

# GENÉTICA

Prof. Kennedy Ramos

## UNIDADE 13: 2ª Lei de Mendel

### Lei da segregação Independente

Mendel não estudou apenas características fenotípicas isoladas das ervilhas. Trabalhou também com a transmissão de duas características simultâneas.

Em um de seus cruzamentos Mendel considerou a cor da semente (amarela ou verde) e a textura da casca (lisa ou rugosa).

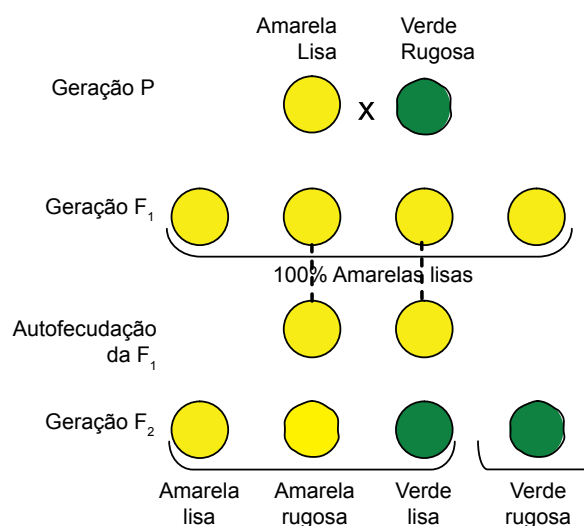
Plantas originadas de sementes amarelas e lisas (características dominantes) foram cruzadas com plantas de sementes verdes e rugosas (características recessivas).

Todas as plantas da geração F1 apresentaram sementes amarelas e lisas. Mendel realizou então a autofecundação de plantas com sementes amarelas e lisas de F1.

A geração F2 obtida nesse cruzamento era composta de quatro fenótipos nas seguintes proporções: 315 amarelas-lisas; 101 amarelas-rugosas; 108 verde-lisas e 32 verde-rugosas, ou seja, na proporção de 9:3:3:1.

Fenótipos	Resultado teórico	Resultado prático
Amarelas-lisas	9/16	315
Amarelas-rugosas	3/16	101
Verdes-lisas	3/16	108
Verdes-rugosas	1/16	32

### Exemplificando, teremos...



As plantas da geração parental (P) são duplamente homocigotas (VVRR e vvrr).

Seguindo as orientações da 1ª lei, concluímos que será passado para os gametas apenas um gene por caráter. Assim, os gametas são VR e vr, respectivamente.

Os indivíduos gerados em F1 serão duplamente heterocigotos (VvRr - amarelas e lisas).

Cada indivíduo de F1 (VvRr) produz quatro tipos de gametas diferentes: VR, Vr, vR e vr. Nota-se que qualquer um dos genes para cor (V ou v) pode ir para os gametas, combinados com qualquer um dos genes para a forma, com igual probabilidade.

Isso quer dizer que os resultados obtidos por Mendel sugeriam total independência entre os genes para a forma e para a cor, significando que a segregação de qualquer um desses genes ocorre ao acaso.



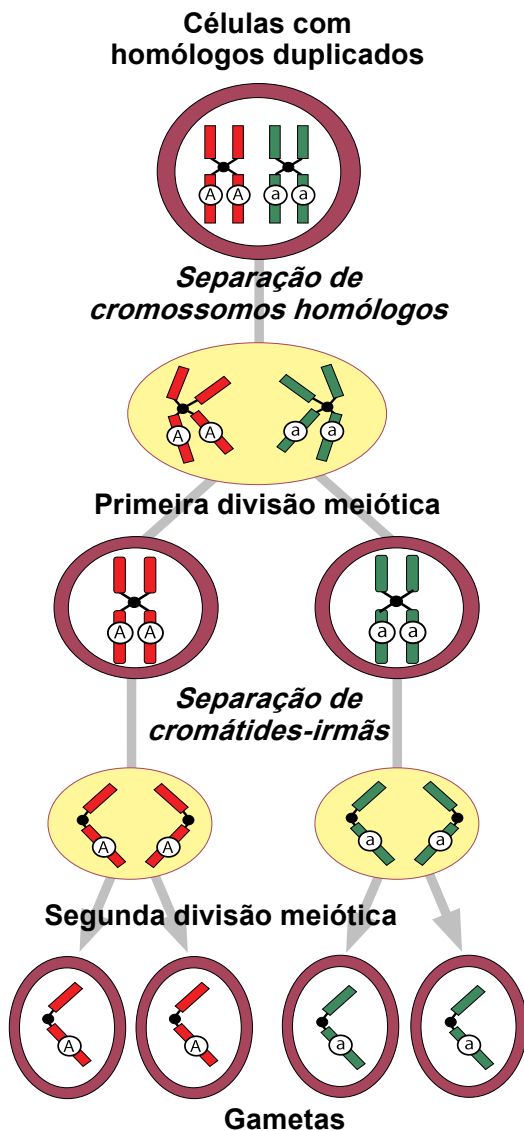
## A segunda lei de Mendel e a meiose:

Na meiose, cada cromossomo se separa de seu homólogo de tal maneira que os gametas formados são células haplóides, isto é, contém apenas um cromossomo de cada tipo.

Os alelos de um gene se segregavam por estarem situados em cromossomos homólogos, nas células precursoras dos gametas.

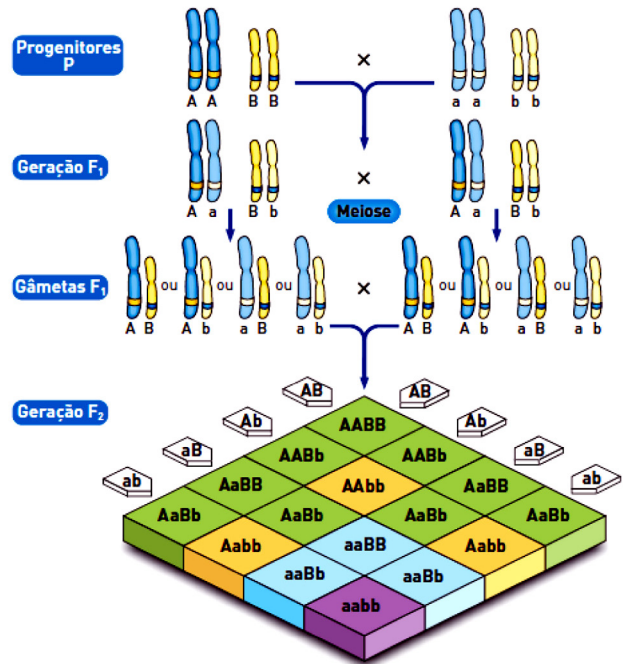
Os homólogos de cada par cromossômico segregam-se com total independência uns dos outros, ou seja, cromossomos homólogos de origem materna e paterna podem se combinar livremente.

Portanto os genes que se situam em diferentes pares de cromossomos homólogos também se segregam independentemente.



O diagrama mostra que a segregação independente dos cromossomos homólogos na meiose é responsável pela segregação independente dos genes situados em diferentes pares de homólogos. Em uma célula duploheterozigota, há dois caminhos possíveis para a migração dos cromossomos, o que caracteriza a segregação independente.

Exemplificando, teremos...



## ATIVIDADES PROPOSTAS



01. (Ufrgs) No milho, grãos de coloração púrpura são dominantes em relação a amarelos, e grãos cheios são dominantes em relação a murchos.

Do cruzamento entre duas plantas, foi obtida uma prole com as seguintes proporções: 25% de grãos púrpura e cheios; 25% de grãos amarelos e cheios; 25% de grãos púrpura e murchos; 25% de grãos amarelos e murchos.

Sabendo que uma das plantas parentais era totalmente homozigota, assinale a alternativa correta.

- Os dois genes citados não estão segregando de forma independente.
- A planta homozigota era dominante para as duas características.
- Uma das plantas parentais era heterozigota para as duas características.
- A prole seria mantida na proporção 1:1:1:1, se as duas plantas parentais fossem duplo heterozigotas.
- Os resultados obtidos são fruto de recombinação genética.





02. (Pucrs) 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 bialelismo.

Um cruzamento diíbrido entre dois indivíduos duplo heterozigotos teria como resultado a proporção fenotípica de:

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

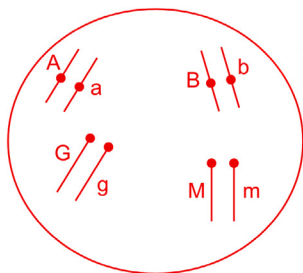


03. (Ufrgs) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem. A famosa proporção 9 : 3 : 3 : 1 relacionada à Segunda Lei de Mendel refere-se à proporção ..... esperada da ..... de dois indivíduos heterozigóticos quanto a dois pares de genes (AaBb) localizados em ..... de cromossomos:

- a) genotípica - F2 - diferentes pares.
- b) fenotípica - F1 - diferentes pares.
- c) fenotípica - F2 - um mesmo par.
- d) genotípica - F1 - um mesmo par.
- e) fenotípica - F2 - diferentes pares.



04. (Ufla) Oitenta células de um animal com a constituição apresentada na figura sofrem meiose:



O número de espermatozoides diferentes produzidos por esse animal e o número de espermatozoides com a constituição AbGm será, respectivamente:

- a) 16 e 40.
- b) 8 e 20.
- c) 16 e 20.
- d) 8 e 40.
- e) 20 e 40.



05. (Udesc) Assinale a alternativa correta relacionada à lei de segregação independente estabelecida por Gregor Mendel:

- a) Gametas parentais são aqueles que apresentam as novas combinações gênicas resultantes da permutação. Gametas recombinantes são os que apresentam as combinações gênicas não-resultantes da permutação.
- b) Os filhos de um homem de olhos castanho-claros (AaBb) e de uma mulher, poderão apresentar para a mesma característica fenotipo castanho-claro, castanho escuro, castanho-médio, azul e verde.
- c) A proporção genotípica é 9:3:3:1.
- d) A herança da cor dos olhos na espécie humana é explicada pela primeira Lei de Mendel.
- e) A cor da pelagem dos cães e da plumagem dos periquitos é uma situação de herança quantitativa.



## ATIVIDADES ENEM



06. (MODELO ENEM) 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) 512 insetos
- d) 768 insetos
- e) 1024 insetos.



07. (MODELO ENEM) A mosca *Drosophila*, conhecida como mosca-das-frutas, é bastante estudada no meio acadêmico pelos geneticistas. Dois caracteres estão entre os mais estudados: tamanho da asa e cor do corpo, cada um condicionado por gene autossômico. Em se tratando do tamanho da asa, a característica asa vestigial é recessiva e a característica asa longa, dominante. Em relação à cor do indivíduo, a coloração cinza é recessiva e a cor preta, dominante.

Em um experimento, foi realizado um cruzamento entre indivíduos heterozigotos para os dois caracteres, do qual foram geradas 288 moscas. Dessas, qual é a quantidade esperada de moscas que apresentam o mesmo fenótipo dos indivíduos parentais?

- a) 288.
- b) 162.
- c) 108.
- d) 72.
- e) 54.



08. (MODELO ENEM) Em tomates, a característica planta alta é dominante em relação à característica planta anã e a cor vermelha do fruto é dominante em relação à cor amarela. Um agricultor cruzou duas linhagens puras: planta alta/fruto vermelho x planta anã/fruto amarelo. Interessado em obter uma linhagem de plantas anãs com frutos vermelhos, deixou que os descendentes dessas plantas cruzassem entre si, obtendo 320 novas plantas. O número esperado de plantas com o fenótipo desejado pelo agricultor e as plantas que ele deve utilizar nos próximos cruzamentos, para que os descendentes apresentem sempre as características desejadas (plantas anãs com frutos vermelhos), podem ser indicados em:.

Um agricultor cruzou duas linhagens puras: planta alta/fruto vermelho x planta anã/fruto amarelo. Interessado em obter uma linhagem de plantas anãs com frutos vermelhos, deixou que os descendentes dessas plantas cruzassem entre si, obtendo 320 novas plantas. O número esperado de plantas com o fenótipo desejado pelo agricultor e as plantas que ele deve utilizar nos próximos cruzamentos, para que os descendentes apresentem sempre as características desejadas (plantas anãs com frutos vermelhos), podem ser indicados em:.

- a) 16; plantas homozigóticas em relação às duas características.
- b) 48; plantas homozigóticas em relação às duas características.
- c) 48; plantas heterozigóticas em relação às duas características.
- d) 60; plantas heterozigóticas em relação às duas características.
- e) 60; plantas homozigóticas em relação às duas características.



09. (MODELO ENEM) A fibrose cística e a miopia são causadas por genes autosômicos recessivos. Uma mulher míope normal para fibrose cística casa-se com um homem normal para ambas as características, filho de pai míope. A primeira criança nascida foi uma menina de visão normal, mas com fibrose.

A probabilidade de o casal ter outra menina normal para ambas as características é de.

- a) 9/8.
- b) 7/4.
- c) 3/16.
- d) 1/8.
- e) 1/4.



10. (MODELO ENEM) Considere um indivíduo heterozigoto para três genes. Os alelos dominantes A e B estão no mesmo cromossomo. O gene C tem segregação independente dos outros dois genes. Se não houver crossing-over durante a meiose, a frequência esperada de gametas com genótipo abc produzidos por esse indivíduo é de:

- a) 1/2.
- b) 1/4.
- c) 1/6.
- d) 1/8.
- e) 3/4.



## GABARITOS

QUESTÃO 01: Gabarito: C

Comentário:

Alelos:

a (amarelo) e A (púrpura)  
m (murcho) e M (cheio)

Pais: AaMm x aamm

Filhos:

25% AaMm (grãos púrpuras e cheios)  
25% Aamm (grãos púrpuras e murchos)  
25% aaMm (grãos amarelos e cheios)  
25% aamm (grãos amarelos e murchos).

QUESTÃO 02: Gabarito: E

Comentário: Um exemplo clássico de diíbrido são os resultados obtidos nos cruzamentos de Mendel, ao estudar concomitantemente a transmissão combinada de duas características de ervilhas. Considerando simultaneamente a cor dos cotilédones, que proporcionou as cores amarela ou verde à semente, e a textura dos cotilédones, que fez as sementes serem lisas ou rugosas, Mendel obteve do cruzamento entre plantas puras amarelas puras (homozigóticas dominantes) e lisas com plantas originadas de sementes verdes e rugosas puras (homozigóticas recessivas), uma geração F1 formada por plantas que produziram somente sementes amarelas lisas (heterozigóticas). A geração F2 obtida pela autofecundação das plantas originadas das sementes de F1 era composta de quatro tipos de sementes: amarelas-lisas, amarelas-rugosas, verdes-lisas e verdes-rugosas na proporção 9:3:3:1.

**QUESTÃO 03: Gabarito: E**

**Comentário:** A proporção 9 : 3 : 3 : 1 refere-se à proporção fenotípica gerada a partir do cruzamento, na geração F2, de dois indivíduos heterozigotos quanto a dois pares de genes localizados em pares de cromossomos homólogos diferentes.

**QUESTÃO 04: Gabarito: C**

**Comentário:** O número de espermatozoides distintos formados pela meiose dessas células é  $2n$  ( $n$  = número de pares heterozigóticos do genótipo).

Logo,  $n^2 = 2^4 = 16$  tipos diferentes de gametas. As 80 células formarão 320 células ao término da meiose, das quais 20 terão a composição AbGm.

**QUESTÃO 05: Gabarito: B**

**Comentário:** A herança quantitativa explica a possibilidade da ocorrência de cinco fenótipos que variam em intensidade a partir do cruzamento de dois indivíduos heterozigotos para dois pares de genes que se segregam independentemente.

**QUESTÃO 06: Gabarito: D**

**Comentário:**

Alelos:

L (asas longas) e C (asas curtas)  
a (ausência de asas) e A (presença de asas).

Pais: AaLC AaLC

P(descendentes com asas intermediárias) =  
 $P = (A\_LC) = 3/2 \times 1/2$

**QUESTÃO 07: Gabarito: B**

**Comentário:**

Alelos: V (asa normal) e v (asa vestigial)  
P (preta) e p (cinza)

Pais: ♂VvPp x ♀VvPp

Filhos:  $9/16 V\_P\_ : 3/16 vvP\_ : 1/16 ppvV$   
 $P(\text{filhos } V\_P\_ ) = 9/16 \times 288 = 162$

**QUESTÃO 08: Gabarito: E**

**Comentário:**

Alelos: A (alta) e a (anã)/ V (vermelha) e v (amarela).

Pais: AAVV x aavv

F1: AaVv

F2: 9 (A\_V\_) ; 3 (a\_vv) ; 3 (aaV\_) ; 1 (aavv).

$P(aaV_) = 3/16 \times 320 = 30$

As plantas aaVV sempre produzirão, por autofecundação, descendência anã com frutos vermelhos.

**QUESTÃO 09: Gabarito: C**

**Comentário:** Alelos: m (miopia); M (visão normal); f (fibrose cística); F (normalidade).

Pais: ♀mmFf x ♂MmFf

$P(\text{♀M+F}) = 1/2 \times 1/2 \times 3/4 = 3/16$

**QUESTÃO 10: Gabarito: B**

**Comentário:** O genótipo heterozigoto é representado por AB/ab Cc.

Dessa forma, considerando o princípio da segregação independente, serão formados quatro tipos de gametas: ABC, ABc, abC e abc. A frequência do gameta abc é, portanto, igual a 1/4.

**REFERENCIAL TEÓRICO**

GRIFFITHS, A.J.F. et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 9ª ed., 2010.

SNUSTAD, D.P. e SIMMONS, M.J. Fundamentos de genética. 2º ed. Rio de Janeiro: guanabara Kogan, 200.

GARDNER, E. J. e SNUSTAD, D.P. Genética. 7º ed. Rio de Janeiro: guanabara Kogan, 1986

BURNS, G. W. e BOTTINA, P. J. Genética 6º ed. Rio de Janeiro: guanabara Kogan,  
STANFIELD, W. D. Genética 2º ed. Editora Mc Graw - Hill.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia,  
volume único 1. Ed. São Paulo: Ática, 2011. DOS  
SANTOS, F.S.; VICENTIN, J.B; DE OLIVEIRA,

M.M.A. Ser Protagonista- Biologia (ensino médio) –  
Vol 2. 1º edição, São Paulo, Edições SM, 2010.