

Demostudo

Por: Natália Bertholdo

Genética II

2020

Roteiro de estudos	2
Primeira Lei de Mendel	2
Teoria cromossômica da Herança	5
Cruzamentos-teste e retrocruzamentos	7
Heredograma	8
Probabilidade	10
Lista de Exercícios	12
Gabarito	16

1. Roteiro de estudos

Conteúdo: 1ª Lei de Mendel e noções de probabilidade.

Sugestões para complemento:

<https://www.youtube.com/watch?v=UGj4x0uAuio> (videoaula de resumo – 5 minutos)

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-primeira-lei-mendel.htm> (exercícios da 1ª Lei de Mendel)

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-matematica/exercicios-sobre-probabilidade-genetica.htm> (exercícios de Probabilidade)

Ações a serem tomadas:

- I. Ler o material anterior (Genética I)
- II. Ler o material abaixo
- III. Fazer a lista de exercícios
- IV. Conferir gabaritos e resoluções
- V. Realizar as sugestões acima.

2. Primeira Lei de Mendel

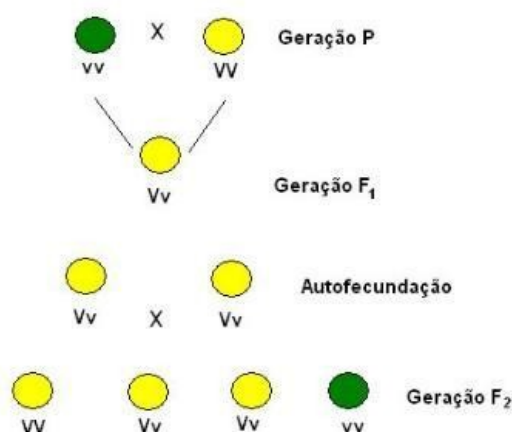
Durante seus estudos sobre a hereditariedade, o uso de ervilhas por Mendel, ajudou no sucesso de seus resultados. As plantas apresentavam **vantagens**, como o ciclo de vida curto, o fácil cultivo e as características de fácil identificação. Outros estudiosos tentavam levar em conta todas as particularidades juntas, enquanto Mendel procurou **estudá-las singularmente**.

O experimento: Gregor utilizou plantas de **linhagem pura**, ou seja, sementes de ervilhas **verdes** que originaram apenas ervilhas verdes, e a mesma coisa com a cor **amarela**. Intitulou essa geração como “**P**”.

Após o cruzamento da geração **P** (sementes de ervilha verde com **alelos recessivos** e sementes de ervilha amarela **com alelos dominantes em homozigose**), a nova geração foi chamada de **F₁**, e os indivíduos foram considerados como “híbridos”, já apresentaram descendentes diferentes, dos pais (Figura 1).

Depois, realizou uma **autofecundação** entre indivíduos da geração **F₁**. Como resultado, obteve **a geração F₂**. Dessa vez, obteve quatro sementes na proporção 3:1, ou seja, três sementes amarelas e uma verde (Figura 1).

Figura 1 – Representação do cruzamento de ervilhas - 1º Leide Mendel



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/primeira-lei-mendel.htm#:~:text=Dessa%20forma%2C%20podemos%20enunciar%20a,apenas%20um%20gene%20para%20seus>

Na Primeira Lei de Mendel, ou na Lei da Segregação, Mendel constatou que: cada ser vivo possui **um par de genes** para cada característica, de forma que um indivíduo recebe **metade do material genético do pai e metade da mãe**. Além disso, os genes que definem a característica segregam-se independentemente durante a formação dos gametas.

Essa lei pode ser explicada utilizando de um método chamado de **quadrado de Punnet** (um jogo da velha):

Gametas	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

Essa foi a primeira experiência de fecundação individuais puros ($AA \times aa$), na qual gerou **apenas ervilhas amarelas** (todas possuíam o alelo dominante A). Agora, quando autofecundadas duas delas (**$Aa \times Aa$**)

Gametas	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Nessa geração denominada (**F₂**), três plantas possuíam o alelo dominante, e, portanto, as sementes eram amarelas. A que apresentou os alelos recessivos em homozigose foi verde. A cor das sementes, foi apenas uma das particularidades que Mendel estudou, utilizando as ervilhas. Ele fez o mesmo experimento observando também:

- A cor da flor: roxa (dominante) e branca (recessiva)
- A posição da flor: axial (dominante) e terminal (recessiva)
- Formato da semente: redonda (dominante) e rugosa (recessiva)
- Formato da vagem: inflada (dominante) e constricta (recessiva)
- Cor da vagem: verde (dominante) e amarela (recessiva)
- Comprimento do caule: longo (dominante) e curto (recessivo)

Em todos seus experimentos, a proporção final apresentou sempre valores próximos de 3:1.

Problemas da 1ª Lei: Os exercícios de genética abaixo estão relacionados ao quadrado de Punnet. Muitas vezes, o genótipo dos pais ou dos filhos não é dado no enunciado, e é exatamente isso que a prova quer que você descubra.

Como exemplo, observe o exercício:

- 1) Um casal normal para fibrose cística teve um filho normal para a doença e outro com sintomas que foram diagnosticados precocemente. Como isso pode ser explicado? (não considerando que houve uma mutação)

Mesmo que você não tenha conhecimento sobre a doença citada, **analise os dados** do enunciado e tente relacioná-los. Exemplificando o problema: pais normais deram origem a filhos: um normal e a um que tem a doença, considerando os sintomas.

O segundo passo é descobrir se **a característica em questão é recessiva ou dominante**. Caso a pergunta não informe isso, analise a situação. Se duas pessoas normais têm um filho com a doença, isso significa que o **alelo responsável está “escondido”** no genótipo dos pais, ou seja, é **recessivo**.

Os pais, que não têm a doença, possuem pelo menos **um** alelo dominante (**A₋** e **A₋**), o necessário para que ele se expresse. Para que um alelo recessivo se expresse, é necessário que esteja em **homozigose (aa)**, ou seja, isso significa que a segunda criança **recebeu um alelo recessivo a de cada um dos pais**. Logo, o genótipo dos pais é heterozigoto, isso é, **Aa**.

O primeiro filho pode se encaixar em **duas situações**: Aa e AA, pois são duas possibilidades viáveis utilizando o quadrado de Punnet, visto que os dados do exercício **não são suficientes** para determinar o genótipo certo.

Respondendo à questão: a fibrose cística é uma **herança recessiva**, a criança recebeu os alelos recessivos dos pais, que são **heterozigotos**.

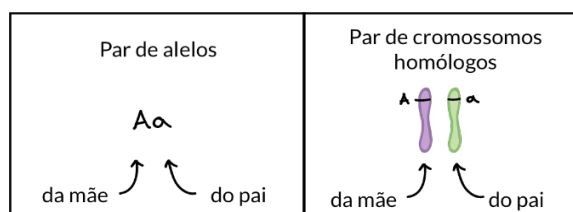
OBS: a **Fibrose Cística** é a sétima doença que mais aparece nos problemas de genética. É uma **herança autossômica recessiva**. Autossômica, pois o alelo mutante se encontra no cromossomo autossomo 7.,, ou seja, não depende do gênero. Homens e mulheres possuem **chances equivalentes** de nascer com a doença. Afeta o **sistema respiratório**.

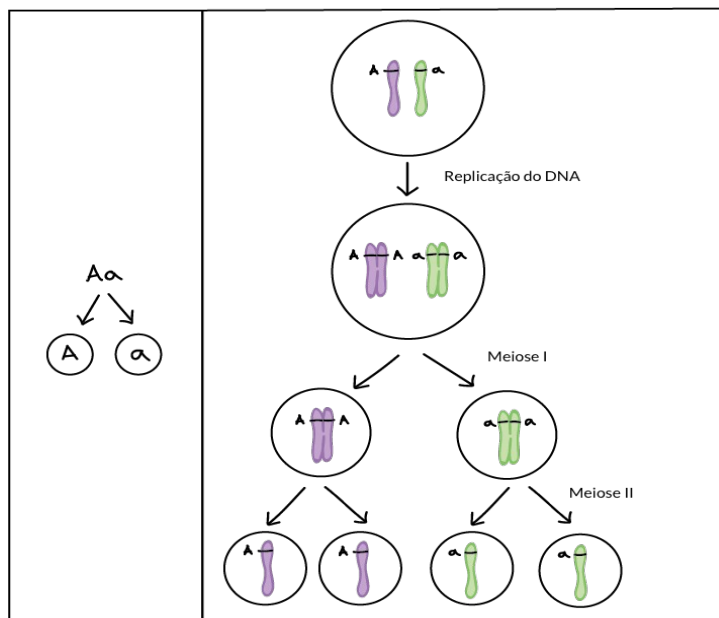
3. Teoria cromossômica da Herança

Walter Sutter, a partir de seus estudos com gafanhotos, não só descobriu **etapas da meiose**, como também **relacionou a separação dos cromossomos homólogos com a separação dos fatores hereditários** na formação do gameta. Em seu trabalho, publicado em 1903, “Os Cromossomos na Hereditariedade”, ele declara que **os fatores hereditários (alelos) estão localizados nos cromossomos homólogos**, conclusão conhecida como teoria cromossômica da herança.

Os cromossomos, como os genes de Mendel, vêm em pares (homólogos), um membro do par é herdado da mãe e outro do pai (Figura 2).

Figura 2 – Representação da segregação dos alelos





Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/classical-genetics/chromosomal-basis-of-genetics/a/discovery-of-the-chromosomal-basis-of-inheritance>

IMPORTANTE: Os alelos se separam na anáfase I. No final do processo, ocorre a formação dos gametas, e os alelos já estão separados: Primeira Lei de Mendel espelhada pelos estudos de Sutter. O quadrado de Punnett é a representação da anáfase I (Figura 3). A mesma teoria foi estudada pelo alemão Theodor Boveri, dessa vez com ouriços-do-mar.

Figura 3 - O quadrado de Punnett é a representação da anáfase I. Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/classical-genetics/chromosomal-basis-of-genetics/a/discovery-of-the-chromosomal-basis-of-inheritance>

Durante a meiose, os membros de diferentes pares cromossômicos são separados nos gametas, independentemente uns dos outros, assim como os genes de Mendel.

4. Cruzamentos-teste e retrocruzamentos

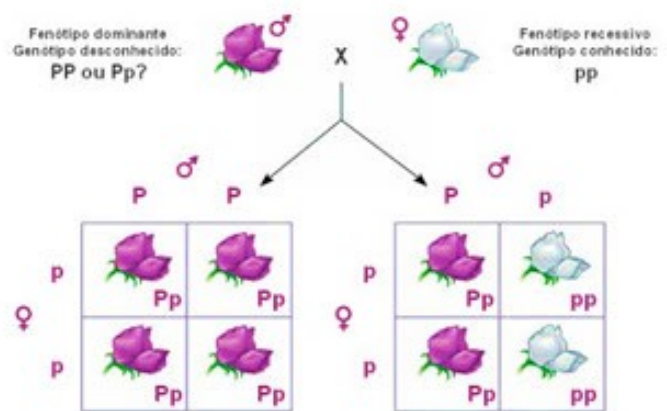
Os cruzamentos-teste servem para descobrir o **genótipo** (homozigoto ou heterozigoto) de um **indivíduo** ; para determinar o genótipo de determinada característica. Para isso, é feito o cruzamento entre **o genótipo desconhecido e um homozigoto recessivo**.

Nesse exemplo, temos uma característica dominante, a **cor roxa** (Pp ou PP)

Se a flor apresentar alelos **PP** (**homozigotos**), teremos um resultado de 100% das flores roxas.

Se a flor apresentar alelos **Pp** (**heterozigotos**), teremos um resultado 50% tanto para flores roxas quanto para flores brancas.

Por isso, no cruzamento-teste, devemos **observar os resultados** para determinar se o indivíduo é heterozigoto ou homozigoto.



O **retrocruzamento** ocorre entre um indivíduo da **geração F1 com um de seus pais** ou algum outro indivíduo com características semelhantes a de seus pais. Quando ocorre (plantas ou animais), tem como propósito **melhorar a espécie**.

Exemplo: uma ovelha de lã preta (recessiva) cruza com uma de suas genitoras (ambas as genitoras são brancas – dominantes). Cruzando a ovelha da geração F1 com uma genitora, quais são as chances de gerar um animal branco?

Para ser recessiva, ela precisou receber um alelo recessivo de cada genitora (Pp). Utilizando o quadrado de Punnet, vemos que 50% terão a lã preta e as outras **50% serão brancas**.

5. Heredograma

As famosas “**árvores genealógicas**” permitem analisar o **comportamento de um gene na família**, se o alelo é dominante ou recessivo. Mostra o **parentesco** dos indivíduos por meio de uma **simbologia**.

No caso do irmão, sempre **o mais velho** é o **mais próximo da esquerda**.

Figura – Símbolo para montagem de um heredograma

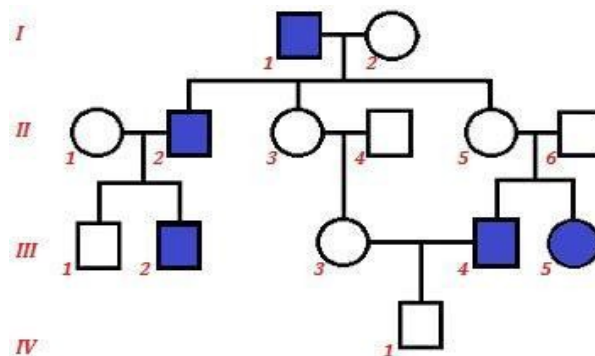


Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/figuras/Genetica/heredograma.gif>

Os números **romanos em vermelho** representam as **gerações**, sendo o **I** a geração primária e o **IV** a mais recente.

No caso dos números arábicos 2, 3 e 5, estão representados **irmãos** (um homem e duas mulheres), o irmão 2 é o mais velho e a irmã 5 é a mais nova.

Figura – Representação de heredograma



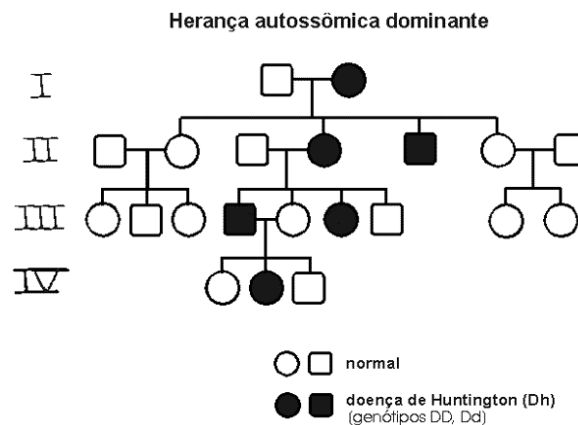
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/interpretacao-heredogramas.htm>

Indícios de que o gene é dominante: ao analisar um heredograma e perceber alguma das seguintes situações descritas abaixo, significa que o gene da característica destacada é **dominante**.

- Pais iguais e filhos diferentes (representa que os pais são **heterozigotos**).

- Indivíduo afetado com pai afetado.
- **Todas as gerações** foram afetadas por essa característica.

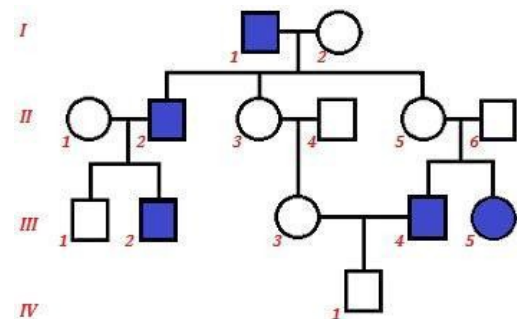
Figura – Heredograma – Herança Autossômica dominante



Fonte:: <http://www.qualibio.ufba.br/f111.html>

Indícios de que é um gene recessivo:

- Pais normais e filho afetado
- Poucos afetados na família
- Não aparece em todas as gerações
- Bem comum nos casos em que há um casamento consanguíneo (aumenta as chances de um gene recessivo)



6. Probabilidade

Os cálculos de probabilidade servem para determinar **a chance de um evento acontecer dentro de um número total de eventos possíveis**. Na área da matemática, temos a fórmula $P = r / n$

r = número de ocorrências do evento específico

n = total de resultados possíveis

Quanto **mais próximo de 1** (um), **mais chances** de o evento ocorrer. Exemplo: ao lançar uma moeda, quais são as chances de obter a face “coroa”?

Como é apenas um lançamento, você tem a chance de obter coroa apenas uma vez: $n = 1$. Quais são os eventos possíveis? Cara e coroa, ou seja, 2 eventos possíveis (n). $P = 0,5$ ou 50%.

Trabalhando o cálculo dentro da genética, observe a questão:

Qual a chance de um casal heterozigoto para uma característica qualquer ter uma criança com genótipo homozigoto dominante (AA)?

O casal: Aa x Aa. Utilizando o quadrado de Punnet, teremos: AA, Aa, Aa, aa, ou seja, quatro eventos possíveis ($n = 4$). Mas o enunciado questiona apenas o evento AA ($r = 1$). O resultado é $\frac{1}{4}$ ou 25%.

Na genética, os cálculos são utilizados quando:

- I. Ocorrência de dois eventos **independentes** (isso **E** aquilo). Exemplo: a chance de uma criança nascer menina **e** de olhos claros (um não interfere na ocorrência do outro)
- II. Ocorrência de eventos **mútuos** (isso **ou** aquilo). Exemplo: a chance de nascer menino ou menina (quando um ocorre, anula o outro.)

Regra do produto (I)/ “regra do E”: a chance de dois ou mais eventos independentes ocorrerem conjuntamente é igual ao **produto das probabilidades de cada um** deles singularmente.

Exemplo 1: Se jogarmos dois dados de seis lados duas vezes, qual a chance de obtermos o número quatro nas duas? (em outras palavras: sair quatro **E** quatro)

Primeiro evento: $1/6$

Segundo evento: $1/6$

Utilizando a regra do produto: $1/6 \times 1/6 = 1/36$

Exemplo 2: Um casal heterozigoto (ambos Aa) para uma determinada característica deseja saber qual a probabilidade de ter duas crianças, sendo a primeira heterozigota (Aa) e a segunda homozigota recessiva (aa).

Utilizando o quadrado de Punnet: AA, Aa, Aa, aa.

Calculando isoladamente:

Chance da primeira nascer heterozigota: $2/4$ ou $1/2$.

Chance da segunda nascer homozigota recessiva: $1/4$

Multiplicando os eventos: $1/4 \times 1/2 = 1/8$

Regra da soma (II)/ “regra do OU”: a ocorrência de dois eventos **mutuamente exclusivos** é igual a **soma** das probabilidades.

Exemplo 1: Qual a probabilidade de se obter cara ou coroa num lançamento de dado?

Ambas as faces possuem chance de 50% ($1/2$). Se sair cara, o evento de sair coroa **não poderá acontecer**, por isso são eventos **exclusivamente mútuos**.

$$1/2 + 1/2 = 1 \text{ (ou 100\%)}$$

Exemplo 2: Qual a probabilidade de se obter os números 4 ou 6 no lançamento de um dado?

Ambos os eventos possuem chance de $1/6$. Logo, $1/6 + 1/6 = 2/6$, ou $1/3$ ou 33,3%.

Exemplo 3: Qual a probabilidade de um casal heterozigoto para uma determinada característica ter uma criança com genótipo AA ou aa?

$Aa \times Aa = AA, Aa, Aa, aa$.

Chance de obter AA é igual à chance de obter aa, isso é, $1/4$. Somando os dois, $1/4 + 1/4 = 2/4 = 1/2$ ou 50%.

Observe o exercício a seguir:

Se um casal tiver dois filhos, qual a probabilidade de um ser menina e o outro ser menino?

Analisando, temos **duas situações**:

- (Menina, Menino) ou (Menino, Menina), visto que **não há especificações** de qual deve nascer primeiro. Nesse caso, se primeiro nascer uma menina (chance de $1/2$), isso **não iria interferir** no segundo nascimento. Esse é um caso da **regra do “e”**.

1ª situação: (Menina, Menino) = chance de $1/2 + 1/2 = 1/4$.

2ª situação: (Menino, Menina) = chance de $1/2 + 1/2 = 1/4$

Porém, se a primeira situação ocorrer, a segunda não acontecerá, ou seja, **uma anula a outra: caso da regra do “ou”**.

Como cada uma possui $\frac{1}{4}$ de chance, somando obtemos $\frac{2}{4}$, e simplificando: $\frac{1}{2}$ (50%).

Probabilidade condicional: nesses casos, o enunciado apresenta uma condição, na qual nem todos os “eventos possíveis” são, de fato, possíveis com a condição exigida. Veja o exemplo:

Um casal **heterozigoto**, que possui uma doença autossômica **dominante**, teve um filho que também **possui a doença**. Qual a probabilidade de o filho **também ser heterozigoto**?

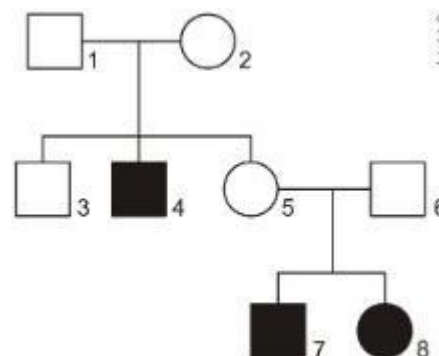
Analisando, temos: um casal heterozigoto ($Aa \times Aa$) teve um filho. Os eventos possíveis são: AA , Aa , Aa , aa . Nesse caso, teríamos $n=4$. Mas ele apresentou uma **condição: o filho tem a doença**, ou seja, um de seus alelos é necessariamente **dominante** para que o gene da doença se expresse. Anulamos o evento “ aa ” e temos $n=3$. Entre os três eventos possíveis, em dois deles a criança pode ser heterozigota.

Ou seja, a chance é de $\frac{2}{3}$.

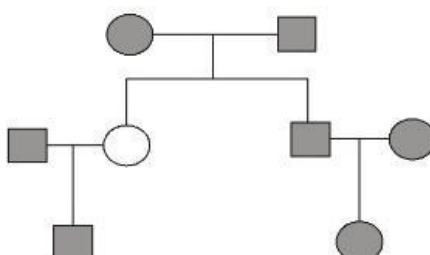
Lista de Exercícios

- 1) (UEPA 2014) A simbologia técnica é uma das formas de comunicação usadas pelo ser humano. Na representação simbólica da família a seguir, observa-se a presença de indivíduos normais para a visão e míopes. Ao analisar o heredograma ao lado, conclui-se que:

- Os casais 1-2 e 5-6 são híbridos
- Os indivíduos do sexo masculino são heterozigotos
- O indivíduo de número 5 é homozigoto dominante.
- Os indivíduos do sexo feminino são recessivos



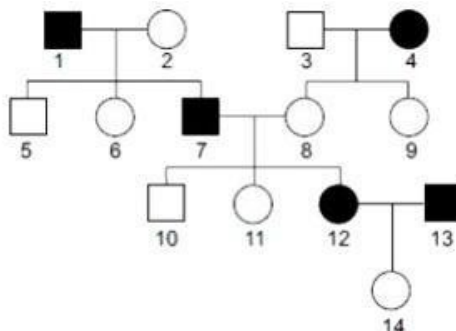
- 2) (UECE 2014) Observe o heredograma a seguir.



A partir do heredograma acima, pode-se concluir acertadamente que se trata de um tipo de herança

- a) Recessiva
 - b) Dominante
 - c) Intermediária
 - d) Interativa
- 3) Os heredogramas são representações das relações de parentesco entre os indivíduos. Por meio dele, podemos descobrir, por exemplo, se uma característica é ligada ao cromossomo X ou é autossômica. Se uma característica é ligada ao cromossomo X, o heredograma deverá:
- a) apresentar apenas mulheres com a característica.
 - b) apresentar homens afetados que passam a característica apenas para suas filhas.
 - c) apresentar apenas homens com a característica.
 - d) apresentar homens e mulheres com a característica na mesma proporção.
- 4) (Famerp/2015) Analise o heredograma, no qual os indivíduos afetados por uma característica genética estão indicados pelos símbolos escuros.

Considerando que tal característica é condicionada por apenas um par de alelos autossômicos, é correto afirmar que:



- a) Os indivíduos 2, 3 e 8 apresentam genótipo dominante.
 - b) os indivíduos 1, 4, 7, 12 e 13 apresentam genótipo recessivo
 - c) Nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo recessivo.
 - d) Nenhum dos indivíduos do heredograma apresenta genótipo homozigoto dominante.
- 5) (PUC-SP) – Sabe-se que, em determinada raça de gatos, a pelagem preta uniforme é condicionada por um gene dominante B e a pelagem branca uniforme, pelo seu alelo recessivo b. Do cruzamento de um casal de gatos pretos, ambos heterozigotos, espera-se que nasçam:

- a) 100% de gatos pretos
b) 100% de gatos brancos
c) 25% de gatos pretos, 50% de malhados e 25% de brancos
d) 75% de gatos pretos e 25% de gatos brancos
- 6) **(FUVEST)** – O gene autossômico que condiciona pêlos curtos no coelho é dominante em relação ao gene que determina pêlos longos. Do cruzamento entre coelhos heterozigotos nasceram 480 coelhinhos, dos quais 360 tinham pêlos curtos. Entre esses coelhinhos de pêlos curtos, o número esperado de heterozigotos é:
- a) 180
b) 120
c) 240
d) 360
- 7) **(FUVEST)** Dois genes alelos atuam na determinação da cor das sementes de uma planta: A, dominante, determina a cor púrpura e a, recessiva, determina a cor amarela. A tabela abaixo apresenta resultados de vários cruzamentos feitos com diversas linhagens dessa planta:

Cruzamento	Resultado
I x aa	100% púrpura
II x aa	50% púrpura e 50% amarela
III x aa	100% amarela
IV x Aa	75% púrpura e 25% amarela

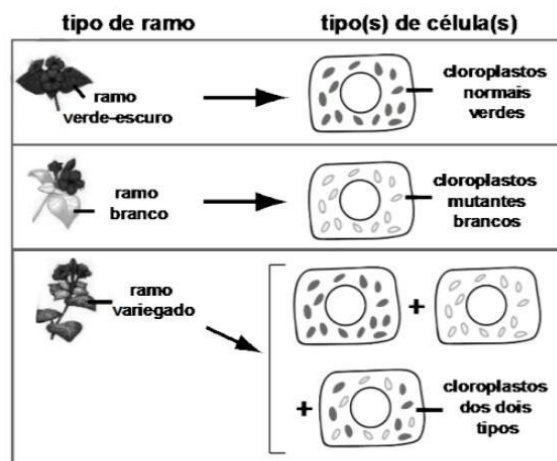
Apresentam genótipo Aa as linhagens:

- a) II e IV
b) II e III
c) III e IV
d) I e II
- 8) **(Unicamp 2019)** A "maravilha" (*Mirabilis jalapa*) é uma planta ornamental que pode apresentar três tipos de fenótipo: plantas com ramos verde-escuro, plantas com ramos brancos e plantas mescladas. Plantas mescladas possuem ramos verde-escuro, ramos brancos e ramos variados. Como mostra a figura a seguir, todas as células de ramos verde-escuro possuem cloroplastos normais (com clorofila). Todas as células de ramos

brancos possuem cloroplastos mutantes (sem clorofila). Ramos variegados contêm células com cloroplastos normais, células com cloroplastos mutantes e células com ambos os tipos de cloroplasto.

Na formação de sementes, os cloroplastos são herdados apenas dos óvulos. A progênie resultante da fertilização de óvulos de flores presentes em um ramo variegado com pólen proveniente de flores de um ramo verde-escuro conterá:

- apenas plantas com ramos de folhas brancas.
- plantas dos três tipos fenotípicos.
- apenas plantas mescladas.
- apenas plantas com ramos de folhas verde-escuro.



(Disponível em <http://www.chegg.com/homework-help/>.)

- (UFJF-MG)** Um homem de pele com pigmentação normal e olhos castanhos casa-se com uma mulher de fenótipo igual ao seu. Sabendo-se que o casal já tem um filho albino de olhos azuis, qual a probabilidade de num próximo nascimento este casal vir a ter uma filha de olhos azuis e com a pigmentação da pele normal?
 - 2/16
 - 4/32
 - 6/16
 - 3/32
- (UFES-ES)** Um determinado indivíduo possui o genótipo Aa. Qual a chance de o gene A ser transmitido para um bisneto seu?
 - 50%
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{3}{4}$
 - 12,5%.

Gabarito

1- A.

Por apresentarem símbolos que não indicam doença, são dominantes, e por possuírem filhos com miopia, são heterozigotos.

2- B.

Apresenta características que indicam que o gene é dominante.

3- B.

Quando estiver ligada ao cromossomo X, deverá apresentar homens afetados que passaram os genes para as filhas.

4- D.

O heredograma mostra uma doença autossômica dominante (símbolos brancos = aa). Se houvesse algum AA, os filhos teriam normalidade.

5- D.

75% terá o gene dominante B, portanto serão pretos. Os outros 25% serão homozigotos recessivos, e, portanto, brancos.

6- C.

Desses 360, 2/3 serão Aa, utilizando o quadrado de Punnet. $2/3 \times 360 = 240$.

7- A.

II e IV são os únicos cruzamentos possíveis segundo a 1ª Lei de Mendel.

8- B.

No ramo variegado há células com diferentes tipos de cloroplastos, podendo gerar diferentes fenótipos.

9- D.

Os pais são heterozigotos (pais iguais com filhos diferentes). A chance de ser menina é $1/2$, a de pigmentação normal (Aa ou AA) é $3/4$, enquanto para olhos azuis é $1/4$. Multiplicando, temos $3/32$.

10- D.

O indivíduo possui $1/2$ chance de passar para seu filho. Considerando que temos três gerações até o bisneto (indivíduo A_ – filho A_ – neto A_ – bisneto A_), temos: $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$ ou 12,5%.