



# **Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética**

**Fascículo 1**  
**Unidade 3**



# Ervilhas, Hereditariedade e o Nascimento da Genética

## Para início de conversa...

Desde a unidade 1, estamos construindo um conhecimento importante sobre o campo da Biologia, sobre como essa grande área do saber estruturou explicações para fenômenos que observamos na Natureza. Muitas das explicações que você viu e continuará vendo aqui foram construídas por estudos de uma área em especial da Biologia, chamada Genética.

A Genética, em comparação com outras áreas da Biologia, é um campo relativamente novo e tem crescido de maneira notável nas últimas décadas, especialmente a partir da segunda metade do século XX. Por meio dela, temos compreendido o que nos faz, ao mesmo tempo, parecidos e diferentes em relação a outros seres vivos (e isso se refere às mais diversas características, aquelas que vemos e mesmo as que não vemos!).

A Genética nasceu e cresceu a partir de estudos cada vez mais aprofundados sobre a hereditariedade. Em outras palavras, sobre como e por que as características de seres vivos, em geral, são transmitidas dos pais para seus filhos através da reprodução. E, depois, passadas adiante, geração após geração.

Criadores de animais e agricultores da antiguidade já trabalhavam com a possibilidade de “direcionar” cruzamentos entre indivíduos à sua disposição para conseguir novas linhagens. Estas deveriam exibir determinadas características que lhes fossem úteis (por exemplo, vacas que dessem mais leite ou galinhas que colocassem mais ovos e que fossem maiores). No entanto, eles não sabiam muito (ou mesmo nada) sobre mecanismos e processos genéticos.

Por volta da metade do século XIX, um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra. Ele estava interessado em pesquisar as características e a reprodução de certos grupos de plantas. Embora tenha trabalhado com diferentes grupos de plantas ao longo de sua vida, os estudos mais importantes de Mendel foram feitos com ervilhas, desenvolvidos entre os anos de 1856 e 1863, nos jardins do mosteiro onde vivia.



**Figura 1:** Mendel (1822–1884) era um monge que dedicou grande parte de sua vida ao estudo da transmissão de características de uma geração para outra. Assim, chegou a importantes achados, sendo, por isso, considerado o “pai da genética”. Em seus estudos, ele usou sementes de ervilha, de cor verde; elas ficam no interior de uma vagem, como você vê à direita.

## Objetivos de Aprendizagem

- Aplicar as leis de Mendel;
- construir um heredograma.

# Seção 1

## Gregor Mendel e suas ervilhas...

Embora tenha trabalhado com diferentes grupos de plantas ao longo de sua vida, os estudos mais importantes de Mendel foram feitos com ervilhas, desenvolvidos entre os anos de 1856 e 1863, nos jardins do mosteiro onde vivia.

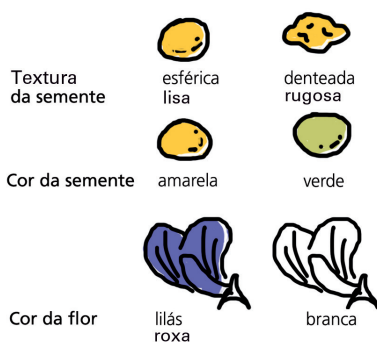
### Por que ervilhas?

Mendel percebeu que, para o sucesso de suas experiências, algumas características da planta que seria estudada eram importantes – e que as ervilhas apresentavam essas características.

Primeiramente, as ervilhas eram relativamente fáceis de cultivar e produziam muitas sementes. Assim, ele teria sempre muitos descendentes a cada geração, o que garantia um número sempre grande e confiável de observações.

Além disso, as principais características que variavam entre os indivíduos eram simples de serem notadas e registradas. Por exemplo:

- a altura de cada planta (alta ou baixa);
- a cor das flores (roxa ou branca);
- a cor das sementes (amarela ou verde);
- a textura da semente (lisa ou rugosa).



Durante os anos de trabalho com as ervilhas, Mendel cultivou e estudou detalhadamente cerca de 30.000 plantas.

Saiba Mais

Em um de seus experimentos mais importantes e conhecidos com ervilhas, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas verdes. Esse grupo inicial de plantas, constituído por linhagens “puras” (isto é, cada tipo jamais havia sido cruzado com outro de cor diferente de semente), foi o ponto de partida dos cruzamentos. Essa é a chamada “geração parental”, P.

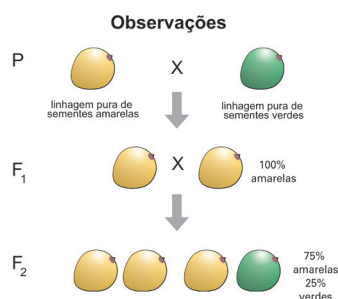
Depois de cruzar as plantas dos dois tipos entre si, ele observou, então, que todas (sim, todas!) as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Em outras palavras, as sementes amarelas haviam “dominado” a nova geração de plantas, que, por ser a primeira, foi chamada de F1.

Por que isso tinha acontecido? Ora, se metade das plantas da geração parental tinha sementes verdes, para onde teria ido a característica “cor verde” das sementes? Será que não havia mais possibilidades de surgirem novas plantas com sementes verdes?

Determinado a buscar respostas para essas perguntas, Mendel começou, então, uma nova etapa de trabalho. Ele cruzou as plantas filhas entre elas (lembre-se de que todas possuíam sementes amarelas) e o resultado foi ainda mais interessante!

A maioria das novas plantas nascidas nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Mas surgiu uma novidade: uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.

A “cor verde” das sementes, então, não havia desaparecido completamente das plantas! Era como se ela estivesse “escondida”, ou tivesse sido “desativada”, em plantas da primeira geração. Ela foi completamente “dominada” pela cor amarela, mas reapareceu (porém em menor proporção) ou foi novamente “ativada”, na segunda geração (chamada de F2).



**Figura 2:** Esquema mostrando a característica “cor da semente” nas diferentes gerações de ervilhas trabalhadas por Mendel, e os resultados gerais obtidos após os cruzamentos. Observe que, em F1, não houve aparição da característica “semente verde”. Esta só surgiu novamente na F2, em menor proporção (1 semente verde para cada 4 sementes).

Intrigado com o resultado, Mendel, repetiu esse experimento usando outras características das ervilhas (por exemplo, a textura das sementes e a cor das flores) e obteve sempre resultados que confirmaram aqueles primeiros.

## Seção 2

### A “Primeira Lei de Mendel”

No nosso exemplo, a coloração amarela das sementes é o fator dominante (que será representado mais adiante por letras maiúsculas). Por outro lado, aquela característica que foi completamente dominada na primeira geração, mas que reapareceu em número reduzido na segunda geração (a cor verde das sementes), representa o “fator recessivo” (que será representado por letras minúsculas). A coloração verde das sementes, dessa forma, é o fator recessivo.

Vale a pena assistir a uma animação sobre os experimentos de Mendel. Indicamos a que está disponível em: <http://goo.gl/NFLwY>.



Tal observação nos leva a uma conclusão muito importante: *aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica*. Um deles é herdado do pai, e o outro, da mãe.

No entanto, esses fatores, *embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam, mas, sim, se somam*. No exemplo das ervilhas de Mendel, quando:

- *os dois fatores herdados pela planta de seus pais são dominantes*, ela obviamente desenvolverá a *característica dominante* (no caso, a semente amarela);
- *um fator herdado de um dos pais é dominante, e o outro é recessivo*, a planta também exibirá a *característica dominante* (novamente, nesse caso, a semente será amarela). Isso significa que o fator recessivo permanece “escondido”;
- *os dois fatores herdados forem recessivos*, a *característica recessiva* irá, finalmente, se desenvolver e será exibida (no caso, as sementes verdes).



Zigoto é o nome que se dá à célula formada pela união do gameta do pai com o gameta da mãe. Nesses gametas, existem diversos fatores que são responsáveis pela promoção de uma série de características.

Analisando uma característica, como a cor das sementes, por exemplo, podemos dizer que:

- Se a planta apresenta os dois fatores dominantes, ela é *homozigota dominante* (homo = igual).
- Se a planta apresenta os dois fatores recessivos, ela é *homozigota recessiva*.
- Se a planta apresenta dois fatores diferentes, um dominante e um recessivo, ela é *heterozigota* (hetero = diferente).

Essa denominação serve para qualquer característica de qualquer ser vivo. Muita atenção a esses termos, pois eles serão usados não só aqui nas aulas, mas também são muito mencionados em provas de vestibular.

Através de um estudo detalhado das quantidades de plantas com sementes amarelas ou verdes obtidas em cada uma das gerações que cultivou, Mendel compreendeu definitivamente essa explicação. Observe, a seguir, um esquema de como se deram os cruzamentos e como os resultados deles foram interpretados por Mendel.









Geração parental:

Plantas amarelas puras – fator dominante: representaremos por VV (costumamos falar “vezão-vezão”);

Plantas verdes puras – fator recessivo: representaremos por vv (costumamos falar “vezinho-vezinho”).







Cruzamento entre elas: VV x vv (representaremos separadamente e numerados cada um dos fatores para facilitar a visualização do cruzamento).

		Verdes 	
		v(3)	v(4)
Amarelas 	V(1)	Vv  (resultado de 1-3)	Vv  (resultado de 1-4)
	V(2)	Vv  (resultado de 2-3)	Vv  (resultado de 2-4)

Resultado: a geração filha, F1, é toda composta por plantas Vv, que apresentam coloração amarela.

Geração F1: Plantas amarelas - Vv

Cruzamento: Vv x Vv

		Amarelas 	
		V(3)	v(4)
Amarelas 	V(1)	VV  (resultado de 1-3)	Vv  (resultado de 1-4)
	v(2)	Vv  (resultado de 2-3)	VV  (resultado de 2-4)

Resultado: Três plantas apresentam cor amarela (VV, Vv e Vv), e uma apresenta cor verde (vv). Ou seja, a chance de se ter uma ervilha com semente verde, nesse caso, é 1 em cada 4 cruzamentos.

E ainda há mais a ser concluído.

Como você viu na Unidade 1, cada célula reprodutora, ou gameta (masculino ou feminino), contém apenas metade do material genético existente em uma célula original. Assim, durante o processo de formação dos gametas (chamado de gametogênese), a partir de células originais, aquele par de fatores presente nas células dos indivíduos adultos (como vimos, ambos dominantes ou recessivos, ou um de cada) precisa ser separado entre si. *O resultado é que cada gameta terá sempre apenas um único fator (dominante ou recessivo) para cada respectiva característica.*

Com relação aos experimentos de Mendel, no caso específico da cor das sementes, cada gameta formado pode conter apenas o fator dominante (“amarelo”), ou o fator recessivo (“verde”). A partir da união de um gameta masculino com um feminino, na fecundação, fica determinada a combinação entre fatores dominantes e recessivos (que, como vimos, podem variar) e que irá caracterizar aquele novo indivíduo que será formado.

Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou ainda “Lei da Pureza dos Gametas”.



A reprodução entre indivíduos é algo que possibilita que a combinação gênica aconteça de tal forma que a diversidade seja favorecida. A pureza dos gametas, identificada por Mendel, é um mecanismo genético que permite, por exemplo, que de duas sementes de ervilha amarelas lisas se tenha uma semente verde rugosa.

Em outras palavras, a segregação dos gametas contribui para a biodiversidade!

## **2.1. “Genótipo” e “Fenótipo”: nomes estranhos, mas fáceis de entender**

Outra conclusão importantíssima pode ser feita a partir das observações de Mendel. Voltemos ao exemplo das ervilhas e das diferentes possibilidades de colorações das sementes.

Na geração parental, onde as plantas eram “puras”, os fatores hereditários herdados dos pais são iguais. Assim, nas plantas “puras” com sementes amarelas temos dois fatores “amarelos” (dominantes), enquanto nas plantas “puras” com sementes verdes temos dois fatores “verdes” (recessivos).

Mas e quanto às plantas da primeira e segunda gerações, resultantes de cruzamentos entre tipos diferentes, onde ocorreu a mistura de fatores hereditários distintos?

Nesses casos, vimos que quando temos plantas com fatores diferentes a característica que irá aparecer será aquela representada pelo fator dominante (isto é, uma planta com um fator “amarelo” e um “verde” terá sempre sementes amarelas). Note bem: as plantas “puras” da geração parental e que têm sementes amarelas, embora similares na aparência àsquelas “cruzadas” das gerações seguintes, são diferentes na sua composição genética. As plantas “puras” têm os dois fatores dominantes, enquanto as “cruzadas” têm um fator dominante e um recessivo. Ou seja, embora sejam iguais na aparência, geneticamente elas são diferentes.

A compreensão desse fato nos leva a dois conceitos fundamentais em Genética:

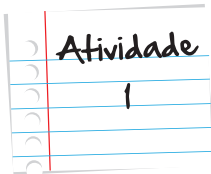
Genótipo é a composição genética de um indivíduo; e fenótipo é a “aparência” de um indivíduo.

Importante

Pés de ervilhas com sementes amarelas (um único fenótipo), como vimos, podem ter genótipos diferentes. Por outro lado, um mesmo indivíduo pode exibir fenótipos diferentes ao longo de sua vida, embora seu genótipo não seja alterado. Para ilustrar isso, imagine uma lagarta que, em um dado momento da sua vida, transforma-se em borboleta; ou um bebê que, com o passar dos anos, torna-se um indivíduo adulto.



**Figura 3:** Esquema exibindo, de maneira resumida, o ciclo de vida de uma borboleta e indicando as transformações dramáticas na aparência do indivíduo (isto é, seu fenótipo) ao longo do tempo. Da lagarta para a borboleta, quantas diferenças! Mas, acredite, o seu genótipo é sempre o mesmo.



## É possível saber, antes do nascimento, se seu filho possuirá uma doença?

Na época de Mendel, somente fazendo-se os cruzamentos com a geração parental e esperando o nascimento da prole para observá-la seria possível saber quais características a geração F1 teria. Atualmente, um ramo da genética (a Genética Molecular) é capaz de, por meio de experimentos com o material genético da geração parental, descobrir a probabilidade de determinado genótipo ou fenótipo acontecer na geração F1.

Há empresas que fornecem consultoria genética para pais que gostariam de saber a probabilidade de terem filhos com essa ou aquela característica/doença.



O albinismo é um distúrbio caracterizado pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, no cabelo e nos olhos. Os indivíduos albinos sofrem muito na presença do sol, pois sua pele é muito propensa a queimaduras e ao câncer de pele. Além disso, é comum que apresentem uma série de problemas na visão e, por não apresentarem pigmento nos olhos também, são muito sensíveis à luminosidade, tendo fotofobia. É conhecido que o albinismo é uma característica recessiva, ou seja, pode ser representada por "aa".

Imagine um casal que decide procurar uma consultoria desse tipo para saber qual a probabilidade de terem um filho albino.

Em testes genéticos, foi verificado que os dois membros do casal apresentam genótipo Aa.

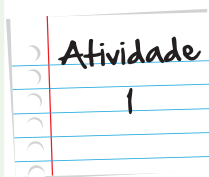
- a. É possível que eles tenham filhos albinos? Por quê?

- b. Realize o cruzamento entre os fatores desse casal. Use a tabela a seguir para orientar-se:

		Pai	
Mãe			

- c. Qual é a chance de eles terem filhos albinos?

Anote suas  
respostas em  
seu caderno



## Seção 3

### A “Segunda Lei de Mendel”

Mas Mendel não parou por aí e, em outro experimento famoso, resolveu complicar um pouco as coisas. Em vez de continuar estudando suas ervilhas examinando, por exemplo, apenas a coloração das sementes ou das flores separadamente, desta vez ele selecionou plantas para poder pesquisar mais de uma característica de uma vez só.

Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (“cor amarela” e “textura lisa” são fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (“cor verde” e “textura rugosa” são fatores recessivos; lembrando mais uma vez que as plantas da geração parental são sempre “puras”). O resultado?







Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas. Isso significa que os fatores dominantes e recessivos foram misturados entre si e as características desenvolvidas referem-se aos fenótipos dominantes. Observe a seguir:

Geração Parental:

Plantas amarelas lisas puras – VVRR

Plantas verdes rugosas puras – vvrr

Cruzamento entre elas – VVRR x vvrr

		Verdes rugosas (vvrr) 	
		vr(3)	vr(4)
Amarelas lisas (VVRR) 	VR(1)	VvRr  (resultado de 1-3)	VvRr  (resultado de 1-4)
	VR(2)	VvRr  (resultado de 2-3)	VVRr  (resultado de 2-4)

Resultado do cruzamento: todas as plantas têm sementes amarelas e lisas (todas apresentam fator dominante V e R).

















Como feito anteriormente, Mendel cruzou entre si as plantas da primeira geração e obteve, mais uma vez, resultados novos bastante interessantes:

- A maioria das plantas da segunda geração (mais precisamente, 9 em cada dezesseis, ou cerca de 56%) tinha sementes amarelas e lisas;
- três em cada dezesseis (ou pouco mais de 18%) exibiam sementes amarelas e rugosas;
- uma quantidade igual (pouco mais de 18%) tinha sementes verdes e lisas;
- somente pouco mais de 6% (ou seja, uma em cada dezesseis) tinham sementes verdes e rugosas.

Observe:

Geração F1 cruzada entre si: VvRr.

Gametas gerados: VR, Vr, vR e vr.

		Amarelas lisas			
		VR	Vr	vR	vr
Amarelas lisas	VR	VVRR 	VVRr 	VvRR 	VvRr 
	Vr	VVRr 	VVrr 	VvRr 	Vvrr 
	vR	VvRR 	VvRr 	vvRR 	vvRr 
	vr	VvRr 	Vvrr 	vvRr 	vvrr 

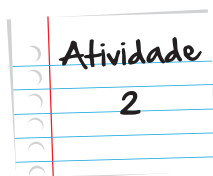
Resultados obtidos:

- 9 de 16 plantas com sementes amarelas lisas;
- 3 de 16 plantas com sementes amarelas rugosas;
- 3 de 16 plantas com sementes verdes lisas;
- 1 de 16 plantas com semente verde rugosa.

Como previsto, tais resultados confirmaram várias observações e conclusões do experimento anterior de Mendel sobre a coloração das sementes das ervilhas. Também reafirmou a “Lei da Pureza dos Gametas”, como apresentada anteriormente.

Mais importante, porém, foi a constatação de que aquelas características das ervilhas, escolhidas por Mendel e que estavam juntas nas plantas originais (semente amarela + textura lisa; ou semente verde + textura rugosa), foram separadas entre si quando da realização dos cruzamentos, ou seja, não permaneciam juntas nas gerações seguintes.

Mais uma vez, o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão, também fundamental no início do estabelecimento dos estudos sobre Genética, ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.



## A genética do sangue

Muito provavelmente, você já ouviu alguém falando que tem sangue A<sup>+</sup> (A positivo) ou O<sup>-</sup> (O negativo), ou qualquer outro tipo. Os tipos sanguíneos são determinados por fatores genéticos, assim como a coloração e a textura das sementes das ervilhas, e como basicamente quase tudo nos seres vivos.

Nós temos duas características independentes, no que se refere ao tipo sanguíneo, mas que acabam sempre sendo faladas juntas:

- O tipo propriamente dito (A, B, AB ou O);
- o fator Rh (positivo ou negativo).

Assim, as possibilidades são essas:

A+	A-	B+	B-	AB+	AB-	O+	O-
----	----	----	----	-----	-----	----	----

O tipo (A, B, AB ou O) é determinado por fatores denominados I. Os tipos A, B e AB são compostos por fatores dominantes (I) e os indivíduos com sangue tipo O são compostos por fatores recessivos (i).

Assim:

- o indivíduo tipo A tem o genótipo I<sup>A</sup>I<sup>A</sup> ou I<sup>A</sup>i;
- o indivíduo tipo B tem I<sup>B</sup>I<sup>B</sup> ou I<sup>B</sup>i;
- o indivíduo tipo AB tem I<sup>A</sup>I<sup>B</sup>;
- o indivíduo tipo O tem ii.

O fator Rh pode ser positivo ou negativo:

- Indivíduos Rh<sup>+</sup> têm fator dominante (RR ou Rr);
- indivíduos Rh<sup>-</sup> têm fator recessivo (rr).

Se ainda estiver com dúvidas até esse ponto da atividade, vale a pena você dar uma paradinha e assistir a esse vídeo, sobre sistema ABO:

<http://goo.gl/WloVK>



Agora, continuando... Considere um casal. O pai tem sangue A<sup>+</sup>, e a mãe, B<sup>+</sup>. Faça o que se pede:

- a. Marque quais as possibilidades de genótipo do casal:

Mãe (A<sup>+</sup>):

( ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>rr    ( ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>RR    ( ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>Rr    ( ) I<sup>A</sup>iRR    ( ) I<sup>A</sup>iRr    ( ) I<sup>A</sup>i rr

( ) iiRR    ( ) iirr

Pai (B<sup>+</sup>):

( ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>rr    ( ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>RR    ( ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>Rr    ( ) I<sup>B</sup>iRR    ( ) I<sup>B</sup>iRr    ( ) I<sup>B</sup>i rr

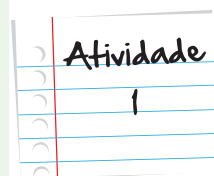
( ) iiRR    ( ) iirr

- b. Imagine que a mãe tenha genótipo I<sup>A</sup>iRr, e o pai tenha genótipo I<sup>B</sup>iRr. Realizando o cruzamento entre esses fatores, quais possíveis tipos sanguíneos os filhos poderiam ter? Use o quadro para realizar os cruzamentos.

		Pai			
		I <sup>B</sup> R	I <sup>B</sup> r	iR	ir
Mãe	I <sup>A</sup> R				
	I <sup>A</sup> r				
	iR				
	ir				

Resultados:

Anote suas respostas em seu caderno



## Seção 4

# Aprendendo mais com Árvores Genealógicas: os “Heredogramas”

Nem sempre temos à disposição material vivo ou em condições adequadas para tentar pesquisar diretamente a história dos cruzamentos entre indivíduos. Tal procedimento permitia-nos buscar compreender que caminhos seguiram os vários “fatores hereditários” desde gerações mais antigas até as atuais.

No entanto, podemos realizar esse levantamento de maneira mais simples: por meio de um esquema que nos ajude a mostrar como determinada característica foi sendo passada entre gerações, por exemplo, desde os bisavós até os bisnetos, em uma dada família. Podemos organizar essas informações em uma folha de papel. Como?

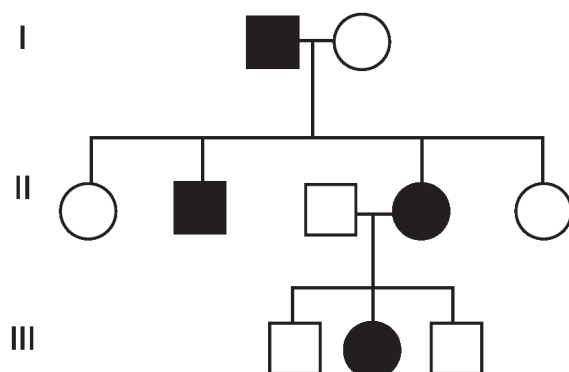


**Figura 4:** Estudando as características dos indivíduos e suas relações de parentesco, podemos aprender muito sobre como elas são passadas entre gerações.

Bem, sabendo quem formou par com quem (ou seja, quais foram os cruzamentos) em uma determinada família, podemos indicar, nesse esquema, por exemplo, a cor dos olhos exibida por cada um dos filhos de um casal. Depois, indicamos a cor dos olhos de cada um de seus pais; a seguir, dos avós paternos e maternos, dos bisavós, e assim por diante. É claro que só podemos seguir adiante na medida em que temos certeza da maioria das informações disponíveis.

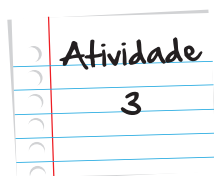
Uma vez que tal esquema esteja completo, ou pelo menos o mais completo possível, tentaremos compreender como tal característica foi sendo transmitida entre as gerações. Dessa forma, podemos saber se ela é de fato hereditária ou não, e a maneira (ou maneiras) como se dá sua herança.

Pesquisadores da área da Genética referem-se a esses esquemas como “heredogramas”, que nada mais são do que representações básicas de genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.



**Figura 5:** Exemplo de heredograma (os números romanos, à esquerda, referem-se a cada uma das gerações estudadas). A primeira geração é composta por um casal (geração I); nesta, o pai (quadrado escuro) exibe uma característica que está sendo estudada e, por isso, é representado em preto. Note que a mesma foi transmitida a dois de seus filhos (um homem e uma mulher na geração II) e a uma neta (geração III).

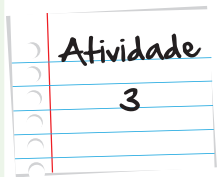
Observe, na Figura 5, que há algumas regras para a construção de heredogramas em trabalhos mais formais de Genética. Homens são representados por quadrados, enquanto mulheres aparecem como círculos. As linhas horizontais indicam casamentos (ou “cruzamentos”), enquanto as verticais indicam a descendência. Quando há mais de um filho em um casamento, estes são organizados em uma sequência da esquerda para a direita, por ordem de idade. Quando aquela característica que queremos estudar aparece em um indivíduo, seu símbolo respectivo é pintado de preto. Isso facilita as observações.



### **Montar um heredograma não é difícil. Tente fazer o seu!**

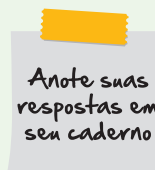
Você mesmo pode tentar montar um heredograma simples para estudar algumas de suas características e de seus parentes.

Em uma folha de papel, represente, por exemplo, os indivíduos da sua família, desde a geração de seus avós até a sua. Vamos tomar o exemplo da característica “formato do lóbulo (ou lobo) da orelha”: você já notou que, entre as pessoas, ele pode ser “solto” (isto é, livre, como na figura à direita) ou preso na base (figura à esquerda)?



Agora tente entender como essa característica se distribui na sua família e como deve ter sido passada entre as gerações. Pergunte a seus parentes sobre essa característica em cada um deles. Lembre-se de que no seu heredograma as pessoas com lóbulo da orelha preso terão seus símbolos respectivos pintados de preto.

O que você percebeu? Com base nos resultados, você acha que “lóbulo da orelha preso na base” é uma característica dominante ou recessiva?



Assim como no exemplo da orelha, outras coisas do nosso dia a dia podem ser explicadas por meio da hereditariedade. De um lado, mais simples, é o caso da “canoinha” (uma dobra) com a língua que algumas pessoas conseguem fazer e outras não. De outro, mais complexo e relevante, é o caso de propensão a doenças cardíacas, diabetes e cânceres.

Como você deve perceber, a genética tem muito mais relação com nossas vidas do que você poderia imaginar quando começou a ler sobre ervilhas lá no início da unidade, não é mesmo?

## Resumo

- A Genética nasceu e cresceu a partir de estudos cada vez mais aprofundados sobre a hereditariedade.
- Um monge austríaco chamado Gregor Mendel planejou cuidadosamente experiências para estudar como se dava a transmissão de características de uma geração para outra.
- Em um de seus experimentos, Mendel cruzou plantas que exibiam apenas sementes amarelas com outras de sementes apenas verdes. Ele observou que todas as plantas nascidas desse primeiro cruzamento tinham apenas sementes de cor amarela. Depois, cruzou as plantas filhas entre si. A maioria das novas plantas nascidas nessa “segunda geração”, como esperado, tinha apenas sementes amarelas (3 em cada 4 plantas, ou 75% do total). Uma parte menor das novas plantas (1 em cada 4 plantas, ou 25% do total) apresentava, outra vez, sementes verdes.
- A observação das diferenças de proporções da característica “cor da semente” na F2 nos leva a uma conclusão muito importante: aparentemente, cada planta guarda sempre um par de fatores responsáveis pelo desenvolvimento de uma determinada característica. Um deles é herdado do pai e o outro da mãe.
- No entanto, esses fatores, embora estejam juntos nas células de cada indivíduo, jamais se misturam; ao contrário, eles se somam. Isso porque, na formação dos gametas, eles se separam independentemente. Por sua importância, essa última conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação”, ou, ainda, “Lei da Pureza dos Gametas”.
- Genótipo é a composição genética de um indivíduo. Fenótipo é a “aparência” de um indivíduo.
- Mendel continuou seus estudos selecionando plantas a fim de pesquisar mais de uma característica de uma vez só. Assim, ele cruzou plantas com sementes amarelas e lisas (fatores dominantes) com outras que exibiam sementes verdes e rugosas (fatores recessivos). Todas as plantas da primeira geração, como esperado, apresentaram apenas sementes amarelas e lisas.
- Como nos primeiros experimentos, Mendel cruzou as plantas da primeira geração entre si e obteve como resultados: 9 em cada 16 tinham sementes amarelas e lisas; 3 em cada 16, amarelas e rugosas; 3 em 16, sementes verdes e lisas; 1 em 16 era verde rugosa.
- Mendel constatou que aquelas características das ervilhas que estavam juntas nas plantas originais não permaneciam juntas nas gerações seguintes.

- Ele concluiu que o processo de formação dos gametas parecia separar os fatores hereditários entre eles, nesse caso independentemente. Essa nova conclusão ficou conhecida como a “Segunda Lei de Mendel”, ou “Lei da Segregação Independente”.
- Heredogramas são representações básicas de genealogias ou, em outras palavras, árvores genealógicas.

## Veja ainda

- A National Geographic fez um programa sobre o Mendel, chamado Mendel e a ervilha, contando um pouco de sua vida e das experiências que ele realizou. Esse documentário está disponível no youtube, dublado, em 3 partes:
  1. Mendel e a ervilha (parte 1 de 3) – A estranha ervilha na vagem:  
<http://goo.gl/RQ7N8>
  2. Mendel e a ervilha (parte 2 de 3) – A simples ervilha:  
<http://goo.gl/m2bd8>
  3. Mendel e a ervilha (parte 3 de 3) – Minha hora chegará:  
<http://goo.gl/jzekR>

## Imagens



- André Guimarães



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregor\\_Mendel.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gregor_Mendel.png);



- <http://www.sxc.hu/photo/568041>



- <http://caterpillars.unr.edu/outreach/Metamorphosis%20of%20monarch%20butterfly.jpg>.



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albinistic\\_man\\_portrait.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Albinistic_man_portrait.jpg)



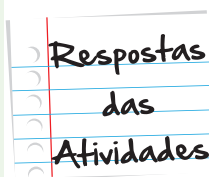
- <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Earlobefreephoto.jpg>; <http://en.wikipedia.org/wiki/File:TattooedAttachedEarlobe.png>

### Atividade 1

- Sim, pois ambos possuem um alelo recessivo "a" e podem gerar um gameta recessivo que, se conjugados pelo cruzamento, darão o genótipo aa.
- Com os pais apresentando genótipo Aa, os gametas formados são A e a para cada um deles. Assim, o cruzamento ficaria:

		Pai	
		A	a
Mãe	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

- As chances de eles terem um filho albino são expressas pelas chances de eles formarem o genótipo aa pelo cruzamento de seus gametas. Assim, como podemos observar no quadro da letra b, a chance é 1 em 4.



## Atividade 2

a.

Mãe (A<sup>+</sup>):

Se a mãe tem sangue A<sup>+</sup>, ela tem pelo menos um fator dominante I: I<sup>A</sup>I<sup>A</sup> ou I<sup>A</sup>i.

Se ela é RH<sup>+</sup>, ela tem pelo menos um fator dominante R: RR ou Rr.

Assim, os possíveis genótipos para ela, dentre essas opções, são:

( ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>rr      ( x ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>RR      ( x ) I<sup>A</sup>I<sup>A</sup>Rr      ( x ) I<sup>A</sup>iRR

( x ) I<sup>A</sup>iRr      ( ) I<sup>A</sup>iRR      ( ) iiRR      ( ) iirr

Pai (B<sup>+</sup>):

Se o pai tem sangue B<sup>+</sup>, ele tem pelo menos um fator dominante I: I<sup>B</sup>I<sup>B</sup> ou I<sup>B</sup>i.

Se ele é RH<sup>+</sup>, ela tem pelo menos um fator dominante R: RR ou Rr.

Assim, os possíveis genótipos para ele, dentre essas opções, são:

( ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>rr      ( x ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>RR      ( x ) I<sup>B</sup>I<sup>B</sup>Rr      ( x ) I<sup>B</sup>iRR

( x ) I<sup>B</sup>iRr      ( ) I<sup>B</sup>i rr      ( ) iiRR      ( ) iirr

b. Sabendo que a mãe é I<sup>A</sup>i Rr e o pai é I<sup>B</sup>i Rr, os gametas gerados são:

Mãe: I<sup>A</sup>R, I<sup>A</sup>r, iR e ir.

Pai: I<sup>B</sup>R, I<sup>B</sup>r, iR e ir.



Assim, o cruzamento fica:

		Pai			
		I <sup>B</sup> R	I <sup>B</sup> r	iR	ir
Mãe	I <sup>A</sup> R	I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> RR	I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> Rr	I <sup>A</sup> iRR	I <sup>A</sup> iRr
	I <sup>A</sup> r	I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> Rr	I <sup>A</sup> I <sup>B</sup> rr	I <sup>A</sup> iRr	I <sup>A</sup> i rr
	iR	I <sup>B</sup> iRR	I <sup>B</sup> iRr	iiRR	iiRr
	ir	I <sup>B</sup> iRr	I <sup>B</sup> i rr	iiRr	ii rr

Resultados:

Traduzindo os genótipos encontrados no cruzamento, temos:

		Pai			
		I <sup>B</sup> R	I <sup>B</sup> r	iR	ir
Mãe	I <sup>A</sup> R	AB <sup>+</sup>	AB <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>
	I <sup>A</sup> r	AB <sup>+</sup>	AB <sup>-</sup>	A <sup>+</sup>	A <sup>-</sup>
	iR	B <sup>+</sup>	B <sup>+</sup>	O <sup>+</sup>	O <sup>+</sup>
	ir	B <sup>+</sup>	B <sup>-</sup>	O <sup>+</sup>	O <sup>-</sup>

Em chances, temos:

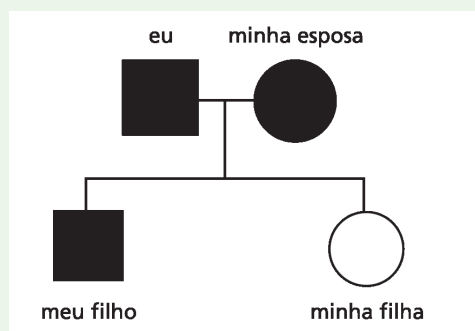
- 3 em 16 de o filho ser A<sup>+</sup>;
- 1 em 16 de ser A<sup>-</sup>;
- 3 em 16 de o filho ser B<sup>+</sup>;
- 1 em 16 de o filho ser B<sup>-</sup>;
- 3 em 16 de o filho ser AB<sup>+</sup>;
- 1 em 16 de ser AB<sup>-</sup>;
- 3 em 16 de ser O<sup>+</sup>;
- 1 em 16 de ser O<sup>-</sup>.

Respostas  
das  
Atividades

### Atividade 3

É impossível que eu consiga dar uma resposta a essa atividade, considerando que o enunciado pedia para que você avaliasse os lóbulos das orelhas da sua família. O que posso fazer é lhe mostrar como é na minha, para que você tenha um exemplo.

Eu tenho lóbulo preso. Minha esposa também. Temos dois filhos: um tem lóbulo solto; e a outra tem lóbulo preso. No heredograma, representamos o lóbulo preso pelas figuras pretas:



Repare que, apesar de eu e minha esposa termos o lóbulo preso, nossa filha tem lóbulo solto. Isso significa que a característica lóbulo solto estava “escondida” em nós (minha esposa e eu) e que, na formação dos gametas, ela pôde se expressar.

Podemos concluir que essa característica que ficou escondida (lóbulo solto) é recessiva (aa), enquanto o lóbulo preso é dominante (AA ou Aa).

Outra conclusão é que, se nossa filha tem lóbulo solto (ou seja, aa), minha esposa e eu temos que ter passado para ela um alelo recessivo (um a do pai e um a da mãe). Assim, só podemos ser heterozigotos para essa característica, ou seja, Aa.



# O que perguntam por aí?

## Questão 1 (ENEM 2009)

Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação solar natural e outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas.

Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram:

- a. os genótipos e os fenótipos idênticos.
- b. os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.
- c. diferenças nos genótipos e fenótipos.
- d. o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.
- e. o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.

**Gabarito:** Letra B.

**Comentário:** Essa pergunta se responde em duas partes.

Na primeira, vamos analisar o início do enunciado. As plantas foram preparadas por clonagem. Embora não esteja aqui na nossa aula, você já deve ter ouvido falar muitas vezes na mídia sobre clonagem. Houve até uma novela sobre isso (*O Clone*, Rede Globo, 2001). Um clone é um indivíduo que apresenta genótipo exatamente igual a outro. Para se fazer um clone, os cientistas pegam uma célula de um indivíduo e provocam a multiplicação dessa célula muitas e muitas vezes, em condições especiais e controladas. Assim, o indivíduo novo é igual ao doador da célula que foi clonada. Na natureza, isso acontece naturalmente com os gêmeos idênticos. Eles têm genótipos iguais.

Como você viu na nossa unidade, genótipo é o material genético, e fenótipo é a aparência. Se um rapaz raspa a cabeça, seus filhos não nascerão carecas por causa disso! Em outras palavras, ele mudou seu fenótipo, mas não alterou seu genótipo.

Assim, privar algumas plantas de luz fazendo com que umas fiquem com folhas amarelas e outras com folhas verdes é análogo à mulher que pintou o cabelo: tem alteração no fenótipo, mas não no genótipo.

Bom, então vamos à resposta: clones têm genótipos iguais. Plantas com folhas de cor diferentes têm genótipos diferentes. Por isso, a resposta certa é a letra B.



# Atividade extra

## Questão 1

Um monge britânico dedicou grande parte de sua vida ao estudo da transmissão de características de uma geração para outra, sendo considerado o “pai da genética” até os dias de hoje.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Qual é o seu nome?

- a. Lineu.
- b. Mendel.
- c. Darwin.
- d. Thomas.

## Questão 2

Em toda reprodução sexuada, um par de fatores é responsável pelo desenvolvimento de uma determinada característica.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

O nome que se dá à célula formada pela união do gameta do pai com o gameta da mãe é

- a. cromossomo.
- b. cromatina.

- c. carioteca.
- d. zigoto.

### Questão 3

Uma doença que causa um distúrbio caracterizado pela ausência parcial ou total de pigmento na pele, nos cabelos e nos olhos, faz com que os portadores sofram muito quando estão expostos ao sol, pois ficam propensos a queimaduras ou ao câncer.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Essa doença é conhecida com o nome de

- a. hemofilia.
- b. albinismo.
- c. hanseníase.
- d. tripanossomíase.

### Questão 4

Você já ouviu alguém falando que tem sangue A+ (A positivo) ou O- (O negativo), ou qualquer outro tipo de grupo sanguíneo.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1. Adaptado.

Os tipos sanguíneos são:

- a. A, B, C ou O.
- b. CD, A, B ou C.
- c. AB, O, B ou C.
- d. A, B, AB ou O.

## Questão 5

Alguns tipos de bactérias podem causar doenças capazes de nos levar à morte e o seu cultivo é importante para conhecermos suas características e forma de vida.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Como é o nome de uma preparação química que serve para cultivo de células vivas?

## Questão 6

Através das observações de Mendel, vimos que quando temos plantas com fatores diferentes, a característica que irá aparecer será aquela representada pelo fator dominante. As plantas “puras” têm os dois fatores dominantes, enquanto as “cruzadas” têm um fator dominante e um recessivo. Ou seja, embora sejam iguais na aparência, geneticamente elas são diferentes.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Complete as lacunas com os termos adequados:

A forma pela qual se manifesta uma característica no indivíduo é chamada de \_\_\_\_\_ e pode variar ao longo do tempo, pois sofre influência do ambiente, enquanto o \_\_\_\_\_ é a constituição genética de um indivíduo e, normalmente, não varia ao longo da vida do indivíduo.

- a. Heterozigoto e Homozigoto.
- b. Genótipo e Fenótipo.
- c. Homozigoto e Heterozigoto.
- d. Fenótipo e Genótipo.

## Questão 7

A pureza dos gametas, identificada por Mendel, é um mecanismo genético que permite, por exemplo, que de duas sementes de ervilha amarelas lisas se tenha uma semente verde rugosa.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Em outras palavras, a segregação dos gametas contribui para a:

- a. Manutenção genética.
- b. Biodiversidade.
- c. Conservação do genótipo.
- d. Conservação do Fenótipo.

## Questão 8

Genótipo é a composição genética de um indivíduo e fenótipo é a aparência de um indivíduo.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia

Podemos dizer que o fenótipo de um indivíduo é dado por suas características:

- a. Hereditárias.
- b. Morfológicas e fisiológicas apenas.
- c. Estruturais, funcionais e comportamentais.
- d. Herdáveis e não herdáveis.

## Questão 9

A partir da união de um gameta masculino com um feminino, na fecundação, fica determinada a combinação entre fatores dominantes e recessivos (que podem variar) e que irá caracterizar aquele novo indivíduo que será formado. Esta conclusão ficou conhecida como a “Primeira Lei de Mendel”, ou “Lei da segregação” ou ainda “Lei da pureza dos gametas”.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

A 1ª Lei de Mendel considera que:

- a. O gene recessivo manifesta-se unicamente em homozigose.
- b. A determinação do sexo dá-se no momento da fecundação.



- c. Os gametas são puros, ou seja, apresentam apenas um componente de cada par de fatores considerado.
- d. Os gametas são produzidos por um processo de divisão, chamado meiose.

## Questão 10

Os tipos sanguíneos são determinados por fatores genéticos, assim como a coloração e a textura das sementes de ervilhas, e como basicamente quase tudo nos seres vivos.

Fonte: Ciências da natureza e suas tecnologias—Biologia 1.

Em 1940, o ator Charlie Chaplin foi processado por uma mulher que dizia que ele era pai de seu filho. Sabendo que o suposto filho era do grupo sanguíneo B, a mãe do grupo A e o ator do grupo O, qual deve ter sido a sentença do juiz?

## Gabarito

### Questão 1

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

### Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

### Questão 3

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

### Questão 4

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

### Questão 5

Meio de cultura.

### Questão 6

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☒

### Questão 7

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☒ ☐ ☐

Questão 8 – C

### Questão 2

- A** **B** **C** **D**
- ☐ ☐ ☐ ☐

Questão 9 – C

### Questão 10

O juiz deve retirar a acusação sobre o ator, pois sendo o pai do grupo O (ii) e a mãe do grupo A (IAIA ou IAi) eles nunca poderiam ter um filho do grupo B (IBIB ou IBi).

