

GRUPOSSANGUÍNEOSHUMANOS

A existência de diferentes tipos de sangue na espécie humana foi revelada graças aos trabalhos pioneiros de Landsteiner (1901), baseados em observações de que as transfusões de sangue entre alguns indivíduos eram bem sucedidas, enquanto que entre outros o receptor da transfusão apresentava problemas que podiam levá-lo a morte. A causa da morte era a aglutinação dos glóbulos vermelhos na corrente circulatória, isto é, as hemácias se juntavam umas às outras, formando pequenos grumos que obstruíam os capilares sanguíneos.

Pesquisando o problema, observou que a aglutinação das hemácias era devida a uma reação do tipo antígeno anticorpo.

Dá-se o nome de antígeno a toda substância que, uma vez no interior do organismo, é reconhecida como estranha e induz nele, como resposta, a produção de um outro tipo de substância denominado anticorpo.

Os anticorpos são proteínas que reagem quimicamente com o antígeno, inativando-o. A reação antígeno anticorpo é altamente específica, isto é, cada antígeno induz à formação de moléculas de anticorpos que só reagem com o antígeno em questão. Quando somos atacados por um elemento infeccioso, por exemplo o vírus da varíola, nosso organismo responde com a produção de anticorpos que reagem com os antígenos presentes no vírus, resultando na sua destruição. Quando em uma ocasião futura, entrarmos novamente em contato com o vírus da varíola, não mais contrairemos a doença, pois nosso organismo terá se tornado imune a este vírus. Entretanto, estes anticorpos são ineficazes contra outros vírus, como por exemplo o da caxumba.

Uma maneira de adquirir-se imunidade sem contrair a doença é pela utilização de vacinas. A vacinação consiste em introduzir no organismo os agentes infecciosos (vírus, bactérias, etc.), de forma inativa (vírus atenuados ou extrato de agentes infecciosos, por exemplo), sendo que o organismo reage contra as porções antigênicas, fabricando anticorpos e tornando-se imune a contatos posteriores.

Muitas vezes o organismo entra em contato com substâncias altamente nocivas, requerendo um combate imediato, não sendo possível esperar o tempo necessário para que ele reaja, fabricando anticorpos. Neste caso, para uma neutralização rápida, lança-se mão do emprego de soros contra o determinado antígeno. Estes soros são geralmente produzidos em outras espécies animais.

Como exemplo, temos o soro antiofídico, que contém grandes quantidades de anticorpos que neutralizam o veneno, antes que este leve o indivíduo à morte.

Em nosso organismo, existe, entretanto, uma certa quantidade de anticorpos chamados naturais, que existem normalmente em circulação, sem, no entanto, terem sido induzidos pelo contato com o antígeno específico. Um exemplo de anticorpos naturais são aqueles dirigidos contra as hemácias de tipos sanguíneos diferentes daquele do indivíduo. Os antígenos presentes nas hemácias são determinados geneticamente.

Sistema ABO

Na espécie humana, o principal sistema sanguíneo é o chamado Sistema ABO. Todos os representantes da espécie humana podem ser distribuídos segundo quatro tipos sanguíneos, determinados geneticamente. O que diferencia cada tipo é a presença dos antígenos na superfície das hemácias. Os antígenos aqui são chamados de aglutinogênios e os anticorpos dirigidos contra eles, de aglutininas. Teremos então os seguintes grupo sanguíneos:

Grupo sanguíneo	Aglutinogênio (nas hemácias)	Aglutininas (no plasma)
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A e B	—
O	—	anti-A e anti-B

- A presença de aglutinogênio A é condicionada pelo gene I^A .
- A presença de aglutinogênio B é condicionada pelo gene I^B .
- A ausência de aglutinogênio é condicionada pelo gene i .

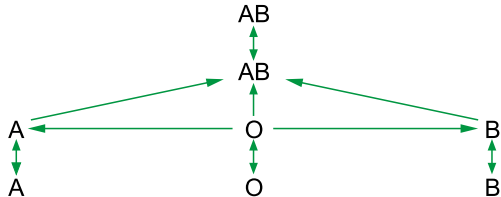
Com relação ao tipo de dominância entre estes genes alelos, temos: o gene I^A é dominante em relação ao gene i ; o gene I^B também é dominante em relação ao gene i , os genes I^A e I^B não manifestam dominância entre si.

No quadro que se segue temos a relação genótipo fenótipo:

Genótipos	Fenótipos
$I^A I^A$ ou $I^A i$	A
$I^B I^B$ ou $I^B i$	B
$I^A I^B$	AB
ii	O

Transfusões sanguíneas

A aglutinação decorrente de uma transfusão ocorre quando as hemácias do doador, contendo seus aglutinogênios específicos, são incompatíveis com o soro do receptor (que contém aglutininas contra os aglutinogênios diferentes). Desta forma, podemos estabelecer os tipos de transfusões possíveis:



Pode-se verificar que indivíduos do grupo AB podem receber sangue de indivíduos de todos os outros grupos e, no entanto, só podem doar para indivíduos do próprio grupo. Por isto, o grupo AB é denominado receptor universal. Por outro lado, indivíduos do grupo O podem doar sangue para indivíduos de todos os outros grupos, porém só podem receber transfusão de indivíduos do próprio grupo sanguíneo. Por isso, o grupo O é denominado doador universal.

Sistema Rh

Além do ABO, existem outros sistemas sanguíneos, determinados geneticamente. Dentre eles, o Rh. O Sistema Rh foi descoberto por Landsteiner e Wilner (1940) e recebeu esta denominação por relacionar-se com um antígeno presente nas hemácias humanas, mas que foi detectado primeiramente em macacos Rhesus.

Testando-se o sangue de uma população com um soro anti-Rh verifica-se que as hemácias da maioria dos indivíduos se aglutinam, revelando que nestas hemácias existe o antígeno Rh. Estes indivíduos são chamados Rh⁺. Os indivíduos cujas hemácias não se aglutinam com o soro anti-Rh, não apresentam o antígeno e por isso são chamados de Rh⁻.

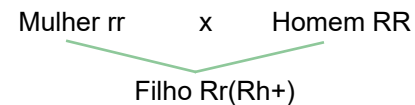
As pessoas do grupo Rh⁺ ou Rh⁻ normalmente não apresentam anticorpos anti-Rh em circulação. Entretanto, pessoas Rh⁻ entrando em contato com sangue tipo Rh⁺ (hemácias com antígeno Rh), se sensibilizam e passam a produzir anticorpos anti-Rh.

A herança do Sistema Rh dá-se por um par de genes alelos R e r. O gene R determina a presença do antígeno Rh na superfície das hemácias e é dominante sobre o seu alelo r. O gene r não determina a produção de antígenos nas hemácias.

Os possíveis genótipos e seus respectivos fenótipos para este par de genes são:

Genótipo	Fenótipo
RR ; Rr	Rh ⁺
rr	Rh ⁻

A descoberta do Sistema Rh na espécie humana veio esclarecer a origem de uma doença que afeta as crianças recém-nascidas na qual ocorre destruição das hemácias e, conseqüentemente, uma forte anemia. A doença denominada Eritroblastose Fetal pode ocasionar a morte da criança ou do feto, durante a gestação. É ocasionada pelo aparecimento, no plasma da mãe, de anticorpos anti-Rh dirigidos contra as hemácias do filho Rh⁺. Logicamente a condição básica para que apareça a eritroblastose fetal é que a mãe se Rh⁻ e o filho Rh⁺. Isto acontece quando a mulher casa-se com homem do tipo Rh⁺.



Durante a gestação, há uma estreita comunicação entre a mãe e o filho por meio da placenta, através da qual ocorre um intercâmbio de substâncias, mas não de células sanguíneas.

Como já foi citado, a pessoa Rh⁻ normalmente não apresenta anticorpos anti Rh. Portanto, para que a mãe tenha anticorpos anti-Rh no seu plasma, é preciso que ela tenha entrado em contato com hemácias Rh⁺. Isto pode ser possível se a mãe receber uma transfusão sanguínea incorreta (com sangue Rh⁺) ou se acidentalmente, durante a gestação, ocorrerem hemorragias na placenta, ocasionando passagem de glóbulos sanguíneos do filho para a circulação materna. Nos casos em que o filho é Rh⁻ e a mãe Rh⁺ não haverá problemas, pois a produção de anticorpos pela criança só se inicia alguns meses após o nascimento.

Observação: O conhecimento da genética de grupos sanguíneos tem muita aplicação em medicina legal, permitindo resolver alguns casos de paternidade duvidosa.

EXERCÍCIOS

01. Conceitue antígeno e anticorpo.

02. Em que consiste a vacinação?

03. O que são aglutinogênios? E aglutininas?

04. Qual a causa da eritroblastose fetal?

05. Por que os indivíduos do grupo sanguíneo A não podem receber transfusão de pessoas pertencentes ao grupo B?

06. Seria possível o primeiro filho de uma mulher de sangue Rh⁻ nascer com eritroblastose fetal? Justifique a resposta.

07. Estabeleça os possíveis fenótipos, quanto ao grupo sanguíneo, dos filhos dos seguintes casamentos:

a) I^Ai x I^Bi

b) I^AI^A x ii

08. Quais as proporções fenotípicas e genotípicas esperadas para os filhos de um homem AB casado com uma mulher do grupo O?

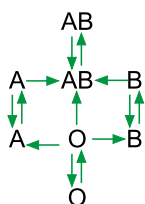
09. Determine os genótipos dos pais, nos dois problemas seguintes:

a) o pai é A, a mãe é B; um filho é AB e outro é O .

b) o pai é do grupo A, a mãe do grupo B; os oito filhos são do grupo AB.

10. Uma mulher de sangue tipo B, Rh⁻ tem um filho de sangue tipo A, Rh⁺. Um possível pai pertence ao grupo AB, Rh⁻ e o outro, ao grupo AB Rh⁺. Qual deles deve ser o verdadeiro pai da criança? Justifique sua resposta.

11. Em cavalos, o gene C determina pelo castanho e o gene B determina pelo branco. O tipo "palomino" aparece quando os indivíduos são heterozigotos. Qual dos seguintes cruzamentos dará apenas cavalos "palominos", sem produzir cavalos brancos?
- "Palomino" x "Palomino"
 - "Castanho" x "Castanho"
 - "Branco" x "Palomino"
 - "Castanho" x "Palomino"
 - "Branco" x "Castanho"
12. Um jovem pertencente ao grupo B é filho de pai do grupo A e mãe AB. O genótipo do pai deverá ser:
- $I^A I^A$
 - $I^A i$
 - $I^B i$
 - $I^A I^B$
 - ii
13. Um casal cujo filho é do grupo sanguíneo O pode ter os seguintes genótipos:
- $I^B I^B$ e $I^A I^B$
 - $I^B i$ e $I^A I^B$
 - $I^A i$ e $I^B I^B$
 - $I^A i$ e $I^B i$
 - $I^A I^A$ e $I^B I^B$
14. (FUVEST) Considerando o sistema de grupos sanguíneos ABO, quantos genótipos diferentes são possíveis nesse sistema?
- 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 8
15. (FUVEST) Quando os cônjuges têm sangue do tipo AB, os tipos possíveis de sangue dos filhos são apenas:
- A e AB
 - A e B
 - A – B – AB
 - A – AB – O
 - A – B – O
16. O esquema abaixo apresenta as possíveis transfusões entre indivíduos dos grupos sanguíneos do sistema ABO.



A partir dele podemos concluir:

- B tem aglutinogênio A e aglutinina B;
 - A tem aglutinogênio A e aglutinina A;
 - O tem aglutinogênio A e B;
 - AB não tem nenhuma dos aglutinogênios;
 - AB não tem nenhuma das aglutininas.
17. (UFRJ)
- | Nome | Antígeno | Anticorpo |
|-------|----------|-----------------|
| Carla | A | anti B |
| Tiago | B | anti A |
| Maura | A e B | - |
| Luiz | - | anti A – anti B |
- O quadro acima relaciona os indivíduos com seus respectivos tipos sanguíneos e, baseado nele, é incorreto afirmar que:
- Carla possui sangue tipo A;
 - Luiz é doador universal;
 - Luiz pode doar sangue para Carla, Tiago e Maura;
 - Maura pode receber sangue de Carla, Tiago e Luiz;
 - Se Luiz se casar com Maura, poderão ter filhos com sangue tipo O e AB.
18. (FUVEST) Uma mulher de sangue tipo A, casada com um homem de sangue tipo B, teve um filho de sangue tipo O. Se o casal vier a ter outros cinco filhos, a chance deles nascerem todos com sangue tipo O é:
- igual à chance de nascerem todos com sangue do tipo AB;
 - menor que a chance de nascerem todos com sangue do tipo AB;
 - maior que a chance de nascerem todos com sangue do tipo AB;
 - menor que a chance de nascerem sucessivamente com sangue do tipo AB, A, B, A e B;
 - maior que a chance de nascerem sucessivamente com sangue do tipo AB, B, B, A e A.

DETERMINAÇÃO DO SEXO NA ESPÉCIE HUMANA

Na espécie humana, a determinação do sexo é cromossômica. Você já sabe que as células somáticas humanas apresentam 46 cromossomos, semelhantes dois a dois, constituindo, portanto, 23 pares. Destes 23 pares de cromossomos, um deles está relacionado com a determinação do sexo, sendo seus cromossomos denominados sexuais; os cromossomos dos outros 22 pares são denominados autossomos.

Na mulher, o par sexual é constituído por dois cromossomos iguais, denominados cromossomos X. Como os gametas apresentam apenas um cromossomo de cada par de cromossomos homólogos, os gametas femininos, em relação aos cromossomos sexuais, portarão sempre 1 cromossomo X. Por este motivo, o sexo feminino é denominado sexo homogamético.

No homem, o par sexual é constituído por dois cromossomos diferentes: um X e um Y. Portanto, os gametas masculinos, quanto aos cromossomos sexuais, poderão portar 1 cromossomo X ou 1 cromossomo Y, o que lhes confere a denominação de sexo heterogamético.

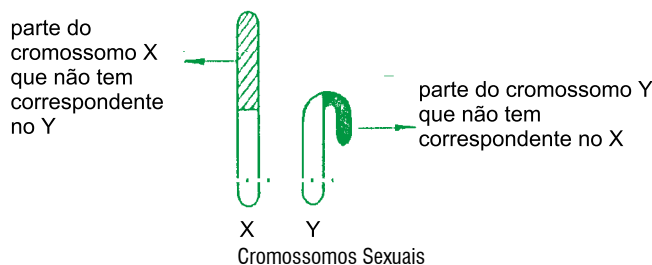
A constituição cromossômica nas células do homem ou da mulher é, então:

	Células somáticas	Gametas
Mulher	22 pares de autossomos + XX	22 autossomos + X
Homem	22 pares de autossomos + XY	22 autossomos + X ou 22 autossomos + Y

Portanto, quem determina o sexo do novo ser é o espermatozoide. Como o óvulo é sempre portador de cromossomo X, no caso do espermatozoide portar outro cromossomo X, teremos como resultado um ser de sexo feminino (XX); no caso do espermatozoide portar um cromossomo Y, teremos como resultado o sexo masculino (XY).

HERANÇA LIGADA AO SEXO

Na espécie humana, existem nos cromossomos X e Y genes alelos que condicionam várias características. No entanto, como estes cromossomos são estruturalmente diferentes, existem genes no cromossomo X que não apresentam correspondentes Y e vice-versa.



Quando uma determinada característica é condicionada por um gene que está situado na porção do cromossomo X que não existe no Y, dizemos que

a herança deste carácter é ligada ao sexo. Em nossa espécie são conhecidos alguns destes casos. Dentre eles citaremos o daltonismo e a hemofilia.

O daltonismo é uma anomalia relacionada com a incapacidade de distinguir cores, sendo que o indivíduo daltônico é deficiente na distinção do verde, vermelho e azul.

O daltonismo é condicionado por um gene recessivo d ligado ao sexo, enquanto que seu alelo D condiciona visão normal.

Para que o homem seja daltônico, basta que ele apresente 1 gene recessivo no seu cromossomo X, pois este gene nunca terá sua ação inibida pela presença de um gene dominante D, uma vez que, nos indivíduos do sexo masculino, não existe um outro cromossomo X. Já a mulher, para ser daltônica, precisa ter os dois cromossomos X, portanto o gene recessivo d.

Daí termos muito mais homens daltônicos na população.

Os genótipos e fenótipos correspondentes para este tipo de herança são:

Genótipo	Fenótipo
$X^d Y$	Homem daltônico
$X^D Y$	Homem normal
$X^d X^d$	Mulher daltônica
$X^D X^d$	Mulher normal, portadora
$X^D X^D$	Mulher normal

A hemofilia é uma doença condicionada também por um gene recessivo (h) e caracterizada por problemas de coagulação sanguínea, que põem em risco a vida do hemofílico. Por este motivo é difícil o hemofílico atingir a idade de reprodução, o que torna rara ocorrência da doença.

Uma mulher, para ser hemofílica, necessita receber o gene para a hemofilia do pai (forçosamente hemofílico) e da mãe (portadora); o homem hemofílico precisa receber apenas 1 gene para hemofilia, da mãe portadora.

Os genótipos e fenótipos correspondentes para este tipo de herança são:

Genótipo	Fenótipo
$X^h Y$	Homem hemofílico
$X^H Y$	Homem normal
$X^h X^h$	Mulher hemofílica
$X^H X^h$	Mulher normal, portadora
$X^H X^H$	Mulher normal

HERANÇA RESTRITA AO SEXO

O cromossomo Y humano contém um pequeno segmento que não apresenta correspondente no X. Assim, os genes que ocupam esta região cromossômica são restritos ao sexo masculino, sendo chamados genes holândricos.

Como exemplo de genes holândricos que condicionam características restritas ao sexo, citaremos os responsáveis pela hipertricose, que é a presença de muitos pelos longos na orelha.

As características restritas ao sexo não ocorrem em mulheres e não são transmitidas por elas.

HERANÇA INFLUENCIADA PELO SEXO

Existem características condicionadas por genes alelos localizados em cromossomos autossômicos, cuja dominância sofre variação conforme o sexo do indivíduo.

Um exemplo típico de característica influenciada pelo sexo é o caso da calvície na espécie humana. O gene que condiciona a calvície é dominante no homem e recessivo na mulher.

Representando o gene que condiciona a calvície por C e seu alelo por c, teremos a seguinte situação:

Genótipo	Fenótipo	
	Homem	Mulher
CC	calvo	calva
Cc	calvo	não-calva
cc	não-calvo	não-calva

EXERCÍCIOS

19. O que são autossomos? E cromossomos sexuais?

20. Como é feita a determinação do sexo, na espécie humana?

21. O que vem a ser herança ligada ao sexo? Exemplifique.

22. O que vem a ser herança influenciada pelo sexo? Exemplifique.

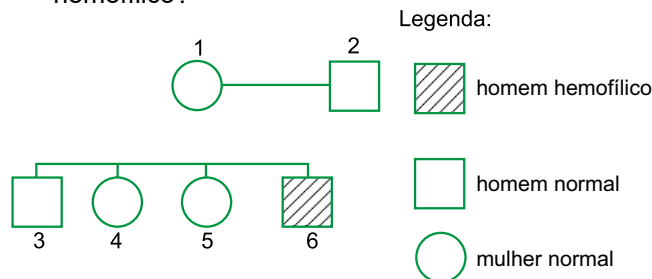
23. Por que o sexo masculino, na espécie humana, é denominado heterogamético?

24. Uma mulher normal, filha de pai daltônico, é casada com um homem normal. Quais os fenótipos e genótipos que devemos esperar na descendência do casal?

25. Quais os fenótipos e genótipos que devemos esperar nos descendentes de um casal formado por um homem daltônico e uma mulher normal, não portadora?

26. Como deverão ser os fenótipos dos filhos de um casal formado por um homem não calvo e mulher não calva, filha de mãe calva?

27. (UFRJ) O daltonismo é de herança recessiva ligada ao X. Uma mulher de visão normal, cujo pai é daltônico, casou-se com um homem de visão normal. A probabilidade de crianças daltônicas na prole desta mulher é de:
- 1/4 dos meninos;
 - 1/4 das meninas;
 - 1/2 dos meninos;
 - 1/8 das crianças;
 - 1/2 dos meninos e 1/2 das meninas.
28. (FUVEST) O estudo de famílias em que ocorriam pessoas afetadas por uma determinada anomalia hereditária mostrou que os homens afetados, casados com mulheres normais, tinham sempre todas as filhas afetadas e todos os filhos normais. Essa anomalia é condicionada por um gene:
- autossômico dominante;
 - autossômico recessivo;
 - recessivo ligado ao X;
 - dominante ligado ao X;
 - dominante ligado ao Y.
29. (FUVEST) Um gene recessivo localizado no cromossomo X é transmitido pelas mulheres heterozigotas a:
- metade de suas crianças;
 - apenas suas crianças de sexo masculino;
 - apenas suas crianças de sexo feminino;
 - um quarto de suas crianças;
 - todas suas crianças.
30. (CESGRANRIO) O gene recessivo h está localizado no cromossomo X e é o responsável pela hemofilia na espécie humana. Com base nestas informações e nas contidas na árvore genealógica a seguir, responda a seguinte pergunta: se a mulher 4 casar com um homem normal e seu primeiro filho for um menino hemofílico, qual é a probabilidade de que o próximo filho homem deste casal venha a ser hemofílico?



- 3/4
- 1/3
- 1/2
- 1/4
- 1/8

31. (UNIRIO) Depois de uma gestação bem sucedida um casal perde o segundo filho por D.H.R.N., e, mais tarde, volta a ser bem sucedido em uma terceira gestação. Indique os genótipos do pai, da mãe, do primeiro, do segundo e do terceiro filho respectivamente:

	Pai	Mãe	1°	2°	3°
(A)	Rr	rr	Rr	Rr	rr
(B)	rr	rr	rr	rr	Rr
(C)	RR	rr	rr	Rr	Rr
(D)	rr	Rr	Rr	rr	rr
(E)	Rr	rr	Rr	Rr	Rr

32. (VUNESP) Um determinado banco de sangue possui 4 litros de sangue tipo AB, 7 litros de sangue tipo A, 1 litro de sangue tipo B e 9 litros de sangue tipo O, todos Rh⁺. Se houver necessidade de transfusões sanguíneas para um indivíduo com sangue tipo AB, Rh⁺, estarão disponíveis para ele, do total acima mencionado:
- 4 litros
 - 8 litros
 - 12 litros
 - 13 litros
 - 21 litros
33. O que diz a 2ª Lei de Mendel?

34. Em que situação os resultados obtidos não corresponderão aos esperados de acordo com a 2ª Lei de Mendel?

35. Nos coelhos, o pelo curto é determinado por um gene dominante (L), e o pelo longo pelo seu alelo recessivo (l); a cor marrom do pelo é devida ao gene recessivo (m) e a cor preta pelo seu alelo dominante (M).

Estabeleça as proporções fenotípicas e genotípicas esperadas para os descendentes dos seguintes cruzamentos:

- a) LLMn x Llmm

b) LIMm x LIMm

36. No homem, a visão normal é condicionada por um gene dominante (M) e a miopia pelo seu alelo (m); o cabelo crespo é condicionado pelo gene dominante (L) e o cabelo liso pelo seu alelo recessivo (l).

Um homem de visão normal e de cabelo liso, cuja mãe era míope, casa-se com uma mulher míope e de cabelo crespo, cujo pai possuía cabelo liso. Qual a possibilidade de terem um filho míope e de cabelo liso?

37. (COMBIMER/RJ) Em uma geração F₂, para um caso de dois pares de genes independentes, a proporção do genótipo Aabb é igual a:

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

38. Um casal tem genótipo: I^Ai Rr x I^Bi Rr. Qual a probabilidade de nascer uma criança do tipo O?

- a) 1/4
- b) 1/8
- c) 1/16
- d) 1/32
- e) 3/16

39. Um indivíduo é heterozigoto para dois pares de genes independentes (AaBb). Os genes dominantes provieram do seu pai e os recessivos de sua mãe. Qual a proporção dos gametas deste indivíduo em que iremos encontrar somente genes paternos?

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

40. (UFPR) Cruzando-se um animal Aa Bb com uma aa bb temos como resultado, de acordo com a 2ª Lei de Mendel, a relação:

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

41. (FAC. Pinheiro Guimarães/98) No quadro abaixo, os números representam os descendentes do cruzamento entre duas ervilhas híbridas de genótipo VvRr. Indique os indivíduos que terão genótipo igual aos dos pais:

Óvulo \ Pólen	VR	Vr	vR	vr
VR	1	2	3	4
Vr	5	6	7	8
vR	9	10	11	12
vr	13	14	15	16

- a) 1-6-11-16
- b) 4-7-10-13
- c) 1-2-3-4
- d) 16-15-14-13
- e) 2-5-12-15

42. Quantos tipos de genótipos diferentes podem-se formar como resultado do cruzamento de dois indivíduos heterozigotos para dois pares de genes?

- a) 3
- b) 4
- c) 8
- d) 9
- e) 16

43. (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 indicados na tabela?

amarelas/ lisas	amarelas/ rugosas	verdes/ lisas	verdes/ rugosas
a) 80	320	320	80
b) 100	100	300	300
c) 200	200	200	200
d) 300	300	100	100
e) 450	150	150	50

44. A 2ª Lei de Mendel pode ser aplicada:

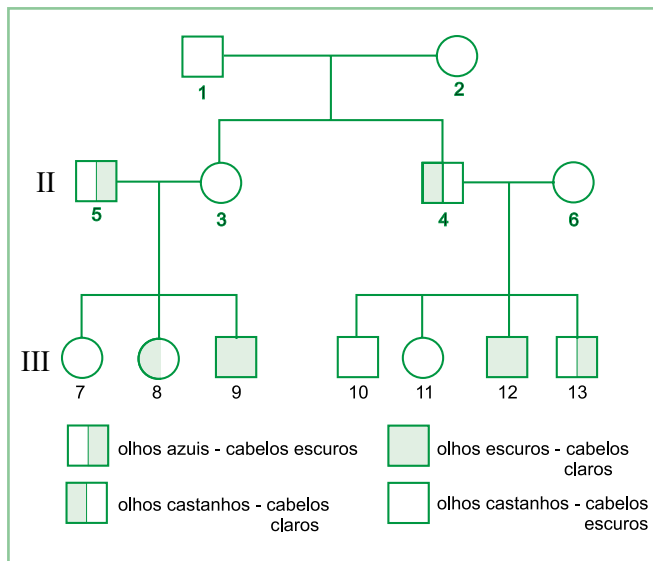
- a) indistintamente para genes colocados em um mesmo cromossoma ou em diferentes cromossomas;
- b) somente para genes colocados em cromossomas diferentes;
- c) só para a reprodução assexuada ou agêmica;
- d) só quando se analisa 2, 3 ou 4 genes;

e) para caracteres colocados em cromossomas homólogos.

45. (CESGRANRIO) Os genes A e B estão situados em cromossomos diferentes. Na descendência dos cruzamentos entre indivíduos duplamente heterozigotos AaBbxAaBB ocorrem:

- a) genótipos do tipo parental e recombinantes, pois os cromossomos não homólogos segregam independentemente;
- b) genótipos do tipo parental e recombinantes, devido à permuta entre cromossomos homólogos;
- c) apenas genótipos do tipo parental, pois os genes estão localizados em cromossomos não homólogos;
- d) apenas genótipos do tipo parental, pois os genes estão localizados em cromossomos homólogos;
- e) apenas genótipos recombinantes, pois os genes estão localizados em cromossomos diferentes.

46. Na genealogia a seguir, determinar se os caracteres considerados são dominantes ou recessivos, os genótipos dos indivíduos e as proporções fenotípicas e genotípicas esperadas na descendência proveniente dos casamentos indicados.



A SEGUNDA LEI DE MENDEL

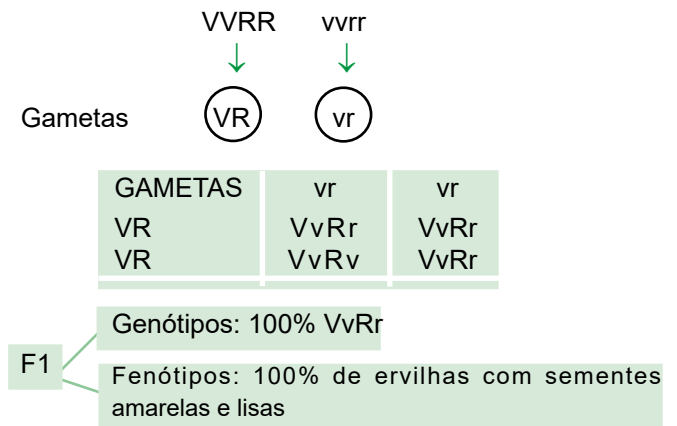
Primeiramente Mendel estudou a transmissão hereditária dos caracteres isoladamente, ou seja, trabalhou com apenas um caráter por vez, não considerando os demais.

Sendo assim, ao analisar os resultados de um cruzamento, observava apenas a forma de semente de ervilha (lisa ou rugosa), a forma da vagem (lisa ou com constrictões) ou a cor da vagem (verde ou amarela). Porém, cada caráter era analisado independentemente um do outro.

Após ter estudado os sete caracteres isolados, Mendel passou para uma nova etapa em suas observações. Passou a realizar cruzamentos envolvendo ao mesmo tempo dois caracteres. Chamou a isso de diíbrido.

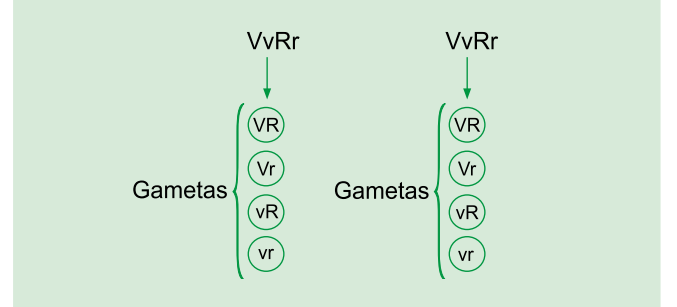
O esquema a seguir mostra resumidamente os resultados de cruzamentos realizados por Mendel, utilizando ervilhas amarelas e lisas e ervilhas verdes e rugosas (ambas pertencentes a linhagens puras para cada caráter).

(P) Semente amarela lisa X Semente verde e rugosa.



AUTOFECUNDAÇÃO

Sementes amarelas e lisas x Sementes amarelas e lisas.



F2

♀ \ ♂	VR	Vr	vR	vr
VR	VVRR Am. lisa	VVRr Am. lisa	VvRR Am. lisa	VvRr Am. lisa
Vr	VVRr Am. lisa	VVrr Am. rugosa	VvRr Am. lisa	Vvrr Am. rugosa
vR	VvRR Am. lisa	VvRr Am. lisa	vvRR Verde lisa	vvRr Verde lisa
vr	VvRr Am. lisa	Vvrr Am. rugosa	vvRr Verde lisa	vvrr Verde rugosa

GENÓTIPOS	FENÓTIPOS
$VVRR = \frac{1}{16}$	
$VVRr = \frac{2}{16}$	$\frac{9}{16}$ amarelas e lisas
$VvRR = \frac{2}{16}$	
$VvRr = \frac{4}{16}$	
$VVrr = \frac{1}{16}$	$\frac{3}{16}$ amarelas e rugosas
$Vvrr = \frac{2}{16}$	
$vvRR = \frac{1}{16}$	$\frac{3}{16}$ verdes e lisas
$vvRr = \frac{2}{16}$	
$vvrr = \frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$ verdes e rugosas

No di-hibridismo (com dominância completa) a proporção fenotípica esperada é a seguinte:

9: 3: 3: 1

O cruzamento analisado permitiu que se enunciasse a Segunda lei de Mendel da seguinte forma:

“Os fatores para dois ou mais caracteres são transmitidos para os gametas de modo totalmente independente.”

TRI E POLI-HIBRIDISMO

Consideremos agora um indivíduo analisado em relação a três caracteres ao mesmo tempo. Cada caráter é determinado por um par de fatores.

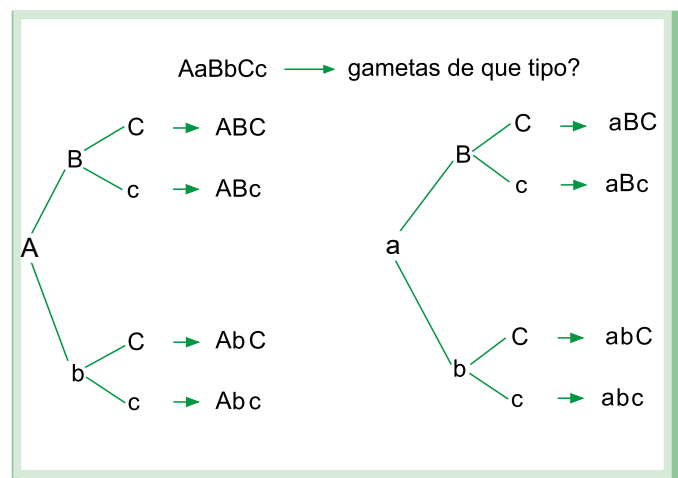
Então:

Par A : caráter X

Par B : caráter Y

Par C : caráter Z

Seja um tri-híbrido AaBbCc (híbrido para os três pares). Considerando que há segregação independente entre os genes (estão situados em pares diferentes de homólogos), teremos :



Surgiram oito tipos de gametas (cada um com um fator de cada par). E se o indivíduo fosse um pentaíbrido (analisados para cinco caracteres)? Para resolvermos problemas deste tipo, temos um formulário que vale a pena guardar.

Consideremos “n” como sendo o número de pares de genes para os quais ocorre hibridismo (ou número de heterozigose).

Exemplo:

AABb → n = 1, pois só no par B ocorre hibridismo

AaBb → n = 2

AABB → n = 0

Temos, então:

Número de pares de genes	Número de diferentes tipos de gametas de F1	Número de combinações possíveis dos gametas de F1	Número de classes genotípicas diferentes em F2	Número de classes fenotípicas em F2	
				com domi-nância	sem domi-nância
1	2	4	3	2	3
2	4	16	9	4	9
3	8	64	27	8	27
.
.
.
n	2n	4n	3n	2n	3n

Lembre-se, sempre, de que você pode desmembrar o problema que analisa 2, 3, 4, ... caracteres ao mesmo tempo, em vários menores, analisando, como na primeira lei, um caráter por vez; isso lhe facilita muito a resolução dos problemas.

Observação: Chamamos de heterozigose ou vigor híbrido o melhoramento da espécie devido ao surgimento do híbrido. O exemplo clássico é o do milho, onde os homocigotos não têm tanto vigor como o milho híbrido. Promove-se, então, o cruzamento entre os homocigotos para a obtenção do híbrido e, conseqüente, melhora da espécie.

Conclui-se, então, que a autofecundação às vezes é desvantajosa, pois impedindo o cruzamento entre indivíduos diferentes, mantém um fenótipo ruim ao longo das gerações.

EXERCÍCIOS

47. Um cruzamento de dois di-híbridos, quantos fenótipos possíveis podem ocorrer nos descendentes e em que proporção?

48. No cruzamento aaBbDd com AaBbDd, qual a probabilidade de nascer um indivíduo com genótipo AabbDD?

49. (Fuvest) Um indivíduo é heterocigoto quando tem dois pares de genes (Aa e Bb), localizados em diferentes pares de cromossomos. Em relação a esses genes, que tipo de gametas ele formará, e em que proporção?

50. (FAC-Pinheiro Guimarães) Realizou-se um cruzamento entre dois organismos em que quatro pares de genes se segregam independentemente: AABCCDD x aabbccdd. Os genes representados por letra maiúscula são dominantes. Os F1 obtidos são cruzados entre si. Pergunta-se:

- a) Qual é a probabilidade de se obter indivíduos com os quatro fenótipos dominantes?
- b) Qual é a probabilidade de se obter indivíduos AaBbCcDd?
- c) Qual é a probabilidade de se obter indivíduos aabbccdd?

51. (Fuvest) Uma abelha rainha tem os seguintes pares de genes alelos que segregam independentemente: AaBbDdEe. Sabendo-se que os zangões surgem de óvulos que se desenvolvem por partenogênese, quantos organismos diferentes, relativos a esses quatro pares de genes, podem apresentar os zangões filhos desta rainha?

- a) Um
- b) Dois
- c) Quatro
- d) Oito
- e) Dezesesseis

52. (UEB) Na ervilha-de-cheiro, sementes amarelas são dominantes sobre sementes verdes e sementes lisas são dominantes sobre sementes rugosas. Plantas homocigotas com sementes amarelas lisas foram cruzadas com plantas com sementes verdes rugosas. A geração F1 foi autofecundada produzindo a geração F2 contendo 200 plantas com sementes de fenótipo duplo recessivo. O número total esperado de plantas na geração F2 é de:
- 400
 - 600
 - 1800
 - 3200
 - 4800
53. (UGF/RJ) Em *Drosophila melanogaster*, os alelos recessivos para o caráter corpo ébano e asas vestigiais estão localizados em cromossomos não homólogos. Do cruzamento de dois di-híbridos, temos na descendência, indivíduos que representam, ao mesmo tempo, os fenótipos ébano e asas vestigiais numa proporção de:
- 1/16
 - 1/4
 - 3/16
 - 3/4
 - 9/16
54. (F.M-Sto Amaro) Um casal de amigos seus, Márcio e Olga, ambos de olhos castanhos e cabelos lisos, trazem duas crianças à sua casa : José de olhos castanhos e cabelos crespos, e Luís, de olhos azuis e cabelos lisos. Márcio e Olga pedem para você adivinhar qual dos meninos é filho deles. Em cabelos, os caracteres castanhos e crespos são dominantes.
- José;
 - Luís;
 - Ambos podem ser;
 - Nenhum pode ser;
 - Resposta impossível com apenas esses dados.
55. Se desejamos saber se um indivíduo é homocigoto ou heterocigoto para dois pares de genes que codificam características diferentes, devemos cruzá-lo com um indivíduo:
- heterocigoto para um par de genes e homocigoto recessivo para o outro par;
 - homocigoto recessivo para os dois pares de genes;
 - homocigoto dominante para um par de genes e homocigoto recessivo para o outro par;
 - homocigoto dominante para os dois pares de genes;
 - heterocigoto para os dois pares de genes.
56. (CESGRANRIO) Considerando-se dois pares de genes autossômicos, independentes, qual é a probabilidade de um casal duplo heterocigoto ter um filho homocigoto para estes pares de genes?
- 1/6
 - 1/2
 - 1/8
 - 3/16
 - 1/4
57. (FUVEST) Um indivíduo heterocigoto para três pares de genes Aa, Bb, Cc, localizados em pares de cromossomos diferentes poderá produzir, exclusivamente os seguintes tipos de gametas, nas seguintes proporções:
- 1 ABC : 1 abc;
 - 9 ABC : 3 Abc : 3 aBC : 1 abc;
 - 3 ABC : 1 abc;
 - 12,5% ABC : 12,5% ABc : 12,5% AbC : 12,5% aBC : 12,5% Abc : 12,5% aBc : 12,5% abC : 12,5% abc;
 - 27 ABC : 9 ABc : 9 AbC : 9 aBC : 3 Abc : 3 aBc : 3 abC : 1 abc.
58. O cruzamento de um di-híbrido – AaBb – com o duplo recessivo – aabb - produz:
- 1AABb : 1 AaBb : 1 aaBb : 1 aabb
 - 1 AaBb : 1 AaBB : 1 aaBB : 1 aabb
 - 1 AaBb : 1 aaBb : 1 Aabb : 1 aaBB
 - 1 AABb : 1 aaBB : 1 AaBb : 1 aabb
 - 1 AaBb : 1 Aabb : 1 aaBb : 1 aabb

EVOLUÇÃO

Evolução versus fixismo: os cientistas em busca das respostas

Os intelectuais estudiosos da biologia dos séculos passados se dividiam em **fixistas e evolucionistas**.

Havia uma corrente antiga de cientistas que acreditavam que as espécies de seres vivos hoje existentes são as mesmas encontradas no passado. Nada mudou. É o que se denomina **fixismo**.

Mas, depois do século XVIII, novas ideias foram surgindo a partir de novos estudos e observações, e se formou outra corrente de cientistas: a dos **transformistas**. Estes acreditavam que as espécies podem sofrer transformações no decorrer do tempo e originar outras espécies. Aqui tempo significa milhares ou milhões de anos, pois o processo transformista é lento.

O evolucionismo ganhou impulso a partir do século passado com as teorias de dois cientistas: Lamarck e Charles Darwin. As teorias por eles elaboradas são conhecidas hoje por Lamarquismo e Darwinismo.

O Lamarquismo

A teoria de Lamarck (1744-1829), o **lamarquismo**, baseava-se nos seguintes pontos:

- O uso excessivo dos órgãos poderia provocar sua hipertrofia, e seu desuso provocaria atrofia.



Lamarck

Você sabia?

Devido a sua linha de raciocínio, a teoria de Lamarck também ficou conhecida como **Lei do Uso e Desuso**.

- As características assim adquiridas transmitir-se-iam por hereditariedade às gerações seguintes.

Para Lamarck, a variedade de seres vivos seria explicada por um processo de evolução baseado no uso ou desuso de órgãos ou estruturas do organismo. Para se adaptar às necessidades do ambiente, um ser vivo tenderia a utilizar mais ou menos determinadas partes do corpo. As partes mais utilizadas se desenvolveriam, e as menos utilizadas degenerariam. Essas mudanças seriam então transmitidas aos descendentes por meio do mecanismo reprodutivo.

O lamarquismo, porém, era fundamentado em observações simplistas, do tipo: os atletas têm músculos mais desenvolvidas porque usam esses músculos constantemente. Já os paralíticos têm músculos atrofiados porque não os usam.

Lamarck, contudo, parece não ter se dado conta de algumas falhas óbvias em sua teoria. Em primeiro lugar, o que vale para os músculos esqueléticos não vale para outros órgãos do corpo. Por exemplo, forçar o uso da visão no escuro não fará com que uma pessoa passe a enxergar bem como um morcego ou uma coruja. Além do mais, é fácil observar que alterações anatômicas (nas formas do corpo) adquiridas durante a vida não são transmitidas aos descendentes. Ser filho de um atleta não garante que a pessoa terá musculatura bem desenvolvida; da mesma forma, os filhos de uma pessoa que perdeu os braços não nascerão sem braços por esse motivo.

O Darwinismo

O darwinismo foi baseado nas explicações dadas pelo naturalista inglês Charles Darwin em seu livro "A Origem das Espécies", publicado em 1859. O livro foi resultado de pesquisas realizadas por Darwin ao longo de sua carreira e, principalmente, das observações feitas por ele durante anos em que viajou pelo mundo todo (esteve inclusive no Brasil) a bordo do navio inglês S.S. Beagle. Basicamente, a teoria darwinista se sustentava em dois pontos: a luta pela sobrevivência e a seleção natural.



Darwin

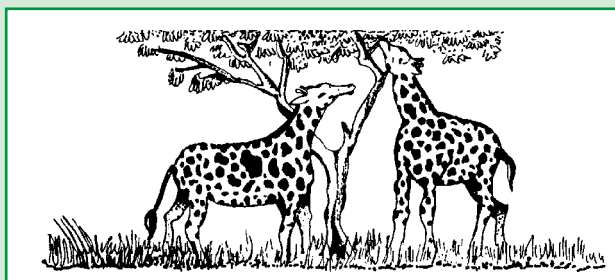
Para Darwin, era um fato facilmente observável que, mesmo dentro de uma mesma espécie, os seres vivos não são todos iguais. Alguns nascem mais fortes ou mais fracos, mais rápidos ou mais lentos, mais atraentes ou menos atraentes ao sexo oposto etc.

Na luta diária pela sobrevivência, aqueles seres vivos que nascessem com alguma característica favorável levariam vantagem em relação aos seus companheiros de espécie. Eles teriam maior probabilidade de sobreviver e deixar descendentes e estes herdariam as características favoráveis que determinaram o sucesso de seus pais.

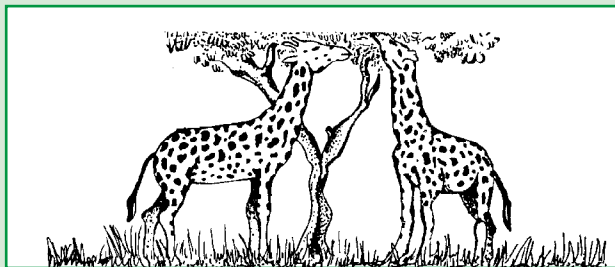
A natureza se encarregaria de selecionar os seres vivos de acordo com as transformações apresentadas por eles. Os mais aptos tendem a sobreviver e se multiplicar. Ou menos aptos tendem a desaparecer.

A consequência dessa luta pela sobrevivência seria a **seleção natural** dos mais aptos, que, deixando descendentes, provocariam o gradativo desaparecimento dos menos aptos.

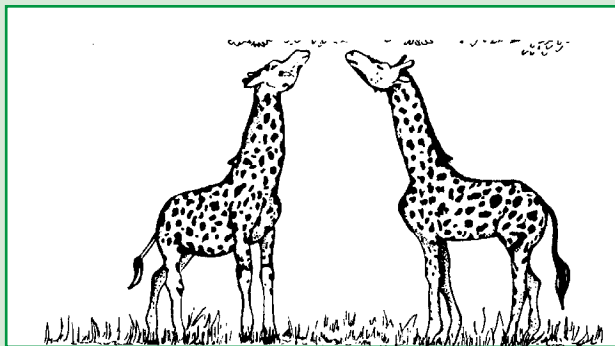
Um exemplo muito utilizado para comparar as ideias de Lamarck e Darwin é o das girafas. De acordo com o lamarquismo, as girafas teriam ficado com pescoços compridos devido ao esforço constante para alcançar as folhas das árvores, seu alimento preferido. Já segundo o darwinismo, inicialmente existiriam girafas com tamanhos diferentes de pescoço e aquelas com pescoço maior teriam levado vantagem na hora de conseguir alimento. Essas últimas teriam vencido a luta pela sobrevivência e passado adiante a característica pescoço comprido.



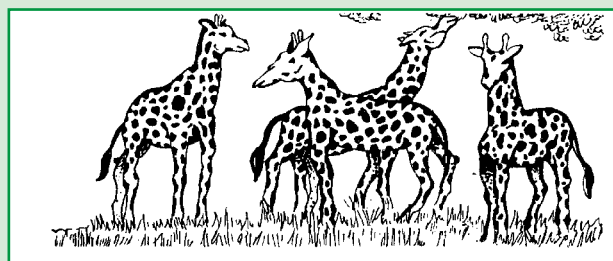
Lamarck: As girafas ancestrais provavelmente tinham pescoços curtos que eram submetidos a frequentes distensões para capacitá-las a alcançar a folhagem das árvores.



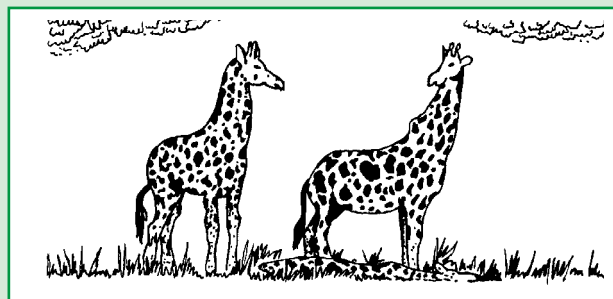
Lamarck: Os descendentes apresentam pescoços mais longos, que são também esticados frequentemente na procura de alimento.



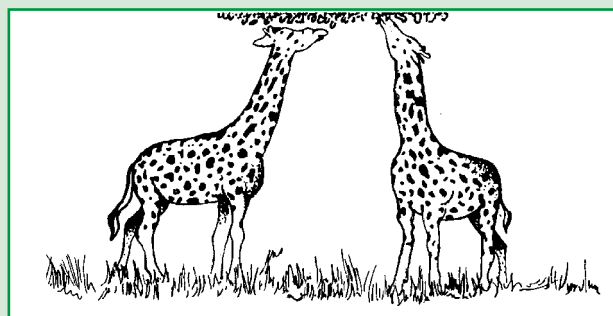
Lamarck: Finalmente o contínuo esticamento do pescoço deu origem às modernas girafas. (Os fatos conhecidos não sustentam esta teoria).



Darwin: As girafas ancestrais provavelmente apresentavam pescoços de comprimentos variáveis. As variações eram hereditárias. (Darwin não conseguiu explicar a origem das variações).



Darwin: Competição e seleção natural levam à sobrevivência dos descendentes de pescoços longos e a extinção das girafas de pescoços curtos.

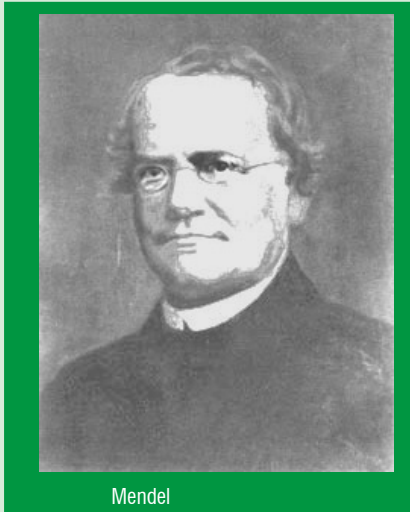


Darwin: Finalmente apenas as girafas de pescoços longos sobreviveram à competição. (Fatos conhecidos sustentam esta teoria).

Darwin não sabia explicar a origem das variações e a transmissão das características. Apesar de ser contemporâneo de Mendel, não teve acesso aos trabalhos dele. A história poderia ter tido novos rumos se Darwin tivesse conhecimento dos “fatores” (genes) de Mendel.

Gregor Mendel (1822-1884) nasceu em Heinzendorf, na Áustria. Foi ordenado monge no mosteiro de santo Tomás de Aquino, em Altbrumm, na região atualmente correspondente à República Tcheca, em 1847, quatro anos após seu ingresso como noviço. Tinha especial interesse pelas Ciências Naturais e a elas dedicou-se durante grande período da sua vida. Notabilizou-se apenas após a sua morte com a descoberta, em

1900, dos documentos com os experimentos sobre a hereditariedade desenvolvidos entre 1856 e 1865, nos quais utilizou ervilhas. Estranhamente, enquanto estava vivo, nenhum cientista da época interessou-se por suas descobertas.



Mendel

Mesmo assim, morreu frustrado por não ter podido continuar seus estudos sobre “hibridização”, como ele os chamava, por falta de tempo devido as suas obrigações religiosas. Pelo pioneirismo e importância de suas descobertas, ficou sendo conhecido como o “pai da genética”.

O **mutacionismo**, surgido no limiar do nosso século, com o holandês Hugo de Vries (1848-1935), veio mostrar que as modificações que levam ao surgimento de novas características decorrem de **mutações** provocadas por alterações químicas dos genes ou anomalias numéricas ou estruturais dos cromossomos. Se essas mutações ocorrem nos gametas, podem ser transmitidas aos descendentes.

Mutação: significa alteração, mudança. Se acontece em um pedaço de DNA, ou seja, em um gene, pode ocasionar danos à célula, às vezes letais à vida de um organismo. As mutações podem ser provocadas por um defeito do DNA ou por fatores ambientais, como os raios solares e a radioatividade.

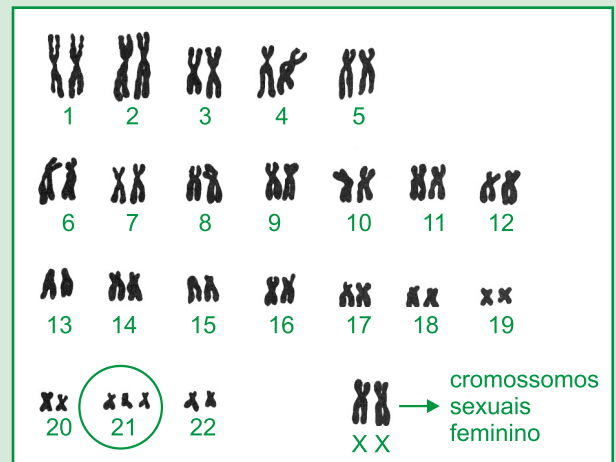
As mutações podem ser **gênicas** ou **cromossômicas**. As primeiras decorrem de alterações químicas no código genético do DNA. As últimas podem ser ocasionadas por anomalias numéricas dos cromossomos ou por aberrações cromossômicas estruturais.

Você deve conhecer alguma criança que apresenta Síndrome de Down, antigamente era conhecida como mongolismo. Essas crianças apresentam em suas células um aumento no número de seus cromossomos.

Lembrete:

Nossas células possuem 46 cromossomos, ou 23 cromossomos que vieram no gameta de nosso pai (espermatozoide) e 23 cromossomos que vieram do gameta de nossa mãe (óvulo).

Portanto, essas crianças apresentam ao todo 47 cromossomos em cada célula de seu corpo. Esse acréscimo de um cromossomo em suas células não ocorre em qualquer par dos 23 pares de cromossomos, sempre ocorre no 21º par. Observe o desenho abaixo e localize o 21º par, com 3 cromossomos e não com 2 como seria o correto.



Cariótipo de um indivíduo portador da síndrome de Down.



Aspecto de uma criança com síndrome de Down.

Existem outras síndromes com acréscimo ou diminuição no número de cromossomos. Podemos citar como exemplos as síndromes de Turner e Klinefelter:

- Síndrome de Turner: as pessoas que apresentam esta síndrome possuem um cromossomo sexual a menos em suas células.

Lembrete:

As mulheres possuem dois cromossomos sexuais XX, e os homens possuem dois cromossomos sexuais XY.

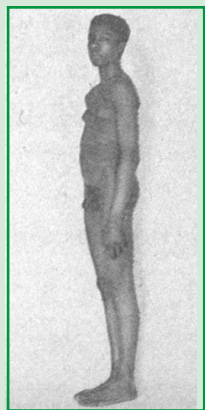
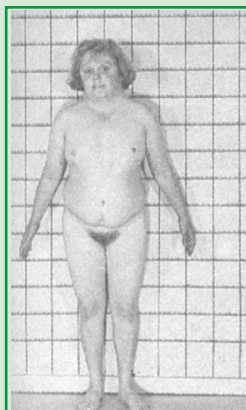
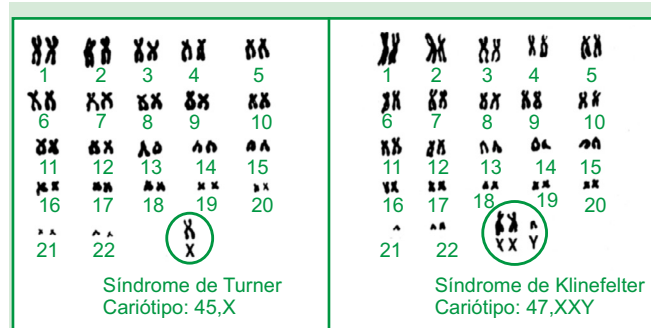
Esta síndrome sempre ocorre com as mulheres, pois elas apresentam apenas um cromossomo sexual X. Os cientistas representam esta síndrome como 45, X.

As características de uma mulher com esta síndrome são: baixa estatura, presença de pregas de pele nas laterais do pescoço e atrofia do ovário, com total esterilidade.

- Síndrome de Klinefelter: as pessoas que apresentam esta síndrome possuem um cromossomo sexual a mais em suas células. Esta síndrome só ocorre em homens, pois eles possuem dois cromossomos X e um cromossomo Y. Os cientistas representam esta síndrome como: 47, XXY.

As características de um homem com esta síndrome são: inteligência abaixo do normal, braços e pernas alongados, órgãos sexuais geralmente pouco desenvolvidos. Em certos casos as pessoas afetadas desenvolvem seios.

Observe no desenho abaixo os cromossomos e os desenhos de pessoas com estas síndromes.



EXERCÍCIOS

59. O que é Genética? O que é Hereditariedade?

60. Em que lugar das células está situado o material genético? O que são genes?

61. Quantos cromossomos existem no núcleo das células do corpo de um homem? Quantos cromossomos existem no núcleo das células dos gametas (óvulos e espermatozoides)?

62. “Os antepassados dos golfinhos tinham patas, que de tanto serem usadas para a natação, foram se transformando em nadadeiras”.

A frase acima está de acordo com a Teoria de Darwin ou de Lamarck? Justifique a sua resposta, relacionando a Teoria escolhida com a frase.

63. Quantos cromossomos apresentam uma pessoa com Síndrome de Down? Em que par de cromossomos ocorre o aumento do seu número?

64. Quantos cromossomos possuem pessoas com Síndrome de Turner e Klinefelter? Estas Síndromes ocorrem em indivíduos de qual sexo?

CAPÍTULO - TPB5A – GRUPOS SANGUÍNEOS - SEGUNDA LEI DE MENDEL

<https://www.youtube.com/watch?v=eXPI9ptO0Eg>

Prof Gui - Sistema ABO - Aula 07 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=txaNQbGW35Q>

Prof Gui - Sistema Rh e Tipagem Sanguínea - Aula 08 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=iujcgonooVY>

Prof Gui - Herança Sexual (parte 1) - Aula 15 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=k12MtShI-6k>

Prof Gui - Herança Sexual (parte 2) - Aula 16 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=VWh8vP6azA4>

Prof Gui - Segunda Lei de Mendel (parte 1) - Aula 10 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=ou282XmgcaQ>

Prof Gui - Segunda Lei de Mendel (parte 2) - Aula 11 - Módulo II: Genética

<https://www.youtube.com/watch?v=CVqfMN0ypoQ>

Prof Samuel - 2 LEI DE MENDEL – GENÉTICA

<https://www.youtube.com/watch?v=YE-te1nmmSk>

Prof Gui - Lamarck - Teorias Evolutivas - Aula 01 - Módulo III: Evolução

<https://www.youtube.com/watch?v=6dZcmUxgmy0>

Prof Gui - Darwin-Wallace - Evolução - Aula 02 - Módulo III: Evolução

https://www.youtube.com/watch?v=yu_P_X-mTNs

Prof Gui - Evolução: Darwin vs Lamarck - Aula 03 - Módulo III: Evolução

<https://www.youtube.com/watch?v=8k20dWPedel>

Prof Zé Rucker – Evolução

<https://www.youtube.com/watch?v=rNffVkxpWUk>

PROF Jeffles - Genética animada: conceitos elementares.

<https://www.youtube.com/watch?v=-Vv3USW7iRU>

Descomplica - GENÉTICA NO VESTIBULAR: LEIS DE MENDEL, GENES, DNA E CROMOSOMOS | QUER QUE DESENHE?

EXERCÍCIOS

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-heranca-dos-grupos-sanguineos.htm>

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-sistema-abo-grupos-sanguineos.htm>

<https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-sistema-abo-transfusoes-sanguineas.htm>

<https://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/grupos-sanguineos.asp>

<https://www.youtube.com/watch?v=37dlvMSpe8s>

Prof Gui - Genética: 2a Lei de Mendel e casos especiais

<https://www.youtube.com/watch?v=7wfXcvAVXFU>

Prof Gui - Genética: HERANÇA SEXUAL

<https://www.youtube.com/watch?v=A2PKkt9duWQ>

Prof Igor - exercicios sobre segunda lei de Mendel

<https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-segunda-lei-mendel.htm>

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-as-leis-mendel.htm>

<https://rachacuca.com.br/quiz/198781/exercicios-sobre-segunda-lei-de-mendel-i/>

<https://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/segunda-lei-de-mendel.asp>

<https://exerciciosweb.com.br/genetica/segunda-lei-de-mendel-exercicios-prontos-gabari-to/>

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-evolucao.htm#questao-5>

<https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-teoria-evolucao.htm>

<https://exercicios.mundoeducacao.uol.com.br/exercicios-biologia/exercicios-sobre-evolucao.htm>