

Demostudo

Por: Natália Bertholdo

Genética III

Roteiro de estudos	2
Conceito de Dominância	3
Ausência de Dominância	3
Pleiotropia	4
Alelos Letais	5
Polialelia	5
Sistema ABO	6
2ª Lei de Mendel	9
Determinação Sexual	12
Lista de Exercícios	13
Gabarito	16

1. Roteiro de estudos

Conteúdo: Dominância, monoibridismo, sistemas ABO, Rh, 2ª Lei de Mendel.

Sugestões para complemento:

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-sistema-abo.htm> (exercícios sobre o sistema ABO)

<https://www.youtube.com/watch?v=6-jULS4IUk4> (vídeo de resumo da Segunda Lei de Mendel)

Ações a serem tomadas:

- I. Ter estudado os materiais Genética I e II, realizado os exercícios e propostas. (Demanda conhecimento de citogenética)
- II. Ler o material abaixo
- III. Fazer a lista de exercícios
- IV. Conferir o gabarito
- V. Realizar sugestões acima

2. Conceito de Dominância

Quando se trata da relação entre os alelos, dizemos que temos uma interação entre os dominantes e recessivos. Porém, o dominante não inibe. O conceito de dominância na genética se refere à manifestação de um dos alelos. Cada um dos alelos trabalha sem depender um do outro, e quando a ação de um deles se manifesta no fenótipo, o classificamos como dominante. Não é possível diferenciar fenotipicamente um indivíduo homozigoto dominante de um heterozigoto.

No caso de uma semente de ervilha heterozigota lisa, ambos os alelos fazem seus papéis. Mas no final, o fenótipo liso ocorre porque a ação do alelo R se manifestou ao ponto de deixar a semente lisa.

3. Ausência de Dominância

Carl Correns, em 1900, após as teorias de Mendel, realizou experimentos utilizando a planta **Maravilha** (*Mirabilis jalapa*). Cruzou uma espécie pura vermelha (R1R1) e outra pura branca (R2R2). Tentando descobrir a característica dominante, encontrou apenas um resultado: todas as flores resultantes do cruzamento eram da **cor rosa**.

Essa experiência foi a descoberta da **ausência de dominância**: ocorre quando **não há relação de dominância** e recessividade entre os alelos.

- **Dominância Incompleta**: no caso das plantas Maravilhas, o cruzamento entre as vermelhas (R1) e as brancas (R2) resultou nas **rosas** (R1R2), que é um resultado **intermediário**. Esse tipo de ausência de dominância ocorre quando os heterozigotos apresentam um **fenótipo intermediário** ao fenótipo dos pais homozigotos.

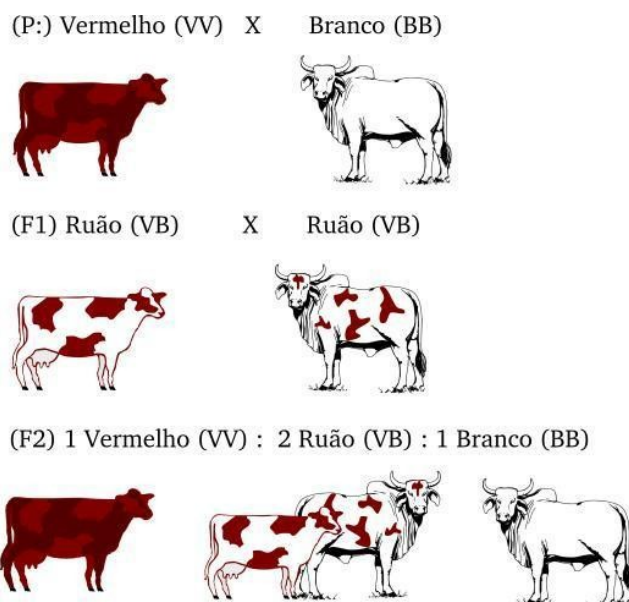
Ao fazer a **autofecundação** com indivíduos da geração F₁ (rosas), obteve o seguinte resultado:

	R1	R2
R1	R1R1	R1R2
R2	R1R2	R2R2

Duas delas eram rosa (R1R2), uma era vermelha (R1R1) e a outra era branca, ou seja, **a proporção fenotípica da dominância incompleta é 1:2:1**. A cor intermediária pode ser explicada da seguinte maneira: numa flor com os dois alelos, o R1 é responsável pela enzima que irá produzir o pigmento vermelho. Porém, um só alelo não produz o suficiente para determinar a cor vermelha ser acentuada. Também ocorre com as Galinhas Andaluzas, raízes de rabanete e com a flor Boca-de-leão.

- **Codominância**: condição na qual o heterozigoto apresenta características determinadas por **ambos os alelos**, atuando independentemente. Esse tipo de ausência de dominância ocorre na espécie de gado **Shorthorn** (Figura 1).

Figura 1 - Exemplo de Codominância em gado Shorthorn



Fonte: <https://www.minutobiologico.com/2018/11/genetica-codominancias-e-dominancia.html?m=1>

A proporção genotípica desse caso também é **1:2:1**. No caso da codominância, os alelos irão expressar-se de maneira **independente**.

4. Pleiotropia

Um par de genes é responsável pela produção de uma proteína que gera mais de um fenótipo. Isso ocorre com os gatos siameses: eles possuem um único par de genes responsável por duas características (o formato dos olhos e a cor dos pelos).

5. Alelos Letais



São aqueles que quando se manifestam, levam à **morte** do indivíduo. **Lucien Cuénot**, no início do século XX, fez experimentos com camundongos. Ao cruzar dois animais amarelos (**dominantes**), obteve uma proporção de **2:1**. Dois nasciam amarelos e um nascia branco, diferente do que Mendel propôs anteriormente. Isso pode ser explicado pela presença de **alelos letais**, ou seja, quando o camundongo possui ambos os alelos dominantes (AA), ele **morria** antes mesmo de nascer. O alelo letal **não se expressa sozinho**, apenas em homozigose. Nos seres humanos, é o caso da **Acondroplasia**, em que o alelo dominante em dose dupla causa a morte do feto, e em heterozigose, causa o nanismo.

A **Anemia Falciforme** é considerada um **alelo recessivo letal**, e o tempo de vida dependerá da estrutura do local (tratamento), já que em vários países a idade pode variar. Os indivíduos **heterozigotos (Ss)** têm uma anemia leve, e estão **protegidos da malária**. Isso porque a doença deixa as hemácias com formato de foice, e quando o parasita consome oxigênio da célula (formato de foice), ativa os leucócitos que destruirão a célula e o parasita.

6. Polialelia

Os alelos múltiplos (polialelia) é uma herança na qual **o gene apresenta três ou mais alelos** para uma característica. Como exemplo, temos a pelagem dos coelhos. O gene possui **quatro alelos** para determinar a cor (Figura 2):

Figura 2- Representação de polialelêia. **Ordem de dominância: $C > c^{ch} > c^h > c$** :
 C (Aguti – selvagem), c^{ch} (Chinchila), c^h (Himalaia) e c (albino).

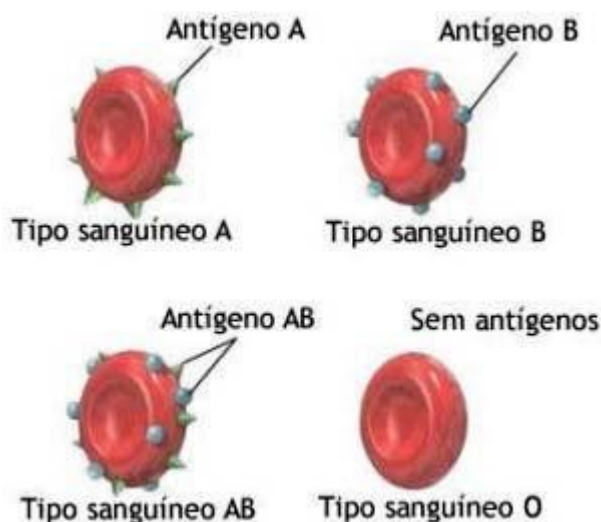
Cinzeno Escuro	Chinchila	Himalaia	Albino
			
CC ou Cc^{ch} ou Cc^h ou Cc	$c^{ch}c^{ch}$ ou $c^{ch}c^h$ ou $c^{ch}c$	c^hc^h ou c^hc	cc

Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/447123069231797404/>

7. Sistema ABO

Um dos casos de **alelos múltiplos**. Existem **quatro** tipos sanguíneos: **A, B, AB e O**, sendo o último, o mais comum (Figura 3). O que define a tipagem sanguínea é a **presença de um carboidrato (aglutinogênio) nas hemácias** (glóbulos vermelhos) .. Quando possuímos um aglutinogênio “**A**”, temos um sangue do tipo A. E quando há o carboidrato “**B**”, temos o B. Se a hemácia possuir ambos os açúcares, teremos AB, e se não houver a presença de “A” nem “b”, temos o tipo O.

Figura 3 – Tipos sanguíneos



Fonte: <http://bioanalise.wadeapps.com/post/1456344532-tipos-de-sangue-qual-é-o-seu>

No entanto, hemácias com aglutinogênios tipo A, possuem anticorpos para combater o tipo B. Isso porque se um sangue A recebe um sangue B (considerado um “invasor”, por ser diferente), terá uma reação do sistema imunológico para combater o “invasor”. O sangue B irá aglutinar e formar pequenos coágulos, podendo entupir os vasos sanguíneos .

Assim como o sangue B possui anticorpos para o sangue A. Já o sangue AB, por ter ambos os aglutinogênios, não possui anticorpos. E o sangue O possui para ambos, tanto para A, quanto para B. Os anticorpos recebem o nome de Aglutininas (Figura 4).

Como o sangue AB não possui anticorpos, ele pode receber de qualquer um dos outros tipos. E o sangue O, por não possuir antígeno, pode doar para todos (Figura 5).

Figura 4 – Representação dos anticorpos











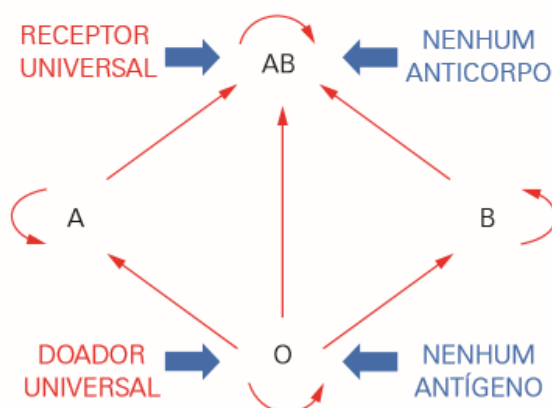
Grupo sanguíneo	A	B	AB	O
Hemácia				
Antígenos (aglutinogênios)	 antígeno A	 antígeno B	 antígenos A e B	nenhum
Anticorpos no plasma (aglutininas)	 anti-B	 anti-A	nenhum	 anti-A e anti-B

Figura 5 – Tipos sanguíneo



Fonte:: <https://www.coladaweb.com/biologia/sistema-abo>

Fonte:: <https://www.coladaweb.com/biologia/sistema-abo>

A relação de dominância entre esses alelos múltiplos pode ser expressa por:

$$I^a = I^b > i$$

Fenótipo	Genótipo
A	$I^a I^a$ ou $I^a i$
B	$I^b I^b$ ou $I^b i$
AB	$I^a I^b$
O	ii

SISTEMA MN: três outros tipos sanguíneos foram descobertos, sendo eles MM, NN e MN. Não existem anticorpos no soro dos indivíduos, por isso não há problemas de transfusões sanguíneas. É uma relação de codominância, pois os alelos não exercem função de dominância ($L^m = L^n$)

Se ambos os alelos forem LM, o indivíduo pertencerá ao grupo M. Se for apenas LN, pertencerá a N. Se forem heterozigotos, serão MN.

- **Fator Rh:** diz respeito à presença de uma proteína na hemácia. Quando há a proteína, classificamos como positivo (Rh +), e quando não há, é negativo (Rh-). A presença é uma característica dominante (RR ou Rr), tal que o Rh só será negativo em caso de homozigose recessiva.

No caso da transfusão sanguínea, o Rh + não pode doar para o Rh-, mas pode receber. Isso porque a presença da proteína pode ser considerada como um “corpo invasor” (Figura 6).

Figura 6 – Representação do sistema ABO e o Fator RH (+ ou -)

	PODE DOAR PARA	PODE RECEBER DE
A +	A+, AB+	A+, A-, O+, O-
A -	A+, A-, AB+, AB-	A-, O-
B +	B+, AB+	B+, B-, O+, O-
B -	B+, B-, AB+, AB-	B-, O-
AB +	AB+	TODOS OS TIPOS
AB -	AB+, AB-	A-, B-, AB-, O-
O +	A+, B+, AB+, O+	O+, O-
O -	TODOS OS TIPOS	O-

WWW.MDSAÚDE.COM

Fonte: <https://www.google.com.br/amp/s/www.todamateria.com.br/fator-rh/amp/>

Eritroblastose fetal: quando a mãe **possui Rh-** e **carrega um bebê Rh +**, ela produzirá anticorpos contra o sangue do bebê, que é aglutinado pelos anticorpos. Já existe uma vacina (imunoglobulina) para neutralizar esses anticorpos, assim a mãe poderá ter outros filhos com Rh positivo.

8. 2ª Lei de Mendel

Após estudar cada característica de maneira singular, Mendel prosseguiu seus estudos para verificar as **relações de dependência, ou seja, se** a semente de ervilha amarela era exclusivamente lisa ou os alelos agiam independentemente.





















Ele cruzou dois tipos de ervilhas puras: amarelas lisas e verdes rugosas (**geração parental**). Obteve 100% de ervilhas amarelas lisas (geração F1). Decidiu plantar uma das sementes e fez a autofecundação.

Obteve como resultado diversos tipos de ervilha. A maioria amarela e lisa, quantidades muito parecidas de amarelas rugosas e verdes lisas, e

pouquíssimas verdes rugosas (Figura 7). Após muitos cruzamentos, chegou à seguinte proporção: **9:3:3:1**

Por conseguir diversas combinações, Mendel percebeu que os fatores (alelos) são independentes uns dos outros (aqueles que estão em cromossomos homólogos diferentes)

Figura 7 – Representação da 2ª Lei de Mendel

F ₂	AB	Ab	aB	ab
AB	 AABB	 AABb	 AaBB	 AaBb
Ab	 AABb	 AAbb	 AaBb	 Aabb
aB	 AaBB	 AaBb	 aaBB	 aaBb
ab	 AaBb	 Aabb	 aaBb	 aabb
9  : 3  : 3  : 1 				

Fonte: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/biologia/leis-de-mendel>

Concluiu a 2ª Lei de Mendel: **cada par de alelos segregam-se independentemente do outro par durante a formação dos gametas.**

Para resolver problemas da 2ª Lei de Mendel:

- 1) Um casal, ambos **heterozigotos** para os genes da **polidactilia** e do **albinismo**, estão esperando um filho. Qual a chance de a criança nascer polidactilia e albina? Sabendo que a primeira doença é classificada como autossômica dominante e a segunda autossômica recessiva.

Esse tipo de problema pode ser resolvido utilizando a 1ª Lei para cada um dos genes, multiplicando as possibilidades no final. Se ele informa que a polidactilia é dominante, qualquer par que receber o alelo dominante P irá expressar-se. Utilizando o quadrado de Punnet para esse primeiro par:

	P	p
P	PP	Pp

p	Pp	pp
---	----	----

Ou seja, a probabilidade da criança ter a doença é $\frac{3}{4}$. Agora, pensando na outra doença, que é recessiva:

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

A chance, dessa vez, é apenas de $\frac{1}{4}$. Agora, utilizando a regra do “e” (polidactilia E albinismo). **Temos: $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$.** Esse é o jeito mais simplificado e rápido, mas também seria possível resolver com o quadrado de Punnet para a 2ª Lei:

	PA	Pa	Ap	ap
PA	PPAA	PPAa	PpAA	PpAa
Pa	PPAa	<u>PPaa</u>	PpAa	<u>Ppaa</u>
Ap	PpAA	PpAa	ppAA	ppAa
ap	PpAa	<u>Ppaa</u>	ppAa	ppaa

Considerando apenas aqueles que possuem a combinação: P_aa, temos destacados em vermelho os pares que resultariam numa criança com ambas as doenças. Ou seja, **$\frac{3}{16}$** .

Cruzamento de três pares de alelos: AaBbCc x AaBbCc

Utilizando o quadro de Punnet separadamente para cada par de alelos:

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa
	B	b
B	BB	Bb
b	Bb	bb
	C	c

C	C	Cc
	C	
c	Cc	cc

X

X

Exemplo: Probabilidade de genótipo dominante em todos os pares:

Cada um possui $P = \frac{3}{4}$. Realizando a multiplicação: $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$

Cálculo do número de gametas: na separação dos cromossomos homólogos, formam-se combinações. O n° de combinações é definido pela fórmula 2^n , tal que n é o número de pares heterozigotos.

Por exemplo: AaBbCc

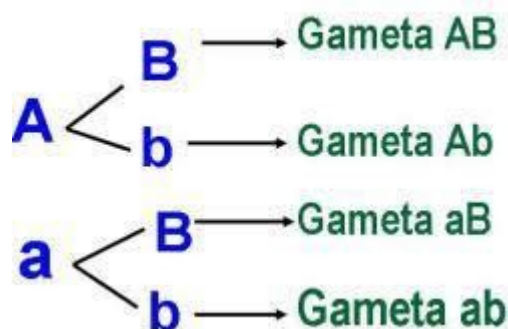
N = 3

N° de gametas diferentes: $2^3 = 8$.

genótipo	pares heterozigotos (n)	tipos de gameta (2^n)
AA bb CC dd EE FF	0	1
Aa bb CC dd EE ff	1	2
AA Bb cc Dd Ee FF	3	8
Aa Bb Cc Dd Ee Ff	6	64

Também se utiliza o método das linhas bifurcadas para saber os gametas e suas proporções (Figura 8).

Figura 8 – Método para determinar número de gametas - Linhas bifurcada



Fonte: <https://professoraleonilda.files.wordpress.com/2014/04/3capitulo-3-segunda-lei-de-mendel.pdf>

O alelo A bifurca os alelos B e b, formando os gametas AB e Ab. No caso, de um gene em homozigose, não seriam duas retas bifurcadas, mas sim uma só reta, já que o alelo iria produzir um gameta igual nos dois casos: A – b = Ab (x2)

Para descobrir os fenótipos, os genótipos e a frequência que eles aparecem, utiliza-se o quadro de Punnet. Por exemplo: no cruzamento AaBbCc x AaBbCc

	C	c
C	<u>CC</u>	<u>Cc</u>
c	<u>Cc</u>	cc

	A	a
A	<u>AA</u>	<u>Aa</u>
a	<u>Aa</u>	aa
	B	b
B	<u>BB</u>	<u>Bb</u>
b	<u>Bb</u>	bb

Probabilidade do fenótipo se dominante: $3 \times 3 \times 3 = 27$ ou 3^3

OBS: genótipo é o conjunto das combinações (AA, Aa, aa) e fenótipo é a característica (dominante ou recessivo)

9. Determinação Sexual

No caso dos humanos são 23 pares de cromossomos responsáveis pelas características genéticas. De todos, um par é responsável pela determinação sexual. Nem todos os animais possuem esses “genes sexuais”. No caso dos

répteis e alguns outros animais, os genes estão espalhados pelos cromossomos, e a determinação se dá pelo meio ambiente.

Por exemplo, a temperatura acima de 30° pode gerar tartarugas fêmeas, por conta do desenvolvimento embrionário. Nos outros animais, há outros sistemas para determinação:

Sistema XY: as fêmeas são homogaméticas, possuem os cromossomos X e X, enquanto machos são heterogaméticos e possuem cromossomos X e Y. É o sistema dos humanos, por exemplo.

Sistema X0: é um caso do sistema XY, no qual os machos não possuem dois cromossomos, mas sim só um. Por exemplo, se a fêmea XX é diplóide (2n) e apresenta $n=20$, o macho terá $n=19$. É o sistema dos gafanhotos e alguns besouros.

Sistema ZW: contrário ao sistema XY, nesse são as fêmeas as que possuem cromossomos diferentes (ZW) e os machos possuem iguais (ZZ). É o sistema das aves, borboletas e alguns peixes.

Sistema Z0: a fêmea possui um cromossomo sexual a menos. É o sistema encontrado nas galinhas domésticas e alguns répteis.

Haplodiploid: casos em que a fêmea é diplóide (2n) e o macho é haplóide (n), como as borboletas, formigas e outros insetos.

Lista de Exercícios

1. (Fuvest – SP) Numa espécie de planta, a cor das flores é determinada por um par de alelos. Plantas de flores vermelhas cruzadas com plantas de flores brancas produzem plantas de flores cor-de-rosa. Do cruzamento entre plantas de flores cor-de-rosa, resultam plantas com flores:
 - a) das três cores, em igual proporção
 - b) das três cores, prevalecendo as cor-de-rosa.
 - c) das três cores, prevalecendo as vermelhas.
 - d) somente vermelhas e brancas, em igual proporção
2. (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

3. (UEM – PR) 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 homozigotos dominantes, homozigotos recessivos e heterozigotos terão fenótipos de pelagem distintos.

(02) A proporção fenotípica de pelagem esperada para descendentes do cruzamento de parentais heterozigotos é de 3:1.

(04) Os gametas produzidos por animais homozigotos 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 homozigotos com fenótipos de pelagem distintos gera descendentes com fenótipos de pelagem iguais entre si e diferentes dos parentais.

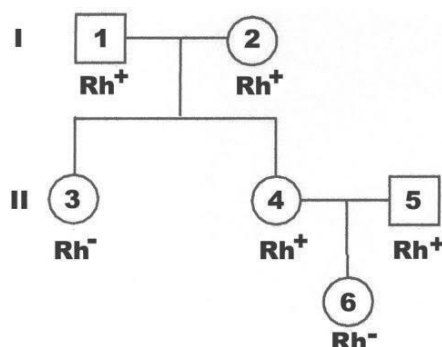
4. (Mackenzie) A respeito dos grupos sanguíneos, é correto afirmar que:

- a) Um indivíduo pertencente ao tipo O não tem aglutininas
- b) Um indivíduo com aglutinina B não pode ser filho de pai que pertença ao grupo O
- c) Dois indivíduos AB não podem ter filhos que pertencem ao grupo O
- d) A ausência de aglutinogênios é característica do grupo AB.

5. (PUCRS) Uma mulher com sangue do tipo A /Rh + / MM é casada com um homem com tipo sanguíneo B / Rh + / NN. Qual das alternativas abaixo indica o tipo sanguíneo de uma criança que não poderia ter sido gerada por esse casal?

- a) A / Rh + / NN
- b) A / Rh- / MN
- c) AB / Rh- / MN
- d) O / Rh + / MN

6. (UFLA) O sistema Rh em seres humanos é controlado por um gene com dois alelos, dos quais o alelo dominante R é responsável pela presença do fator Rh das hemácias, e portanto, fenótipo Rh +.



Com base no heredograma acima, determine os genótipos dos indivíduos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

- a) RR, Rr, Rr, RR, Rr, RR
- b) Rr, Rr, rr, Rr, Rr, rr
- c) Rr, Rr, Rr, rr, RR, Rr
- d) Rr, Rr, RR, Rr, rr

7. (UFU-MG) Em experimentos envolvendo três características independentes (tri- hibridismo), se for realizado um cruzamento entre indivíduos AaBbCc, a frequência de descendentes AABbcc será igual a:

- a) 8/64
- b) 1/16
- c) 1/32
- d) 3/64

8. (Fuvest) O cruzamento entre duas linhagens de ervilhas, uma com sementes amarelas e lisas (VvRr) e outra com sementes amarelas e rugosas (Vvrr), originou 800 indivíduos. Quantos indivíduos devem ser esperados para cada um dos fenótipos obtidos?

- a) amarelas-lisas = 80; amarelas-rugosas = 320; verdes-lisas = 320; verdes-rugosas = 80.
- b) amarelas-lisas = 100; amarelas-rugosas = 100; verdes-lisas = 300; verdes-rugosas = 300
- c) amarelas-lisas = 450; amarelas-rugosas = 150; verdes-lisas = 150; verdes-rugosas = 50.
- d) amarelas-lisas = 300; amarelas-rugosas = 300; verdes-lisas = 100; verdes- rugosas = 100.

9. **(PUC-SP)** De acordo com a segunda lei de Mendel, o cruzamento $AaBbCc \times aabbcc$ terá chance de produzir descendentes com genótipo $AaBbCc$ igual a:

- a) $\frac{1}{2}$
- b) $\frac{1}{4}$
- c) $\frac{1}{8}$
- d) $\frac{3}{8}$

10. **(PUC-RS 2010)** Para responder à questão, considere as quatro premissas a seguir. - Genes transmitidos por cromossomos diferentes. - Genes com expressão fenotípica independente. - Modo de herança com dominância. - Padrão de alelismo. Um cruzamento diíbrido entre dois indivíduos duplo heterozigotos teria como resultado a proporção fenotípica de

- a) 1:3:3:1
- b) 1:2:1
- c) 3:9:3
- d) 9:3:3:1

Gabarito

1. B. Serão duas rosas, uma vermelha e uma branca.
2. D, é um caso de codominância.
3. $1 + 16$.
4. C.

	I^a	I^b
I^a	$I^a I^a$	$I^a I^b$
I^b	$I^a I^b$	$I^b I^b$

5. A. Não seria possível ter uma criança homozigota NN, apenas heterozigota.
6. B. Rr, Rr, rr, Rr, Rr, rr
7. C. Chance de ser AA: $\frac{1}{4}$; chance de ser Bb: $\frac{1}{2}$; chance de ser cc: $\frac{1}{4}$. Multiplicando os três, temos $\frac{1}{32}$.
8. D. Utilizando o quadro de Punnet, teremos ao todo $\frac{3}{4}$ amarelas, ou seja, 600. Sendo que metade será lisa a outra metade rugosa, como indica a alternativa.
9. C. Cada um possui chance $\frac{1}{2}$, multiplicando 3 vezes, teremos $\frac{1}{8}$.
10. D. Com o quadro de Punnet, encontramos a proporção de 9:3:3:1 para a fecundação entre heterozigotos.