem as mudanças em seu corpo às gerações seguintes.
- 02) O neodarwinismo ou teoria sintética da evolução considera que um órgão se desenvolvia com o seu uso e atrofiava-se com o seu desuso. Por exemplo, a girafa atual poderia ter adquirido um pescoço comprido como resultado do uso constante e do esforço de um ancestral, de pescoço menor, para alcançar as folhas do alto das árvores.
- 04) Segundo o mecanismo de evolução proposto por Darwin, os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientais, os quais teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis – Seleção Natural.
- 08) De acordo com o darwinismo, o próprio ambiente selecionava as espécies mais bem adaptadas. Como exemplo atual, podemos citar a ação de certos antibióticos que induzem mutações em cepas de bactérias ultra resistentes.

23. (Famerp 2017) Após uma aula sobre a teoria evolutiva de Darwin-Wallace, cinco estudantes discutiram sobre o tema e cada um chegou a uma conclusão sobre as adaptações encontradas em algumas espécies de animais.

- Lucas: “As espécies animais tiveram que se adequar ao meio ambiente para sobreviver e foi assim que as características adaptativas favoráveis foram surgindo.”
- Bernardo: “O meio ambiente escolheu os seres vivos mais aptos e, assim muitas espécies, como os insetos, formaram as asas para atender a essa escolha.”

- Camila: “A seleção natural impôs às espécies animais que se modificassem e, dessa forma, elas sobreviveram, caso contrário, teriam sido eliminadas.”
- Karen: “Os animais com características favoráveis tinham mais chance de sobrevivência e de reprodução e essas características foram transmitidas aos descendentes.”
- Tatiana: “Animais, como os peixes, possuem adaptações semelhantes, uma vez que tinham as mesmas necessidades de sobrevivência na água e, por seleção natural, geraram filhotes semelhantes.”

O conceito da teoria de Darwin-Wallace foi corretamente apresentado por

- a) Tatiana. b) Karen. c) Camila. d) Lucas. e) Bernardo.

24. (Uepg) Darwin, em sua teoria, considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, fato que obteve pouca aceitação em sua época. Para ele, as espécies estavam relacionadas evolutivamente, ou seja, compartilhavam um ancestral em algum ponto da sua história evolutiva. Assinale o que for correto em relação à teoria da seleção natural, os maiores problemas enfrentados por Darwin em sua época, ou fatos que não soube explicar.

- 01) Darwin errou ao descrever que os indivíduos de uma população diferem quanto a diversas características, inclusive aquelas que influem na capacidade de explorar com sucesso os recursos naturais e de deixar descendentes. Atualmente, é conhecido que todos os indivíduos das populações biológicas têm a mesma chance de sobrevivência e reprodução.
- 02) A teoria da herança por mistura, teoria de herança genética aceita na época, apresentava forte argumento contra o chamado Darwinismo. De acordo com a teoria da herança por mistura, uma nova característica, mesmo vantajosa, tenderia a se misturar com a característica antiga ao longo das gerações.
- 04) Os principais argumentos contra a teoria da seleção natural de Darwin era o pleno conhecimento da comunidade científica da época das leis de Mendel, da mutação e da recombinação genética.
- 08) O principal problema das propostas de Darwin era a falta de teorias que explicassem a origem e a transmissão das variações para dar um embasamento à teoria da seleção natural.
- 16) Em sua teoria, Darwin afirmou que a seleção natural é um processo aleatório, sem o favorecimento de uma variante fenotípica. Darwin também descreveu em sua teoria que a variabilidade genética de uma população é resultado dos processos de mutação e recombinação.

25. (Ufpr 2017) Considere duas populações de uma espécie de mamífero. Na população I os animais têm coloração da pelagem clara e habitam ambientes de campo aberto. Na população II eles têm coloração escura e habitam ambientes de floresta densa. O gene F é responsável pela coloração da pelagem nessa espécie de mamífero. O alelo F (completamente dominante) confere

coloração escura, e o alelo f (recessivo), coloração clara. Nesse sentido, a seleção natural sobre essas populações é do tipo:

- a) direcional a favor da pelagem escura, o que pode levar à extinção da população I.  
b) disruptiva, desfavorecendo os heterozigotos, o que pode levar à especiação.  
c) direcional, favorecendo apenas os homozigotos FF nas duas populações.  
d) estabilizadora, com os heterozigotos (Ff) igualmente adaptados aos dois ambientes.  
e) disruptiva, o que pode levar à extinção de ambas as populações.

26. (Uece) Relacione corretamente as teorias da evolução apresentadas a seguir às suas descrições, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

Coluna I

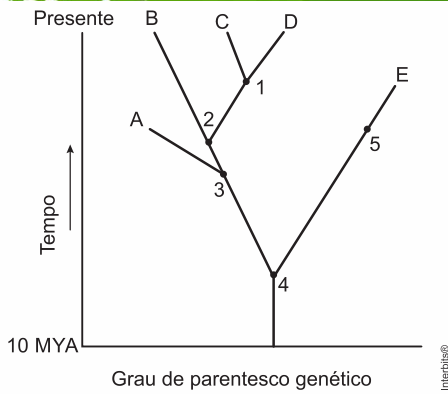
Coluna II

- |                  |  |
|------------------|--|
| 1. Lamarkismo    | ( ) Postula que a evolução prossegue em grandes saltos por meio de macromutação, uma grande mudança entre progenitor e prole que é herdada geneticamente.  |
| 2. Darwinismo    | ( ) Postula que devido à seleção natural, formas mais adaptadas à sobrevivência deixam uma descendência maior enquanto as menos adaptadas terão sua frequência diminuída.  |
| 3. Mutacionismo  | ( ) Primeira teoria proposta para explicar a evolução biológica. Postula que as características adquiridas pelo uso intenso ou pelo desuso dos órgãos poderiam ser transmitidas à descendência.                          |
| 4. Neodarwinismo | ( ) Teoria que incorpora as explicações genéticas para a origem da diversidade das características nos indivíduos de uma população, assim como os conhecimentos de sistemática, embriologia, paleontologia e morfologia. |

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) 2, 1, 4, 3. b) 4, 3, 2, 1. c) 1, 4, 2, 3.  
d) 3, 2, 1, 4.

27. (Pucrj) Cladogramas são diagramas que indicam uma história comum entre espécies ou grupos de seres vivos. No cladograma abaixo, os números representam os ancestrais e as letras, as espécies.



Em relação ao cladograma acima, considere as seguintes afirmativas:

- I. O ancestral comum das espécies C e E é o número 4.
- II. As duas espécies que estão mais estreitamente relacionadas entre si são C e D.
- III. As espécies A e E estão extintas.
- IV. As espécies B, C e D formam um grupo monofilético.

Está correto o que se afirma em:

- a) Apenas I, III e IV
- b) Apenas I, II e III
- c) Apenas I, II, IV
- d) Apenas II, III e IV
- e) I, II, III e IV

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:** [D]

**Resposta da questão 2:** [B]

**Resposta da questão 3:** [A]

**Resposta da questão 4:** [D]

**Resposta da questão 5:**  
a) O tipo de adaptação é de mimetismo, em que duas espécies compartilham alguma semelhança reconhecida por outras espécies, o que confere vantagens contra predadores.

b) A afirmação está de acordo com Lamarck, baseando-se na lei da transmissão de caracteres adquiridos, onde uma característica desenvolvida seria passada aos descendentes.

**Resposta da questão 6:**  
[D]

[III] Incorreta. Durante a evolução humana, o volume craniano aumentou.

**Resposta da questão 7:**  $01 + 02 + 32 = 35$ .

**Resposta da questão 8:** [D]

**Resposta da questão 9:** [C]

**Resposta da questão 10:** [E]

**Resposta da questão 11:**

a) Os artrópodes secretam um exoesqueleto constituído por quitina, um polissacarídeo. Os vertebrados são dotados de um endoesqueleto predominantemente ósseo e rico em fosfato de cálcio.

b) A seleção natural é o fator evolutivo que age sobre as variações, preservando aquelas que são favoráveis para a sobrevivência e reprodução das espécies. Os machos com os "chifres" maiores, designados por G, obtêm maior sucesso na cópula e transmitem esse traço para a maioria dos descendentes, configurando a ação da seleção sexual.

**Resposta da questão 12:**  
[C]

Os antibióticos selecionam as variedades de bactérias naturalmente resistentes, eliminando as sensíveis.

**Resposta da questão 13:**  
Teoria endossimbionte. Relação ecológica: mutualismo.

A célula hospedeira pode utilizar mais energia ou o oxigênio; as bactérias aeróbias obtêm proteção ou um ambiente controlado.

**Resposta da questão 14:** [C]

**Resposta da questão 15:**

- a) Órgãos homólogos são aqueles em que os animais apresentam ancestral comum, podendo ou não desempenhar a mesma função.
- b) Os órgãos homólogos são considerados evidências da evolução biológica, pois algumas características entre animais estão ligadas a um ancestral comum, que se adaptaram ao longo do tempo, apresentando a mesma função ou não. Outra evidência evolutiva são os órgãos análogos, que apresentam origens ancestrais diferentes, mas com a mesma função.

**Resposta da questão 16:**

- a) Deriva genética, que modifica a frequência de alguns alelos, consequentemente, predominando certas características na população.
- b) Não, pois ainda haverá indivíduos heterozigotos na população, apresentando uma cópia do gene recessivo.

**Resposta da questão 17:**

a) A **irradiação adaptativa** corresponde ao aparecimento de diferentes espécies, em diferentes ambientes, a partir de uma única espécie, que origina todas as outras por meio de seleção natural. Isso ocorre quando essa espécie original se espalha, ocupando outros ambientes onde as condições são diferentes. Como em cada um deles a seleção natural agirá para permitir a sobrevivência dos indivíduos mais bem adaptados, ao longo do tempo deverá haver em cada local diferentes grupos, formando diferentes espécies, cada uma adaptada ao seu meio.

b) **Convergência adaptativa** é o fenômeno evolutivo em que organismos de diferentes espécies, mas que vivem em um mesmo tipo de ambiente, acabam adquirindo semelhanças morfológicas pelo processo evolutivo, graças à seleção natural. Como o ambiente é o mesmo, a pressão seletiva é a mesma para as diferentes espécies, levando a um resultado parecido.

**Resposta da questão 18:** [C]

**Resposta da questão 19:** [E]

**Resposta da questão 20:**

A afirmação sobre os gorilas serem ancestrais dos humanos está errada. De acordo com os princípios da biologia evolutiva, os gorilas e os homens compartilham um ancestral comum.

Os gorilas e os humanos são espécies próximas porque apresentam semelhanças nas sequências de nucleotídeos de seu DNA e, portanto, de aminoácidos em suas proteínas.

**Resposta da questão 21:** [C]

**Resposta da questão 22:**  $01 + 04 = 05$ .

**Resposta da questão 23:** [B]

**Resposta da questão 24:**  $02 + 08 = 10$ .

**Resposta da questão 25:** [B]

**Resposta da questão 26:** [D]

**Resposta da questão 27:** [E]

## AULA 9: GENÉTICA DE POPULAÇÕES

- \_ Teoria que avalia se a população está evoluindo.
- \_ Como teoria neodarwinista utiliza denominações próprias
- \_ Objetivo é estudar o pool gênico

OBS: FATORES QUE EVOLUEM: MUTAÇÃO, SELEÇÃO, DERIVA, MIGRAÇÃO, CRUZAMENTOS PREFERENCIAIS

- \_ EQUILÍBRIO DE HARDY HEIMBERG:

a. Freq. Alélica gênica

$$F(A) = p$$

$$F(a) = q$$

$$P + q = 1$$

b. Freq. Genotípica

$$P^2 = AA$$

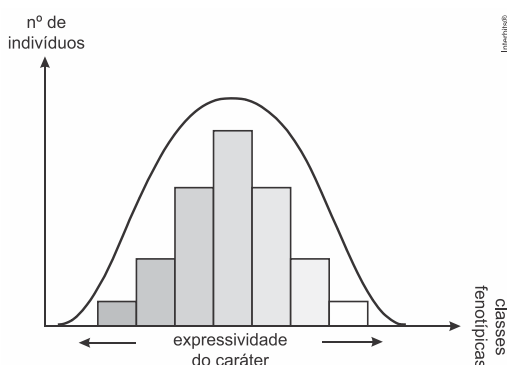
$$Q^2 = aa$$

$$2pq = Aa$$

$$P^2 + 2pq + q^2 = 1$$

### EXERCÍCIOS

1. (Pucrs 2018) Para responder à questão, analise o gráfico, que representa diferentes classes fenotípicas de uma característica genética em população com equilíbrio de Hardy-Weinberg, e as afirmativas.



- I. O gráfico exemplifica um caso de herança quantitativa.
- II. As sete classes fenotípicas podem resultar da interação de seis alelos.
- III. A distribuição normal apresenta indivíduos heterozigotos em suas extremidades.

Está/Estão correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- a) I.
- b) III.
- c) I e II.

d) II e III.

2. (G1 - utfpr 2017) Uma determinada espécie de animais, comumente criada pelo homem, apresenta várias raças distintas. O surgimento dessas diferentes raças se deve a:

- a) mutações genéticas provocadas artificialmente pelo homem.
- b) seleção e isolamento reprodutivo de indivíduos com mutações genéticas ocorridas naturalmente.
- c) cruzamento de espécies diferentes para a obtenção de híbridos que formam as diferentes raças.
- d) pelo confinamento de indivíduos da mesma espécie em diferentes lugares, promovendo assim a variação genética.
- e) cruzamento de indivíduos comuns da espécie com indivíduos híbridos.

3. (Pucpr 2017) Leia o texto a seguir.

#### **A ameaça da erosão genética**

Pesca excessiva do tucunaré na Amazônia está diminuindo a variabilidade de genes dessa espécie. Um estudo com o peixe tucunaré, muito consumido por populações do Norte do Brasil, mostra que a ação humana pode estar provocando o empobrecimento genético de



suas populações.

Fonte:  
<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2009/259/a-ameaca-da-erosao-genetica/?searchterm=genetica>  
Acesso: 02 de maio de 2016.

Dentre os riscos gerados pelo empobrecimento genético das populações, destaca-se

- aumento da competição entre indivíduos da mesma espécie gerando um canibalismo.
- redução da capacidade de reprodução decorrente da seleção de características autossômicas dominantes.
- redução da variabilidade, importante garantia da sobrevivência da espécie, uma vez que permite a adaptação às mudanças no ambiente.
- deriva gênica, típica de populações com grande número de indivíduos que apresentam pouca variabilidade.
- seleção estabilizadora que escolhe indivíduos com características muito discrepantes entre si.

4. (Acafe) Acerca das informações a seguir, assinale a alternativa **correta**.

Por volta de 1900, o médico austríaco Karl Landsteiner verificou que, quando amostras de sangue de determinadas pessoas eram misturadas, em alguns casos, as hemácias se aglutinavam. Essa aglutinação ocorre devido à reação de antígenos (aglutinogênio) presentes na membrana das hemácias e anticorpos (aglutininas) presentes no plasma sanguíneo. No sistema sanguíneo ABO, a presença do antígeno é condicionada por alelos múltiplos:  $I^A$ ,  $I^B$  e  $i$ .

Em certa população, a frequência desses genes está assim distribuída:  $I^A = 35%$ ,  $I^B = 5%$  e  $i = 60%$ .

- Espera-se que menos de 1% da população (0,17%) seja do grupo sanguíneo AB.
- Analisando-se a frequência do alelo  $i$ , pode-se dizer que o tipo sanguíneo mais frequente nessa população é o grupo sanguíneo O (ii).
- Nessa população, a maioria das pessoas (54,25%) são do grupo sanguíneo A.
- A frequência esperada de indivíduos do grupo sanguíneo B é de aproximadamente 0,25%.

5. (Pucrj 2017) Em uma determinada população humana, o locus A está em equilíbrio.

| Genótipo | Número de indivíduos |
|----------|----------------------|
| AA       | 16.200               |
| Aa       | 3.600                |
| aa       | 200                  |

Considerando a tabela acima, marque a opção que corresponde à frequência do alelo A e à frequência de heterozigotos, respectivamente.

- 90% e 9%
- 10% e 18%
- 90% e 1%
- 90% e 18%
- 10% e 81%

6. (Unesp 2017) Em uma ilha isolada, havia uma população de roedores cuja cor da pelagem era determinada pelos alelos A e a. O alelo dominante determinava pelagem escura e o alelo recessivo determinava pelagem clara. A proporção genotípica para cada 100 indivíduos era de 50 homozigotos recessivos, 30 homozigotos dominantes e 20 heterozigotos. Um terremoto local separou a ilha em duas porções de terra, uma maior e outra menor, e cada uma ficou com a metade da população inicial de roedores, sem que houvesse fluxo de animais entre as porções. Casualmente, na porção menor, não havia roedores de pelagem clara e as condições ambientais mudaram drasticamente. Uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara nessa ilha. Após décadas, biólogos constataram que a população da ilha menor constituía uma nova espécie.

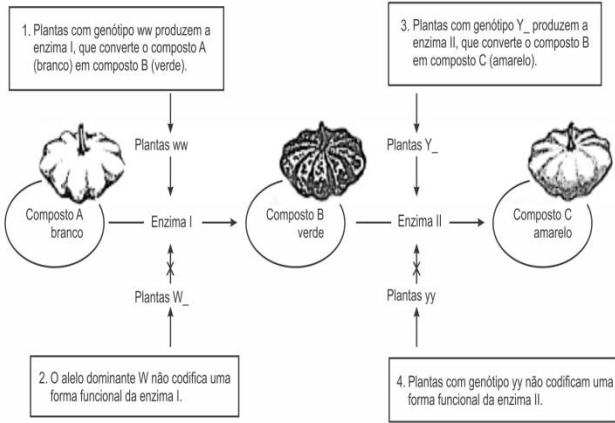
Qual a frequência do alelo recessivo na população da ilha antes do terremoto? Por que, uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara na ilha menor? Explique como a seleção natural contribuiu para a formação da nova espécie de roedores na ilha menor.

7. (Pucrj 2016) O daltonismo em humanos é uma característica recessiva ligada ao X. Aproximadamente 10% dos homens em uma determinada população são daltônicos.

- Explique por que é muito mais comum homens daltônicos do que mulheres daltônicas.
- Assumindo-se que a população está em equilíbrio, qual a frequência do alelo de daltonismo nessa população?
- Qual a proporção esperada na humanidade de mulheres heterozigotas portadoras do alelo de daltonismo?

8. (Ufsc 2016) Considere a via bioquímica de produção do pigmento amarelo em abóboras representada abaixo.





LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. Bio. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013, p. 225, v. 2. [Adaptado].

Suponha as seguintes frequências alélicas em determinada população em equilíbrio de plantas que produzem abóboras:

- 50% W e 50% w
- 40% Y e 60% y

Sobre a genética e evolução e com base no que foi apresentado, é **CORRETO** afirmar que:

- 01) nesta população, há menos plantas produtoras de abóboras verdes do que de amarelas.
- 02) o alelo W é epistático em relação aos alelos Y e y.
- 04) espera-se, nesta população, uma distribuição de 50% de plantas que produzam abóboras brancas e 50% de plantas que produzam abóboras coloridas.
- 08) uma população está em equilíbrio, com as frequências alélicas e genotípicas constantes ao longo das gerações, quando ocorre seleção natural e deriva gênica.
- 16) o genótipo das plantas produtoras de abóboras verdes é wwyy.

9. (Pucrj) Uma população de besouros está em equilíbrio para um determinado locus gênico A, apresentando, para o alelo A, frequência igual a 0,7; e, para o alelo a, frequência igual a 0,3. As frequências para os genótipos AA, Aa e aa são, respectivamente, as seguintes:

- a) 0,42; 0,09; e 0,49.
- b) 0,49; 0,09; e 0,42.
- c) 0,49; 0,42; e 0,09.
- d) 0,42; 0,49; e 0,09.
- e) 0,09; 0,49; e 0,42.

10. (Pucrj) Alguns pressupostos devem ser considerados para que uma determinada população esteja em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Marque a opção que indica corretamente um desses pressupostos.

- a) Ocorrem mutações na população.
- b) Os genes alelos estão sujeitos à seleção natural.
- c) Os cruzamentos não devem ocorrer aleatoriamente.

- d) O tamanho populacional é infinito.
- e) Ocorre migração na população.

11. (Pucrj) Se o fenótipo albinismo ocorre em 1 para 10.000 indivíduos de uma população em equilíbrio, e o albinismo é causado por um alelo autossômico recessivo a, a frequência aproximada de heterozigotos na população será de:

- a) 0,01 b) 0,02 c) 0,1 d) 0,2 e) 0,0001

12. (Fgv) Em uma população caracterizada pelo equilíbrio gênico de Hardy-Weinberg, com todos os pressupostos que o tornam válido, a frequência de homozigotos recessivos para um par de alelos autossômicos é 0,49. Com base nessa informação, estima-se que, nessa mesma população, a frequência de heterozigotos seja

- a) 0,03. b) 0,07. c) 0,21. d) 0,42. e) 0,51.

13. (Udesc 2016) Considere que em uma determinada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg existe um gene com dois alelos com relação de dominância entre si. Sabendo-se que a frequência do alelo recessivo nesta população é de 0,3, a frequência esperada de indivíduos com a característica dominante é de:

- a) 91% b) 50% c) 25% d) 75% e) 12,5%

14. (G1 - ifpe) A Anemia Falciforme é uma doença hereditária, que, diante de certas condições, altera a forma dos glóbulos vermelhos os quais se tornam parecidos com uma foice. A doença originou-se na África e foi trazida às Américas pela imigração forçada de escravos. No Brasil, distribui-se heterogeneamente, sendo mais frequente onde a proporção de antepassados negros é maior. Além de estar presente na África e na América, é hoje encontrada em toda Europa e em grandes regiões da Ásia. No Brasil, a doença é predominante entre negros e pardos, também ocorrendo entre os brancos. No sudeste do Brasil, a equivalência média de heterozigoto (portadores) é de 2%, valor que sobe cerca de 6 a 10% entre negros. Estima-se o nascimento de 700–1.000 novos casos anuais de Doença Falciforme, sendo um problema de saúde pública no Brasil.

Com relação à genética da anemia falciforme na população do Brasil, podemos afirmar que

- a) a emigração é o único fator evolutivo que pode alterar o equilíbrio gênico.
- b) a mutação sempre mantém constante o equilíbrio gênico, sem anemia falciforme.
- c) casais heterozigotos nunca poderiam ter uma prole homozigota recessiva.
- d) a imigração não representa um fator evolutivo e mantém o equilíbrio gênico.
- e) a migração, mutação e seleção natural afetam o equilíbrio gênico.

15. (Upe)

©GREG BARSH / RESERVA ANN VAN DYK



Mutação determina diferença entre guepardo pintado (esquerda) e sua versão real

Leia o texto a seguir:

O gene chamado *Taqpep* regula os padrões de cor no corpo de felinos e se manifesta – com (guepardo real -  $tt$ ) ou sem mutação (guepardo pintado -  $TT$ ) – quando o animal ainda está no útero. Posteriormente, o gene *Edn3* controla a cor do pelo e induz à produção de pigmento escuro (manchas, pintas e listras) nas áreas preestabelecidas pelo *Taqpep*, importante para camuflagem no ambiente, podendo favorecer ou desfavorecer a adaptação dessa espécie. Em uma população de 100 guepardos, os genótipos estão distribuídos da seguinte forma: 36 são  $TT$ , 16 são  $tt$  e 48 são heterozigotos  $Tt$ .

Em relação a essas informações, é CORRETO afirmar que

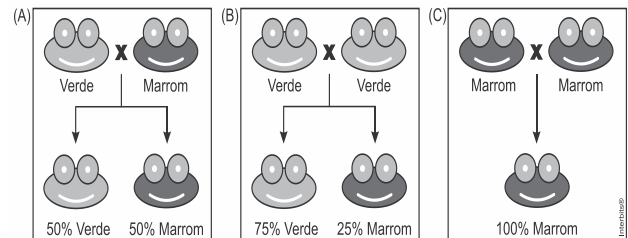
- as frequências alélicas e genotípicas dessa população felina são, respectivamente,  $p^2 = 0,36$ ,  $2pq = 0,48$  e  $q^2 = 0,16$  e  $p = 0,6$  e  $q = 0,4$ .
- nessa população de guepardos, as frequências gênicas se manterão de forma constante, indefinidamente, visto não haver nenhum fator evolutivo em ação.
- nesse exemplo, o fator que impede a manutenção do equilíbrio de Hardy-Weinberg é a deriva em razão do grande tamanho populacional dos guepardos reais.
- o processo pelo qual um alelo se transforma em outro, a mutação, pode afetar o equilíbrio gênico dessa população de guepardos.
- os genes citados no texto exemplificam a ação de alelos, localizados nos mesmos locos de cromossomos distintos que agem conjuntamente na determinação do equilíbrio de Hardy-Weinberg.

16. (Ueg) Em uma população hipotética de estudantes universitários, 36% dos indivíduos são considerados míopes. Sabendo-se que esse fenótipo é associado a um alelo recessivo "a", as frequências genotípicas podem ser calculadas pela fórmula de Hardy-Weinberg. Nesse contexto, as frequências de  $AA$ ,  $Aa$  e  $aa$  correspondem a

- 58%, 24% e 18%
- 40%, 24% e 36%
- 34%, 48% e 18%
- 16%, 48% e 36%

17. (Uel) 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.



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

18. (Ufrgs) Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes aos mecanismos de mudança evolutiva.

- O equilíbrio de Hardy-Weinberg descreve uma situação modelo na qual as frequências alélicas mudam ao longo das gerações.
- As mutações são fonte de variabilidade, pois ocorrem em taxas elevadas para a maioria dos locos estudados.
- O movimento de gametas entre populações, referido como fluxo gênico, pode alterar as frequências alélicas de uma população.
- Quando uma população passa por um evento de gargalo populacional, a variação genética pode ser reduzida por deriva genética.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- V - V - F - V.
- V - F - V - F.
- F - V - V - F.
- F - F - V - V.
- V - F - F - V.

19. (Fgv) Uma determinada característica genética de um grupo de animais invertebrados é condicionada por apenas um par de alelos autossômicos. Estudos de genética de populações, nestes animais, mostraram que a frequência do alelo recessivo é três vezes maior que a





frequência do alelo dominante, para a característica analisada em questão.

A quantidade esperada de animais com genótipo heterozigoto, em uma população com 4 800 indivíduos, em equilíbrio gênico, será igual a

a) 900. b) 1 200. c) 1 800. d) 2 400. e) 3 600.

### Gabarito:

**Resposta da questão 1:** [C]

**Resposta da questão 2:** [B]

**Resposta da questão 3:** [C]

**Resposta da questão 4:** [C]

**Resposta da questão 5:** [D]

### Resposta da questão 6:

A frequência do alelo recessivo da ilha antes do terremoto é igual a 60%. O nascimento de animais com a pelagem clara na ilha menor ocorreu como consequência do acasalamento de animais heterozigotos (Aa). A seleção natural determinou a sobrevivência dos animais cujas variações levaram ao isolamento reprodutivo com os animais da ilha maior.

### Resposta da questão 7:

a) Sendo uma condição recessiva ligada ao cromossomo X, é necessário que as mulheres tenham duas cópias do alelo do daltonismo (herdadas do pai e da mãe), já que as mulheres são o sexo homogamético. Os homens manifestam o daltonismo com apenas uma cópia do alelo, já que só têm um cromossomo X herdado matematicamente.

b) Em genes ligados ao sexo, as frequências genotípicas serão  $p^2$ ,  $2pq$  e  $q^2$  para os genótipos  $X_A X_A$ ,  $X_A X_a$  e  $X_a X_a$  do sexo homogamético, e serão iguais a  $p$  e  $q$  (ou seja, iguais às frequências alélicas) nos genótipos  $X_A Y$  e  $X_a Y$  do sexo heterogamético. Assim, frequência de homens daltônicos =  $q = 10\% = 0,1$ .

c) Mulheres portadoras =  $X_A X_a = 2pq = 2 \times (1 - 0,1) \times 0,1 = 0,18$  ou 18%.

**Resposta da questão 8:**  $01 + 02 + 16 = 19$ .

**Resposta da questão 9:** [C]

**Resposta da questão 10:** [D]

**Resposta da questão 11:** [B]

**Resposta da questão 12:** [D]

**Resposta da questão 13:** [A]

**Resposta da questão 14:** [E]

**Resposta da questão 15:** [D]

**Resposta da questão 16:** [D]

### Resposta da questão 17:

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%.

**Resposta da questão 18:** [D]

**Resposta da questão 19:** [C]

alelos: A (dominante) e a (recessivo)

frequência de A =  $f(A) = x$

frequência de a =  $f(a) = 3x$

população em equilíbrio genético:

$$f(A) + f(a) = 1$$

$$x + 3x = 1$$

$$4x = 1$$

$$x = \frac{1}{4}$$

$$f(A) = \frac{1}{4} \text{ e } f(a) = \frac{3}{4}$$

$$f(Aa) = 2 \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de indivíduos } Aa = \frac{3}{8} \times 4800 = 1800.$$

