

### 1. BIOTECNOLOGIA E ENGENHARIA GENÉTICA

A clonagem de DNA em bactérias possibilitou a tecnologia do DNA recombinante permitindo a produção do primeiro hormônio sintético do mundo, a insulina. Segundo estimativas da Organização Mundial de Saúde, o número de portadores de Diabetes chega a quase 200 milhões de pessoas, representando 9% da mortalidade mundial e sendo a 12ª causa de morte no mundo. A técnica de DNA recombinante consiste no isolamento de genes de interesse, conduzidos por técnicas de clonagem molecular. A sequência de interesse é inserida pela enzima DNA ligase ao componente bacteriano; os fragmentos de DNA são incorporados ao genoma do microrganismo, modificando-o. O DNA agora é chamado de DNA recombinante, o qual é introduzido nas bactérias que se multiplicam e podem produzir essas novas moléculas recombinantes.

- a) Qual componente bacteriano torna possível um organismo unicelular procarioto produzir a insulina recombinante?
- b) Qual a vantagem do processo da clonagem gênica para o tratamento de doenças como o Diabetes?

2. O equilíbrio de Hardy-Weinberg é um princípio que atesta que a variação genética em uma população permanece constante de uma geração a outra na ausência de fatores que geram perturbações.

- a) Explique como a seleção natural pode interferir no equilíbrio de Hardy-Weinberg.
- b) A fragmentação florestal promove a redução do tamanho das populações, nas quais a deriva genética tem mais chances de acontecer, em função do efeito gargalo ou do efeito do fundador. Explique como esses efeitos estão relacionados com a deriva genética.

3. Na coloração da pelagem de uma espécie animal, que produz um filhote por gestação, a expressão do alelo dominante **B** condiciona pelagem preta. O alelo recessivo **b** condiciona pelagem branca. Levando em consideração a expressão dos alelos e o cruzamento entre dois indivíduos heterozigotos, responda as questões abaixo:

- a) Quais seriam as colorações atribuídas aos genótipos BB, Bb e bb nesta espécie?
- b) Qual é a probabilidade de o casal gerar, em três gestações, 2 filhotes brancos e um preto?
- c) Qual é a probabilidade de o casal gerar, em três gestações, um filhote branco, um preto e outro branco nesta ordem?

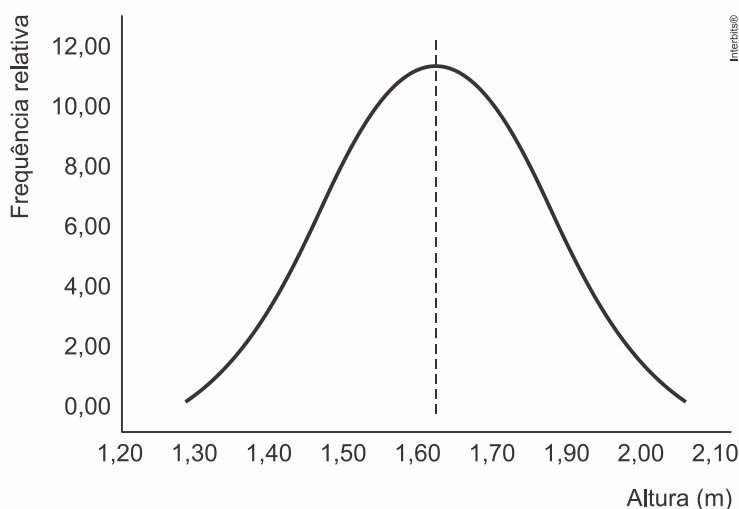
4. *Vivem hoje no Brasil 300 mil portadores da síndrome de Down, caracterizada pelo porte de três cromossomos de número 21. Estudos brasileiros indicam que existe aproximadamente um caso para cada 700 nascimentos e que a cada ano são descobertos cerca de 8 mil novos casos.*

Fonte: <<http://www.danonebaby.com.br/saude/sindrome-de-down-saiba/>>; Acessado em 09/07/2019.

- a) Em relação à síndrome de Down, quais são as duas mutações cromossômicas que resultam nesse diagnóstico?
- b) Qual o mecanismo que ocorre nos gametas paternos ou maternos que explica as mutações cromossômicas mais frequentes?
- c) Assuma que um dos progenitores seja portador para a mutação cromossômica em questão e, portanto, não manifeste o fenótipo. Qual a probabilidade do casal ter um filho com síndrome de Down?

5. Algumas características fenotípicas apresentam padrões de herança complexos, que dependem da interação entre diferentes genes.

- a) O que significa dizer que um gene é pleiotrópico, ou seja, que ocorreu uma pleiotropia?
- b) A figura abaixo apresenta uma curva de distribuição da altura de plantas de girassol em um cultivo. Cite e caracterize qual é o tipo de herança que está relacionado a esse padrão de distribuição fenotípica.



c) Sabe-se que a coloração da pelagem em camundongos apresenta um padrão de herança do tipo epistasia recessiva. Os animais com genótipo  $A\_C\_$  apresentam coloração aguti,  $aaC\_$  são pretos, enquanto aqueles com genótipo  $A\_cc$  ou  $aacc$  são albinos, pois o alelo recessivo em homozigose inibe a formação normal do pigmento. Qual a proporção fenotípica esperada na prole de um cruzamento duplo-heterozigoto?

6. Uma determinada espécie vegetal é composta de flores de três cores: vermelhas, rosas e brancas. Uma população desta espécie é composta de 30 indivíduos com flores vermelhas (com genótipo  $AA$ ), 50 indivíduos com flores rosas (genótipo  $Aa$ ) e 20 indivíduos com flores brancas (genótipo  $aa$ ).

- Quais as frequências dos alelos  $A$  e  $a$  nesta população?
- Se esta população se acasalar ao acaso, qual a frequência na descendência de indivíduos com o genótipo  $Aa$ ?
- Explique como a seleção natural atuaria sobre as frequências alélicas desta população.

7. Um dos objetivos das pesquisas com células-tronco humanas é a sua utilização na regeneração de órgãos e tecidos. Diversos estudos têm debatido as vantagens de utilizar células-tronco embrionárias e/ou adultas.

Sobre este assunto responda:

- Com relação à capacidade de diferenciação celular, o que distingue as células-tronco embrionárias das células-tronco adultas?
- Em que momento do desenvolvimento embrionário são comumente extraídas as células tronco-embrionárias?
- Apesar do destaque dado pela mídia para os novos experimentos, a clonagem ocorre na natureza e é realizada pelo ser humano há séculos. Dê um exemplo que justifique esta afirmativa.

8. *“A produção de flores no Brasil não enfrenta crise em 2016 e deve continuar crescendo e fechar o ano com 5% de crescimento. Em 2015, a produção e o comércio faturaram juntos R\$ 6,1 bilhões, registrando 8% de crescimento”*

<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/agro-a-industria-riqueza-do-brasil/noticia/2016/09/producao-de-flores-cresce-no-brasil-em-2016.html>

Um produtor de flores, na tentativa de atender ao mercado, realizou cruzamentos entre variedades de orquídeas. Indivíduos completamente heterozigotos com flores de coloração variegada foram cruzados. Na descendência, ele observou 48 indivíduos que possuíam flores de cor variegada (27), roxa (9) e branca (12).

Pergunta-se:

- Que tipo de herança explica os resultados obtidos?
- Apresente o genótipo dos genitores. Apresente os genótipos da descendência com a proporção de cada um deles. Utilize as letras  $A$  e  $B$  para simbolizar cada gene.

<i>Genitores</i>	<i>Descendentes</i>

c) O produtor recebeu uma encomenda de 50 flores brancas e 50 flores roxas. Considerando que em cada cruzamento são obtidos 32 indivíduos, qual o número mínimo de cruzamentos a serem realizados para ele atender à demanda.

9. 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	pelagem negra
b	pelagem branca
S	pelagem curta
s	pelagem longa

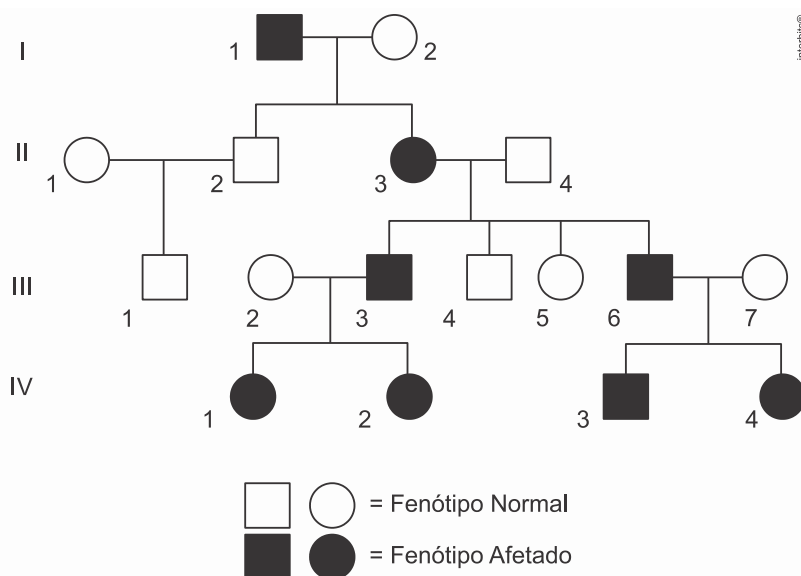
Sobre o cruzamento de um gato macho (BbSs) com uma gata fêmea (bbSS), responda:

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

10. 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:

- Quais são as porcentagens em que se segregam os gametas de um genótipo AB/ab?
- Quais são os gametas recombinantes?
- Se o indivíduo citado (AB/ab) for cruzado com um duplo-recessivo, como serão os genótipos dos descendentes e em que proporção aparecerão?

11. Aconselhamento genético é um processo que serve para o portador de qualquer doença hereditária e seus familiares conhecerem as consequências e também a probabilidade de ser transmitida para os descendentes. Com base em uma investigação inicial através de questionários, foi possível construir o heredograma que se segue:



Pergunta-se:

- a) Qual é o padrão de herança nessa genealogia?
- b) Explique quais indivíduos do heredograma permitiram chegar à conclusão da letra “a”?
- c) Qual é a probabilidade de o indivíduo II.2 ter um próximo filho com fenótipo afetado?

12. A meiose é o processo de divisão celular que promove a separação dos cromossomos homólogos, formando gametas que carregam apenas um alelo de cada gene. Diante do exposto, responda ao que se pede.

- a) Explique como o resultado da meiose em um organismo heterozigoto (Aa) está relacionado à proporção genotípica 1 AA: 2 Aa: 1 aa observada na prole de cruzamentos entre dois indivíduos heterozigotos (Aa x Aa).
- b) Explique como o resultado da meiose em um organismo heterozigoto para dois genes localizados em cromossomos diferentes (AaBb) está relacionado à proporção genotípica 1 aabb: 1 aaBb: 1 AaBb: 1 Aabb observada na prole de cruzamentos AaBb x aabb.

13. Em uma espécie de mamíferos, a pelagem pode ser longa ou curta, de acordo com a combinação de alelos do gene autossômico L (LL ou Ll = pelos curtos e ll = pelos longos). A cor da pelagem pode ser amarela, creme ou branca, de acordo com a combinação dos alelos do gene autossômico C ( $C^A C^A$  = amarela,  $C^A C^B$  = creme e  $C^B C^B$  = branca). Considerando essas informações, indique as proporções genotípicas e fenotípicas para a prole dos seguintes cruzamentos:

- a) (fêmea) Ll e (macho) Ll.
- b) (fêmea)  $LLC^A C^A$  e (macho)  $llC^B C^B$ .
- c) (fêmea)  $LlC^A C^B$  e (macho)  $llC^B C^B$ .

14. A Ilha dos Lençóis, situada no norte do estado do Maranhão, a 200km da costa, já registrou uma das maiores taxas de albinismo do mundo. Como passam a maior parte do tempo expostos ao sol, a maioria dos albinos da ilha se tornam portadores do câncer de pele e morrem antes de completar 30 anos de vida. Essa sensibilidade ao sol se deve ao fato de essa herança ser caracterizada pela ausência de pigmento na pele, nos olhos e nos cabelos.

<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/sepultada-a-albina-mais-antiga-da-ilha-dos-lencois-no-norte-do-ma.ghtml>.

Sabendo que o albinismo é um exemplo clássico de herança mendeliana na espécie humana,

- a) descreva o cruzamento entre um casal de heterozigotos (Aa) para o albinismo.
- b) indique a probabilidade de haver na descendência um filho albino.

15. 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.

(Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL1381806-5603,00-BEBE+SOBREVIVE+APOS+TRANSFUSOES+DE+SANGUE+AINDA+NO+UTERO.html>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

Com base no texto, responda aos itens a seguir.

- a) Considerando que a eritroblastose fetal é uma doença de herança autossômica monogênica, qual a probabilidade de Melanie e seu marido (heterozigoto 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.
- b) Qual órgão formado por tecidos maternos e embrionários permitiu que a primeira gestação de Melanie Tanner fosse normal? Cite três funções desse órgão.

16. O albinismo, caracterizado pela ausência do pigmento melanina, é uma característica mendeliana, determinada por um par de alelos recessivos. Analise as duas situações abaixo, responda às perguntas e justifique cada uma das respostas.

- Um homem heterozigoto para o albinismo é casado com uma mulher albina. Quais os genótipos e os respectivos fenótipos de seus prováveis filhos?
- Se esse mesmo homem casar com uma mulher heterozigota, qual a probabilidade de nascer uma criança albina?

17. Em uma certa espécie de abelhas, a cor dos olhos é condicionada por uma série de alelos múltiplos com a seguinte relação de dominância:

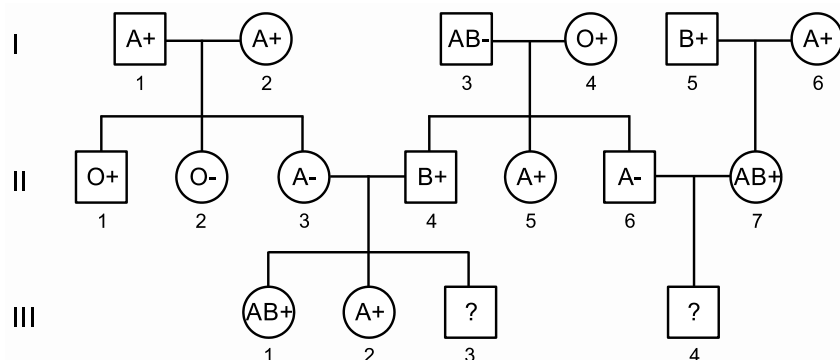
$$b^m > b^p > b^n > b^c > b$$

(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:

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

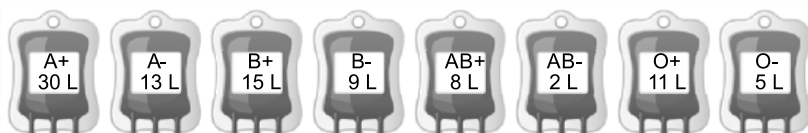
18. O heredograma abaixo é uma representação gráfica da herança dos sistemas ABO e Rh em uma família hipotética. As informações contidas nos símbolos são referentes aos fenótipos dos indivíduos.



Legenda: Sexo masculino Sexo feminino Informações fenotípicas ocultadas

Com base nas informações presentes no heredograma, responda às seguintes perguntas.

- Qual o padrão de herança do sistema Rh negativo?
- Indique em percentual (aproximação de duas casas decimais) a probabilidade de o indivíduo III-3 ser do grupo sanguíneo O.
- Indique qual(is) indivíduo(s) do heredograma é(são) COM CERTEZA duplo-homozigoto.
- Em um banco de sangue, estão armazenados 93 litros de sangue distribuídos entre os diversos tipos sanguíneos, conforme abaixo:



Obs.: a representação gráfica das bolsas é apenas ilustrativa.

Sabendo-se que o indivíduo III-4 não deve receber sangue do tipo sanguíneo dos seus pais, avós, tios e primas representados no heredograma, qual o volume total em litros de sangue que esse banco tem disponível para pessoas com o mesmo tipo sanguíneo desse indivíduo?

Considere que as transfusões sanguíneas não podem provocar aglutinação das hemácias recebidas devido à incompatibilidade quanto ao sistema ABO nem provocar sensibilização devido à incompatibilidade quanto ao

sistema Rh.

19. Uma mulher que apresenta tipo sanguíneo B tem um filho cujo tipo sanguíneo é O. Ela vai à justiça atribuindo a paternidade da criança a um homem cujo tipo sanguíneo é AB. Se você fosse consultado pelo juiz, qual seria seu parecer? Justifique.

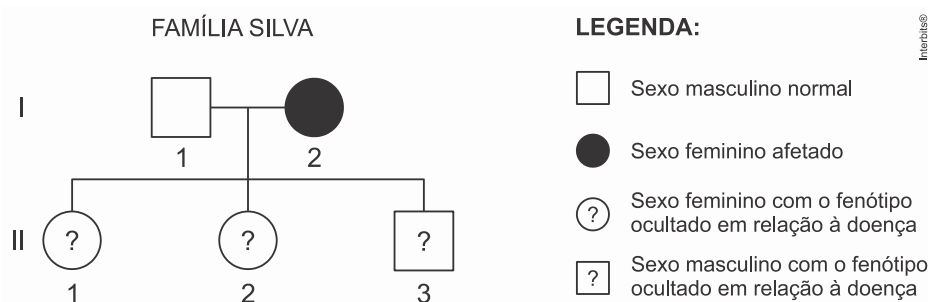
20. Uma característica marcante dos felinos é sua grande variedade de cores. É comum encontrar gatos de diferentes colorações dentro da mesma ninhada. As cores dos gatos não correspondem a uma raça, conceito que obedece a vários parâmetros para classificar diferentes populações de uma mesma espécie, de acordo com suas características genotípicas ou fenotípicas. Nos gatos domésticos, a herança do padrão de cor de pelagem malhada é bastante peculiar. Os machos e as fêmeas podem ser *malhados, com pelos pretos e pelos brancos*, ou podem ser *malhados, com pelos amarelos e pelos brancos*. Apenas as fêmeas podem possuir as três cores, com *pelos pretos, amarelos e brancos* simultaneamente (fenótipo cálico). A cor branca (ausência de pigmentos) dos pelos é condicionada por um gene autossômico, e tanto o macho quanto a fêmea podem ou não expressá-lo.



Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Qual seria a descendência do cruzamento entre um gato malhado preto e branco e uma gata malhada amarela e branca?
- Se um dos descendentes machos do cruzamento anterior fosse cruzado com uma fêmea de fenótipo cálico, quais seriam os genótipos e fenótipos dos descendentes?
- Gatos machos poderiam apresentar o fenótipo cálico? Justifique sua resposta.

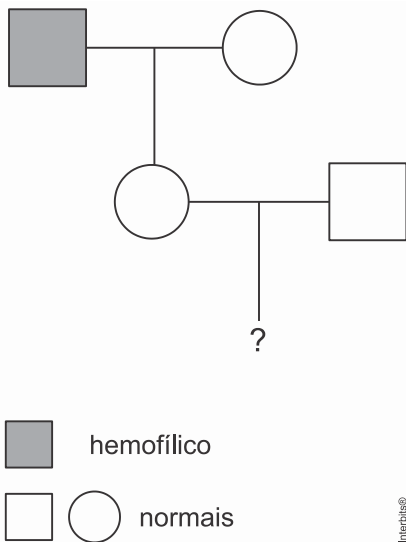
TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:



A doença do indivíduo afetado tem uma herança ligada ao sexo, mas não se conhece se é dominante ou recessiva.

21. Qual a probabilidade em percentual de o indivíduo II-3 ser afetado? Transcreva o valor obtido, sem considerar a parte decimal.

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



- a) Qual é o genótipo da filha desse homem hemofílico? Qual é a probabilidade de ela gerar um menino hemofílico?
- b) Em uma população, a probabilidade de que sejam encontradas mulheres hemofílicas é menor do que a probabilidade de que sejam encontrados homens hemofílicos. Explique essa afirmativa, contemplando os dois sexos.

23. Os seres humanos são organismos diploides que se reproduzem sexualmente e que produzem gametas haploides, de modo que, da união de um gameta masculino e de um gameta feminino, forma-se um zigoto diploide. Considere que, em humanos, os genes P, Q e R têm segregação independente, são localizados em cromossomos autossômicos e possuem os alelos P e p, Q e q, R e r, respectivamente. O gene S, com os alelos S e s, é localizado no cromossomo X. Diante do exposto, responda o que se pede.

- a) Quais são os gametas produzidos por um indivíduo PpQqRR?
- b) Quais são os gametas produzidos por uma fêmea heterozigota para os genes P e S e homozigota recessiva para os genes Q e R?
- c) Quais são os gametas produzidos por um macho homozigoto dominante para os genes P e Q, heterozigoto para o gene R e portador do alelo recessivo do gene S?

24. A história evolutiva dos cães pode ser dividida didaticamente em duas fases. A primeira se refere ao processo da domesticação, pelo qual ocorreu a aproximação entre as duas espécies, cães e homens. A segunda diz respeito aos dois últimos séculos, quando foram criadas raças com características específicas agradáveis aos humanos. Essa segunda fase levou a uma grande diversificação morfológica dentro da espécie, resultante do intenso processo de seleção artificial ao qual essa seleção foi submetida. Atualmente são reconhecidas pelo *American Kennel Club* cerca de 190 raças de cães, nenhuma das quais existia há 150 anos.

Considere o assunto e faça o que se pede.

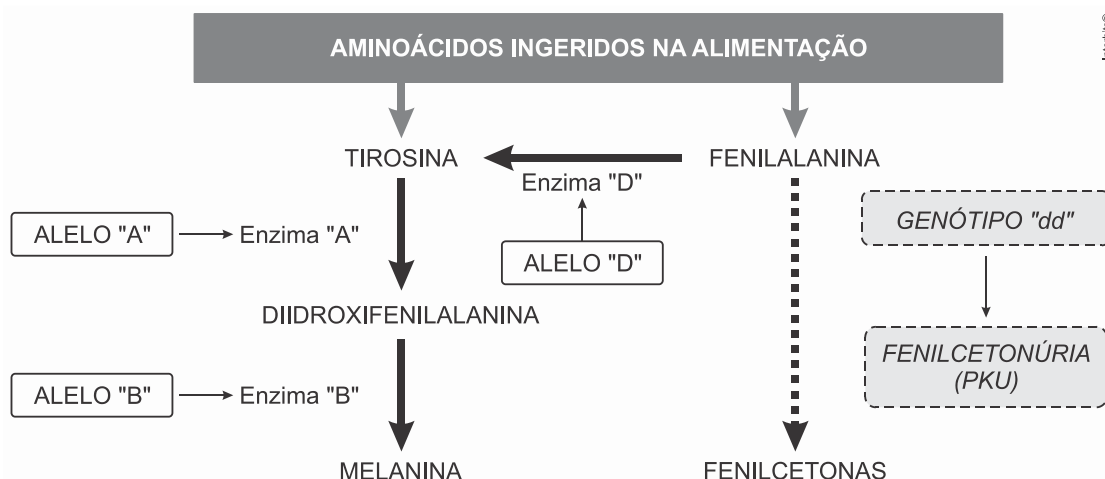




- a) Quais são os genótipos possíveis para os respectivos fenótipos da pelagem de cães da raça labrador?  
b) Qual o possível resultado do cruzamento entre um macho e uma fêmea de cães labradores, ambos diíbridos?

25. O esquema abaixo representa vias metabólicas dos aminoácidos fenilalanina e tirosina. Sabe-se que:

- Os alelos recessivos "a", "b" e "d" não possuem a informação genética necessária para a produção das enzimas "A", "B" e "D", respectivamente.
- Indivíduos com o genótipo "dd" possuem uma doença conhecida como fenilcetonúria, responsável por diversas complicações devido ao nível de acúmulo da fenilcetona, que danifica tecidos moles, especialmente os do cérebro. Entre as complicações, pode-se citar: retardo mental, falha em andar ou falar, convulsões, hiperatividade, tremor, microcefalia e atraso no desenvolvimento.



Considerando apenas as informações presentes nas vias metabólicas apresentadas, responda:

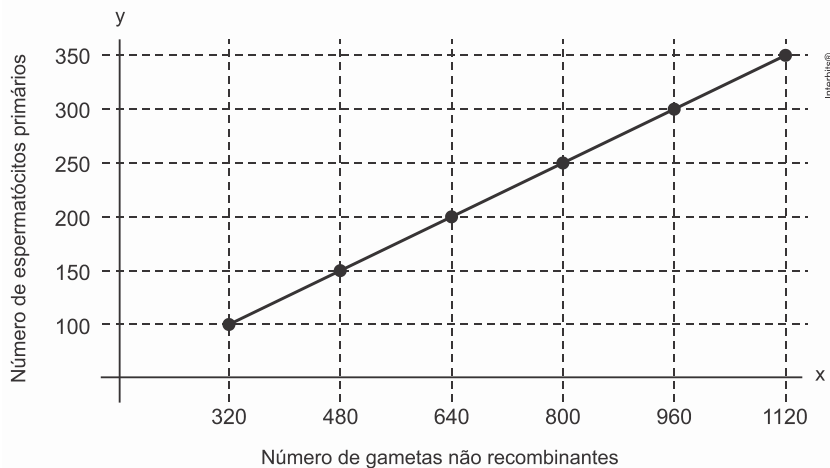
- a) Um geneticista afirmou, após a análise de testes genéticos específicos, que determinado casal de albinos só poderia ter filhos com capacidade de produzir melanina (filhos não albinos). Qual é o genótipo desse casal?
- b) Sabe-se que um casal não possui a doença PKU, assim como nenhum de seus respectivos pais, contudo ambos apresentam um irmão com a doença. Qual a probabilidade de esse casal gerar uma criança com o genótipo da doença fenilcetonúria?
- c) Construa um heredograma de acordo com as normas usuais da Genética indicando os genótipos de todos os indivíduos referidos no item "b".

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.

26. 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?

27. Um pesquisador, realizando vários cruzamentos com coelhos, determinou que os genes **A** e **B** estavam a uma distância de 10 UR (unidades de recombinação). Ao realizar o cruzamento entre indivíduos **AABB** × **aabb**, obteve indivíduos **AaBb**. Estes duplo-heterozigotos foram então cruzados com indivíduos **aabb**, obtendo-se 90 filhotes. Quantos destes filhotes espera-se que possuam o mesmo genótipo de seus pais?

28. 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  $P_2$ ).

- $P_1$  : AABBDD [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.

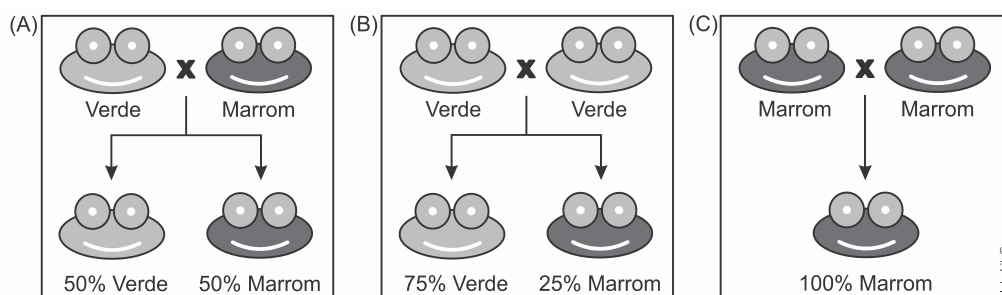
Desse cruzamento foi obtida a geração  $F_1$ , com a qual foi realizada a autofecundação que deu origem à geração  $F_2$  com o total de 192 plantas.

- Qual a concentração necessária, em percentual, de nitrogênio nos fertilizantes para as plantas da geração  $F_1$ ?
- 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?

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

Os esquemas a seguir, representados pelas letras A, B e C, mostram os resultados de três dos diferentes

cruzamentos realizados por esse pesquisador.



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

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

30. Em uma população hipotética em equilíbrio de Hardy-Weinberg, um gene possui dois alelos. Sabe-se que a frequência do alelo recessivo é de 0,4. Calcule o percentual esperado de indivíduos heterozigotos nesta população.

## Gabarito:

### Resposta da questão 1:

- a) O componente bacteriano que torna possível um organismo unicelular procarioto produzir a insulina recombinante é o plasmídeo. O gene humano que sintetiza a insulina é isolado e inserido em um plasmídeo, que é introduzido na célula bacteriana, que passa a produzir a insulina para extração e utilização em pessoas diabéticas.
- b) Esse processo de clonagem gênica tem como vantagem a produção de insulina em laboratório, o que leva a menores chances de rejeição nos pacientes, além de ser produzida em grandes quantidades.

### Resposta da questão 2:

- a) Certos alelos podem interferir negativa ou positivamente no sucesso reprodutivo dos organismos, e assim esses alelos têm sua frequência reduzida ou aumentada na geração seguinte.
- b) **Efeito gargalo:** A redução do tamanho da população elimina indivíduos ao acaso, deixando apenas alguns organismos, que possuem variação genética reduzida, dando origem a uma nova população com frequências alélicas diferentes da população inicial.
- Efeito fundador:** A fragmentação do ambiente promove o estabelecimento de uma população nova a partir de poucos indivíduos que representam apenas uma pequena porção da variação genética encontrada na população original, favorecendo a fixação de determinados alelos por efeito da deriva genética.

### Resposta da questão 3:

- a) A coloração da pelagem de BB e Bb seria a preta, pois B é dominante sobre b; e a coloração da pelagem de bb seria a branca.
- b) Cruzando-se o casal heterozigoto Bb x Bb, as chances de terem dois filhotes com pelagem branca é de  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{4}$  e um filhote com pelagem preta é de  $\frac{3}{4}$ , portanto, em uma gestação a probabilidade é de  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{64}$ ; e isso vale para a segunda e a terceira gestações, ocasionando em uma probabilidade total de  $\frac{3}{64} + \frac{3}{64} + \frac{3}{64} = \frac{9}{64}$

M/F	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

BB, Bb = pelagem preta

bb = pelagem branca

- c) Cruzando-se o casal heterozigoto Bb x Bb, as chances de terem na primeira gestação um filhote com pelagem branca é de  $\frac{1}{4}$ , na segunda gestação, um filhote com pelagem preta é de  $\frac{3}{4}$ , e na terceira gestação, um filhote com pelagem branca é de  $\frac{1}{4}$ ; portanto:  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{64}$ .

M/F	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb

### Resposta da questão 4:

- a) Mutação cromossômica numérica tipo Aneuploidia (trissomia do 21) e Mutação cromossômica estrutural tipo Translocação (Translocação Robertsoniana)
- b) Ocorre a não disjunção de cromossomos, ou seja, os cromossomos não se separam na meiose durante a formação dos gametas (óvulos ou espermatozoides).
- c) A forma hereditária da síndrome de Down é causada pela Translocação Robertsoniana (aproximadamente 3%), principalmente entre os cromossomos 14 e 21, gerando um cromossomo híbrido; durante a meiose, o cromossomo que sofreu translocação (14/21) se emparelha com o cromossomo 14 e o cromossomo 21 fica sozinho; assim, podem ocorrer quatro tipos de gametas e quatro tipos de fecundações: um cromossomo 14 e um cromossomo 21, gerando um filho normal; um cromossomo 14 e nenhum cromossomo 21 e o feto não será viável; um cromossomo híbrido

(14/21) e um cromossomo 21, gerando um filho com síndrome de Down; e um cromossomo híbrido (14/21) e nenhum cromossomo 21, gerando um filho normal, mas portador da translocação. Portanto, são quatro possibilidades, sendo que uma é inviável, sobrando três e apenas uma com síndrome de Down, 1/3.

#### Resposta da questão 5:

- a) A pleiotropia é o fenômeno em que um gene condiciona ou influencia mais de uma característica, fenótipo, no indivíduo.
- b) O tipo de herança relacionada ao padrão do gráfico é a quantitativa, pois as maiores frequências são observadas nos fenótipos intermediários, enquanto que as menores frequências são dos fenótipos extremos.
- c) Cruzamento de um duplo-heterozigoto:  $AaCc \times AaCc$ ; os possíveis gametas desses genótipos são: AC, Ac, aC e ac, que podem formar uma prole com a proporção de 9/16 aguti, 3/16 **preto** e 4/16 albino, de acordo com a tabela abaixo:

Cruzamento	AC	Ac	aC	ac
AC	AACC	AACc	AaCC	AaCc
Ac	AACc	AAcc	AaCc	Aacc
aC	AaCC	AaCc	aaCC	aaCc
ac	AaCc	Aacc	aaCc	aacc

#### Resposta da questão 6:

- a) Para calcular as frequências dos alelos da população, é preciso calcular o número de cada alelo e o número total de alelos da população, de acordo com a tabela abaixo:

30 Vermelhas AA	A = 30 A = 30	$A = 30 + 30 + 50 = 110$
50 Rosas Aa	A = 50 a = 50	$a = 50 + 20 + 20 = 90$
20 Brancas aa	a = 20 a = 20	Total de alelos $110 + 90 = 200$

Assim, as frequências são:

- Frequência de (A) = número total de A/número total de alelos =  $110/200 = 0,55$ ;
- Frequência de (a) = número total de a/número total de alelos =  $90/200 = 0,45$ .

$$*F(A) + F(a) = 1$$

- b) Caso não haja seleção natural, mutação, fluxo gênico, deriva genética, as frequências alélicas se mantêm constantes de geração a geração.

c) A seleção natural ocorre quando um alelo (ou combinação de alelos) torna um organismo mais adaptado ou menos ao ambiente, ou seja, vincula-se a sua sobrevivência e reprodução; se um alelo reduz sua aptidão, sua frequência tenderá a cair de uma geração para a outra, assim, a seleção natural poderá causar mudanças nas frequências alélicas de uma população, aumentando ou reduzindo-as.

#### Resposta da questão 7:

- a) Em relação à capacidade de diferenciação celular, as células-tronco embrionárias são totipotentes ou pluripotentes, ou seja, são capazes de originar qualquer tipo celular; já as células-tronco adultas são multipotentes, pois sua capacidade de diferenciação é menor que as primeiras.
- b) As células-tronco embrionárias são extraídas no estágio de blastocisto, de quatro a cinco dias após a fecundação.
- c) Um exemplo de clonagem natural é a reprodução assexuada, em que um indivíduo origina outros indivíduos idênticos.

#### Resposta da questão 8:

- a) A herança é do tipo epistasia, uma interação gênica que ocorre quando os alelos de um gene impedem a expressão dos alelos de outro par, e no caso é a recessiva, pois o alelo que determina a epistasia atua somente em dose dupla.
- b) Teremos:

<b>Genitores</b>	<b>Descendentes</b>
<b>AaBb × AaBb</b>	De acordo com os possíveis gametas dos genitores, AB, Ab, aB e ab, os descendentes serão:  AABB, AABb, AaBB, AABb, AaBB, AaBb, AaBb e AaBb : 9/16 variegadas.  AAbb, Aabb, Aabb e aabb : 4/16 brancas.  aaBB, aaBb e aaBb : 3/16 roxas.

- c) Se em cada cruzamento são obtidos 32 indivíduos, os descendentes serão 18 com flores de cor variegada, 8 flores de cor branca e 6 flores de cor roxa; se o produtor precisa produzir 50 flores brancas e 50 flores roxas, precisa fazer 9 cruzamentos no mínimo, pois se ele fizer menos cruzamentos a quantidade de flores roxas será menor que 50.

$$9 \times 18 = 162 \text{ flores de cor variegada.}$$

$$9 \times 8 = 72 \text{ flores de cor branca.}$$

$$9 \times 6 = 54 \text{ flores de cor roxa.}$$

#### 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

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

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:

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 11:

a) Herança Autossômica, podendo ser dominante ou recessiva.

b) Indivíduos II.3 e III.4 que descarta ligação ao sexo.

c) Para Autossômica Dominante, probabilidade é 0%; para Recessivo é 25% se o indivíduo II.1 for heterozigota.

#### Resposta da questão 12:

a) Em um indivíduo Aa, os cromossomos homólogos com os alelos A e a se separam durante a meiose, resultando na formação de gametas com apenas um dos alelos, ou seja, metade dos gametas terá A e a outra metade terá a. Assim, quando há o cruzamento de dois indivíduos heterozigotos (Aa x Aa), os gametas A e a podem se combinar de todas as formas, resultando nas seguintes proporções genotípicas possíveis dos descendentes: AA (1), (2) Aa e (1) aa, de acordo com o cruzamento abaixo:

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

b) Em um indivíduo heterozigoto para dois genes localizados em cromossomos diferentes (AaBb), os alelos se segregam de forma independente durante a meiose, podendo formar quatro tipos diferentes de gametas: AB, Ab, aB e ab. Enquanto em um indivíduo homozigoto (aabb) só se forma um tipo de gameta: ab. Quando ocorre o cruzamento, cada gameta do indivíduo AaBb pode se combinar com o gameta de aabb, resultando nas seguintes proporções genotípicas possíveis dos descendentes: AaBb (1), Aabb (1), aaBb (1) e aabb (1), de acordo com o cruzamento abaixo:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

### Resposta da questão 13:

a) LI x LI

proporção genotípica = 25% LL : 50% LI : 25% II.

proporção fenotípica = 75% pelos curtos : 25% pelos longos.

b)  $LLC^{A^A} \times IIC^{B^B}$

proporção genotípica = 100%  $LIC^{A^B}$ .

proporção fenotípica = 100% pelos curtos e cor creme.

c)  $LIC^{A^B} \times IIC^{B^B}$

proporção genotípica = 25%  $LIC^{A^B}$  : 25%  $LIC^{B^B}$  : 25%  $IIC^{A^B}$  : 25%  $IIC^{B^B}$ .

proporção fenotípica = 25% pelos curtos e cor creme : 25% pelos curtos e brancos : 25% pelos longos e cor creme : 25% pelos longos e brancos.

### Resposta da questão 14:

a) Considerando que o albinismo é um caso clássico de herança autossômica recessiva, temos:

Alelos: a (albinismo) e A (pigmentação normal)

Pais: Aa x Aa

Gametas: A e a para ambos os genitores

Filhos: AA, Aa e aa

Proporção genotípica: 25% AA: 50% Aa : 25% aa

Proporção fenotípica: 75% pigmentação normal: 25% albinismo

b) Para o casal de heterozigotos, a probabilidade de uma criança albina é igual a 25%.

### Resposta da questão 15:

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 homozigoto 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 16:

a) Cruzando um homem heterozigoto para o albinismo (Aa) com uma mulher albina (aa) tem-se:



H/M	A	a
a	Aa	aa
a	Aa	aa

Genótipos e fenótipos: 50% Aa (não albinos) e 50% aa (albinos).

b) Cruzando o mesmo homem (Aa) com uma mulher heterozigota (Aa), tem-se:

H/M	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

A probabilidade de nascer uma criança albina (aa) é de 25%.



#### Resposta da questão 17:

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:

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

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

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

#### Resposta da questão 18:

a) Autossômico e recessivo. Pessoas  $Rh^-$  apresentam genótipo rr ou dd.

$$b) P(II-3 \text{ } I^A i) = \frac{2}{3}; P(II-4 \text{ } I^B i) = 1; P(III-3 \text{ } ii) = \frac{1}{4}.$$

$$P(I^A i \text{ e } I^B i \text{ e } ii) = \frac{2}{3} \times 1 \times \frac{1}{4} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6} = 16,66\%$$

c) Indivíduo II-2, porque sendo  $O^-$  apresenta genótipo iirr ou iidd.

d) O indivíduo III-4 é do tipo  $B^-$ . Ele pode receber sangue do tipo  $B^-$  e  $O^-$ , portanto 14 litros ( $9B^-$  e  $5O^-$ ).

#### Resposta da questão 19:

O homem seria excluído da paternidade dessa criança, pois sendo do grupo AB com genótipo  $I^A I^B$  ele não pode ser o pai biológico de um indivíduo do grupo O, com genótipo ii.

#### Resposta da questão 20:

$$a) P: \text{macho } X^P Y \times \text{fêmea } X^A X^A$$

$$F1: \text{fêmeas } X^P X^A \text{ e } X^P X^A \text{ machos } X^A Y \text{ e } X^A Y$$

Metade da ninhada seria formada por fêmeas de fenótipo cálico e a outra metade seria de machos de fenótipo malhado amarelo e branco

$$b) P: \sigma^{\nearrow} X^A Y \times \phi^{\circ} X^P X^A$$

$$F1: \phi^{\circ} X^P X^A \quad \phi^{\circ} X^A X^A \quad \sigma^{\nearrow} X^P Y \quad \sigma^{\nearrow} X^A Y$$

Metade das fêmeas de fenótipo cálico e a outra metade de fenótipo malhado amarelo e branco. Metade dos machos seria de fenótipo malhado preto e branco e a outra metade de fenótipo malhado amarelo e branco.

c) Em caso de normalidade cariotípica não pode haver machos cálicos. Explica-se isso pelo fato de que machos normais possuem apenas um cromossomo X; é possível a existência de apenas um dos dois alelos, para a cor preta ( $X^P$ ) ou para a cor amarela ( $X^A$ ). Caso o gene autossômico expresse a cor branca, os machos podem apenas ser malhados de preto e branco, ou malhados de amarelo e branco. Em uma condição cariotípica anormal, em que o macho apresentaria um quadro parecido com o da Síndrome de Klinefelter em humanos, ou seja, apresentaria cromossomos sexuais XXY, poderia haver o fenótipo cálico, a partir do genótipo  $X^P X^A Y$ ; essa condição, porém, é bastante rara, e a geração do fenótipo cálico ainda depende de o gene autossômico gerador da cor branca estar em expressão.

#### Resposta da questão 21:

83.

O indivíduo II.3 é homem e herda, de sua mãe afetada pela anomalia, o seu cromossomo X portador do alelo dominante (A) ou recessivo (a).

$$P_1 \text{ (I.2 ser } X^A X^A) = \frac{1}{3}$$

$$P_2 \text{ (I.2 ser } X^A X^a) = \frac{1}{3}$$

$$P_3 \text{ (I.2 ser } X^a X^a) = \frac{1}{3}$$

$$1. \text{ mãe } X^A X^A \text{ e filho afetado } (X^A Y) = \frac{1}{3} \times 1 = \frac{1}{3}$$

$$2. \text{ mãe } X^A X^a \text{ e filho afetado } (X^A Y) = \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

$$3. \text{ mãe } X^A X^A \text{ e filho afetado } (X^a Y) = \frac{1}{3} \times 1 = \frac{1}{3}$$

$$P(1 \text{ ou } 2 \text{ ou } 3) = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{5}{6} = 0,83 = 83\%$$

#### Resposta da questão 22:

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

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

$$P(X^h Y) = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

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

#### Resposta da questão 23:

a) Os gametas são células haploides (n) formadas pelo processo de meiose. Dessa forma, é necessário que ele possua 1 cópia (alelo) de cada um dos genes, logo, o indivíduo PpQqRR produzirá 4 gametas diferentes, que seriam: PQR, PqR, pQR e pqR.

Comentário: Para calcular a quantidade de gametas diferentes produzidos por um indivíduo, utiliza-se a seguinte fórmula  $2^n$ , onde  $n = n^\circ$  de genes em heterozigose.

Logo, o indivíduo PpQqRR, que apresenta dois genes em heterozigose (gene P e gene Q), produzirá  $2^2$  gametas diferentes, ou seja,  $2 \times 2 = 4$  gametas diferentes.

- b) A fêmea em questão possui o seguinte genótipo: Ppqqrr e  $X^S X^s$ . Dessa forma, os gametas produzidos serão: Pqr  $X^S$ , Pqr  $X^s$ , pqr  $X^S$  e pqr  $X^s$ .

Comentário: Lembrando que como o gene S está localizado nos cromossomos X, o correto é indicar na resposta esse aspecto.

- c) O macho em questão possui o seguinte genótipo: PPQQRr  $X^S Y$ , logo, os gametas produzidos serão: PQR  $X^S$ , PQR Y, Pqr  $X^S$  e Pqr Y.

#### Resposta da questão 24:

- a) Preto: BBEE ou BbEe ou BBee ou BbEE  
Marrom/chocolate: bbEE ou bbEe  
Dourado/amarelo: BBee ou Bbee ou bbee

- b) BbEe  $\times$  BbEe

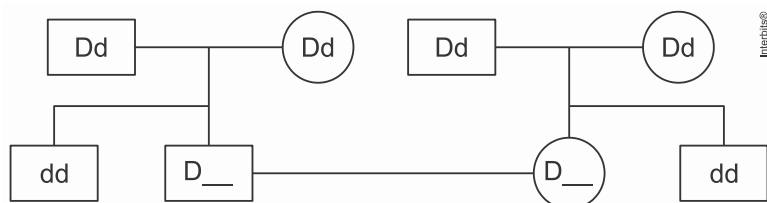
	BE	Be	bE	be
BE	BBEE	BBEe	BbEE	BbEe
Be	BBEe	BBee	BbEe	Bbee
bE	BbEE	BbEe	bbEE	BbEe
be	BbEe	Bbee	bbEe	bbee

9 indivíduos pretos  
3 indivíduos amarelos  
4 indivíduos marrons

#### Resposta da questão 25:

- a) aaBB e AAbb.  
b)  $\frac{4}{36}$  ou  $\frac{1}{9}$  ou 11,11%.

- c) Observe a figura a seguir.



#### Resposta da questão 26:

- 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 27:**

81.

Frequência de permuta = 10%.

$P(AB/ab \text{ ou } ab/ab) = P(\text{parentais}) = 90\% = 0,90$ .

Número de filhos  $AB/ab \text{ ou } ab/ab = 0,90 \times 90 = 81$ .

**Resposta da questão 28:**

a) A  $F_1$  apresenta genótipo  $AaBbDd$ , 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  $F_2$  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 29:**

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 30:**

Alelos: A e a.

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

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

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

