



o
-
m

Livro 4

Pré-vestibular Biologia

SISTEMA DE ENSINO
POLIEDRO

Autoria: Elias Avancini de Brito.

Diretor executivo: Nicolau Arbex Sarkis.

Gerência editorial: João Carlos Puglisi.

Coordenação de edição técnica: Marília L. dos Santos C. Ribeiro.

Edição técnica: Equipe de editores técnicos da Editora Poliedro.

Coordenação de produção editorial: Livia Scherrer dos Santos.

Analista de produção editorial: Claudia Moreno Fernandes.

Coordenação de edição: Michelle Silva da Mata e Vivian Plascak Jorge.

Edição: Equipes de edição da Editora Poliedro.

Coordenação de revisão: Mariana Castelo Queiroz.

Revisão: Equipe de revisão da Editora Poliedro.

Coordenação de arte: Antonio Domingues e Kleber S. Portela.

Diagramação: Equipes de arte da Editora Poliedro.

Ilustrações: Equipes de ilustração da Editora Poliedro.

Coordenação de licenciamento: Ana Rute A. M. Perugini.

Licenciamento: Equipe de licenciamento da Editora Poliedro.

Projeto gráfico: Alexandre Moreira Lemes e Kleber S. Portela.

Projeto gráfico da Capa: Bruno Torres.

Coordenador de PCP: Anderson Flávio Correia.

Impressão e acabamento: nywgraf Editora Gráfica Ltda.

Créditos: Capa e frontspício decade3d/123rf.com 5 © Endostock | Dreamstime.com • © Yury Khristich | Dreamstime.com • © Cliff Parnell/iStockphoto 93 Fanny Schertzer/Wikimedia Commons • Earl53/Morguefile.com • Noah Elhardt/Wikipedia 169 © ALEAIMACE/iStockphoto • thesaint/Freeimages • © Borissos | Dreamstime.com contracapa Elnalee/Shutterstock.

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as obras de artes plásticas presentes nesta obra, sendo que sobre alguns nenhuma referência foi encontrada. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos faltantes, estes serão incluídos nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos nos arts. 28 e 29 da lei 9.610/98.

SISTEMA DE ENSINO
POLIEDRO

São José dos Campos - SP
ISBN: 978-85-7901-060-6
Telefax: (12) 3924-1616
editora@sistemapoliedro.com.br
www.sistemapoliedro.com.br

Copyright © 2015
Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro

SUMÁRIO

Frente 1

16 Segunda Lei de Mendel	6
Introdução	7
Cruzamento mendeliano.....	8
Revisando	9
Exercícios propostos	10
Texto complementar	13
Exercícios complementares	16
17 Interações gênicas	19
Introdução	20
Interação gênica simples.....	20
Epistasia.....	21
Herança quantitativa (ou poligênica).....	22
Revisando	24
Exercícios propostos	26
Textos complementares.....	30
Exercícios complementares	32
18 Linkage e mapas gênicos	35
Ligação fatorial – <i>linkage</i>	36
Referências para a resolução de exercícios	39
Revisando	40
Exercícios propostos	41
Texto complementar	44
Exercícios complementares	47
19 Genoma humano e cromossomos sexuais	49
Cromossomos e sexo no ser humano	50
Outros sistemas de determinação sexual.....	50
Os cromossomos sexuais.....	51
Herança limitada ao sexo.....	51
Herança influenciada pelo sexo	52
Herança ligada ao sexo.....	52
Revisando	54
Exercícios propostos	56
Textos complementares.....	58
Exercícios complementares	65
20 Mutações gênicas e cromossômicas	69
Mutações.....	70
Mutações gênicas.....	70
Mutações cromossômicas.....	70
Revisando	73
Exercícios propostos	74
Textos complementares.....	76
Exercícios complementares	78
21 Genética de populações	81
Genética de populações	82
Equilíbrio de Hardy-Weinberg.....	82
Alterações do equilíbrio genético da população ..	83
Teorema de Hardy-Weinberg	83
Revisando	84
Exercícios propostos	85
Textos complementares.....	86
Exercícios complementares	90

Frente 2

18 Transporte e sustentação em plantas	94
Os tecidos de condução.....	95
Os tecidos de sustentação.....	95
A condução da seiva bruta.....	96
A condução da seiva elaborada	99
Revisando	101
Exercícios propostos	102
Textos complementares.....	105
Exercícios complementares	109
19 Mecanismos de controle – hormônios vegetais	111
Hormônios e desenvolvimento	112
Hormônios de crescimento.....	112
Hormônio de redução da atividade metabólica..	114
Hormônio de maturação.....	115
Revisando	115
Exercícios propostos	117
Textos complementares.....	119
Exercícios complementares	123
20 Movimentos vegetais e fotoperiodismo	126
Movimentos vegetais	127
Fotoperiodismo.....	129
Revisando	131
Exercícios propostos	134
Texto complementar	136
Exercícios complementares	139

21	Plantas e ambiente	141
	Introdução.....	142
	Alguns padrões gerais na Terra.....	143
	Biomassas do Brasil.....	148
	Biomassas e aspectos ecológicos.....	152
	Revisando	153
	Exercícios propostos.....	155
	Texto complementar.....	159
	Exercícios complementares.....	167

Frente 3

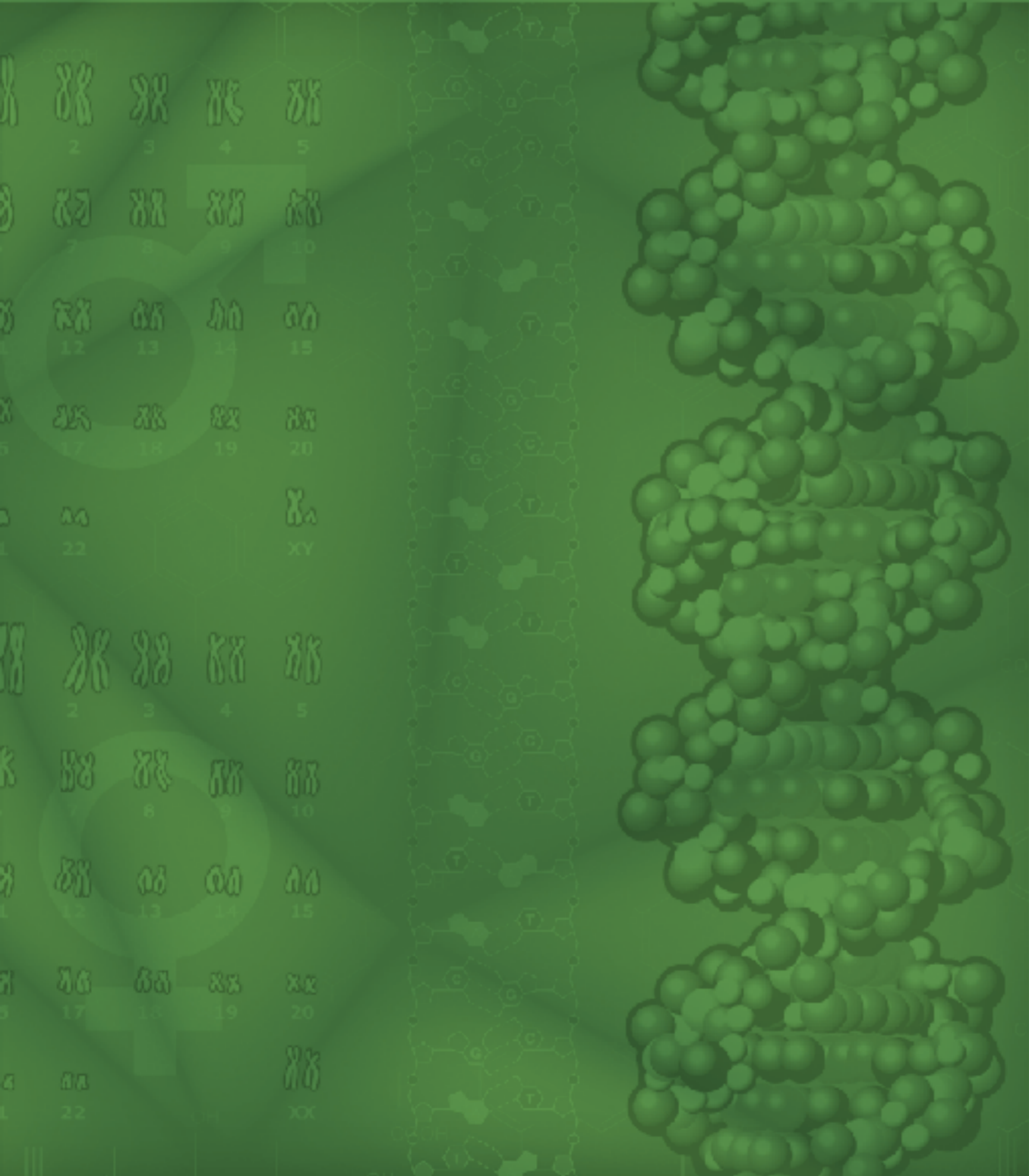
17	Sistema endócrino	170
	Hormônios e glândulas endócrinas.....	171
	Hipófise.....	171
	Paratireoide.....	173
	Tireoide.....	173
	Adrenais	174
	Pâncreas	175
	Ovários e testículos.....	175
	Revisando	176
	Exercícios propostos.....	178
	Textos complementares.....	182
	Exercícios complementares.....	184

18	Sistema reprodutor	188
	Sistema reprodutor masculino.....	189
	Sistema reprodutor feminino.....	190
	Métodos contraceptivos.....	193
	Revisando	195
	Exercícios propostos.....	199
	Textos complementares.....	201
	Exercícios complementares.....	206

19	Tecidos epiteliais e conjuntivos	214
	Introdução.....	215
	Tecido epitelial.....	215
	Tecido conjuntivo.....	218
	Revisando	220
	Exercícios propostos.....	221
	Texto complementar.....	224
	Exercícios complementares.....	226

20	Tecidos musculares	230
	Papéis do tecido muscular.....	231
	Tipos de tecido muscular	231
	A estrutura da célula muscular.....	232
	A junção neuromuscular	233
	A energia para a contração muscular.....	233
	Revisando	234
	Exercícios propostos.....	236
	Texto complementar.....	239
	Exercícios complementares.....	241

	Gabarito.....	245
--	----------------------	------------



Frente 1

16

FRENTE 1

Segunda Lei de Mendel



Os lançamentos de moeda e de dado, quando realizados simultaneamente, não exercem influências recíprocas; os resultados obtidos em cada um dos tipos de jogos são independentes. Isso também se aplica a muitos casos de características geneticamente determinadas.

Introdução

No estudo de Genética feito até o livro anterior, trabalhamos com a herança de uma única característica, analisada isoladamente, como o sistema sanguíneo Rh, a pigmentação da pele humana, a cor do pelo de cobaia etc. Isso se refere ao monohibridismo, que fica no âmbito da Primeira Lei de Mendel.

No entanto, um indivíduo apresenta simultaneamente caracteres diferentes. É possível que os caracteres analisados simultaneamente sejam determinados por genes situados em diferentes pares de cromossomos homólogos. Esse é um caso de **di-hibridismo**, que se encontra no âmbito da **Segunda Lei de Mendel**, também conhecida como **Lei da Segregação Independente**.

Vamos considerar o caso de duas características presentes em cobaias.

- A cor dos pelos é determinada por dois alelos: b e B; b condiciona pelo branco, e B pelo preto, sendo B dominante em relação a b.
- O aspecto dos pelos é determinado pelos alelos ℓ e L; ℓ condiciona pelo liso, e L pelo arrepiado, sendo L dominante em relação a ℓ .

Sabendo que os dois pares de alelos, (B e b) e (L e ℓ), estão em diferentes pares de cromossomos homólogos, como será a produção de gametas de um indivíduo duplo-heterozigoto BbL ℓ ? Cada gameta deve receber um representante de cada par, sendo produzidos os seguintes tipos de gametas: BL, B ℓ , bL e b ℓ , nas mesmas proporções, isto é, $\frac{1}{4}$ de cada tipo. O alelo dominante B pode estar em um gameta com L ou ℓ ; o alelo recessivo b pode estar em um gameta com L ou com ℓ . Assim, não há vinculação obrigatória de um gameta ter apenas alelos dominantes (B e L), ou ter necessariamente só alelos recessivos (b e ℓ); portanto, os genes B e L se separam de modo totalmente independente (Fig. 1).

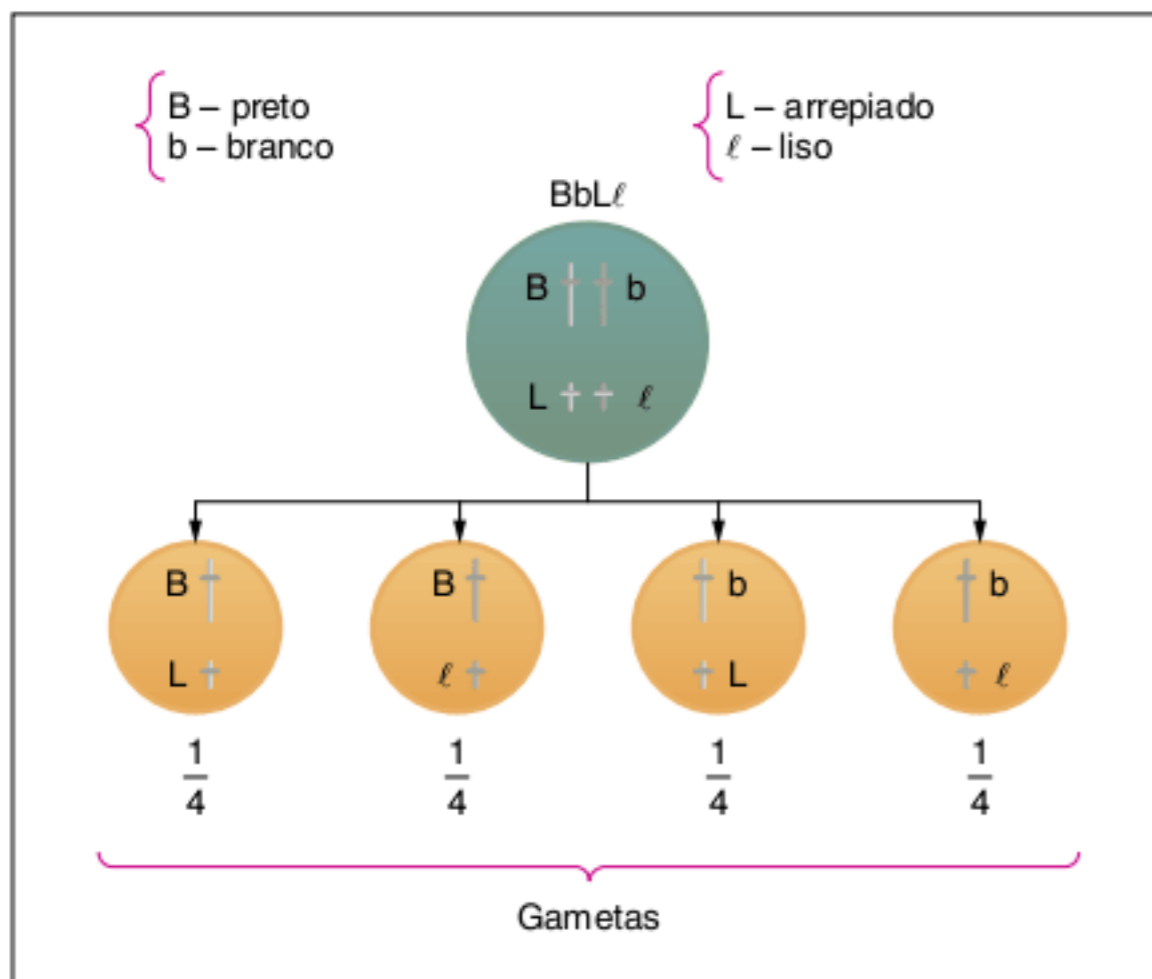


Fig. 1 Representação da Segunda Lei de Mendel. Os gametas formados têm um representante de cada tipo de homólogo, sendo que cada tipo de gameta tem a mesma proporção.

Observação: A elucidação mostrada na figura 1 representa o conceito da Segunda Lei de Mendel: dois ou mais pares de alelos presentes em um híbrido separam-se independentemente na formação dos gametas.

Evidentemente, a Segunda Lei de Mendel só é válida se os **pares de alelos** estiverem em **diferentes pares de cromossomos homólogos**.

A determinação de tipos de gametas é possível com o emprego de **dicotomias** ou de **bifurcações** (Fig. 2), quando um par de alelos apresentar heterozigose, como nos exemplos a seguir.

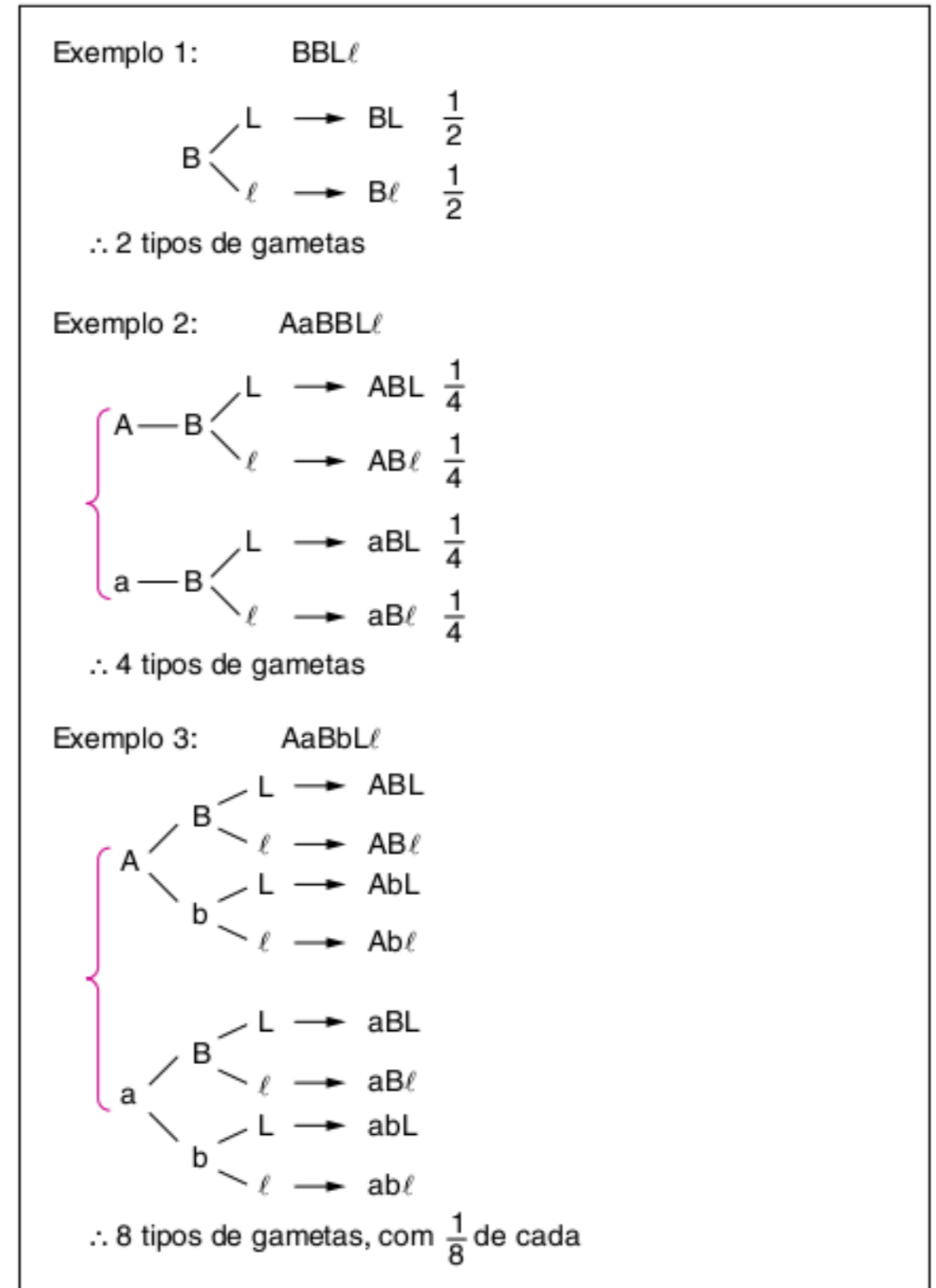


Fig. 2 Exemplos de tipos de gametas produzidos em indivíduos com heterozigose.

O número de tipos de gametas pode ser obtido pela fórmula 2^n , sendo n o número de heterozigoses. Assim, nos exemplos citados anteriormente, temos:

- **BbL ℓ** \Rightarrow há uma heterozigose: 2^n , com $n = 1$; portanto, formam-se dois tipos de gametas.
- **AaBbL ℓ** \Rightarrow há duas heterozigoses: 2^n , com $n = 2$; portanto, formam-se quatro tipos de gametas.
- **AaBbL ℓ** \Rightarrow há três heterozigoses: 2^n , com $n = 3$; portanto, formam-se oito tipos de gametas.

Outra fórmula pode ser utilizada tomando como base os tipos de gametas: é o **número de encontros gaméticos (N)**. $N = n^{\circ}$ de tipos de gametas masculinos \times n° de tipos de gametas femininos.

No exemplo a seguir, temos:



$2^n = 2^1 = 2$ tipos de gametas $2^n = 2^2 = 4$ tipos de gametas
 $N = 2 \times 4 = 8$ encontros gaméticos

Cruzamento mendeliano

Considerando a **geração parental (P)** de cobaias: **fêmea com pelo branco e liso**, cruzada com **macho homocigoto, de pelo preto e arrepiado**, obtém-se em **F1** todos os descendentes heterocigotos, com **fenótipo preto e arrepiado** (Fig. 3).

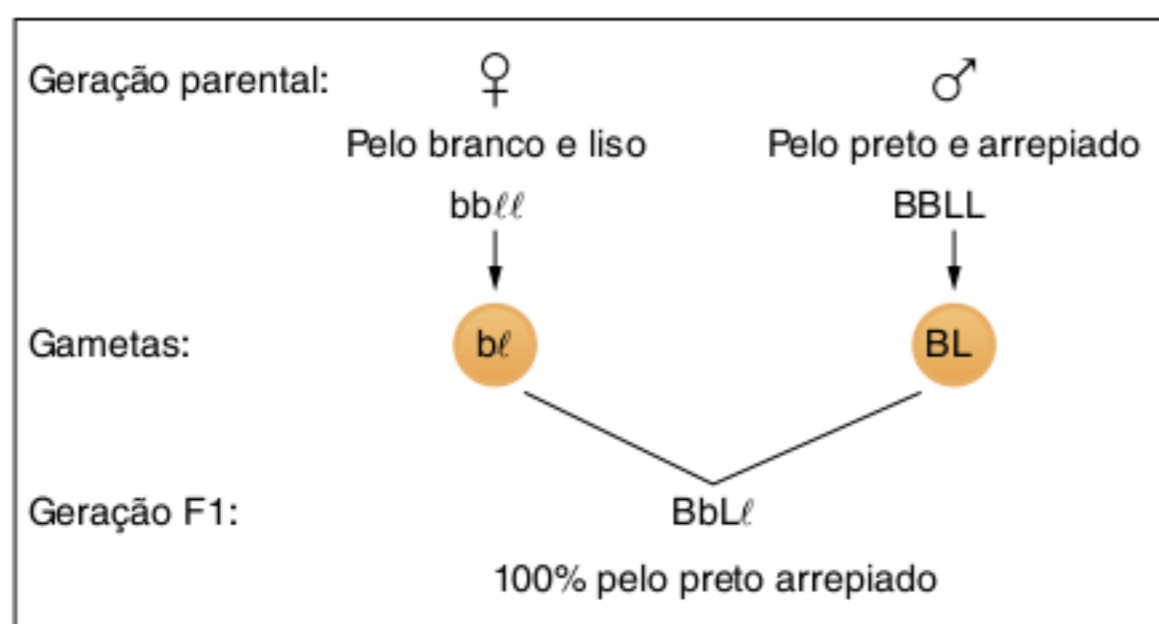


Fig. 3 Primeira etapa de cruzamento mendeliano. O cruzamento entre duplo-recessivo com duplo-dominante gera descendentes heterocigotos para as duas características.

Com o cruzamento entre os indivíduos heterocigotos duplos, é obtida a **F2**, com uma **proporção fenotípica de 9:3:3:1**, que é típica do **di-hibridismo** (Fig. 4).

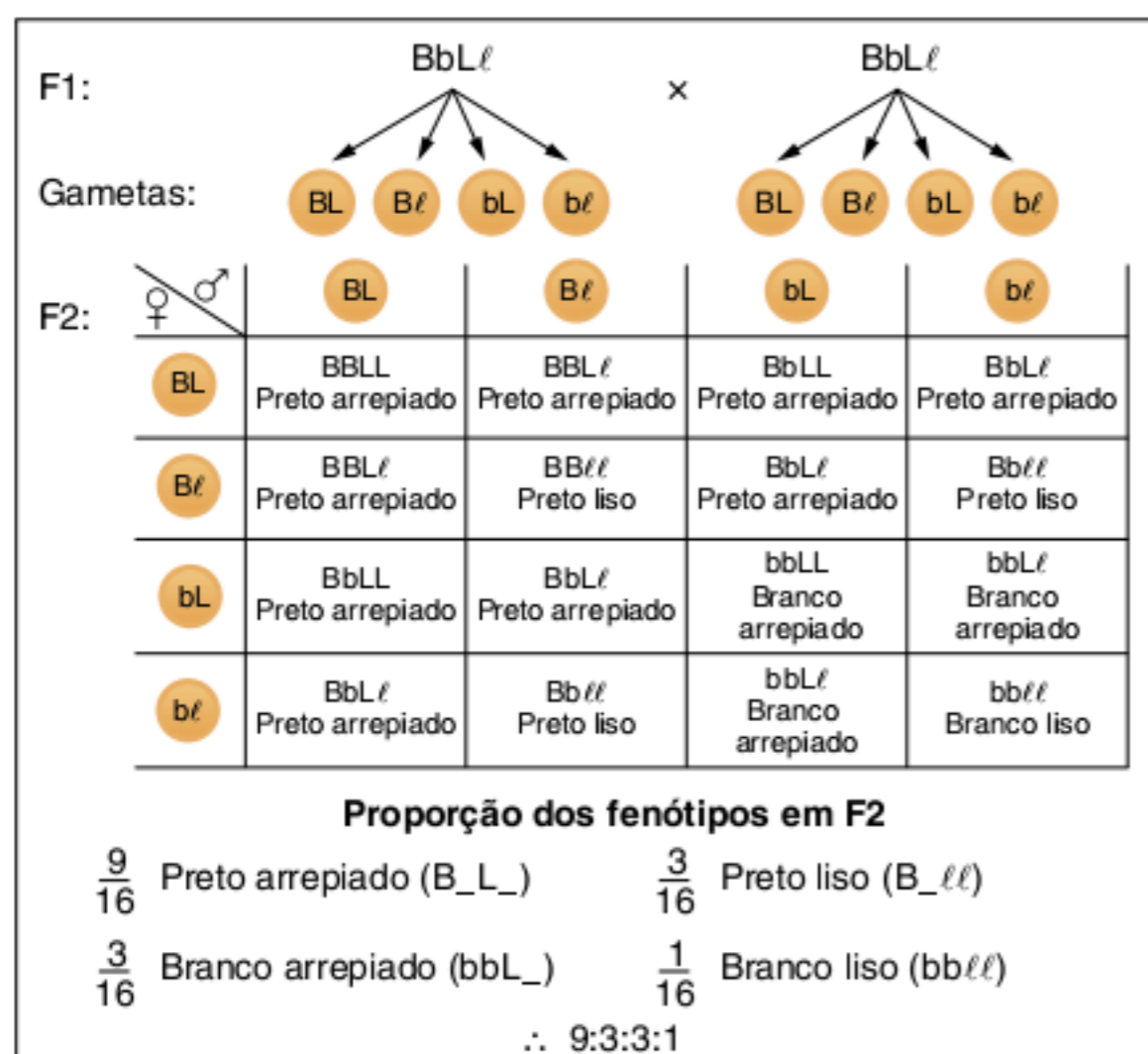
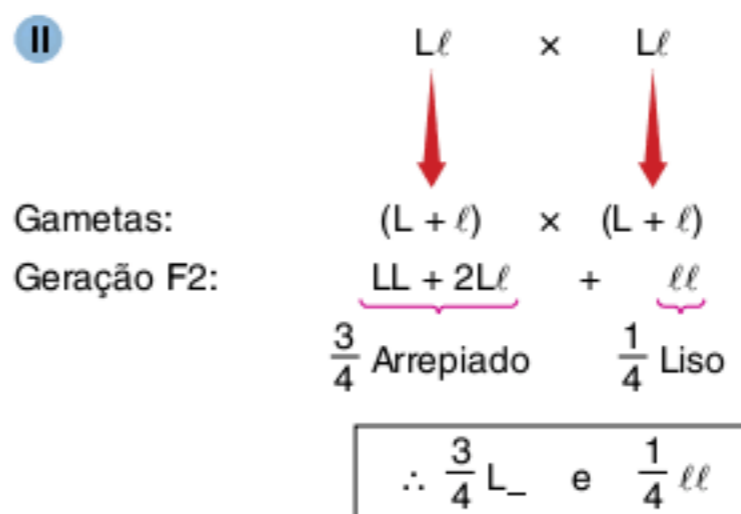
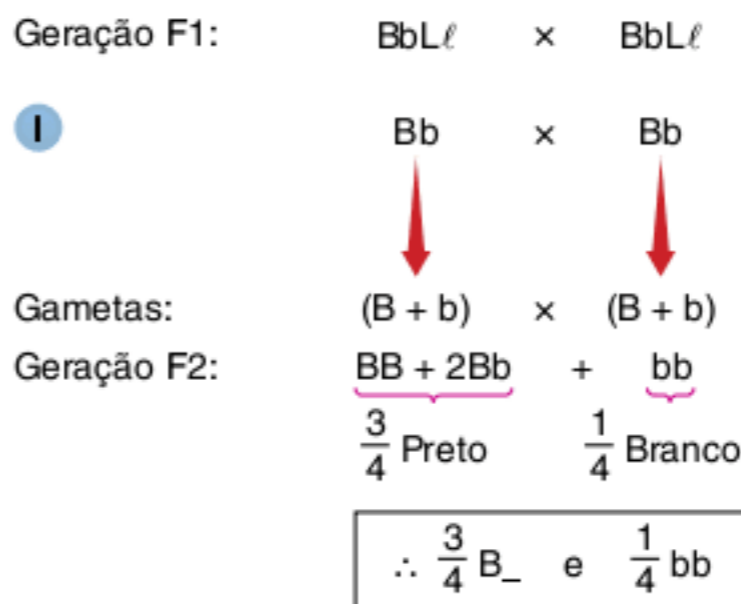


Fig. 4 Segunda etapa de cruzamento mendeliano. O cruzamento entre heterocigotos resulta em uma proporção fenotípica de 9:3:3:1.

A proporção fenotípica de F2 também pode ser obtida por meio do uso de binômios.



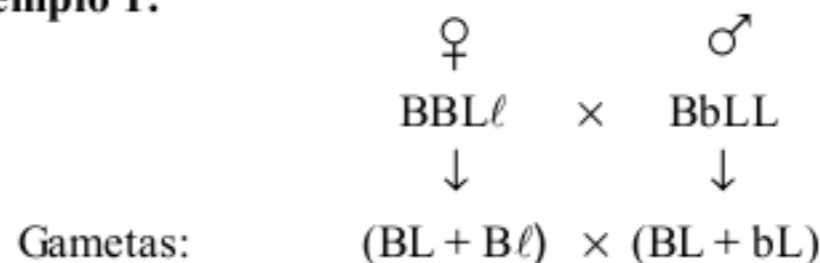
Juntando I com II, temos:

- Preto e arrepiado (B_-L_-)
 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
- Preto e liso ($\text{B}_-\ell\ell$)
 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$
- Branco e arrepiado (bbL_-)
 $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$
- Branco e liso ($\text{bb}\ell\ell$)
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

Outros exemplos de cruzamentos

Além do cruzamento entre heterocigotos, ocorrem outros tipos de cruzamentos, como nos exemplos a seguir.

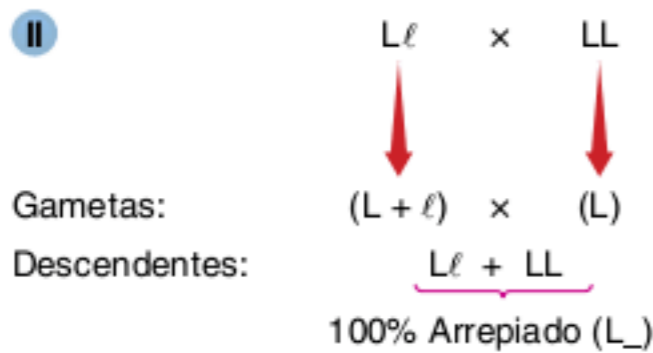
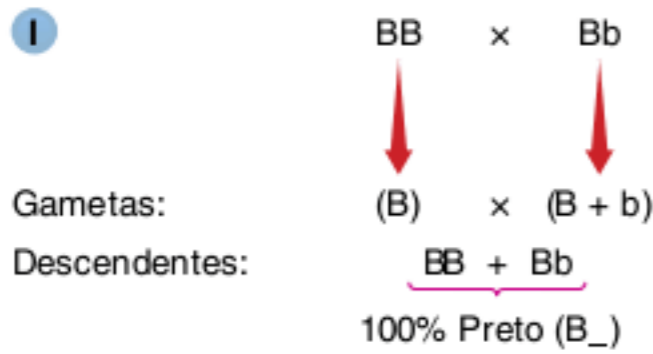
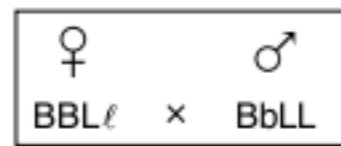
Exemplo 1:



♀ \ ♂	BL	bL
BL	BBLL Preto arrepiado	BbLL Preto arrepiado
Bℓ	BBLℓ Preto arrepiado	BbLℓ Preto arrepiado

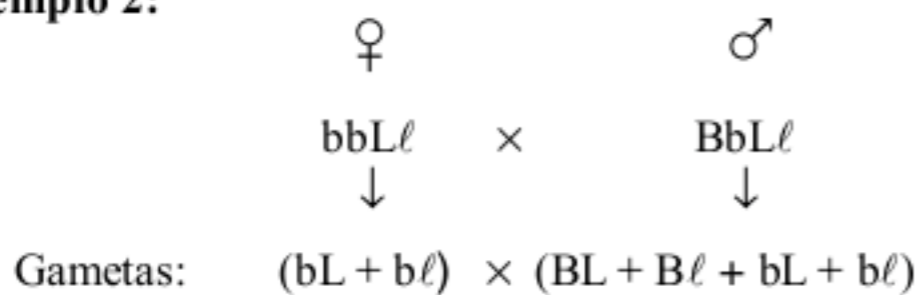
\therefore 100% dos descendentes com pelo preto e arrepiado (B_-L_-).

Esse cruzamento pode ser representado por meio de binômios:



Juntando I e II, temos descendentes B₋L₋ de fenótipo preto e arrepiado (100%).

Exemplo 2:



♀ \ ♂	BL	Bℓ	bL	bℓ
bL	BbLL Preto arrepiado	BbLℓ Preto arrepiado	bbLL Branco arrepiado	bbLℓ Branco arrepiado
bℓ	BbLℓ Preto arrepiado	Bbℓℓ Preto liso	bbLℓ Branco arrepiado	bbℓℓ Branco liso

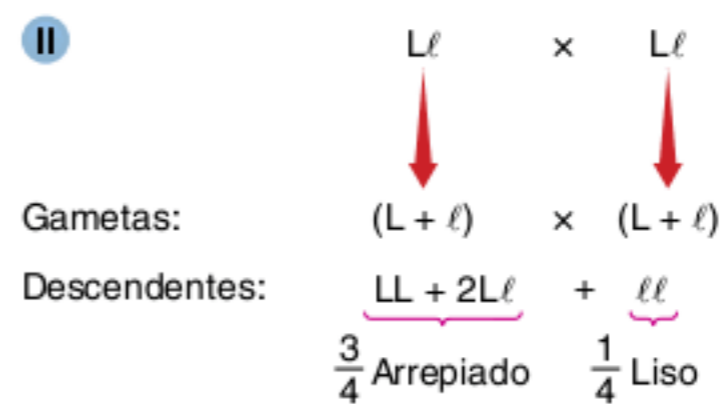
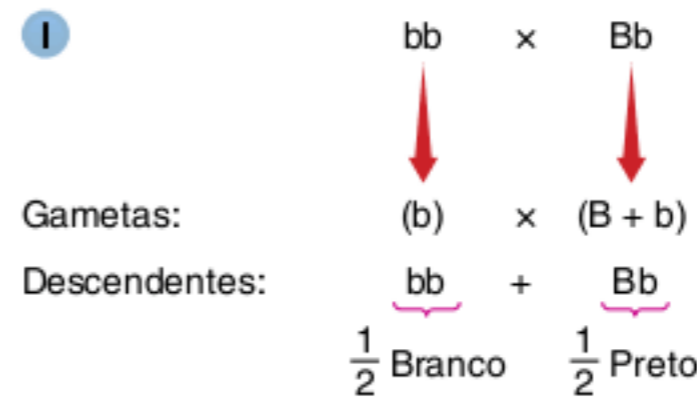
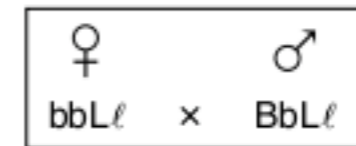
B₋L₋: preto arrepiado $\frac{3}{8}$

B₋ℓℓ: preto liso $\frac{1}{8}$

bbL₋: branco arrepiado $\frac{3}{8}$

bbℓℓ: branco liso $\frac{1}{8}$

Esse cruzamento pode ser representado por meio de binômios:



Juntando I e II, temos descendentes:

- Preto e arrepiado (B₋L₋)
 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$

- Preto e liso (B₋ℓℓ)
 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

- Branco e arrepiado (bbL₋)
 $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{8}$

- Branco e liso (bbℓℓ)
 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

Revisando

1 Qual é o significado da Segunda Lei de Mendel?

2 Como ocorre a formação de gametas, considerando pares de alelos que estão em pares de cromossomos homólogos diferentes?

3 Como podem ser determinados os gametas de di-híbridos?

4 Como pode ser determinado o número de gametas de di-híbridos?

5 Represente o cruzamento mendeliano típico para a obtenção de di-híbridos na geração F1, demonstrando quais são os gametas formados.

6 Represente a formação da geração F2 do cruzamento mendeliano típico para di-híbridos, demonstrando quais são os gametas formados em F1.

7 Que fórmula pode ser utilizada na determinação do número de encontros gaméticos?

Exercícios propostos

1 **UFRGS 2010** 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

2 **Uece 2007** Sabe-se que em porquinhos-da-índia o padrão “pelos lisos” domina sobre o padrão “pelos arrepiados”, enquanto a cor negra domina sobre a cor branca, estando os genes determinantes dessas características situados em pares de cromossomos homólogos diferentes. Cruzando-se porquinhos com padrão liso e de coloração negra, ambos heterozigotos para os dois *loci*, pode-se afirmar, corretamente, que a razão fenotípica de porquinhos arrepiados e brancos é de:

- (a) 9:16
- (b) 3:8
- (c) 3:16
- (d) 1:16

3 **PUC-SP 2007** De acordo com a Segunda Lei de Mendel, o cruzamento AaBbCc × aabbcc terá chance de produzir descendentes com genótipo AaBbCc igual a:

- (a) $\frac{1}{2}$
- (b) $\frac{1}{4}$
- (c) $\frac{1}{8}$
- (d) $\frac{1}{16}$
- (e) $\frac{1}{64}$

4 **Fatec 2005** Em determinada planta, flores vermelhas são condicionadas por um gene dominante e flores brancas por seu alelo recessivo; folhas longas são condicionadas por um gene dominante e folhas curtas por seu alelo recessivo. Esses dois pares de alelos localizam-se em cromossomos diferentes. Do cruzamento entre plantas heterozigóticas, para os dois caracteres, resultaram 320 descendentes. Destes, espera-se que o número de plantas com flores vermelhas e folhas curtas seja:

- (a) 20
- (b) 60
- (c) 160
- (d) 180
- (e) 320

5 UFRGS 2005 Em porcos, a cor dos pelos pode ser branca (P_) ou preta (pp), e o tipo de casco é determinado por alelos que segregam em outro cromossomo, sendo que F_ condiona casco indiviso, e ff casco fendido. Se porcos di-híbridos são cruzados entre si e produzem, entre várias ninhadas, 64 descendentes, quantos desses apresentarão fenótipo diferente dos pais?

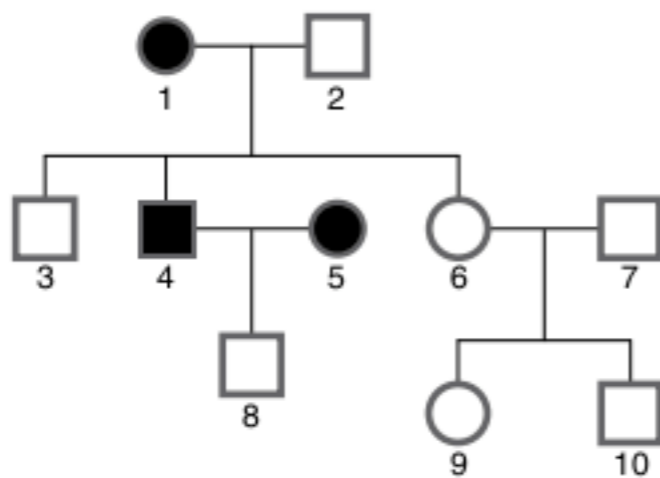
- (a) 4
- (b) 16
- (c) 28
- (d) 36
- (e) 60

6 UFPR A cegueira provocada pela catarata e a extrema fragilidade dos ossos são características que podem aparecer em seres humanos e resultam da ação de dois genes dominantes autossômicos presentes em cromossomos diferentes. Um homem com catarata e ossos normais, cujo pai tem olhos normais, casa-se com uma mulher de olhos livres de catarata, mas com ossos frágeis. O pai da mulher tem ossos normais. Assim, pode-se afirmar que um descendente do casal tem:

- 01 100% de probabilidade de nascer livre de ambas as anomalias.
- 02 50% de probabilidade de vir a sofrer de catarata e ter ossos normais.
- 04 25% de probabilidade de vir a ter olhos normais e ossos frágeis.
- 08 50% de probabilidade de vir a apresentar ambas as anomalias.
- 16 50% de probabilidade de vir a apresentar apenas uma das anomalias.

Soma =

7 Mackenzie No heredograma a seguir, os indivíduos marcados apresentam um tipo de cegueira noturna.



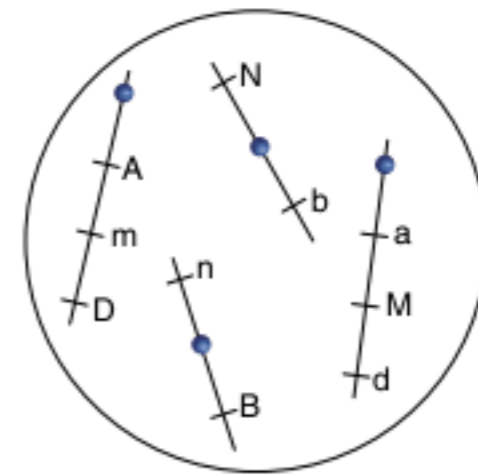
A probabilidade de o casal 4 x 5 ter uma criança de sexo feminino e de visão normal é de:

- (a) $\frac{1}{6}$
- (b) $\frac{1}{4}$
- (c) $\frac{1}{8}$
- (d) $\frac{1}{2}$
- (e) $\frac{1}{3}$

8 UEL Na espécie humana, a miopia e a habilidade para a mão esquerda são caracteres condicionados por genes recessivos, que se segregam de forma independente. Um homem de visão normal e destro, cujo pai tinha miopia e era canhoto, casa-se com uma mulher míope e destra, cuja mãe era canhota. Qual a probabilidade de esse casal ter uma criança com fenótipo igual ao do pai?

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

9 Puccamp O esquema abaixo representa o núcleo de uma célula de um organismo com $2^n = 4$ cromossomos. Os alelos de cinco genes estão indicados por letras.



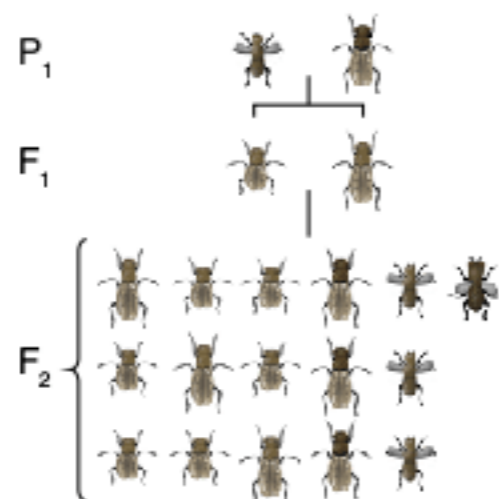
Dos pares de alelos a seguir, aplica-se a Segunda Lei de Mendel somente a:

- (a) Aa e Mm.
- (b) Aa e Dd.
- (c) Aa e Nn.
- (d) Bb e Nn.
- (e) Dd e Mm.

10 Ufal Em tomateiros, a cor do hipocótilo púrpura é condicionada por um alelo dominante, e a cor verde pelo alelo recessivo; a folha recortada é determinada por um alelo dominante, e a lisa pelo alelo recessivo. Esses genes estão localizados em cromossomos que se segregam independentemente. Através do intercruzamento de plantas duplo-heterozigóticas, foram obtidos 480 descendentes. Dentre esses, o número esperado de indivíduos com hipocótilo púrpura e folhas lisas é:

- (a) 30
- (b) 90
- (c) 160
- (d) 240
- (e) 270

11 Unirio A mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*) pode apresentar asas vestigiais ou longas e corpo cinza ou ébano. Cruzando-se um macho de corpo cinza e asas vestigiais com uma fêmea de corpo ébano e asas longas (parentais – P1), obteve-se F1, que deu origem a F2 através da autofecundação, como mostra a figura a seguir.



Após a análise dos resultados dos cruzamentos, foram feitas as seguintes afirmativas.

- I. A probabilidade de ocorrência do mesmo genótipo nos indivíduos de F1 em F2 é de $\frac{4}{16}$.
- II. Os genes para cor do corpo e para tipo de asa estão localizados num mesmo cromossomo.
- III. Em F2, a probabilidade de ocorrência de homozigose dominante é a mesma de homozigose recessiva.
- IV. O gene para corpo ébano só está presente na geração P1 e em parte da F2.
- V. Os genes para cor do corpo e forma das asas segregam-se independentemente durante a formação dos gametas.

As afirmativas corretas são:

- (a) I, II e IV, apenas.
- (b) I, II e V, apenas.
- (c) I, III e V, apenas.
- (d) II, III e IV, apenas.
- (e) III, IV e V, apenas.

12 Um homem albino e de olhos claros casa-se com uma mulher de pele normal e de olhos escuros. Desse casal, nasce uma criança albina e de olhos claros. Qual o genótipo dos pais e da criança?

- (a) aacc, AaCc e aacc.
- (b) Aacc, AACC e Aacc.
- (c) AaCC, AaCc e AaCC.
- (d) aaCC, aacc e aacc.
- (e) aacc, AaCc e AaCc.

13 Unirio As afirmativas a seguir relacionam a genética mendeliana à divisão celular.

- I. As 1ª e 2ª Leis de Mendel abordam o comportamento dos genes na formação dos gametas; logo, estão relacionadas com o comportamento cromossômico na meiose.
- II. Dois pares de genes segregam-se independentemente, se estiverem localizados em cromossomos diferentes.
- III. A Lei da Segregação Independente (2ª Lei) está relacionada às consequências do arranjo, ao acaso, de pares de cromossomos homólogos na placa metafásica, na meiose.

Está(ão) correta(s):

- (a) somente I.
- (b) somente I e II.
- (c) somente I e III.
- (d) somente II e III.
- (e) I, II e III.

14 UEL Numa ave doméstica, o gene C condiciona plumagem branca, e o seu alelo recessivo plumagem colorida; o gene P determina patas com plumas, e o seu alelo recessivo patas sem plumas. Esses pares de genes são autossômicos e segregam-se independentemente. Uma ave branca com patas com plumas, homozigota para os dois pares de genes, foi cruzada com uma colorida com patas sem plumas. Se os descendentes obtidos forem cruzados entre si, espera-se que a proporção de aves homozigotas para os dois pares de genes seja de:

- (a) $\frac{9}{16}$
- (b) $\frac{6}{16}$
- (c) $\frac{4}{16}$
- (d) $\frac{3}{16}$
- (e) $\frac{1}{16}$

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

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

16 Fatec Paula, portadora do aglutinogênio B e Rh negativo, casou-se com João, portador dos aglutinogênios A e B e Rh positivo. Sabendo-se que a mãe de Paula não possui aglutinogênios e que João teve um irmão com doença hemolítica do recém-nascido, conclui-se que a probabilidade de o casal ter um filho Rh positivo e sangue tipo A é:

- (a) $\frac{9}{16}$
- (b) $\frac{3}{16}$
- (c) $\frac{1}{4}$
- (d) $\frac{1}{8}$
- (e) $\frac{1}{2}$

TEXTO COMPLEMENTAR

Mendel e a descoberta da Lei da Segregação Independente

Mendel não conhecia o mecanismo da meiose nem a natureza química do gene (que ele designava com o termo "fator"). No entanto, realizando experimentos com ervilhas, obteve os resultados daquilo que se conhece como Lei da Segregação Independente.

Vamos considerar duas características analisadas por Mendel: **a cor das sementes de ervilha** (verde ou amarela) e seu **aspecto** (rugosa ou lisa). Os alelos e as relações de dominância para esses caracteres são:

	Alelo	Característica	Dominância	
Para a cor	v	Verde	Recessivo	
	V	Amarela	Dominante	
Para o aspecto	r	Rugosa	Recessivo	
	R	Lisa	Dominante	

Características das ervilhas analisadas por Mendel.

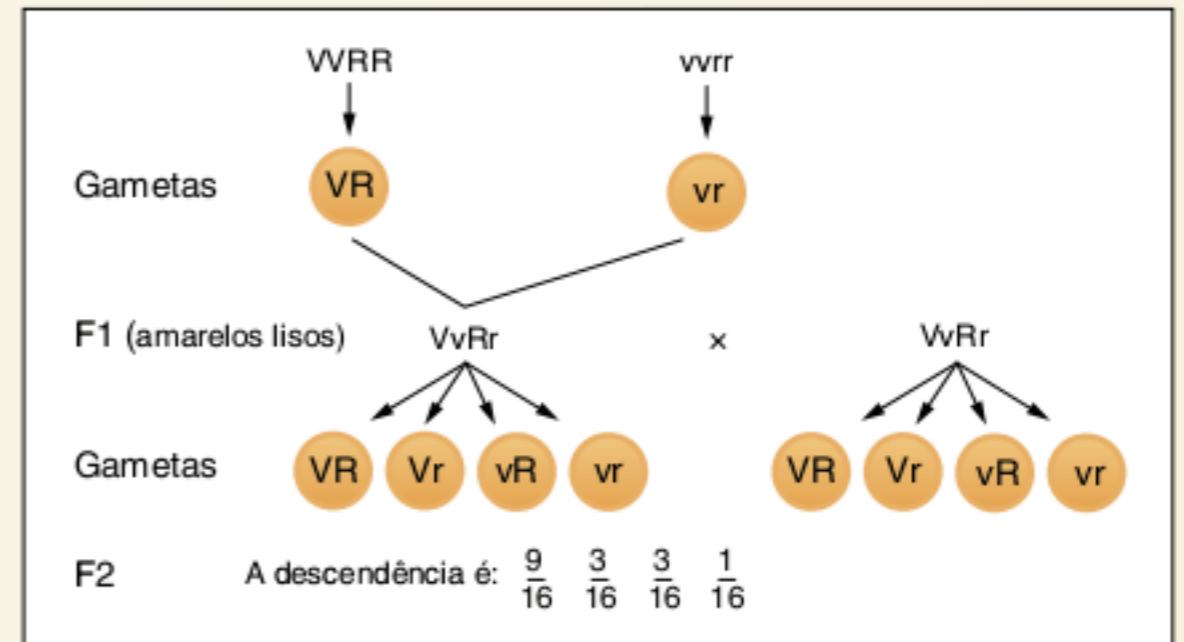
Mendel realizou a seguinte sequência de cruzamentos, utilizando linhagens puras ou homocigotas: A **geração parental (P)** foi constituída por plantas dotadas de **sementes amarelas e lisas**, que foram cruzadas com plantas que apresentavam sementes verdes e rugosas. A **geração F1** obtida era constituída por indivíduos com **sementes amarelas e lisas**. A autofecundação de F1 resultou em F2, em uma proporção fenotípica de:

- $\frac{9}{16}$ de indivíduos com sementes amarelas e lisas;
- $\frac{3}{16}$ de indivíduos com sementes amarelas e rugosas;
- $\frac{3}{16}$ de indivíduos com sementes verdes e lisas;
- $\frac{1}{16}$ de indivíduos com sementes verdes e rugosas.

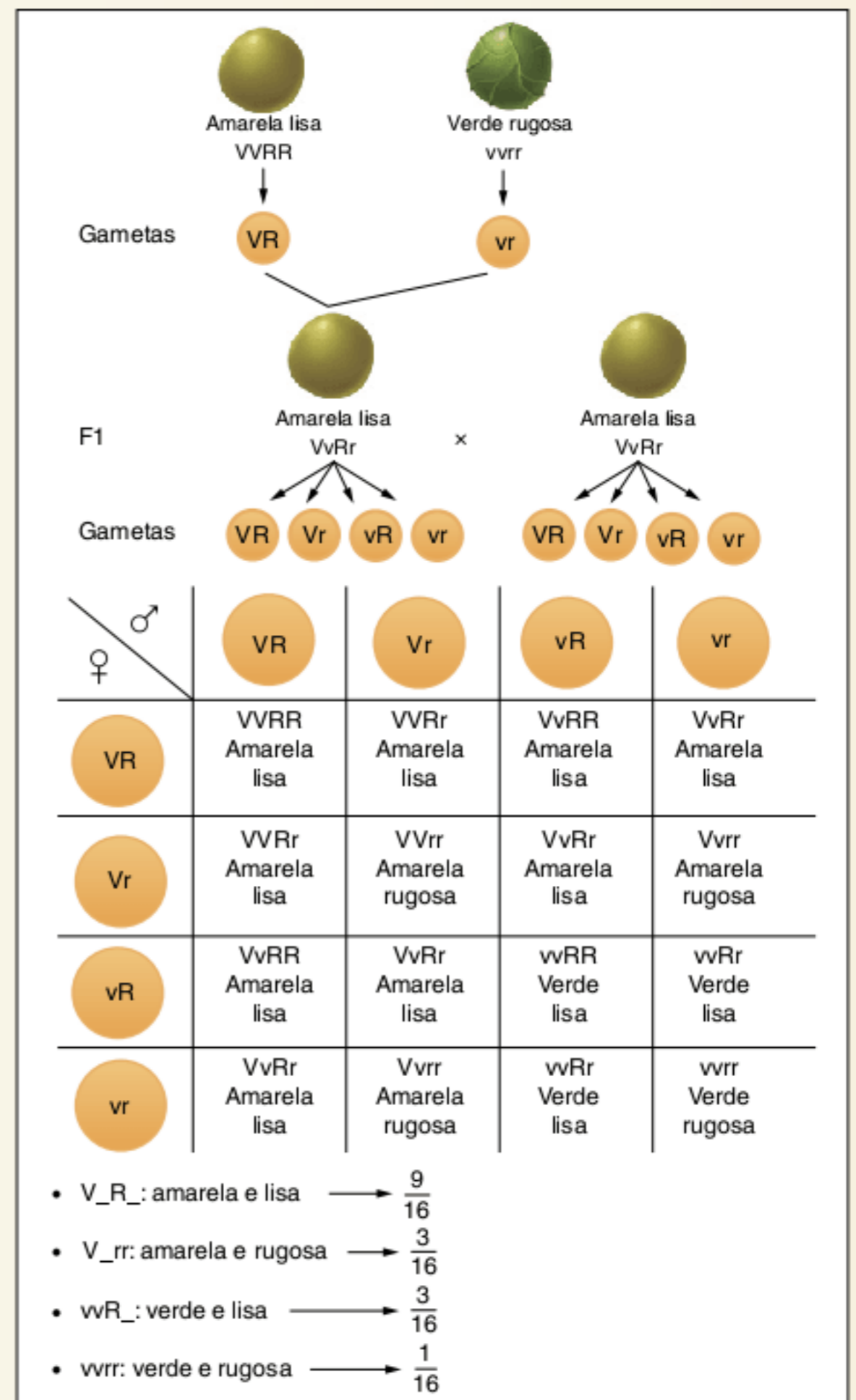
P	Amarela lisa	x	Verde rugosa	
F1	Amarela lisa	x	Amarela lisa	
F2	Amarela lisa	Amarela rugosa	Verde lisa	Verde rugosa
	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$

Cruzamentos realizados por Mendel e os fenótipos observados.

Representando essa sequência de cruzamentos, com os genótipos dos indivíduos, tem-se:



Cruzamentos realizados por Mendel e os genótipos envolvidos.



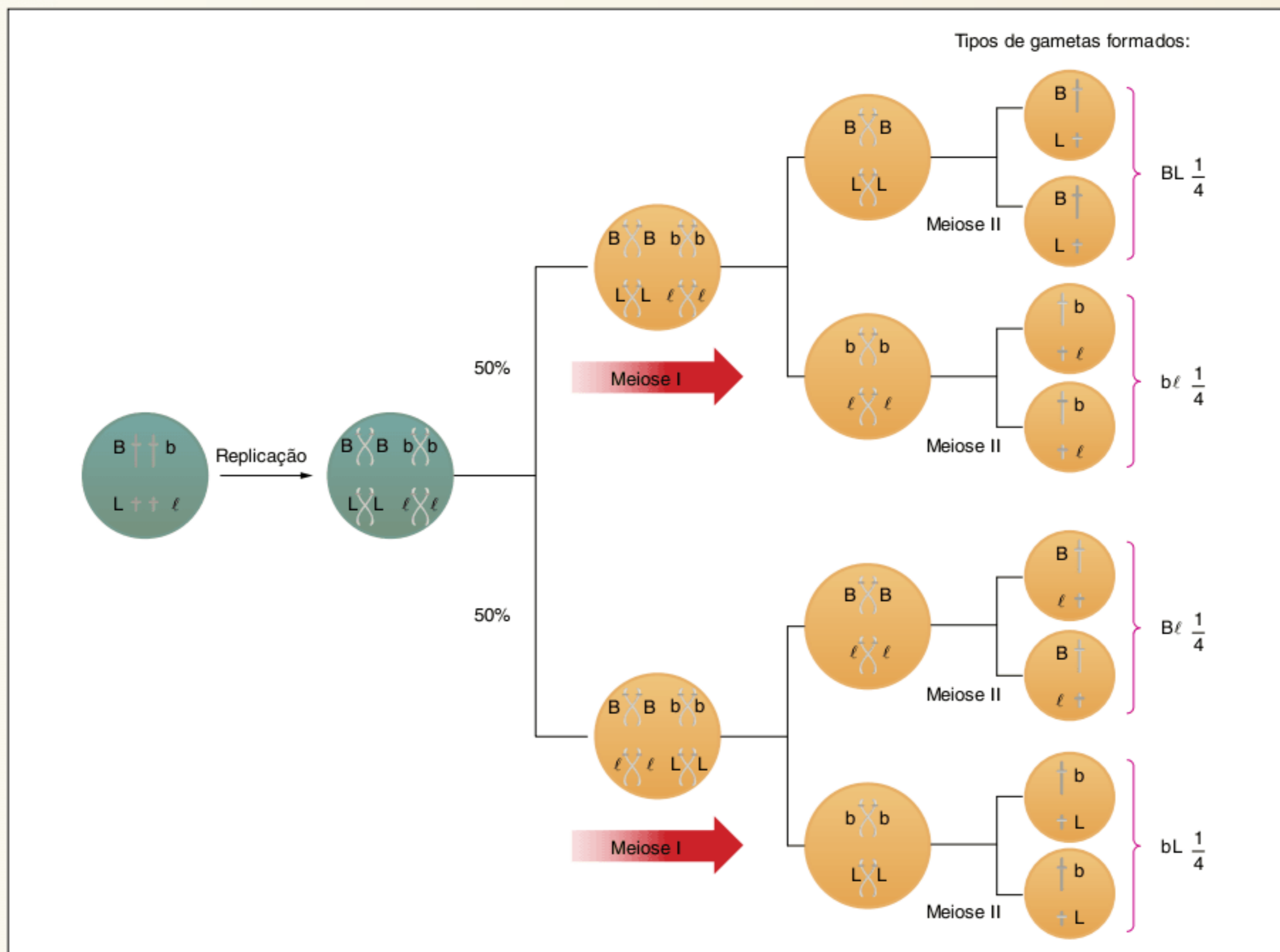
Fenótipos, genótipos e proporção fenotípica nos cruzamentos realizados por Mendel.

Com esses resultados, Mendel confirmou que fatores responsáveis por diferentes caracteres separam-se de modo totalmente independente.

Detalhes sobre a meiose na Lei da Segregação Independente

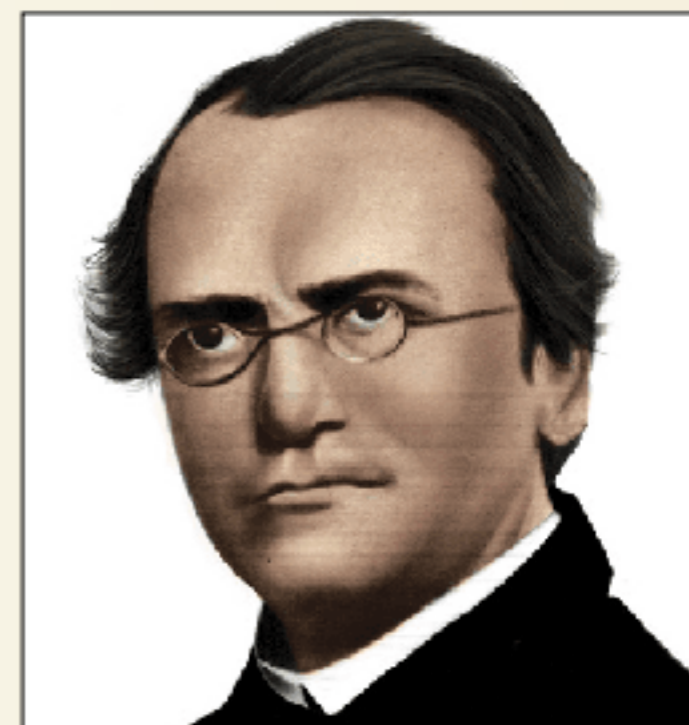
A formação dos gametas de animais ocorre por meiose. Destacam-se três processos importantes: a **replicação do material genético** (na intérfase), a **separação de cromossomos homólogos** (na meiose I) e a **separação das cromátides** (na meiose II); aqui não é discutida a ocorrência de crossing-over.

No caso de cobaias, o indivíduo duplo-heterozigoto $BbLl$ forma quatro tipos de gametas: BL , $B\ell$, bL e $b\ell$. A seguir, são detalhados os passos envolvidos na formação desses tipos de gametas.



Detalhes da meiose e os tipos de gametas formados.

Mendel fez conclusões por meio da observação exclusiva de ervilhas. Apesar de as suas ideias terem sido geradas com experimentos realizados com uma única espécie de planta, todos os princípios levantados nas suas duas leis podem ser aplicados a todos os seres diploides que realizam reprodução sexuada. Mendel contribuiu enormemente com os estudos de hereditariedade e, por isso, é considerado o pai da genética.



Gregor Johann Mendel, o pai da genética.

RESUMINDO

Um indivíduo apresenta simultaneamente caracteres diferentes, sendo possível que tais caracteres sejam determinados por genes situados em diferentes pares de cromossomos homólogos. Esse é um caso de di-hibridismo e se encontra no âmbito da **Segunda Lei de Mendel**, também conhecida como **Lei da Segregação Independente**.

• Formação de gametas

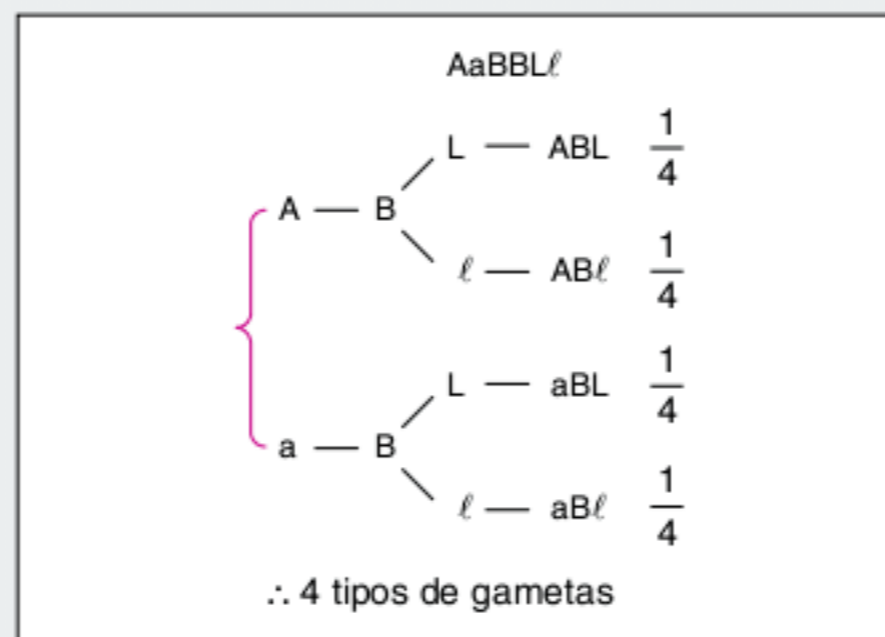
- Pares de alelos, como, por exemplo, (**B e b**) e (**L e l**), podem estar em diferentes pares de cromossomos homólogos. A produção de gametas de um indivíduo duplo-heterozigoto **BbLl** será da seguinte maneira: **BL, Bl, bL e bl**; nas mesmas proporções, isto é, $\frac{1}{4}$ de cada tipo.
- O alelo dominante B pode estar em um gameta com L ou l.
- O alelo recessivo b pode estar em um gameta com L ou l.
- Não há vinculação obrigatória de alelos dominantes (B e L) ou de alelos recessivos (b e l) em um gameta.
- Os genes B e L se separam de modo totalmente independente.

Isso representa o conceito da Segunda Lei de Mendel, válida para pares de alelos que estão em pares de cromossomos homólogos diferentes:

Dois ou mais pares de alelos presentes em um híbrido separam-se independentemente na formação dos gametas.

• Determinação de gametas

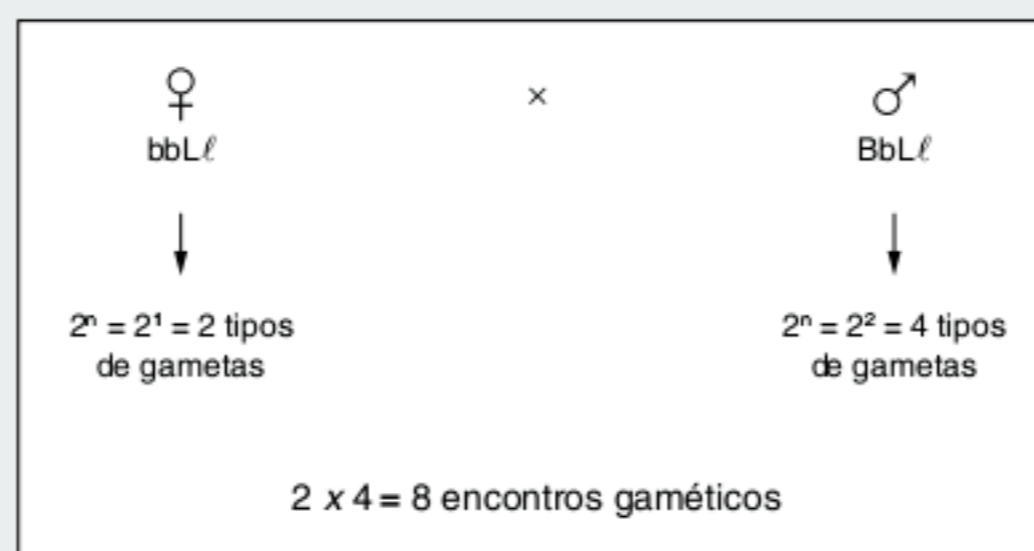
- É possível com o emprego de dicotomias ou de bifurcações, quando o par de alelos da célula parental apresentar heterozigose, como, por exemplo:



- O número de tipos de gametas pode ser obtido pela fórmula 2^n , sendo n o número de heterozigoses.
- Outra fórmula pode ser utilizada na determinação dos gametas:
 - Número de encontros gaméticos (N):

$$N = n^{\circ} \text{ de tipos de gametas masculinos} \times n^{\circ} \text{ de tipos de gametas femininos.}$$

Exemplo:



Cruzamento mendeliano

O cruzamento-teste foi realizado da seguinte maneira:

- Geração parental (P) de cobaias:
 - Fêmea com pelo branco e liso – homozigota recessiva (bbll);
 - Macho com pelo preto e arrepiado – homozigoto dominante (BBLL).

- Geração F1:
 - Todos os descendentes com pelos pretos e arrepiados – heterozigotos (BbLl).
- Geração F2:
 - Descendentes com proporção fenotípica de 9:3:3:1 – típica do di-hibridismo. Também pode ser representada por meio de binômios, obtendo-se o seguinte resultado:
 - $\frac{9}{16}$ pelo preto arrepiado (B_L_).
 - $\frac{3}{16}$ pelo preto liso (B_ll).
 - $\frac{3}{16}$ pelo branco arrepiado (bbL_).
 - $\frac{1}{16}$ pelo branco liso (bbll).

Outros tipos de cruzamentos podem ocorrer além do cruzamento entre heterozigotos:

Exemplo 1:

- Geração parental (P):
 - Fêmea com pelo preto e arrepiado – homozigota dominante para um gene e heterozigota para o outro (BBLl).
 - Macho com pelo preto e arrepiado – heterozigoto para o primeiro gene e homozigoto dominante para o segundo (BbLL).
- Geração F1:
 - Todos os descendentes com pelos pretos e arrepiados (B_L_).

Exemplo 2:

- Geração parental (P):
 - Fêmea com pelo branco e arrepiado – homozigota recessiva para um gene e heterozigota para o outro (bbLl).
 - Macho com pelo preto e arrepiado – heterozigoto para os dois genes (BbLl).
- Geração F1:
 - $\frac{3}{8}$ pretos arrepiados (B_L_).
 - $\frac{1}{8}$ pretos lisos (B_ll).
 - $\frac{3}{8}$ brancos arrepiados (bbL_).
 - $\frac{1}{8}$ branco liso (bbll).

■ QUER SABER MAIS?



SITE

- DNA Home – Time line. Linha do tempo do DNA (da Segunda Lei de Mendel até os dias atuais). <www.dnai.org/timeline>.

Exercícios complementares

- 1 UFRGS** Quando se estuda uma célula meiótica duplo-heterozigota AaBb e se diz que, para esses genes, está ocorrendo segregação independente, é incorreto afirmar que:
- os cromossomos de origem materna e paterna, que contêm esses genes, podem combinar-se livremente.
 - pode ocorrer recombinação entre os genes A e B.
 - os genes A e B, que se situam em diferentes pares de homólogos, distribuem-se ao acaso em diferentes gametas.
 - os genes A e B estão em grupos de ligação separados.
 - os genes A e B não são alelos.

2 UFRJ 2010 As variações na cor e na forma do fruto de uma espécie diploide de planta estão relacionadas às variações nas sequências do DNA em duas regiões específicas, vc e vf. Duas plantas dessa espécie, uma delas apresentando frutos vermelhos e redondos (Planta A), outra apresentando frutos brancos e ovais (Planta B), tiveram essas regiões cromossômicas sequenciadas.

As relações observadas entre o fenótipo da cor e a forma do fruto, e as sequências de pares de nucleotídeos nas regiões vc e vf nessas duas plantas, estão mostradas nos quadros a seguir.

Planta A		
Região cromossômica (fenótipo dos frutos)	Sequência de pares de nucleotídeos	
	Homólogo 1	Homólogo 2
vc (vermelhos)	...GAA... ...CTT...	...GAA... ...CTT...
vf (redondos)	...AGC... ...TCG...	...AGC... ...TCG...

Planta B		
Região cromossômica (fenótipo dos frutos)	Sequência de pares de nucleotídeos	
	Homólogo 1	Homólogo 2
vc (brancos)	...TAA... ...ATT...	...TAA... ...ATT...
vf (ovais)	...AGA... ...TCT...	...AGA... ...TCT...

Identifique as sequências de pares de nucleotídeos das regiões cromossômicas vc e vf de uma terceira planta resultante do cruzamento entre a Planta A e a Planta B. Justifique sua resposta.

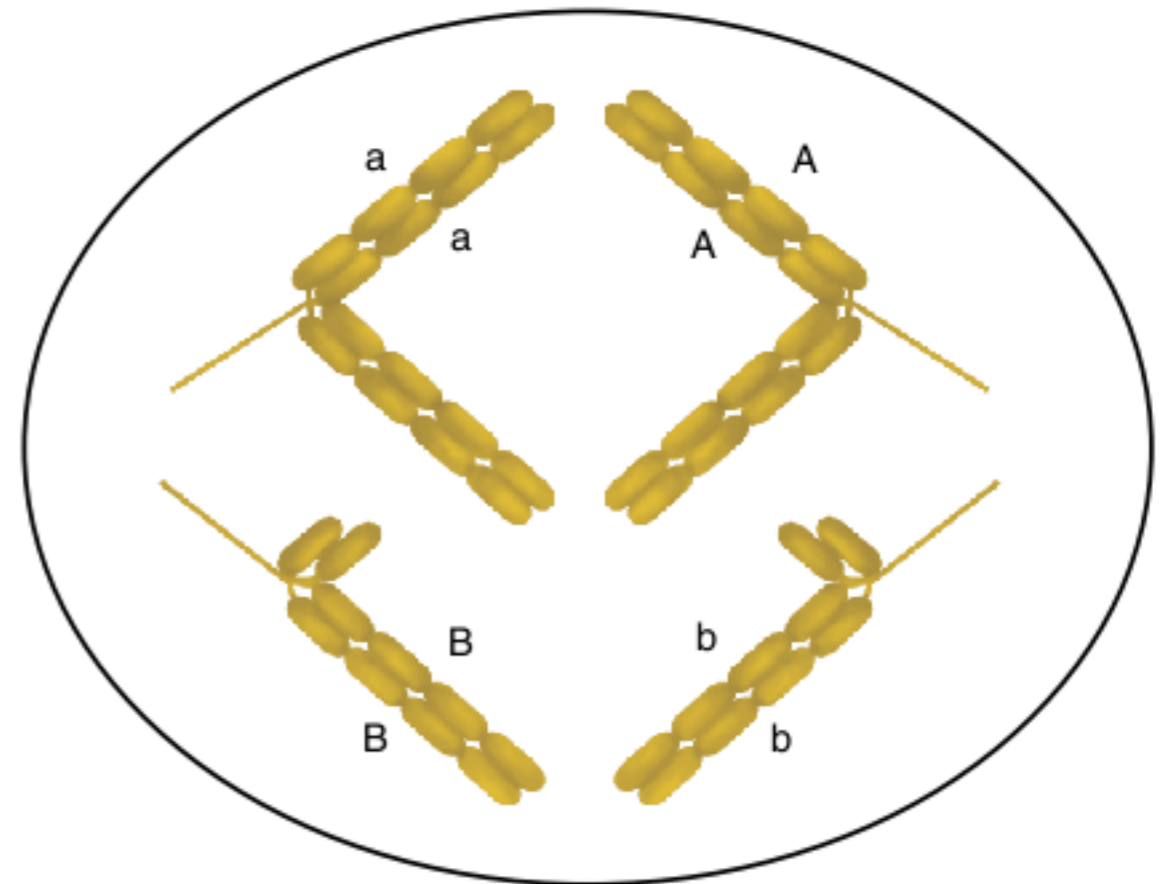
3 UFU 2007 Na espécie humana, assim como em todas as outras espécies de seres vivos, existem vários fenótipos dos quais as heranças provêm de um par de alelos com relação de dominância completa. Dentre esses fenótipos, podem ser citados:

- 1) sensibilidade gustativa para feniltiocarbamida (PTC) é dominante sobre a não sensibilidade;
- 2) a forma do lobo da orelha, lobo solto é dominante sobre lobo aderente;
- 3) a capacidade de dobrar a língua é dominante sobre a incapacidade de fazê-lo.

Um casal, cujo marido tem lobo da orelha aderente, é heterozigoto para a sensibilidade ao PTC e não é capaz de dobrar a língua. A esposa tem heterozigose para a forma do lobo da orelha, para a sensibilidade ao PTC e para a capacidade de dobrar a língua.

Com base nesses conhecimentos, qual é a probabilidade de esse casal ter uma criança masculina, com lobo da orelha aderente, não sensível ao PTC e não ser capaz de dobrar a língua?

4 UFSCar A figura mostra a segregação de dois pares de cromossomos homólogos na anáfase da primeira divisão meiótica de uma célula testicular de um animal heterozigótico quanto a dois genes. As localizações dos alelos desses genes, identificados pelas letras Aa e Bb, estão indicadas nos cromossomos representados no desenho.



- a) Ao final da segunda divisão meiótica dessa célula, quais serão os genótipos das quatro células haploides geradas?
- b) Considerando o conjunto total de espermatozoides produzidos por esse animal, quais serão seus genótipos e em que proporção espera-se que eles sejam produzidos?

5 UEPG 2011 De acordo com a Segunda Lei de Mendel, assinale o que for correto, no que se refere ao cálculo referente aos tipos de gametas formados por um indivíduo.

- 01 Considerando-se um indivíduo AaBbcc, pode-se esperar que sejam produzidos cinco tipos de gametas diferentes.
- 02 Considerando-se um indivíduo AabbCc, formam-se quatro tipos de gametas em iguais proporções: $\frac{1}{4}$ AbC, $\frac{1}{4}$ Abc, $\frac{1}{4}$ abC e $\frac{1}{4}$ abc.
- 04 Quando se deseja saber apenas o número de tipos diferentes de gametas, pode-se utilizar a seguinte fórmula: 2^n , onde n = número de pares de alelos em heterozigose.
- 08 Considerando-se um indivíduo AaBbCc, pode-se esperar que sejam produzidos oito tipos de gametas diferentes.
- 16 Considerando-se um indivíduo AaBb, como esses pares de alelos segregam-se independentemente, um gameta tem de ter o alelo A, e o outro o alelo a; tendo o alelo A, o outro alelo que pode ocorrer nesse gameta é o B ou o b. No indivíduo são formados, então, quatro tipos de gametas em iguais proporções: $\frac{1}{4}$ AB, $\frac{1}{4}$ Ab, $\frac{1}{4}$ aB e $\frac{1}{4}$ ab.

Soma =

6 Unicamp Considere duas linhagens homozigotas de plantas, uma com caule longo e frutos ovais e outra com caule curto e frutos redondos. Os genes para comprimento do caule e forma do fruto segregam-se independentemente. O alelo que determina caule longo é dominante, assim como o alelo para fruto redondo.

- De que forma podem ser obtidas plantas com caule curto e frutos ovais a partir das linhagens originais? Explique indicando o(s) cruzamento(s). Utilize as letras A e a para comprimento do caule, e B e b para forma dos frutos.
- Em que proporção essas plantas de caule curto e frutos ovais serão obtidas?

7 UFC Observe a tabela a seguir, que mostra parte dos resultados dos experimentos de Mendel, realizados com ervilhas.

Caráter	Geração P (cruzamento entre duas plantas puras)	Geração F ₁	Números obtidos na geração F ₂ (originada da autofecundação de F ₁)	Proporções reais obtidas em F ₂
Forma da semente	Lisa × Rugosa	Todas lisas	5.474 lisas: 1.850 rugosas	2,96 lisas: 1 rugosa
Cor da semente	Amarela × Verde	Todas amarelas	6.022 amarelas: 2.001 verdes	3,01 amarelas: 1 verde

De acordo com a tabela, responda:

- Por que na geração F₁ não foram encontradas sementes rugosas ou verdes?
- O que são os fatores hereditários referidos por Mendel e onde estão situados?
- Faça um diagrama de cruzamento para exemplificar as proporções fenotípicas encontradas na geração F₂, utilizando qualquer uma das características apresentadas na tabela.

8 Mackenzie Em ervilhas, os genes que determinam sementes lisas e amarelas são dominantes em relação aos genes que determinam sementes rugosas e verdes. Considerando uma planta de sementes lisas e amarelas, di-híbrida, assinale a alternativa que apresenta a porcentagem de gametas produzidos por essa planta com pelo menos um gene dominante.

- Zero.
- 75%
- 50%
- 12,5%
- 25%

9 PUC-PR Assinale a alternativa que indica os genótipos dos pais que têm ou poderão ter filhos nas seguintes proporções, ou percentuais:

- 25% de filhos canhotos, podendo ter olhos castanhos ou azuis.
- 75% de filhos destros, podendo ter olhos castanhos ou azuis.

- 25% de filhos com olhos azuis, podendo ser destros ou canhotos.
- 75% de filhos com olhos castanhos, podendo ser destros ou canhotos.

Dados: gen para olhos castanhos – C
gen para olhos azuis – c
gen para mão destra – D
gen para mão canhota – d

- CCDD e CCDD.
- ccdd e ccdd.
- CCdd e ccDD.
- CcDd e CcDd.
- CcDd e ccdd.

10 UFRGS A cor preta da pelagem dos cães da raça *Cocker Spaniel* é governada por um alelo dominante V, e a cor vermelha pelo seu recessivo v. O padrão uniforme é governado pelo alelo dominante, que segrega independentemente no locus M, e o padrão malhado por seu alelo recessivo m. Um macho preto foi cruzado com fêmeas genotipicamente iguais entre si e fenotipicamente iguais a ele. Entre as várias ninhadas, foram vendidos apenas os filhotes malhados de vermelho, que eram em número de cinco. Quantos filhotes do total nascido das várias ninhadas espera-se que sejam fenotipicamente idênticos ao pai, quanto às características consideradas?

- 9
- 16
- 30
- 45
- 80

11 UnB Em uma determinada espécie animal, foram analisadas duas características com segregação independente e herança codominante: cor e textura do pelo. Para a cor do pelo, os homozigotos podem ser vermelhos ou brancos. Para a textura, os homozigotos têm pelo liso ou crespo. Calcule a porcentagem esperada de descendentes fêmeas, com pelo vermelho crespo, oriundas do cruzamento de dois animais duplamente heterozigotos. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

12 Fuvest Em cobaias, a cor preta é condicionada pelo alelo dominante D e a cor marrom pelo alelo recessivo d. Em um outro cromossomo, localiza-se o gene responsável pelo padrão da coloração: o alelo dominante M determina padrão uniforme (uma única cor) e o alelo recessivo m o padrão malhado (preto/branco ou marrom/branco). O cruzamento de um macho de cor preta uniforme com uma fêmea de cor marrom uniforme produz uma ninhada de oito filhotes: 3 de cor preta uniforme, 3 de cor marrom uniforme, 1 preto e branco e 1 marrom e branco.

- Quais os genótipos dos pais?
- Se o filho preto e branco for cruzado com uma fêmea cujo genótipo é igual ao da mãe dele, qual a proporção esperada de descendentes iguais a ele?

Interações gênicas

17

FRENTE 1

REPRODUÇÃO



A cor das penas dos periquitos-australianos resulta da interação de quatro genes.

Introdução

A Segunda Lei de Mendel refere-se à análise simultânea de duas ou mais características condicionadas por pares de alelos que estão situados em pares de cromossomos homólogos diferentes. No capítulo anterior, analisamos características de pelos de cobaias com os pares de alelos para cor (**B** e **b**), e outro par de alelos para o aspecto do pelo (**L** e **l**). Um duplo-heterozigoto (**BbLl**) gera quatro tipos de gametas nas mesmas proporções: **BL** ($\frac{1}{4}$), **Bl** ($\frac{1}{4}$), **bL** ($\frac{1}{4}$) e **bl** ($\frac{1}{4}$). Isso caracteriza a segregação independente dos genes “B” e “L”.

Neste capítulo, também trataremos de pares de alelos situados em pares de cromossomos homólogos diferentes; na formação dos gametas, também ocorrerá a segregação independente de diferentes genes.

A grande diferença em relação à Segunda Lei de Mendel é que, no caso das interações gênicas, vários genes interagem entre si para influenciar uma única característica.

Quando consideramos um duplo-heterozigoto **AaBb**, conforme a Segunda Lei de Mendel, os alelos **A** e **a** determinam uma característica I, enquanto os alelos **B** e **b** condicionam uma característica II. Agora, tratando-se de casos particulares da Segunda Lei de Mendel, **A** e **B** determinam uma mesma característica (Fig. 1)

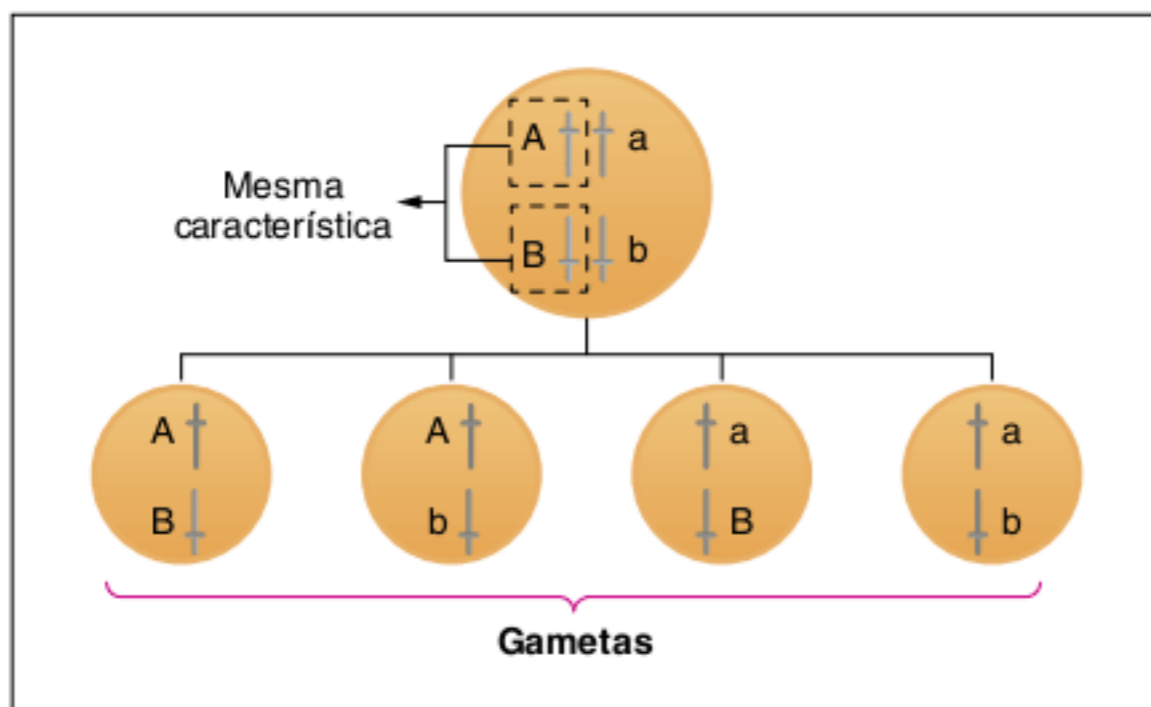


Fig. 1 Na interação gênica simples, os genes presentes em diferentes pares de cromossomos homólogos segregam-se independentemente.

Com essa perspectiva, analisaremos os seguintes tipos de herança:

- Interação gênica simples.
- Epistasia.
- Herança quantitativa.

Interação gênica simples

Esse tipo de herança tem, tipicamente, **dois pares de alelos condicionando uma mesma característica**; cada par de alelos situa-se em um par de cromossomos homólogos. É o caso da característica cor das penas em periquitos-australianos, determinada por dois pares de genes “A” e “B”. No caso de “A”, há duas formas alélicas: **A** (condiciona **azul**) e **a** (determina **branco**); para “B”, há dois alelos: **B** (para **amarelo**) e **b** (para **branco**). Nos genes apresentados, os alelos dominantes são A e B.

A tabela a seguir representa os **fenótipos** e **genótipos** possíveis para essa herança.

Fenótipos	Genótipos	Genótipos genéricos
Azul	AAbb, Aabb	A_bb
Amarelo	aaBB, aaBb	aaB_
Verde	AABB, AABb, AaBB, AaBb	A_B_
Branco	aabb	aabb

Tab. 1 Coloração de periquitos-australianos.

Como seria a descendência de um casal duplo-heterozigoto (**AaBb**)? Não há necessidade de fazer a representação passo a passo, empregando uma tabela ou utilizando binômios. No capítulo anterior, vimos que o cruzamento entre duplos-heterozigotos gera uma descendência com a proporção fenotípica esperada de 9:3:3:1 (Fig. 2).

♀ AaBb (verde)	×	♂ AaBb (verde)		
Descendência esperada	$\frac{9}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{16}$
	verde	azul	amarelo	branco

Fig. 2 Descendência esperada do cruzamento entre periquitos duplos-heterozigotos.

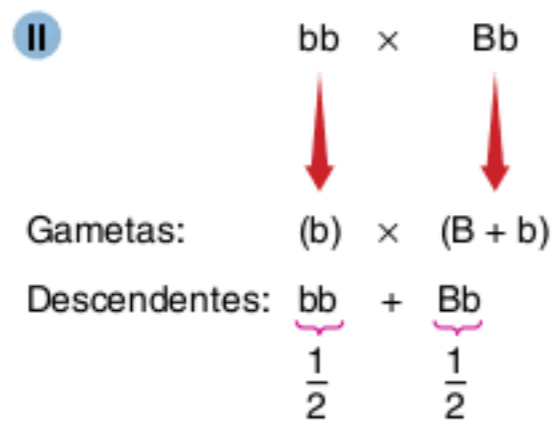
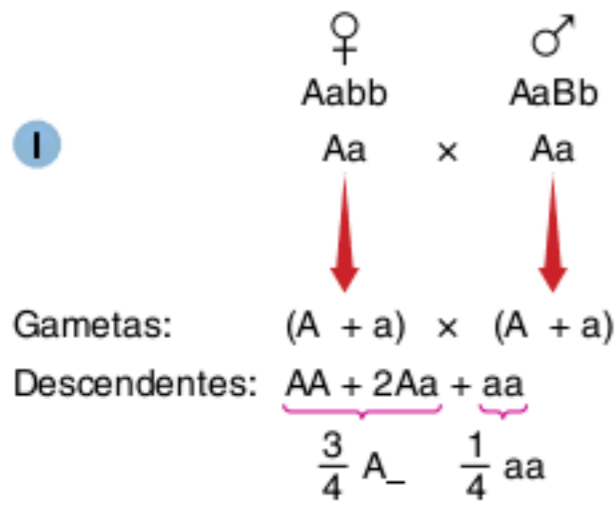
Outros tipos de cruzamento podem ser resolvidos de maneira similar à de um problema de Segunda Lei de Mendel. Considere o exemplo a seguir.



Os descendentes possíveis são:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
Ab	AABb Verde	AAbb Azul	AaBb Verde	Aabb Azul
ab	AaBb Verde	Aabb Azul	aaBb Amarelo	aabb Branco

A proporção esperada de descendentes é de $\frac{3}{8}$ verdes, $\frac{3}{8}$ azuis, $\frac{1}{8}$ amarelo e $\frac{1}{8}$ branco. O cruzamento poderia ser representado por meio de binômios:



Juntando I com II, temos:

A_Bb : Verde $\rightarrow \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$

A_bb : Azul $\rightarrow \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$

$aaBb$: Amarelo $\rightarrow \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

$aabb$: Branco $\rightarrow \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$

Epistasia

Epistasia é a condição em que um **gene exerce efeito inibidor sobre outro gene**.

Como exemplo, pode ser citado o par de alelos **A** e **a**, responsável pela determinação de uma característica. O par de alelos **I** e **i** pode ter efeito inibidor sobre A e a. Há casos em que o alelo inibidor é dominante (**I**), isso caracteriza a herança como **epistasia dominante**; se o inibidor for o alelo recessivo (**i**), trata-se de **epistasia recessiva** (Fig. 3). Os alelos **A** e **a** são denominados **hipostáticos** em relação a **I** ou a **i** (**epistáticos**).

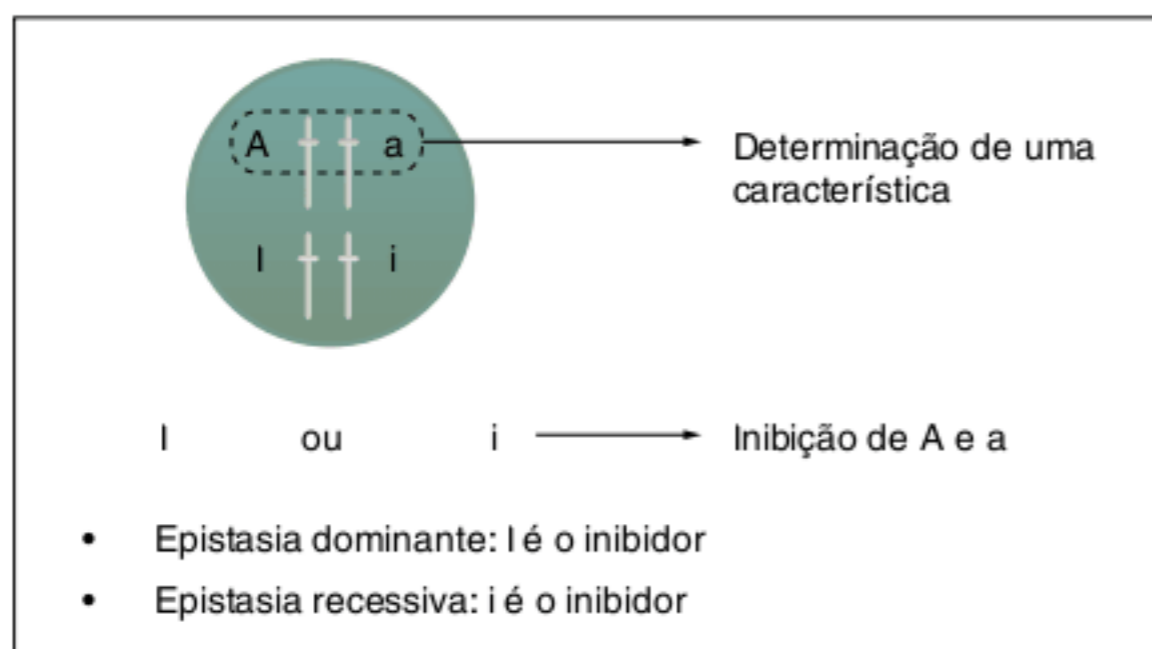


Fig. 3 Tipos de epistasia. Na epistasia dominante, o alelo I inibe os genes A e a; na epistasia recessiva, o alelo i é responsável por essa inibição.

Epistasia dominante

Um exemplo desse tipo de herança ocorre com o caractere **pelo de cães**. O alelo **I** inibe a expressão de cor e acaba determinando que o animal tenha **pelo branco**; o alelo **i** permite a manifestação de cor e isso depende do outro par de alelos: **A** (**pelo preto**) e **a** (**pelo marrom**). Assim são possíveis os seguintes fenótipos.

- Cor de pelos em cães
 - I – inibe cor
 - i – permite cor
 - A – pelo preto
 - a – pelo marrom

Fenótipos	Genótipos	Genótipos genéricos
Pelo branco	I ₁ AA, I ₁ Aa, I ₂ AA, I ₂ Aa, I ₁ aa, I ₂ aa	I ₁ A ₁ _, I ₁ a ₁ a
Pelo preto	i ₁ AA, i ₁ Aa	i ₁ A ₁ _
Pelo marrom	i ₁ aa	i ₁ a ₁ a

Tab. 2 Epistasia dominante na pelagem canina.

O cruzamento entre duplos-heterozigotos (**IiAa**) terá uma descendência, com modificação na proporção esperada de 9:3:3:1, sendo a proporção observada de **12:3:1** (Fig. 4).

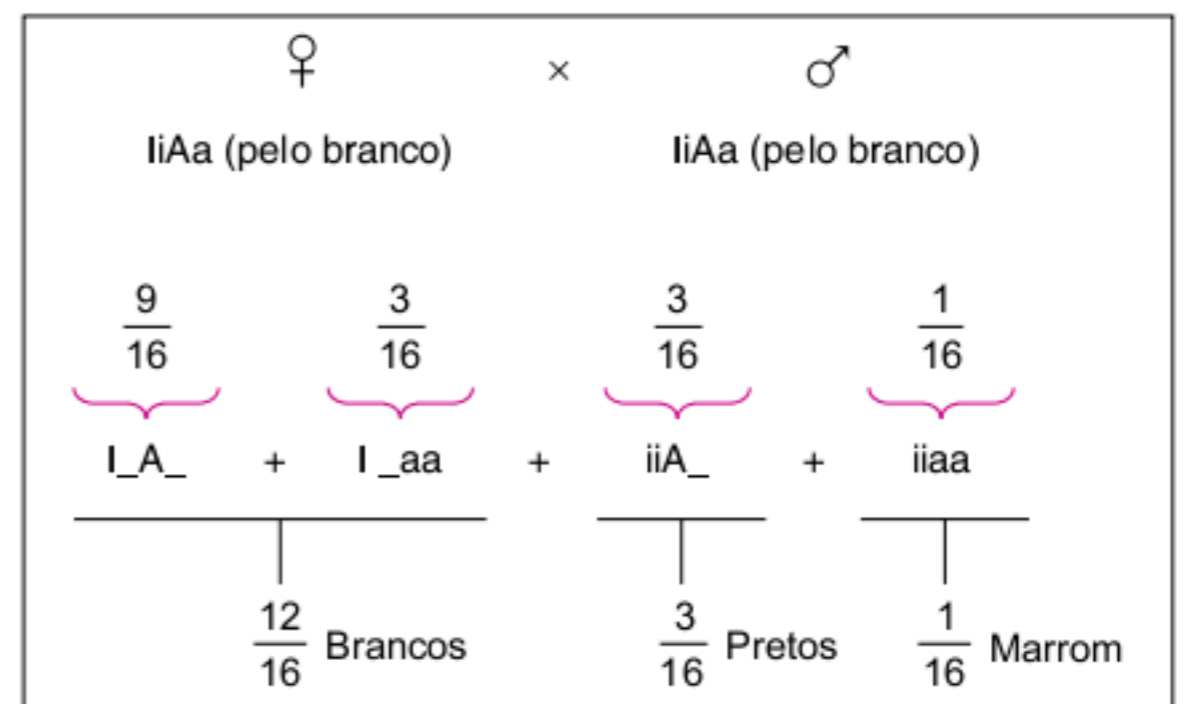


Fig. 4 Descendência esperada do cruzamento entre cães duplos-heterozigotos.

Epistasia recessiva

Esse tipo de herança ocorre com **pelo de ratos**. O alelo **i** inibe cor, desde que esteja em **homozigose (ii)**; com isso, o animal tem **pelo branco**. O alelo **I** permite a manifestação de cor, que depende do outro par de alelos: **A** (**pelo marrom**) e **a** (**pelo preto**). Os fenótipos possíveis são:

- Cor de pelos em ratos
 - I – permite cor
 - i – inibe cor
 - A – pelo marrom
 - a – pelo preto

Fenótipos	Genótipos	Genótipos genéricos
Pelo marrom	I ₁ AA, I ₁ Aa, I ₂ AA, I ₂ Aa	I ₁ A ₁ _
Pelo preto	I ₁ aa, I ₂ aa	I ₁ a ₁ a
Pelo branco	i ₁ AA, i ₁ Aa, i ₁ aa	i ₁ A ₁ _, i ₁ a ₁ a

Tab. 3 Epistasia recessiva na pelagem de ratos.

O cruzamento entre duplos-heterozigotos terá uma proporção de fenótipos atípica (Fig. 5).

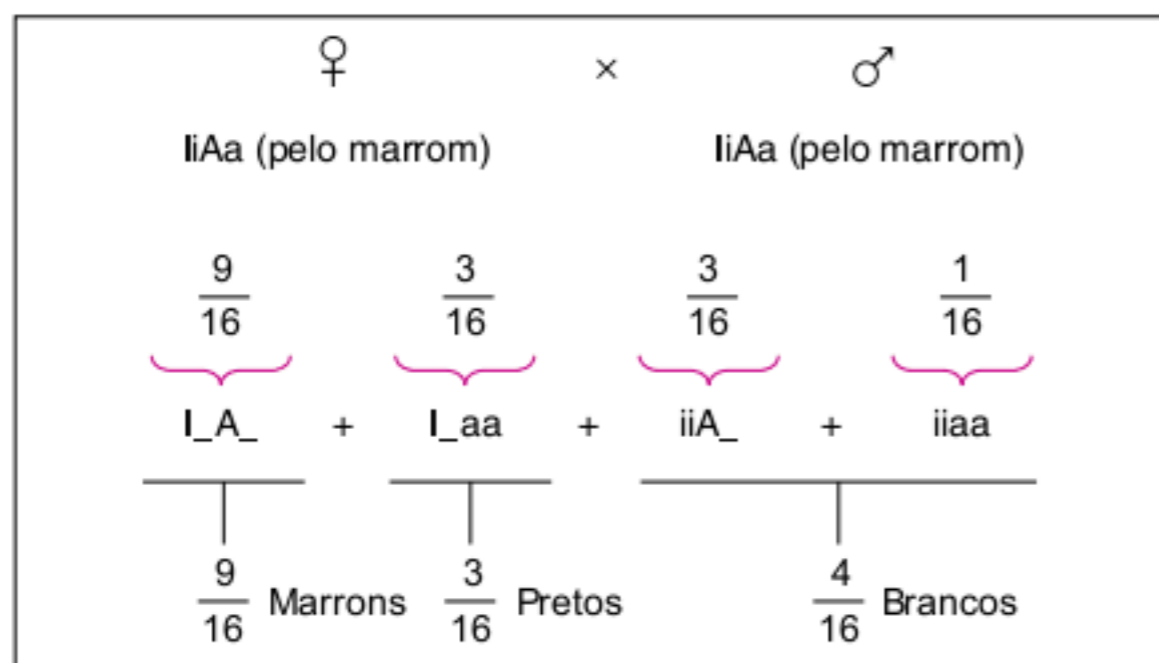


Fig. 5 Descendência esperada do cruzamento entre ratos duplos-heterozigotos.

Portanto, a proporção esperada é de 9:3:4.

Herança quantitativa (ou poligênica)

A herança quantitativa envolve vários genes que resultam em um efeito cumulativo, cada um contribuindo para a expressão de uma característica.

Cobaias podem ter pelo branco ou pelo preto. No cruzamento entre heterozigotos, a proporção fenotípica esperada é de 3:1, ou seja, que o número de descendentes com pelo preto seja o triplo do número de indivíduos com pelo branco (Fig. 6).

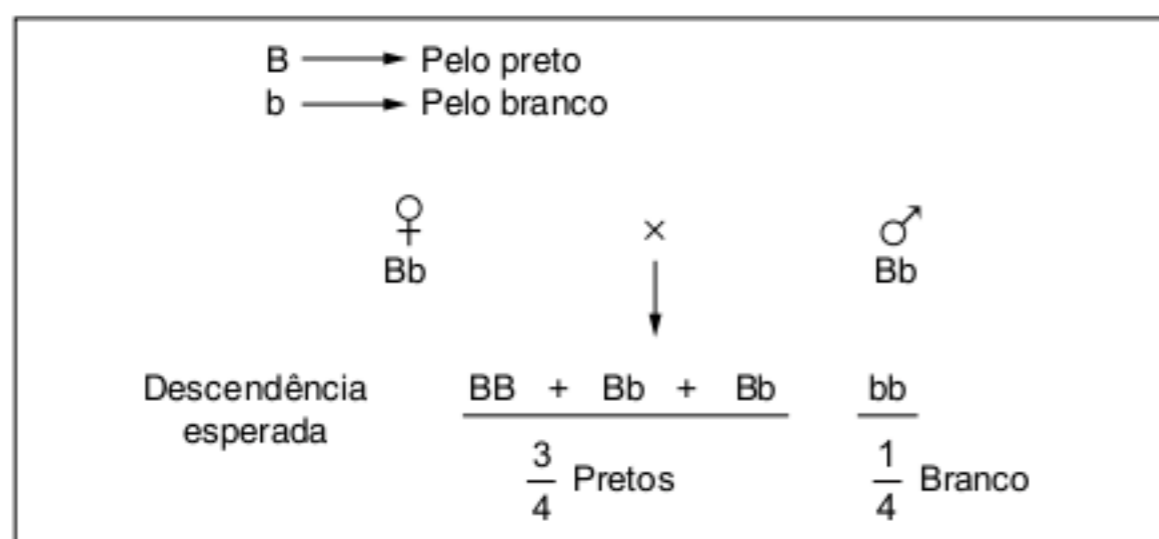


Fig. 6 Herança quantitativa na pelagem de ratos.

Esses valores podem ser representados em um gráfico (Fig. 7).

Esse tipo de herança apresenta fenótipos distribuídos em dois grupos bem distintos (branco e preto) em uma população; considera-se que essa herança tem **distribuição descontínua**.

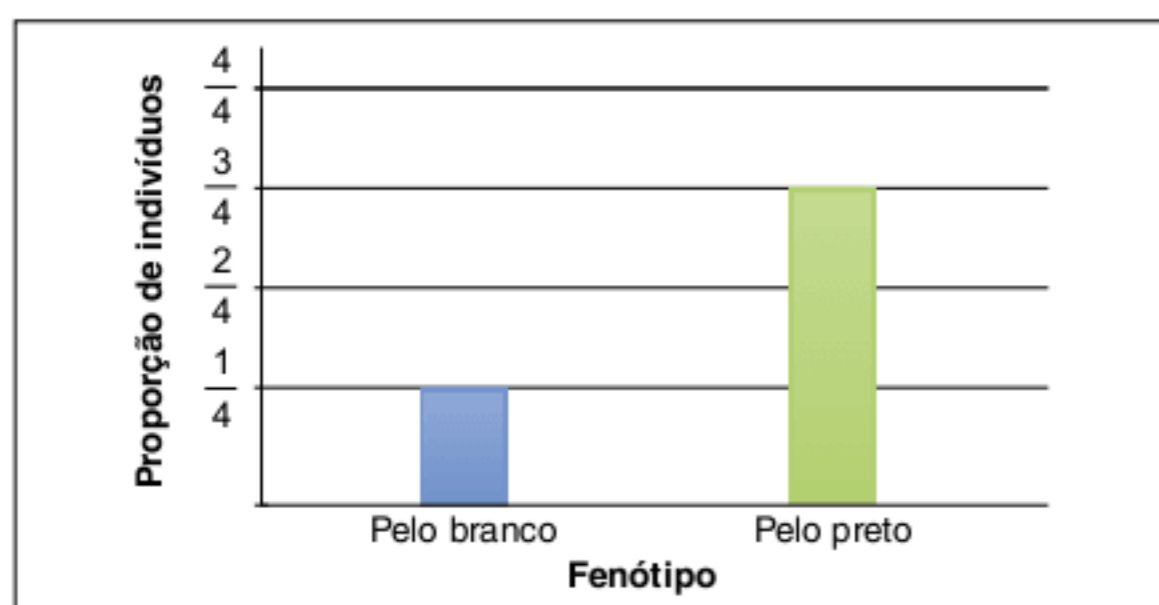


Fig. 7 Herança quantitativa descontínua. No cruzamento de cobaias heterozigotas para cor da pelagem há apenas duas categorias fenotípicas entre os descendentes: pelo preto e pelo branco.

No entanto, há casos em que os fenótipos não estão separados em apenas duas categorias. É o caso da **altura na espécie humana**, que apresenta grande variação, desde indivíduos de baixa estatura até os muito altos; é o que se denomina como **variação contínua** (Fig. 8).

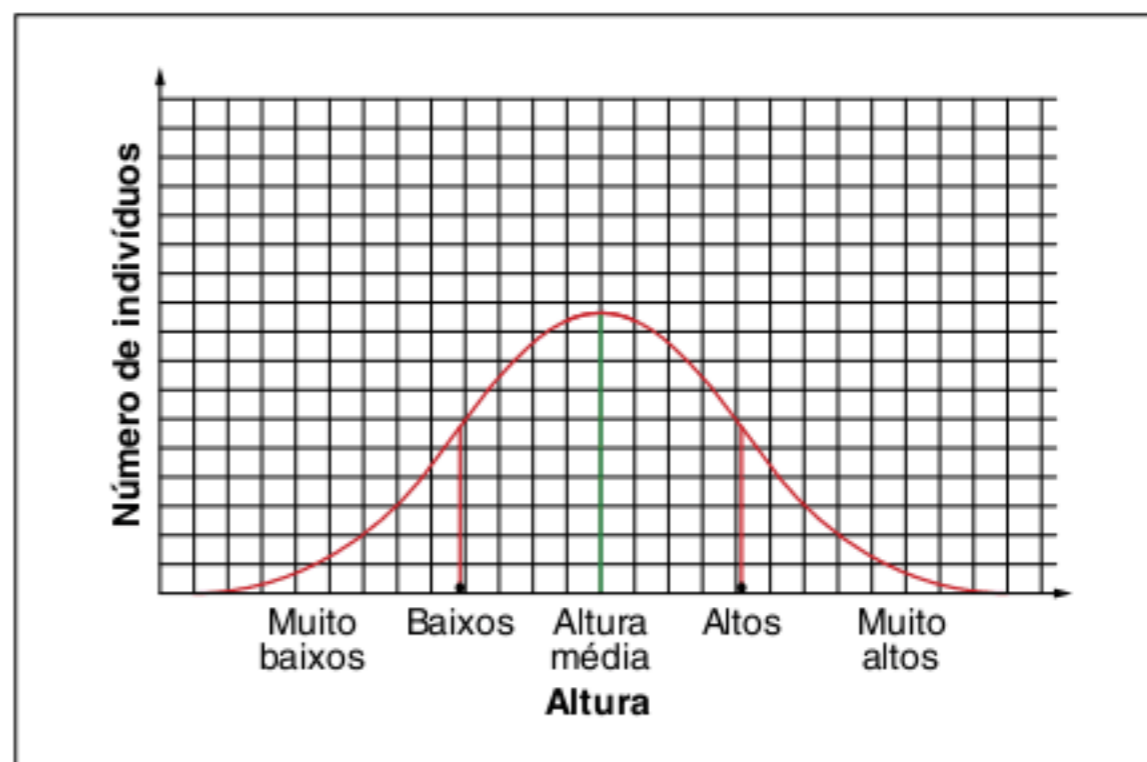


Fig. 8 Herança quantitativa contínua. Em seres humanos, há fenótipos intermediários entre os indivíduos muito baixos e os muito altos.

As características que apresentam variação contínua normalmente estão relacionadas a uma modalidade de padrão genético conhecido como **herança quantitativa**, ou **herança poligênica**.

Utilizamos como modelo a **pigmentação da pele** em seres humanos. A melanina é uma substância que confere proteção contra os raios solares e também coloração à pele; ela é sintetizada em pequena quantidade em indivíduos de pele clara (**fenótipo branco**) e em maior quantidade em indivíduos de pele escura (**fenótipo negro**); entre os extremos há categorias intermediárias, chamadas de mulatos (**claros, médios e escuros**). Assim, há cinco classes fenotípicas: **branco, mulato claro, mulato médio, mulato escuro e negro**.

Um modelo clássico considera a herança da cor da pele determinada por dois pares de alelos: A-a e B-b, sendo A e B **genes aditivos**, e a e b **genes não aditivos**; não há alelos dominantes nem recessivos.

Genes aditivos tornam o fenótipo mais intenso; no exemplo apresentado, promovem maior síntese de melanina, o que torna a pele mais escura. O indivíduo aabb tem a pele mais clara e o portador do genótipo AABB apresenta a pele mais escura. A tabela a seguir representa as classes fenotípicas e os possíveis genótipos.

Classes fenotípicas	Genótipos	Número de genes aditivos
Branco	aabb	0
Mulato claro	Aabb, aaBb	1
Mulato médio	AAbb, aaBB, AaBb	2
Mulato escuro	AABb, AaBB	3
Negro	AABB	4

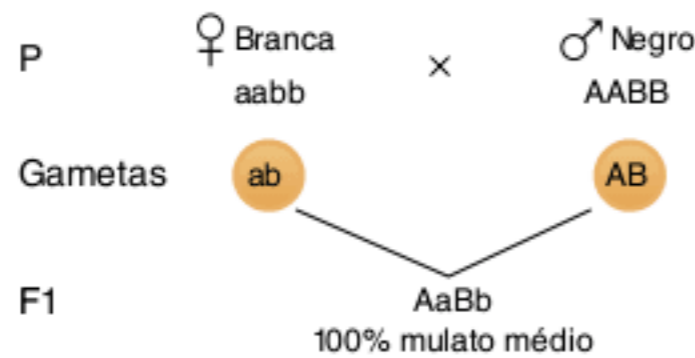
Tab. 4 Herança da pigmentação de pele em seres humanos.

A partir do exposto, podemos obter algumas fórmulas úteis na resolução de problemas; essas fórmulas lidam basicamente com o número de classes fenotípicas e o número de genes envolvidos (ou números de pares de genes).

- Número de classes fenotípicas = número de genes + 1
- Número de classes fenotípicas = 2 (número de pares de genes) + 1
- Contribuição de cada alelo aditivo = (fenótipo máximo – fenótipo mínimo)/número de alelos – Pode ser usada com tamanhos, no caso de altura.

Considerando agora uma típica sequência de cruzamentos mendelianos, podemos fazer generalizações úteis na resolução de problemas.

Generalização 1: o cruzamento entre indivíduos de fenótipos extremos produz apenas descendentes de fenótipos intermediários (branco × negro, gerando mulatos médios).



A proporção fenotípica esperada em F2 resulta do cruzamento entre duplos-heterozigotos.



♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB Negro	AABb Mulato escuro	AaBB Mulato escuro	AaBb Mulato médio
Ab	AABb Mulato escuro	AAbb Mulato médio	AaBb Mulato médio	Aabb Mulato claro
aB	AaBB Mulato escuro	AaBb Mulato médio	aaBB Mulato médio	aaBb Mulato claro
ab	AaBb Mulato médio	Aabb Mulato claro	aaBb Mulato claro	aabb Branco

As proporções do cruzamento são: $\frac{1}{16}$ branco, $\frac{4}{16}$ mulato claro, $\frac{6}{16}$ mulato médio, $\frac{4}{16}$ mulato escuro e $\frac{1}{16}$ negro.

Generalização 2: o cruzamento entre indivíduos de fenótipo intermediário (mulato médio × mulato médio) pode gerar descendentes de todas as categorias fenotípicas; os mais abundantes têm fenótipo intermediário; e os menos abundantes, fenótipos extremos.

A proporção esperada em F2 é obtida por meio do triângulo de Pascal, construído com base em algumas premissas:

- O primeiro e último números da linha serão 1.
- Em cada linha, os números equidistantes serão iguais.
- A soma de dois números consecutivos de uma linha será igual ao número da linha seguinte, que está abaixo da segunda parcela da soma.
- O número de linhas representa o número total de alelos, contados a partir do zero:

1				
1	1			
1	2	1		
1	3	3	1	
1	4	6	4	1

Dessa forma, a proporção é de 1:4:6:4:1.

$\frac{1}{16}$ branco, $\frac{4}{16}$ mulato claro, $\frac{6}{16}$ mulato médio, $\frac{4}{16}$ mulato escuro e $\frac{1}{16}$ negro.

Exercícios resolvidos

1 Em uma determinada raça de coelho, mantida com ração controlada, podemos ter indivíduos com 1.500, 1.600, 1.700, 1.800, 1.900, 2.000 e 2.100 g.

- Quantos pares de genes controlam a variação desse caractere?
- Qual o aumento em peso determinado por cada gene?

Resolução:

Para o cálculo do número de genes que determina a característica considerada (o peso), podemos utilizar a fórmula que considera o número de classes fenotípicas.

$$N^{\circ} \text{ de classes fenotípicas} = 2 (n^{\circ} \text{ de pares de genes}) + 1$$

Assim:

$$7 = 2 (n) + 1$$

$$n = \frac{(7 - 1)}{2}$$

$$n = 3$$

São 3 pares de genes responsáveis pela expressão da característica.

Para o cálculo da contribuição de cada gene na determinação da característica, podemos utilizar a fórmula que considera os fenótipos máximos e mínimos:

Contribuição de cada alelo aditivo

$$(C_{\text{alelo}}) = (\text{fenótipo máx.} - \text{fenótipo mín.}) / n^{\circ} \text{ de alelos}$$

Sabendo que o fenótipo máximo = 2.100 e o mínimo = 1.500, temos que:

$$C_{\text{alelo}} = (2.100 - 1.500) / 2n$$

$$C_{\text{alelo}} = (2.100 - 1.500) / 2 \times 3$$

$$C_{\text{alelo}} = 600 / 6$$

$$C_{\text{alelo}} = 100$$

O aumento de peso determinado por cada gene aditivo é de 100 gramas.

2 No caso do exercício anterior, qual o resultado esperado em F1 dos cruzamentos entre indivíduos de 1.500 g com 1.700 g sendo todos homocigotos?

Resolução:

Geração parental:

Indivíduo com 1.500 g (*aabbcc*) × Indivíduo com 1.700 g (*AAbbcc*)

F1: Indivíduos com 1.600 g (genótipo *Aabbcc*)

F2: *Aabbcc* × *Aabbcc*

Gametas: *Abc* e *abc*

Cruzamento:

♀ \ ♂	<i>Abc</i>	<i>abc</i>
<i>Abc</i>	<i>AAbbcc</i> 1.700 g	<i>Aabbcc</i> 1.600 g
<i>abc</i>	<i>Aabbcc</i> 1.600 g	<i>aabbcc</i> 1.500 g

Descendentes F2: $\frac{1}{4}$ com 1.700 g, $\frac{2}{4}$ com 1.600 g e $\frac{1}{4}$ com 1.500 g

Revisando

1 Considerando o conceito de interações gênicas, cite qual a influência de vários genes na expressão de características.

2 Como ocorre a formação de gametas segundo o conceito de interações gênicas?

3 Em que consiste a interação gênica simples e como as características fenotípicas são expressas nesse tipo de herança?

4 Considerando os conceitos de interação gênica simples, indique as proporções fenotípicas e represente os binômios de um cruzamento entre heterocigotos.

5 O que é epistasia?

6 Explique como funciona a epistasia dominante.

7 Qual a proporção esperada no cruzamento de duplos-heterozigotos segundo a epistasia dominante?

8 Explique como funciona a epistasia recessiva.

9 Qual a proporção esperada no cruzamento de duplos-heterozigotos segundo a epistasia recessiva?

10 Explique o que é herança quantitativa, também chamada de poligênica, e como acontece a expressão dos fenótipos.

11 O que são genes aditivos e como eles contribuem para a expressão de uma característica?

12 Que fórmulas podem ser utilizadas para avaliação do número de fenótipos segundo a herança quantitativa?

13 Considerando a herança quantitativa, qual será a proporção dos descendentes do cruzamento de fenótipos extremos, ou seja, entre duplos-heterozigotos?

14 Considerando a herança quantitativa, qual será a proporção dos descendentes do cruzamento de indivíduos de fenótipo intermediário com genótipos AaBb?

15 Quais as premissas necessárias para a construção do triângulo de Pascal? Construa um triângulo que represente a descendência do cruzamento de indivíduos com genótipo AaBbCc.

Exercícios propostos

1 Puccamp As flores de uma determinada planta podem ser vermelhas ou amarelas. Dois pares de genes (Vv e Aa) determinam essa característica: plantas V_A_ produzem flores vermelhas e plantas V_aa, vvA_ ou vvaa flores amarelas. Na descendência do cruzamento VvAa × VvAa espera-se encontrar uma proporção fenotípica de:

- (a) 1 vermelha: 1 amarela.
- (b) 9 amarelas: 7 vermelhas.
- (c) 9 vermelhas: 7 amarelas.
- (d) 15 amarelas: 1 vermelha.
- (e) 15 vermelhas: 1 amarela.

2 UFG 2010 No homem, a acondroplasia é uma anomalia genética, autossômica dominante, caracterizada por um tipo de nanismo em que a cabeça e o tronco são normais, mas os braços e as pernas são curtos. A letalidade dessa anomalia é causada por um gene dominante em dose dupla. Dessa forma, na descendência de um casal acondroplásico, a proporção fenotípica esperada em F1 é:

- (a) 100% anões.
- (b) 100% normais.
- (c) 33,3% anões e 66,7% normais.
- (d) 46,7% anões e 53,3% normais.
- (e) 66,7% anões e 33,3% normais.

3 Na espécie humana existem várias características cuja herança provém de um par de alelos com relação de dominância completa. Na forma do lobo da orelha o alelo dominante é responsável pelo lobo solto e o alelo recessivo pelo lobo preso. A capacidade de enrolar a língua também é determinada por um par de alelos situados em outros cromossomos autossômicos, em que o alelo dominante determina essa capacidade. A probabilidade de nascer um descendente com o lobo da orelha preso e a capacidade de enrolar a língua, de um casal em que ambos são heterozigotos para as duas características, é:

- (a) $\frac{12}{16}$
- (b) $\frac{9}{16}$
- (c) $\frac{4}{16}$
- (d) $\frac{3}{16}$
- (e) $\frac{1}{16}$

4 PUC-MG 2007 As pimentas são originárias das Américas e parece que já eram cultivadas pelos índios entre 5200 e 3400 a.C. Das espécies do gênero *Capsicum*, a mais difundida é a *Capsicum annuum*, à qual pertence o pimentão. Quatro variedades de pimentões com cores diferentes podem ser produzidas de acordo com o esquema a seguir. Somente alelos dominantes produzem enzimas funcionais.

Verde	Marrom	Amarelo	Vermelho
cc rr	cc R_	C_ rr	C_ R_

O cruzamento de uma planta com pimentões amarelos com uma planta com pimentões marrons gerou descendentes que produzem frutos com os quatro fenótipos.

Analisando as informações e de acordo com seus conhecimentos, é incorreto afirmar que:

- (a) espera-se do cruzamento parental que a maioria dos descendentes produza frutos vermelhos.
- (b) do cruzamento parental, espera-se que $\frac{1}{4}$ dos descendentes produza frutos amarelos.
- (c) o cruzamento dos descendentes vermelhos produz, em F₂, $\frac{1}{16}$ de descendentes verdes.
- (d) o cruzamento de plantas duplo-homozigotas nunca produz diretamente os quatro fenótipos.

5 Fuvest 2007 Em cães labradores, dois genes, cada um com dois alelos (B/b e E/e), condicionam as três pelagens típicas da raça: preta, marrom e dourada. A pelagem dourada é condicionada pela presença do alelo recessivo e em homozigose no genótipo. Os cães portadores de pelo menos um alelo dominante E serão pretos, se tiverem pelo menos um alelo dominante B; ou marrons, se forem homozigóticos bb. O cruzamento de um macho dourado com uma fêmea marrom produziu descendentes pretos, marrons e dourados. O genótipo do macho é:

- (a) Ee BB.
- (b) Ee Bb.
- (c) ee bb.
- (d) ee BB.
- (e) ee Bb.

6 Ufal 2010 Em galináceos, foram observados quatro tipos de cristas: rosa, ervilha, simples e noz. Quando aves homozigóticas de crista rosa foram cruzadas com aves de crista simples, foram obtidas 75% de aves com crista rosa e apenas 25% com crista simples em F₂. Do cruzamento de aves homozigóticas de crista ervilha com aves de crista simples foram obtidas 75% de aves com crista ervilha e apenas 25% com crista simples, também em F₂.

Quando aves homozigóticas de crista rosa foram cruzadas com aves homozigóticas de crista ervilha, todos os descendentes F₁ apresentaram um novo tipo de crista, o tipo noz. Na F₂, produzida a partir do cruzamento de indivíduos F₁, foi observado que, para cada 16 descendentes, nove apresentavam crista noz; três, crista rosa; três, crista ervilha; e apenas um apresentava crista simples.

Esses dados indicam que, na herança da forma da crista nessas aves, tem-se um caso de:

- (a) pleiotropia, em que quatro alelos de um *loco* estão envolvidos.
- (b) interação gênica entre alelos de dois *locus* distintos.
- (c) epistasia dominante e recessiva.
- (d) herança quantitativa.
- (e) alelos múltiplos.

7 UFRGS 2011 As flores de uma determinada planta podem ser brancas, vermelhas ou creme. A cor branca (ausência de deposição de pigmento) é condicionada por alelo recessivo (aa). O alelo A determina a deposição de pigmento. O alelo dominante B produz pigmento vermelho, enquanto seu recessivo a cor creme. Cruzando-se plantas heterozigotas para os dois genes entre si, a probabilidade de obtermos uma planta branca é de:

- (a) $\frac{3}{16}$ (d) $\frac{9}{16}$
 (b) $\frac{4}{16}$ (e) $\frac{12}{16}$
 (c) $\frac{7}{16}$

8 Uece 2010 Analise as assertivas a seguir.

- I. Em camundongos, quando se cruza um indivíduo preto de genótipo AApp com um branco de genótipo aaPP obtém-se um indivíduo aguti de genótipo AaPp. Cruzando-se os indivíduos heterozigotos de F1, obtém-se uma progênie de $\frac{9}{16}$ aguti; $\frac{3}{16}$ preto; e $\frac{4}{16}$ brancos. Como a proporção fenotípica do di-hibridismo está alterada, estamos diante de um caso de epistasia dominante.
- II. A proporção fenotípica $\frac{9}{16}$ preta-curta; $\frac{3}{16}$ preta-longa; $\frac{3}{16}$ marrom-curta; e $\frac{1}{16}$ marrom-longa acontece em porquinhos-da-índia para a cor da pelagem e o tamanho do pelos. Daí, podemos afirmar corretamente que se trata de um caso de segregação independente do tipo di-hibridismo.
- III. Quando se cruza periquitos de plumagem amarela com periquitos de plumagem azul, ambos puros, obtém-se periquitos de plumagem verde. Quando se cruza os periquitos de F1 entre si, obtém-se uma F2 com a seguinte proporção fenotípica: $\frac{9}{16}$ verdes; $\frac{3}{16}$ azuis; $\frac{3}{16}$ amarelos; $\frac{1}{16}$ brancos. Observa-se que essa proporção é a mesma do di-hibridismo, porém com classes fenotípicas alteradas para a manifestação apenas da cor. Portanto, estamos diante de um caso de interação gênica.

São verdadeiras as assertivas:

- (a) I e II, apenas.
 (b) I e III, apenas.
 (c) II e III, apenas.
 (d) I, II e III.

9 Uece 2009 Em periquitos-australianos observam-se, principalmente, as seguintes cores de plumagem: amarela, azul, branca e verde, condicionadas por dois pares de genes de segregação independente e que interagem entre si. Sabendo-se que os indivíduos homocigotos recessivos são brancos; os indivíduos que apresentam em ambos os *loci* pelo menos um dos alelos dominantes são verdes; e que os indivíduos que apresentam um *loci* com genes recessivos e o outro com, pelo menos, um alelo dominante ou são azuis ou

amarelos, podemos afirmar corretamente que a proporção esperada de um cruzamento de periquitos com ambos os *loci* heterozigotos é:

- (a) amarela: $\frac{9}{16}$; azul: $\frac{3}{16}$; branca: $\frac{3}{16}$; verde: $\frac{1}{16}$.
 (b) amarela: $\frac{1}{16}$; azul: $\frac{3}{16}$; branca: $\frac{9}{16}$; verde: $\frac{3}{16}$.
 (c) amarela: $\frac{3}{16}$; azul: $\frac{3}{16}$; branca: $\frac{1}{16}$; verde: $\frac{9}{16}$.
 (d) amarela: $\frac{3}{16}$; azul: $\frac{1}{16}$; branca: $\frac{3}{16}$; verde: $\frac{9}{16}$.

10 UFU 2009 Interações gênicas ocorrem quando dois ou mais pares de genes atuam sobre a mesma característica. Entre as diversas raças de galinhas, é possível encontrar quatro tipos de cristas.

1. Crista noz: é resultado da presença de, no mínimo, dois genes dominantes R e E.
2. Crista rosa: é produzida pela interação de, no mínimo, um R dominante com dois genes e recessivos.
3. Crista ervilha: ocorre devido à interação de dois genes r recessivos com, no mínimo, um E dominante.
4. Crista simples: ocorre quando o genótipo é birrecessivo, rree.

De acordo com essas informações, faça o que se pede.

- a) A partir do cruzamento de indivíduos de crista noz, ambos duplos-heterozigotos, qual é a probabilidade de originar aves de crista rosa?
- b) Determine a proporção genotípica e fenotípica do cruzamento entre as aves com o genótipo RRee x RrEe.

11 Uerj 2008 Em certa espécie de ratos, o alelo dominante B determina que a cor do pelo seja cinza, enquanto o genótipo recessivo bb determina uma pelagem preta. Em outro cromossomo, um *locus* afeta uma etapa inicial na formação de qualquer dos pigmentos do pelo. Nesse *locus*, o alelo dominante A possibilita um desenvolvimento normal da cor, mas o genótipo recessivo aa bloqueia toda a produção de pigmento. Assim, ratos aa são todos albinos, independentemente do seu genótipo no *locus* B.

Do cruzamento de um rato macho de pelagem cinza com uma fêmea albina, cujo genótipo é aabb, 50% da prole foi albina, 25% preta e 25% cinza.

Determine o genótipo do rato macho, justificando sua resposta.

12 UFMG 2007 A audição normal está sob o controle de dois pares de genes – C e D –, que se segregam independentemente. O primeiro determina a presença do nervo auditivo, enquanto o segundo a presença da cóclea. Assim sendo, apenas indivíduos com, pelo menos, um gene dominante em cada *locus* terão audição normal. Os demais genótipos determinam um tipo de surdez genética conhecida como surdez profunda.

- a) Considerando essas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, responda: é possível casais portadores de surdez profunda terem todos os filhos com audição normal? Justifique sua resposta.


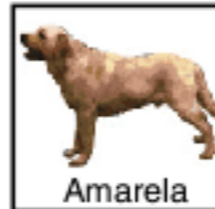
- b) Determine qual é a probabilidade de um casal duplo-heterozigoto ter uma criança normal e homocigota dominante para os dois locos. (Deixe explicitado seu raciocínio.)
- c) Observou-se uma alta incidência de surdez profunda na população de certa ilha. Cite o fator evolutivo que pode explicar esse fato.
- d) Cite o nome do primeiro grupo de vertebrados terrestres que apresentou audição.
- e) Cite duas funções do canto nas aves.

13 UFRGS 2006 Na cebola, a presença de um alelo dominante C determina a produção de bulbo pigmentado; em cebolas cc, a enzima que catalisa a formação de pigmento não é produzida (cebolas brancas). Outro gene, herdado de forma independente, apresenta o alelo B, que impede a manifestação de gene C. Homocigotos bb não têm a manifestação da cor do bulbo impedida.

Quais as proporções fenotípicas esperadas do cruzamento de cebolas homocigotas coloridas com BBcc?

- (a) $\frac{9}{16}$ de cebolas brancas e $\frac{7}{16}$ de cebolas coloridas.
- (b) $\frac{12}{16}$ de cebolas brancas e $\frac{4}{16}$ de cebolas coloridas.
- (c) $\frac{13}{16}$ de cebolas brancas e $\frac{3}{16}$ de cebolas coloridas.
- (d) $\frac{15}{16}$ de cebolas brancas e $\frac{1}{16}$ de cebolas coloridas.
- (e) $\frac{16}{16}$ de cebolas brancas.

14 PUC-MG 2006 Em cães da raça Labrador Retriever, a cor da pelagem é determinada por um tipo de interação gênica epistática de acordo com o esquema a seguir.

Fenótipos	 Preta	 Chocolate	 Amarela
Genótipos	BBEE BbEE BBEe BbEe	bbEE bbEe	BBee Bbee bbee

Sabendo que o cruzamento (geração parental) entre um macho com fenótipo chocolate e uma fêmea de fenótipo amarela gera apenas filhotes com pelagem preta (geração F1), um criador fez as seguintes afirmações.

- I. Todos os filhotes produzidos nesse cruzamento são heterocigotos, enquanto os pais são homocigotos para os dois pares de genes.
- II. No cruzamento da fêmea parental com qualquer cão de pelagem preta, não se espera a produção de descendentes com fenótipo chocolate.

- III. No cruzamento da fêmea amarela com um de seus filhotes de F1, espera-se que 50% dos descendentes apresentem pelagem amarela.
- IV. No cruzamento entre os filhotes de F1, espera-se que 25% dos descendentes apresentem pelagem chocolate.

São afirmações corretas:

- (a) I, II e III, apenas. (c) I, III e IV, apenas.
- (b) II, III e IV, apenas. (d) I, II, III e IV.

15 Unesp Epistasia é o fenômeno em que um gene (chamado epistático) inibe a ação de outro que não é seu alelo (chamado hipostático). Em ratos, o alelo dominante B determina cor de pelo acinzentada, enquanto o genótipo homocigoto bb define cor preta. Em outro cromossomo, um segundo locus afeta uma etapa inicial na formação dos pigmentos dos pelos. O alelo dominante A nesse locus possibilita o desenvolvimento normal da cor (como definido pelos genótipos B_ ou bb), mas o genótipo aa bloqueia toda a produção de pigmentos e o rato torna-se albino. Considerando os descendentes do cruzamento de dois ratos, ambos com genótipo AaBb, os filhotes de cor preta poderão apresentar genótipos:

- (a) Aabb e AAbb. (d) AABB e Aabb.
- (b) Aabb e aabb. (e) aaBB, AaBB e aabb.
- (c) AAbb e aabb.

16 Fuvest As três cores de pelagem de cães labradores (preta, marrom e dourada) são condicionadas pela interação de dois genes autossômicos, cada um deles com dois alelos: Ee e Bb. Os cães homocigóticos recessivos ee não depositam pigmentos nos pelos e apresentam, por isso, pelagem dourada. Já os cães com genótipos EE ou Ee apresentam pigmento nos pelos, que pode ser preto ou marrom, dependendo do outro gene: os cães homocigóticos recessivos bb apresentam pelagem marrom, enquanto os com genótipos BB ou Bb apresentam pelagem preta.

Um labrador macho, com pelagem dourada, foi cruzado com uma fêmea preta e com uma fêmea marrom. Em ambos os cruzamentos, foram produzidos descendentes dourados, pretos e marrons.

- a) Qual é o genótipo do macho dourado, quanto aos dois genes mencionados?
- b) Que tipos de gameta e em que proporção esse macho forma?
- c) Qual é o genótipo da fêmea preta?
- d) Qual é o genótipo da fêmea marrom?

17 Mackenzie Suponha que, na espécie humana, a pigmentação da pele seja devida a dois pares de genes autossômicos com efeito aditivo. A tabela adiante indica os fenótipos existentes.

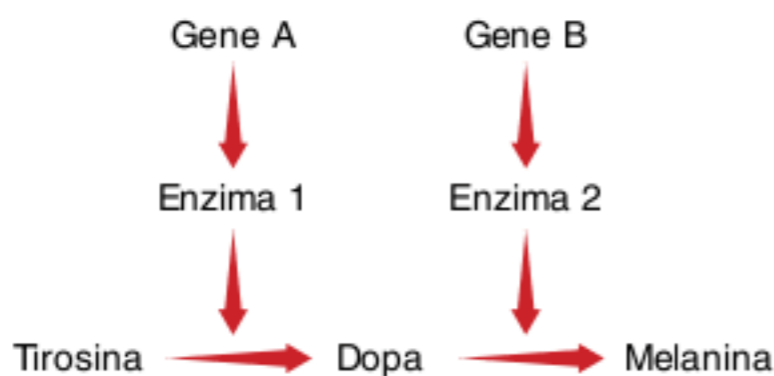
Nº genes dominantes	Fenótipo
4	negro
3	mulato escuro
2	mulato médio
1	mulato claro
0	branco

A expressão desses genes pode ser impedida pela presença de um par de genes autossômicos recessivos. Nesse caso, o indivíduo é albino. Um casal de mulatos médios di-híbridos tem uma criança albina. A probabilidade de nascer uma criança branca não albina é de:

- (a) $\frac{1}{16}$
- (b) $\frac{1}{2}$
- (c) $\frac{1}{5}$
- (d) $\frac{3}{16}$
- (e) $\frac{3}{64}$

18 UFMG Os indivíduos albinos não possuem melanina – pigmento responsável pela cor e proteção da pele – e, por isso, são muito sensíveis à luz solar.

Neste esquema, está representada parte da via biossintética para a produção desse pigmento.



Com base nesse esquema e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

- (a) a ausência da enzima 1 resulta em um aumento da concentração de tirosina.
- (b) casamentos entre indivíduos albinos podem gerar descendentes com melanina.
- (c) diferentes genótipos podem dar origem ao albinismo.
- (d) indivíduos AABB formam gametas do tipo AA e BB.

19 UFSCar Na herança da cor do fruto da moranga, estão envolvidos dois pares de genes *A/a* e *B/b*. O gene *B* produz frutos amarelos, mas, na presença do gene *A*, ele é inibido e produz frutos brancos, como o seu alelo *b*. O indivíduo duplo-recessivo produz frutos verdes. Uma planta homocigota, produtora de frutos amarelos, é cruzada com outra, produtora de frutos verdes. Uma planta, filha desse cruzamento, que será chamada de planta I, foi cruzada com outra planta, II, produtora de frutos brancos. O cruzamento entre a planta I e a planta II produziu $\frac{4}{8}$ de plantas com frutos brancos, $\frac{3}{8}$ de plantas com frutos amarelos e $\frac{1}{8}$ de plantas com frutos verdes. Responda:

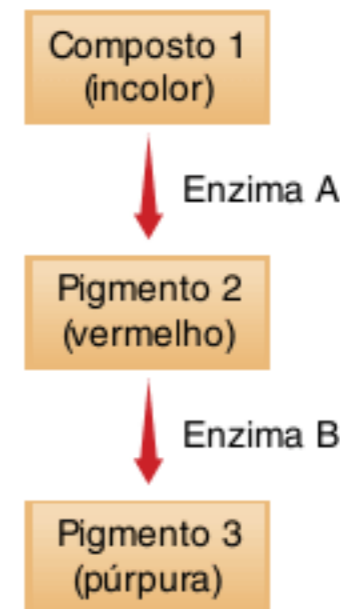
- a) Que denominação se dá a esse tipo de interação entre os genes *A* e *B*?
- b) Quais os genótipos das plantas I e II?

20 UEPG Sobre interação gênica, assinale o que for correto.

- 01 Ocorre poligenia quando dois genes não alelos colaboram na mesma característica, completando seus efeitos.
- 02 Dois genes não alelos colaboram na mesma característica, complementando seus efeitos e produzindo um fenótipo igual aos fenótipos produzidos por cada gene isoladamente.
- 04 Ocorre poligenia quando um gene tem efeito simultâneo sobre várias características do organismo.
- 08 Ocorre epistasia quando um gene, ao invés de determinar uma característica, impede a manifestação de outro gene, não alelo.
- 16 Durante o desenvolvimento do organismo, vários pares de genes não alelos influem na determinação de uma característica.

Soma =

21 Uerj As reações enzimáticas a seguir indicam a passagem metabólica que sintetiza pigmentos em uma planta.



Considere as seguintes condições:

- Para as enzimas *A* e *B*, os alelos *A* e *B* produzem enzimas funcionais, enquanto os alelos *a* e *b* produzem enzimas inativas;
- Uma única cópia funcional da enzima *A* ou da enzima *B* é suficiente para catalisar normalmente a sua respectiva reação.

Determine a proporção esperada entre as cores das plantas descendentes na primeira geração do cruzamento *AaBb* × *AABB*.

22 Em determinada espécie vegetal, ocorrem flores vermelhas somente se a planta possuir os alelos dominantes *A* e *B*. Cruzando-se plantas de flores vermelhas com plantas de flores brancas, obtiveram-se 3 plantas de flores vermelhas para 5 plantas de flores brancas na geração *F1*.

Os genótipos das plantas com flores vermelhas e brancas da geração parental são, respectivamente:

- (a) *AABB* e *AaBb*.
- (b) *AaBb* e *Aabb*.
- (c) *AABb* e *aabb*.
- (d) *aaBb* e *Aabb*.
- (e) *aabb* e *aabb*.

23 PUC-MG O esquema adiante representa o cruzamento artificial (em P) de duas variedades puras de um determinado vegetal, que se reproduz por autopolinização (em F₁). O caráter em estudo é a cor das flores.

P: Brancas × Brancas Linhagens puras

F₁: 100% Coloridas di-híbridas

F₂: $\left\{ \begin{array}{l} \frac{9}{16} \text{ Coloridas} \\ \frac{7}{16} \text{ Brancas} \end{array} \right.$

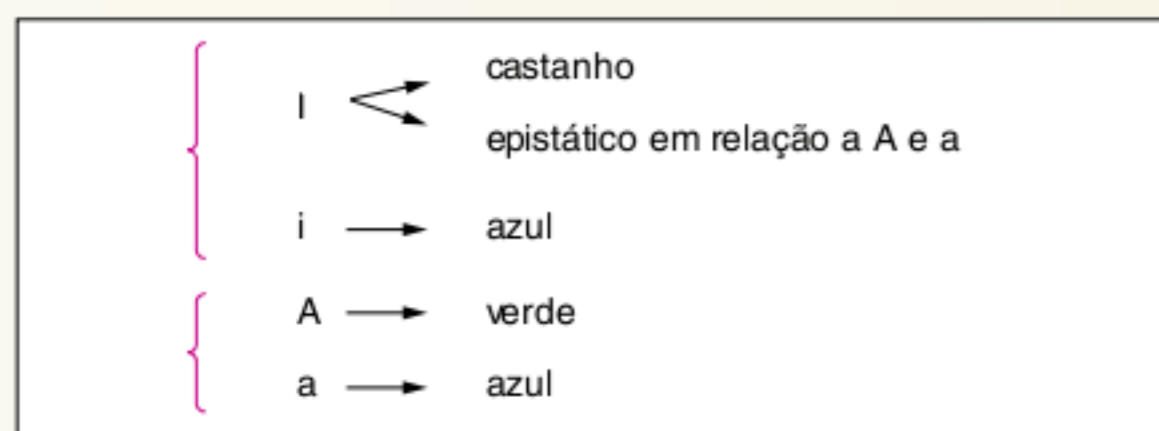
Com base nos resultados, é correto afirmar, exceto:

- (a) trata-se de um caráter determinado por interação gênica.
- (b) os duplos-heterozigotos apresentam flores coloridas.
- (c) os indivíduos de F₁ produzem quatro tipos de gametas para o caráter em estudo.
- (d) a fecundação cruzada das plantas com flores brancas de F₂ produzirá sempre o mesmo fenótipo.

TEXTOS COMPLEMENTARES

A hereditariedade da cor dos olhos

A cor dos olhos é uma característica que está relacionada a dois pares de genes: os alelos I e i e outro par A e a. O alelo i determina azul, enquanto o dominante I condiciona castanho e tem efeito epistático sobre A e a. O alelo A condiciona verde e o alelo a determina azul.



Conjunto de alelos envolvidos na coloração dos olhos.

Os fenótipos e os genótipos desse tipo de herança são apresentados na tabela a seguir

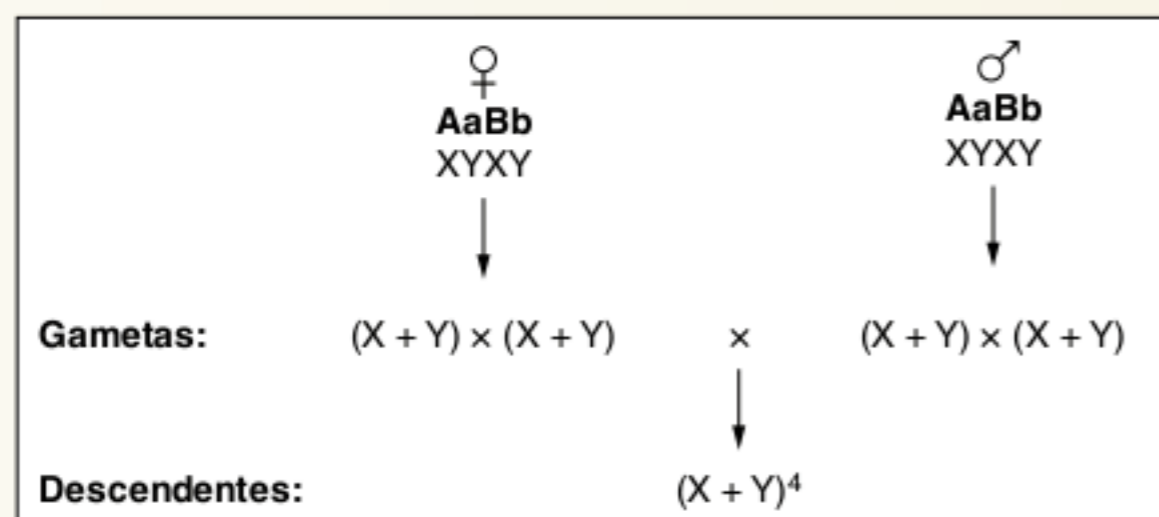
Fenótipos	Genótipos	Genótipos genéricos
Olhos castanhos	IIAA, IIaA, IiAA, IiAa, IIAa, Iiaa	I_A_, I_aa
Olhos verdes	iiAA, iiAa	iiA_
Olhos azuis	iaa	iaa

Herança da cor dos olhos: fenótipos e genótipos.

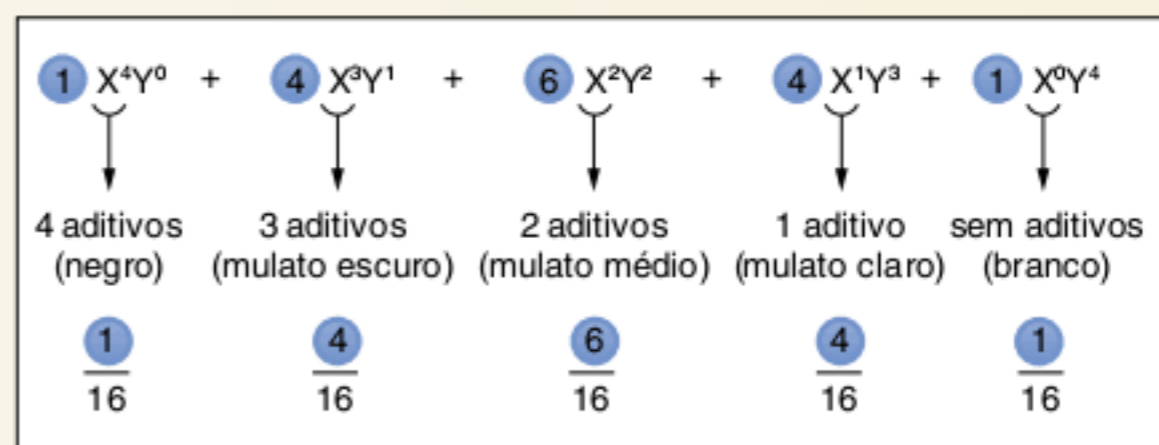
Herança quantitativa e binômios

A análise do cruzamento de duplos-heterozigotos (AaBb) em um caso de herança quantitativa, como a pigmentação da pele, pode ser feita através de binômios. O importante é determinar a quantidade de genes aditivos para se obter o fenótipo. Por exemplo, um indivíduo AaBb tem dois alelos aditivos e dois não aditivos, apresentando fenótipo mulato médio.

Pode-se substituir genes aditivos (A e B) por X e indicar genes não aditivos (a e b) por Y. Assim, no cruzamento entre duplos-heterozigotos, tem-se:



Desenvolvendo o binômio, obtém-se 5 termos, cujos coeficientes são provenientes do triângulo de Pascal.



RESUMINDO

Considerando o conceito de **interações gênicas**, vários **genes interagem entre si para influenciar uma única característica** em pares de alelos que estão situados em pares de cromossomos homólogos diferentes. Na formação dos gametas, também ocorre a segregação independente dos diferentes genes.

Quando consideramos um duplo-heterozigoto AaBb, os alelos dos genes A e B determinam uma mesma característica. Com essa perspectiva, analisaremos alguns tipos de herança.

- **Interação gênica simples:** nesse tipo de herança são observados dois pares de alelos condicionando uma mesma característica, sendo que **cada par de alelos situa-se em um par de cromossomos homólogos**. Exemplo: Cor das penas em periquitos-australianos, determinada por dois pares de genes A e B:
 - Alelos A: A (dominante, condiciona azul) e a (determina branco);
 - Alelos B: B (dominante, condiciona amarelo) e b (condiciona branco).
 - Com o cruzamento de um casal duplo-heterozigoto (AaBb), as proporções **fenotípicas** e **genotípicas** possíveis para essa herança são:
 - Descendentes: $\frac{3}{8}$ verdes, $\frac{3}{8}$ azuis, $\frac{1}{8}$ amarelo e $\frac{1}{8}$ branco
 - O cruzamento pode ser representado por meio de binômios:

	AB	Ab	aB	ab
♀ Ab ♂	AABb Verde	AAbb Azul	AaBb Verde	Aabb Azul
ab	AaBb Verde	Aabb Azul	aaBb Amarelo	aabb Branco

- **Epistasia:** é a condição em que um gene exerce efeito inibidor sobre outro gene. Um par de alelos I e i pode ter efeito inibidor sobre A e a.
 - Epistasia dominante: caso em que o alelo inibidor é dominante (I) e inibe a expressão da característica, determinando que o animal tenha pelo branco; o alelo i permite a manifestação de cor e isso depende do outro par de alelos: A (pelo preto) e a (pelo marrom). Assim, são possíveis os seguintes fenótipos:
 - Os alelos **A** e **a** são denominados **hipostáticos** em relação a **I**.
 - O cruzamento entre duplos-heterozigotos (**IiAa**) terá uma descendência com modificação na proporção esperada de 9:3:3:1, sendo a **proporção observada de 12:3:1**.
 - Epistasia recessiva: caso em que o alelo inibidor é recessivo (i) e inibe a expressão da característica desde que esteja em homozigose (ii).
 - Os alelos **A** e **a** são denominados **epistáticos** em relação a **i**.
 - O cruzamento entre duplos-heterozigotos (**IiAa**) terá uma descendência com **proporção esperada de 9:3:4**.
- **Herança quantitativa (ou poligênica):** herança que **envolve vários genes** que resultam em um **efeito cumulativo**, cada um contribuindo para a expressão de uma característica. O fenótipo é determinado pela quantidade de um determinado gene expressivo (**aditivo**) que o indivíduo possui.
 - Trata de casos em que os fenótipos não estão separados em apenas duas categorias, mas apresentam grande variação, é o que se denomina como variação contínua.
 - Podem ser observados dois tipos de genes que irão interagir entre si:
 - **Genes aditivos:** tornam o fenótipo mais intenso.
 - **Genes não aditivos:** contribuem de maneira menos intensa para a expressão da característica.
 - Não há alelos dominantes nem recessivos.
 - Como exemplos, podem ser citados os fenótipos de altura e de cor da pele da população. No caso da pigmentação da pele em seres humanos, há dois fenótipos extremos (fenótipo branco – aabb; e fenótipo negro – AABB) e algumas categorias intermediárias (mulatos claros, médios e escuros).
 - A herança da cor da pele é determinada por dois pares de alelos: A-a e B-b, sendo:
 - A e B **alelos aditivos**.
 - a e b **alelos não aditivos**.
 - Algumas fórmulas lidam com o número de classes fenotípicas e o número de genes envolvidos (ou números de pares de genes):
 - Número de genes = número de classes fenotípicas – 1
 - Número de classes fenotípicas = 2 (número de pares de genes) + 1
 - Contribuição de cada alelo aditivo = (fenótipo máximo – fenótipo mínimo)/número de alelos.

- Como generalizações, pode-se afirmar que:
 - O cruzamento entre indivíduos de fenótipos extremos produz apenas descendentes de fenótipos intermediários.
- As proporções do cruzamento do exemplo serão 1:4:6:4:1.
 - O cruzamento entre indivíduos de fenótipo intermediário pode gerar descendentes de todas as categorias fenotípicas; os mais abundantes têm fenótipo intermediário e os menos abundantes possuem fenótipos extremos.
- A proporção esperada em F2 pode ser obtida através do triângulo de Pascal, construído com base em algumas premissas:
 - O primeiro e último números da linha serão 1.
 - Em cada linha, os números equidistantes serão iguais.
 - A soma de dois números consecutivos de uma linha será igual ao número da linha seguinte, que está abaixo da segunda parcela da soma.
 - O número de linhas representa o número total de alelos, contados a partir do zero.

	1				
	1	1			
	1	2	1		
	1	3	3	1	
	1	4	6	4	1

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Miscigenação e leis da genética explicam filhos de mesmos pais com cor diferente. Pais mestiços podem legar a filhos tanto DNA para pele clara quanto para pele escura.
<<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL649019-5603,00-MISCIGENACAO+E+LEIS+DA+GENETICA+EXPLICAM+FILHOS+DE+MESMOS+PAIS+COM+COR+DIFE.html>>.
- Aspectos moleculares da determinação e diferenciação sexual. Gene SRY age como um indutor na determinação sexual masculina. Na sua ausência, forma-se uma mulher XY.
<www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302002000400015>.
- O que determina a cor dos olhos? A genética de olhos azuis, verdes, marrons, cinzentos e cor de avelã.
<www.brighthub.com/science/genetics/articles/38797.aspx>.

Exercícios complementares

1 Mackenzie Em galinhas, a cor da plumagem é determinada por 2 pares de genes. O gene C condiciona plumagem colorida, enquanto seu alelo c determina plumagem branca. O gene I impede a expressão do gene C, enquanto seu alelo i não interfere nessa expressão. Com esses dados, conclui-se que se trata de um caso de:

- epistasia recessiva.
- herança quantitativa.
- pleiotropia.
- codominância.
- epistasia dominante.

2 PUC-Rio Em genética, o fenômeno da interação gênica consiste no fato de:

- uma característica provocada pelo ambiente, como surdez por infecção, imitar uma característica genética, como a surdez hereditária.

- vários pares de genes não alelos influenciarem na determinação de uma mesma característica.
- um único gene ter efeito simultâneo sobre várias características do organismo.
- dois pares de genes estarem no mesmo par de cromossomos homólogos.
- dois cromossomos se unirem para formar um gameta.

3 Fatec A surdez pode ser uma doença hereditária ou adquirida. Quando hereditária, depende da homozigose de apenas um dos dois genes recessivos, (d) ou (e). A audição normal depende da presença de pelo menos dois genes dominantes diferentes (D) e (E), simultaneamente. Um homem surdo casou-se com uma mulher surda. Tiveram 9 filhos, todos de audição normal.

Assim, podemos concluir que o genótipo dos filhos é:

- ddEE.
- DdEe.
- Ddee.
- DDee.
- DDEE.

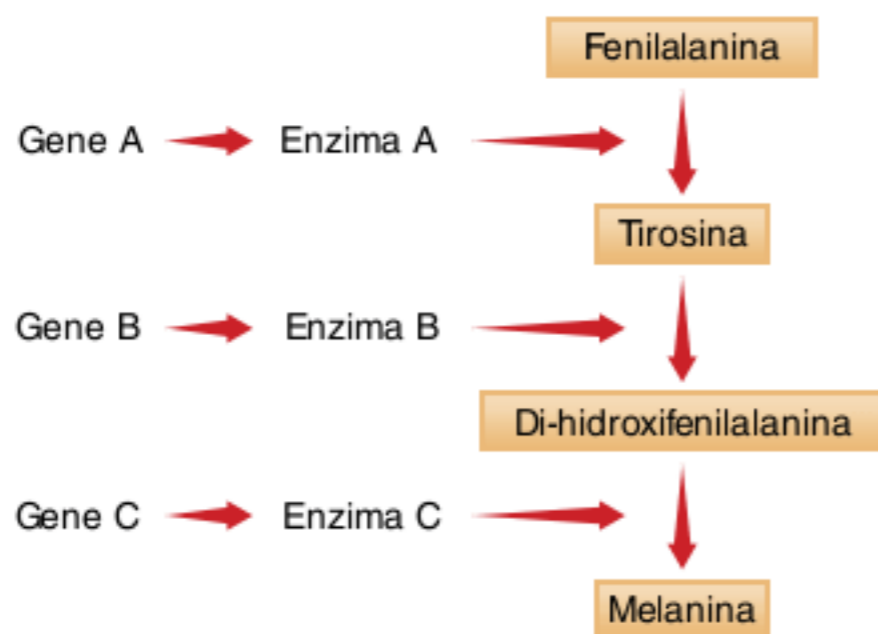
4 UFU A cor da pelagem em cavalos depende, entre outros fatores, da ação de dois pares de genes Bb e Ww. O gene B determina pelos pretos e o seu alelo b determina pelos marrons. O gene dominante W “inibe” a manifestação da cor, fazendo com que o pelo fique branco, enquanto o alelo recessivo w permite a manifestação da cor.

Cruzando-se indivíduos heterozigotos para os dois pares de genes, obtém-se:

- (a) 3 brancos:1 preto.
- (b) 9 brancos:3 pretos:3 mesclados de marrom e preto:1 branco.
- (c) 1 preto:2 brancos:1 marrom.
- (d) 12 brancos:3 pretos:1 marrom.
- (e) 3 pretos:1 branco.

5 Unicamp Existe um gene em cobaias que suprime o efeito do gene que determina a coloração nesses animais. Esse gene está localizado em um cromossomo diferente daquele em que está o gene que determina a cor do animal. Cobaias albinas homozigotas foram cruzadas e todos os descendentes nasceram pretos. Como isso pode ser explicado, considerando-se que não ocorreu mutação? Justifique.

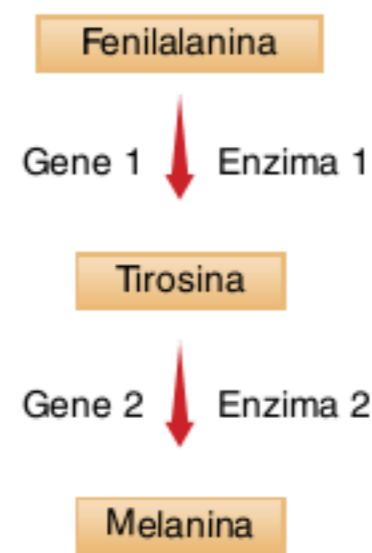
6 UnB As diversas substâncias ingeridas pelo homem são transformadas em outras, durante os processos metabólicos. Essas transformações são catalisadas por diferentes enzimas. O esquema a seguir representa alguns passos da síntese de melanina.



Com base no esquema e sabendo que indivíduos incapazes de sintetizar a melanina são albinos, julgue os itens seguintes.

- Na produção de melanina a partir de fenilalanina, atuam três mRNAs.
- Indivíduos albinos podem apresentar homozigose recessiva bb e cc.
- Um casal de indivíduos albinos pode ter filhos com pigmentação normal.
- O gene B é epistático sobre o gene C.

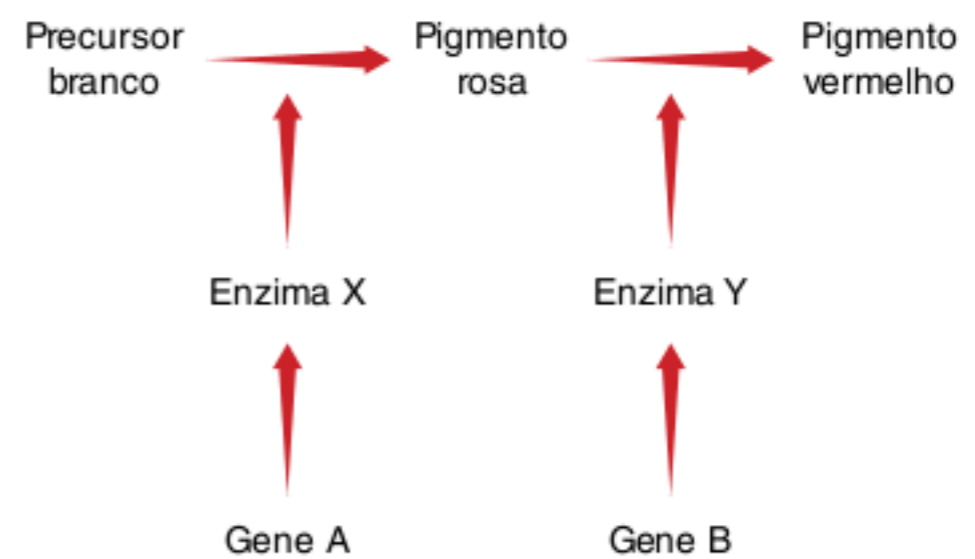
7 Cesgranrio O esquema a seguir evidencia que a formação de melanina não depende apenas da ação de um gen. No processo ali representado, está ocorrendo a ação conjunta de dois gens.



Situações como essa são conhecidas como:

- (a) polialelia.
- (b) poligens.
- (c) norma de reação.
- (d) interação gênica.
- (e) alelos múltiplos.

8 Ufes Analisando a via metabólica hipotética, temos que:



O gene A é epistático sobre o gene B e, quando em homozigose recessiva (aa), impede a produção dos pigmentos rosa e vermelho, devido à não produção de enzima X. O gene B, em homozigose recessiva, impossibilita a conversão de pigmento rosa em vermelho. Os genes A e B são dominantes sobre os seus alelos.

Responda:

- a) No cruzamento entre indivíduos de genótipos AaBb × aabb, qual será a proporção fenotípica esperada na progênie?
- b) Quais são os possíveis genótipos para os indivíduos vermelhos?
- c) Quais os fenótipos esperados e suas respectivas proporções em F2 obtidos a partir de parentais AABB × aabb?

9 Em galinhas, há quatro tipos de cristas: simples, noz, rosa e ervilha. Na determinação desses tipos de cristas atuam dois pares de genes (Rr e Ee). Assim, o genótipo R_E_ determina crista noz, R_ee crista rosa, rrE_ crista ervilha e o genótipo eerr determina crista simples.

Um galo de crista noz cruzado com uma galinha de crista rosa produziu a seguinte geração: $\frac{3}{8}$ noz, $\frac{3}{8}$ rosa, $\frac{1}{8}$ ervilha e $\frac{1}{8}$ simples.

A partir desses dados, responda às seguintes questões.

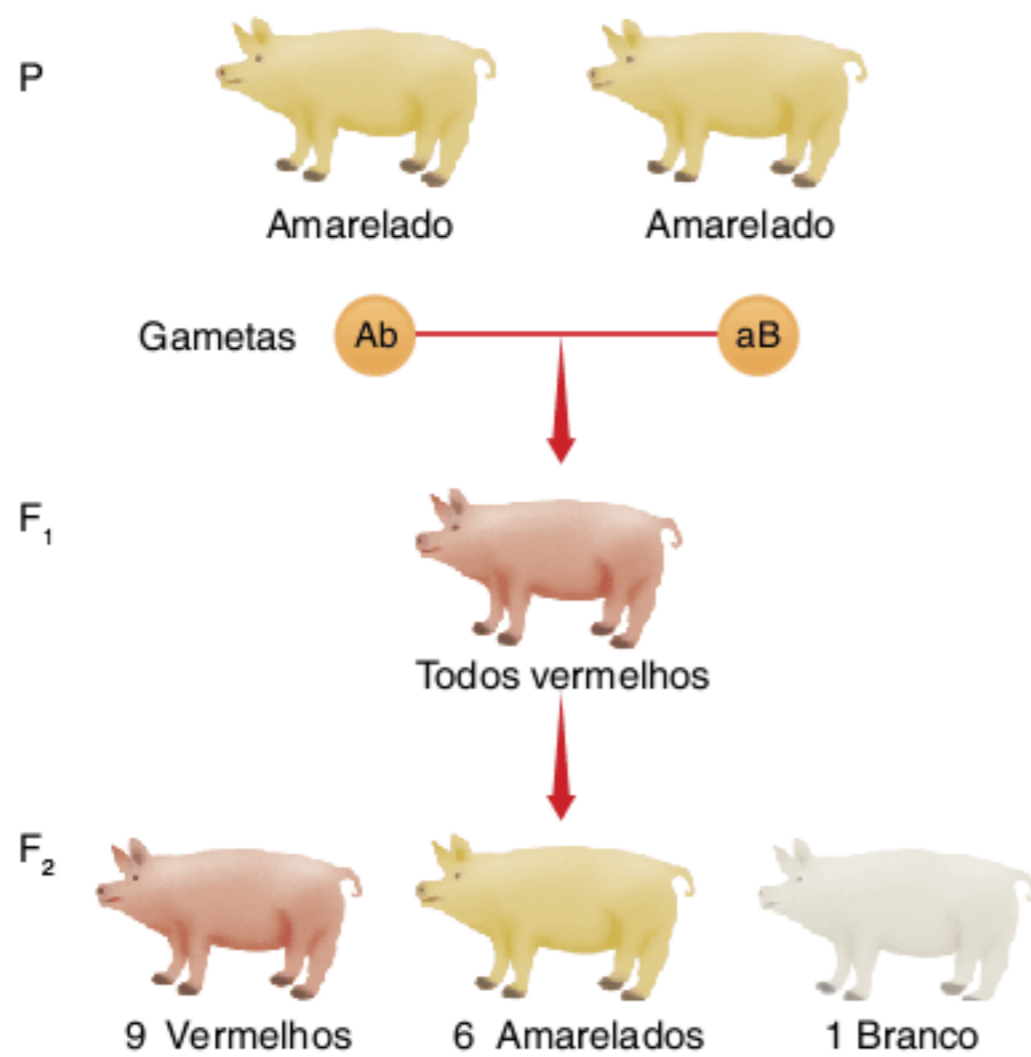
- a) Quais os genótipos paternos?
- b) Os genes em questão obedecem à Segunda Lei de Mendel? Justifique.

10 Na ervilha-de-cheiro existem dois pares de genes que condicionam a cor da flor (Cc e Pp). A presença do gene C ou P ou ausência de ambos produz flor branca. A presença de ambos simultaneamente produz flor púrpura.

Cruzando-se duas plantas de flores brancas, obtém-se em F1 plantas produtoras de flores coloridas, na proporção de 3 brancas:1 colorida. Os genótipos das plantas cruzadas são, respectivamente:

- (a) CCpp × ccPP.
- (b) CCpp × ccPp.
- (c) Ccpp × ccPP.
- (d) Ccpp × ccPp.
- (e) CcPp × CcPp.

11 Observe a figura.



Todas as alternativas contêm genótipos possíveis para os porquinhos vermelhos de F2, exceto:

- (a) AABB.
- (b) AaBB.
- (c) Aabb.
- (d) AaBb.
- (e) AABb.

12 UEL Em camundongos, a coloração da pelagem é determinada por dois pares de genes, Aa e Cc, com segregação independente. O gene A determina coloração aguti e é dominante sobre seu alelo a, que condiciona coloração preta. O gene C determina a produção de pigmentos e é dominante sobre seu alelo c, que inibe a formação de pigmentos, dando origem a indivíduos albinos. Do cruzamento de um camundongo preto com um albino, foram obtidos apenas descendentes agutis. Qual é o genótipo desse casal?

- (a) aaCC × aacc
- (b) Aacc × aaCc
- (c) aaCc × AAcc
- (d) AaCc × AaCc
- (e) aaCC × AAcc

13 UFMG Em camundongos, o tipo selvagem, encontrado comumente na natureza, apresenta pelagem de coloração acinzentada (aguti). Duas outras colorações são também observadas: preta e albina.

Observe os dois pares de genes envolvidos e os fenótipos relativos aos tipos de coloração dos camundongos.

$$\begin{aligned} A_B_ &= \text{Aguti} \\ A_bb &= \text{Preta} \\ aaB_ \text{ e } aabb &= \text{Albinos} \end{aligned}$$

Utilizando essas informações e seus conhecimentos, faça o que se pede.

- a) Do cruzamento entre camundongos preto e albino, obtiveram-se 100% de camundongos aguti. Dê os genótipos dos camundongos envolvidos no cruzamento.
- b) Do cruzamento de dois camundongos aguti, obtiveram-se descendentes na seguinte proporção: 9 aguti: 3 pretos: 4 albinos. Cite todos os genótipos possíveis para os camundongos albinos obtidos e apresente uma explicação para a alteração da proporção 9:3:3:1 (esperada em cruzamento de di-híbridos) para 9:3:4.
- c) Cite a probabilidade de se obterem camundongos pretos do cruzamento de albinos (duplos-homozigotos) com aguti (duplos-heterozigotos).

14 UFPR (Adapt.) Com base nos estudos de genética, é correto afirmar que:

- 01 uma planta de sementes brancas, autofecundada, será heterozigota para o caráter se, entre os seus descendentes, aparecerem alguns com sementes amarelas e outros com sementes brancas.
- 02 uma mulher do grupo sanguíneo A cuja mãe é do grupo O, casando-se com um homem doador universal, terá filhos apenas do grupo sanguíneo O.
- 04 indivíduos heterozigotos para duas características produzem quatro tipos de gametas.
- 08 na interação gênica, ou polimeria, os genes de um par agem combinando-se com outro par (ou outros pares), a fim de condicionar um determinado fenótipo.

Soma =

Linkage e mapas gênicos

18

FRENTE 1

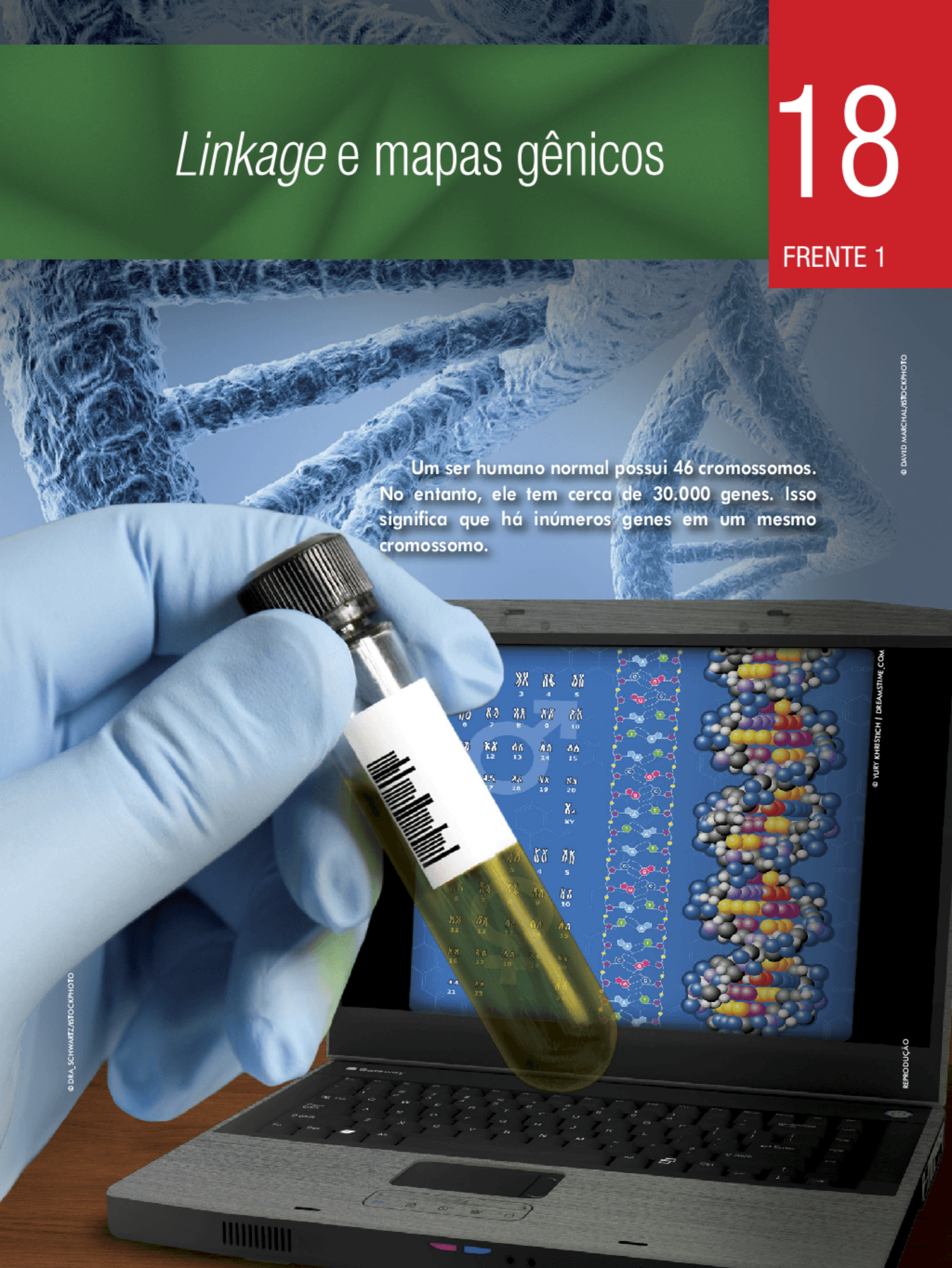
Um ser humano normal possui 46 cromossomos. No entanto, ele tem cerca de 30.000 genes. Isso significa que há inúmeros genes em um mesmo cromossomo.

© DAVID MARCHEL/ISTOCKPHOTO

© YURY KHRISTICH / DREAMSTIME.COM

REPRODUÇÃO

© DRA_SCHWARTZ/ISTOCKPHOTO



Ligação fatorial – linkage

No estudo da **Primeira Lei de Mendel**, analisamos uma característica de cada vez, sendo que cada característica é condicionada por um par de alelos situados em um par de cromossomos homólogos. Quando analisamos a **Segunda Lei de Mendel e suas variações**, trabalhamos com pelo menos dois pares de alelos, sendo que cada par de alelos localiza-se em um par de cromossomos homólogos.

A **ligação fatorial** analisa **dois ou mais pares de alelos, situados em um mesmo par de cromossomos homólogos**. Genes nessa condição estão em *linkage*, isto é, estão ligados. Assim, pode-se dizer que a herança analisada apresenta ligação fatorial (Fig. 1).



Fig. 1 Comparação entre as leis de Mendel e *linkage*. Na Primeira Lei de Mendel, analisa-se um par de alelos. Na Segunda Lei de Mendel, são analisados mais de um par de alelos, situados em diferentes pares de cromossomos homólogos. *Linkage* é a situação de diferentes pares de alelos dispostos ao longo de um único par de cromossomos homólogos.

Linkage e a formação de gametas

A formação de gametas com genes que estão ligados gera gametas que terão, necessariamente, cromossomos como mesmo par de genes. No caso de os genes **A** e **B** estarem ligados, os gametas que o indivíduo produzirá terão o mesmo cromossomo com ambos os genes. Dessa maneira, um **homozigoto recessivo (aabb)** produzirá apenas gametas (**ab**), e um **heterozigoto para A e homozigoto recessivo para B (Aabb)** formará gametas de dois tipos: **Ab** e **ab** (Fig. 2).

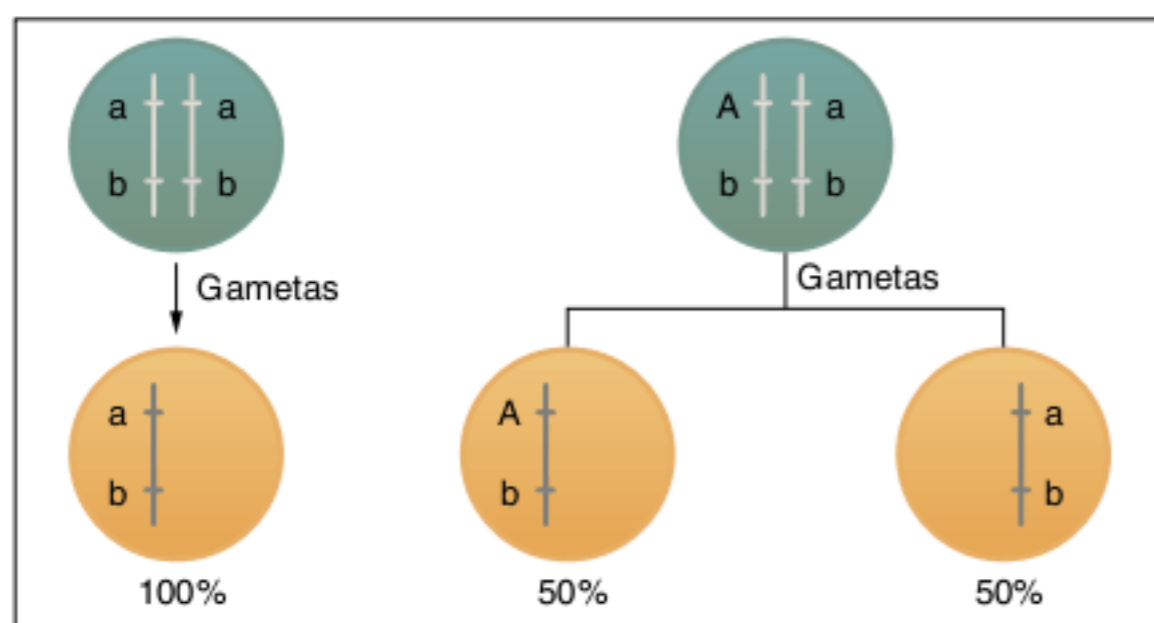


Fig. 2 O indivíduo homozigoto aabb gera apenas um tipo de gameta (ab). O indivíduo Aabb produz dois tipos de gametas (Ab e ab).

Os **duplos-heterozigotos (AaBb)** podem ser de dois tipos: *cis* e *trans*. O heterozigoto *cis* tem **genes dominantes em um mesmo cromossomo homólogo**. O heterozigoto *trans* apresenta cada um dos **cromossomos homólogos com um gene dominante e um gene recessivo**. Tanto o heterozigoto *cis* como o *trans* formam, por meio de meiose, dois tipos de gametas, mas não com a mesma constituição. Os gametas do heterozigoto *cis* são **AB** e **ab**; os gametas do heterozigoto *trans* são **Ab** e **aB** (Fig. 3).

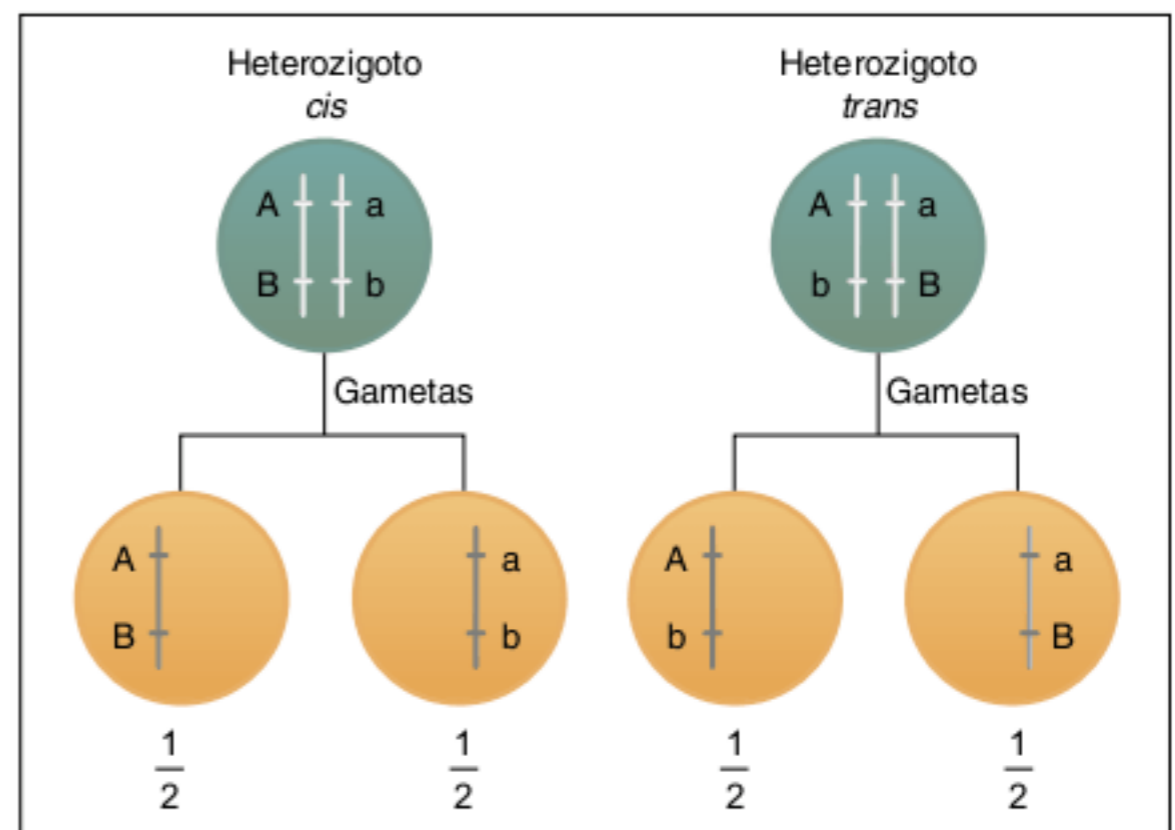


Fig. 3 Tipos de heterozigotos: o *cis* apresenta genes dominantes em um dos homólogos e genes recessivos em outro homólogo; o heterozigoto *trans* tem, em cada homólogo, um gene dominante e um gene recessivo.

Tomando como exemplo o heterozigoto *cis*, a formação de seus gametas envolve várias etapas, como a replicação do material genético, o pareamento de homólogos, a separação dos homólogos e a separação das cromátides-irmãs (Fig. 4). Mas, durante a formação dos gametas e os processos de divisão das células, podem ocorrer processos que geram novas possibilidades de conformação dos gametas.

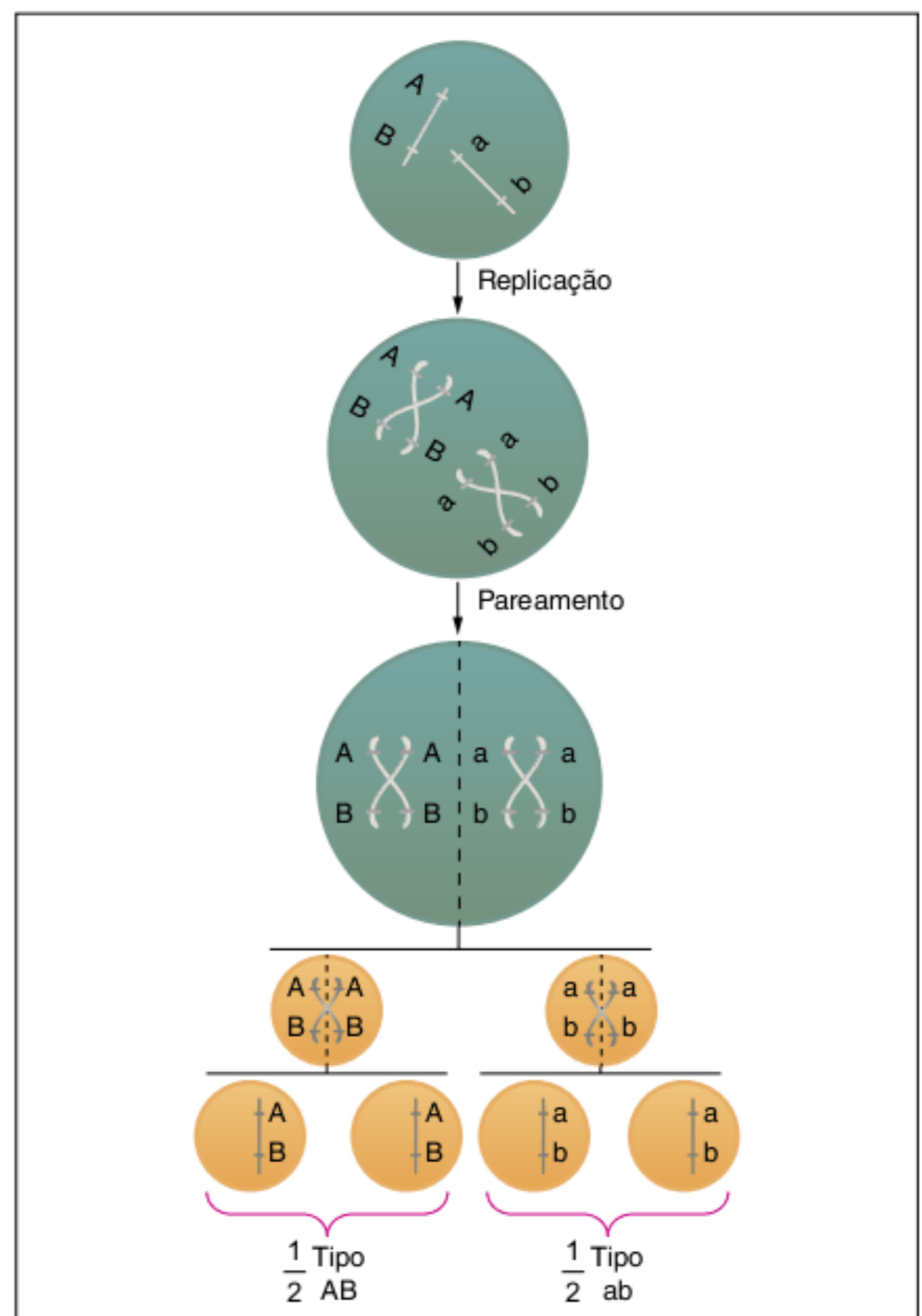


Fig. 4 Formação de gametas em heterozigoto *cis*; a meiose gera dois tipos de gametas: AB e ab.

Crossing-over

Os casos descritos de formação de gametas não levaram em consideração a ocorrência de *crossing-over* (**permutação ou recombinação**), que normalmente se verifica na **prófase I da meiose**, quando os cromossomos homólogos são tracionados por filamentos proteicos. Com o tracionamento dos homólogos, pode ocorrer quebras nas cromátides em pontos correspondentes, seguida de uma troca de pedaços entre os cromossomos homólogos; essa troca corresponde ao *crossing-over*. A meiose prossegue, com a separação dos homólogos, e, depois, com a separação das cromátides. No caso de um heterozigoto *cis*, o resultado é a formação de quatro tipos de gametas: **AB**, **Ab**, **aB** e **ab**.

Os gametas **AB** e **ab** apresentam a configuração original de genes e são denominados **gametas parentais**. Os gametas **aB** e **Ab** apresentam novas combinações de genes (resultantes do *crossing-over*) e são denominados **gametas recombinantes** (Fig. 5).

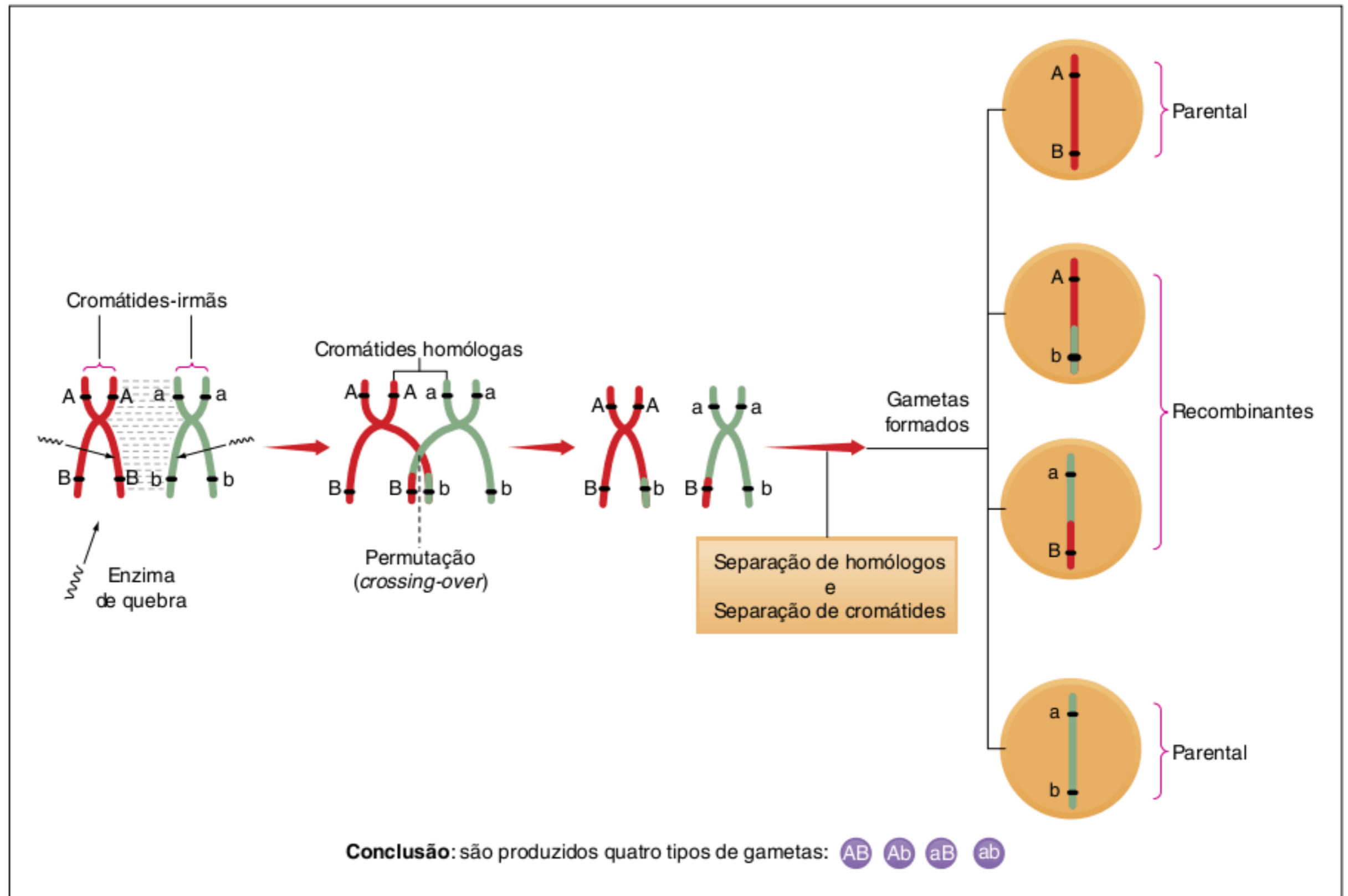


Fig. 5 Processo de *crossing-over* e os tipos de gametas formados. Gametas parentais têm a disposição original de genes. Gametas recombinantes têm genes em disposição alterada, resultante do *crossing-over*.

Porcentagem de gametas parentais e recombinantes

Considerando o duplo-heterozigoto *cis*, vamos supor que, na formação de seus gametas, 80% das células sofram *crossing-over* nas regiões entre os genes **A** e **B**. Se uma célula gera quatro gametas, então 100 células produzirão 400 gametas no final da meiose. Empregando esses números, pode-se entender alguns conceitos fundamentais (Fig. 6).

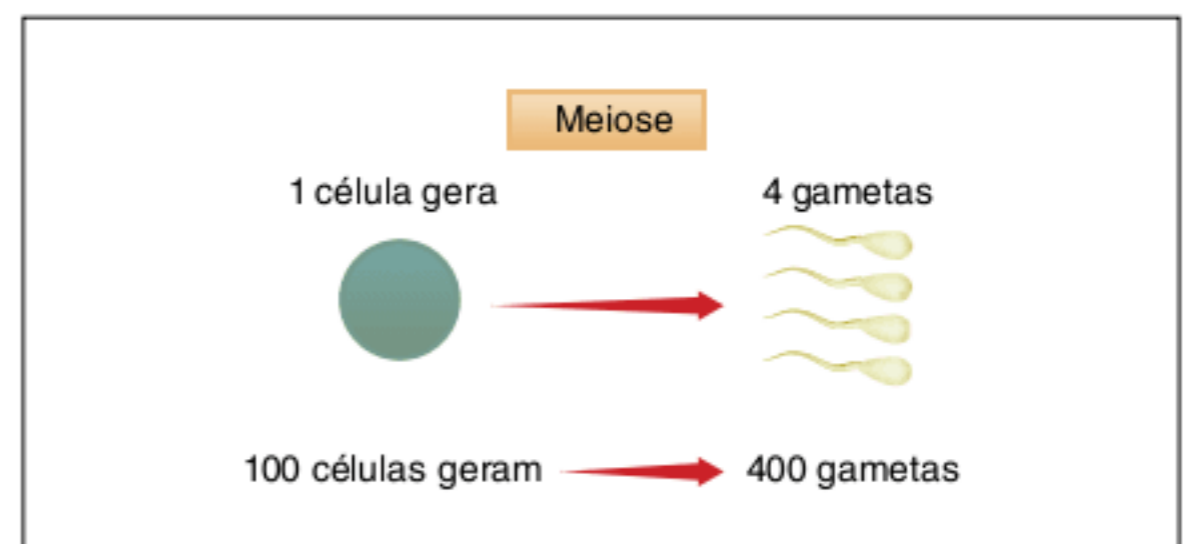


Fig. 6 Proporções na formação de gametas. Para efetuar os cálculos, é necessário lembrar que uma célula gera, por meio de meiose, quatro gametas.

- Se em 100 células, 80% apresentarem *crossing-over*, serão 80 células que gerarão 320 gametas com permutação (80×4).
- Dessas 100 células, 20 gerarão 80 gametas sem permutação (20×4).
- O total será de 400 gametas (320 com permuta gênica + 80 sem permuta) (Fig. 7).

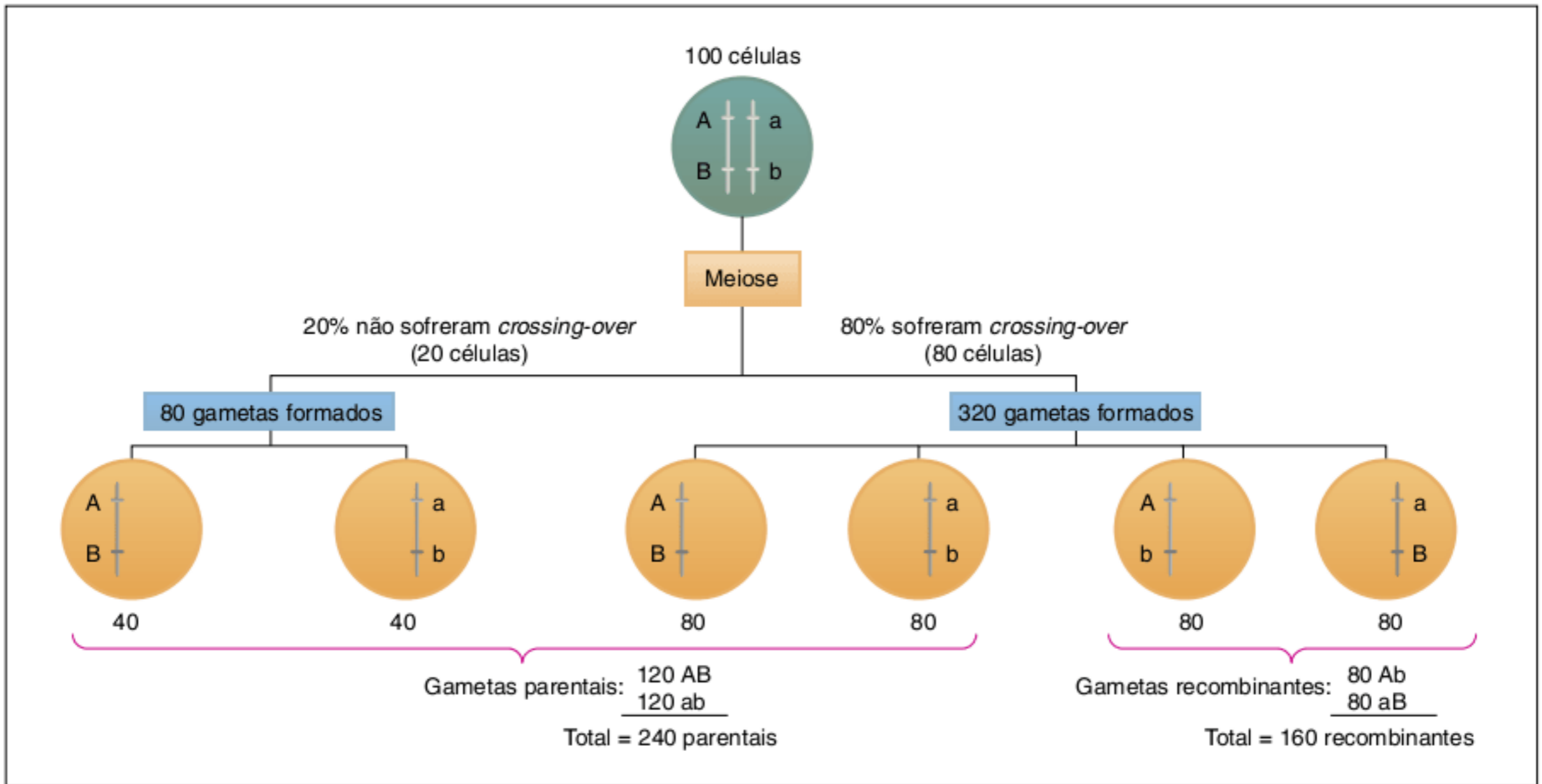


Fig. 7 Proporção na formação de gametas com ocorrência de *crossing-over*. Nesse fenômeno, os gametas parentais são mais abundantes do que os recombinantes.

Assim, nos 400 gametas produzidos pelo heterozigoto *cis*, haverá os seguintes genótipos:

- $120 \text{ ab} \rightarrow \frac{120}{400} = \frac{30}{100} = 30\% \text{ ab}$
- $120 \text{ AB} \rightarrow \frac{120}{400} = \frac{30}{100} = 30\% \text{ AB}$
- $80 \text{ Ab} \rightarrow \frac{80}{400} = \frac{20}{100} = 20\% \text{ Ab}$
- $80 \text{ aB} \rightarrow \frac{80}{400} = \frac{20}{100} = 20\% \text{ aB}$

Como resultado, haverá 60% de gametas parentais (30% de **ab** e 30% de **AB**) e 40% de gametas recombinantes (20% de **Ab** e 20% de **aB**); sendo, portanto, a **taxa de recombinação (TR)** de 40%. Isso permite fazer algumas generalizações importantes.

- 1ª Os gametas parentais são mais abundantes que os recombinantes.
- 2ª A taxa de recombinação (TR = 40%) está vinculada à porcentagem de células que sofrem *crossing-over* (80% no exemplo hipotético apresentado). Assim, temos:

$$\text{TR} = \frac{\% \text{ de células que sofrem } \textit{crossing-over}}{2}$$

Se todas as células sofressem *crossing-over* (100%), a TR teria o valor de 50% (que é o valor teórico máximo da TR).

Mapas genéticos

Mapas genéticos consideram a posição e a distância dos genes em um cromossomo. Considerando a estrutura física de um cromossomo, sabe-se que os genes se encontram em posição linear. Isso permite saber quais as chances de ocorrer permuta com determinado gene e também saber quais genes estão mais intimamente relacionados.

Consideremos um triplo heterozigoto *cis* **FfGgHh** hipotético; seus genes estão dispostos ao longo de cada cromossomo homólogo, sendo **G** situado entre **F** e **H**, porém mais próximo de **F** (Fig. 8).

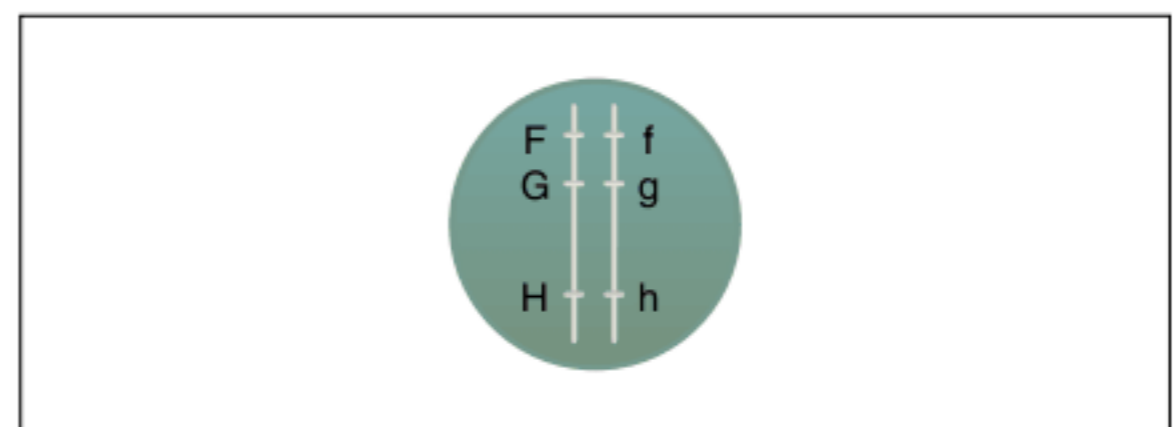


Fig. 8 Mapa genético: representação da disposição dos genes em cromossomos homólogos.

Durante a prófase I da meiose, pode ocorrer *crossing-over* envolvendo os três genes. No entanto, os genes **F** e **H** têm maior probabilidade de participar de um *crossing-over*; isso está relacionado com os seguintes fundamentos:

- 1º A probabilidade de ocorrência de quebra no cromossomo é a mesma ao longo de todo o cromossomo.
- 2º Genes com maior distância entre si apresentam mais pontos sujeitos à quebra, apresentando, por isso, maior chance de ocorrência de *crossing-over* (e maior taxa de recombinação). Genes muito próximos têm pequena probabilidade de ocorrência de *crossing-over*, tendendo a zero.

No exemplo dado, além de **F** e **H** apresentarem maior probabilidade de recombinação do que os genes **F** e **G**, os genes **G** e **H** têm uma porcentagem de recombinação intermediária em relação aos outros dois casos apresentados.

Há uma convenção que relaciona a taxa de recombinação e a distância entre os genes:

Taxa de recombinação = unidade de distância

A unidade de distância é tradicionalmente conhecida como **morganídeo**; atualmente, emprega-se o termo **centimorgan**; essas denominações são referências ao geneticista Thomas Morgan (leia o Texto Complementar). Como foi visto, a taxa de recombinação não ultrapassa 50%, e, por isso, a máxima distância entre dois genes é de 50 unidades de recombinação, ou 50 centimorgans.

Referências para a resolução de exercícios

Há alguns pontos que devem ser bem fixados para facilitar a resolução de exercícios relacionados a *linkage* e *crossing-over* (Fig. 9).

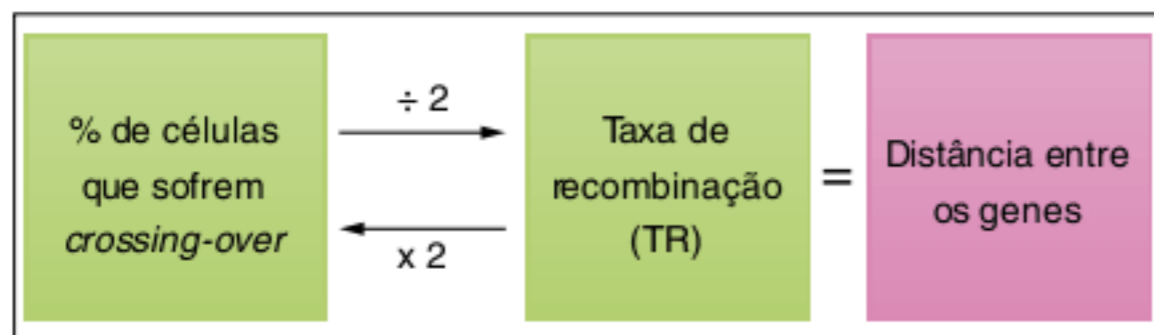


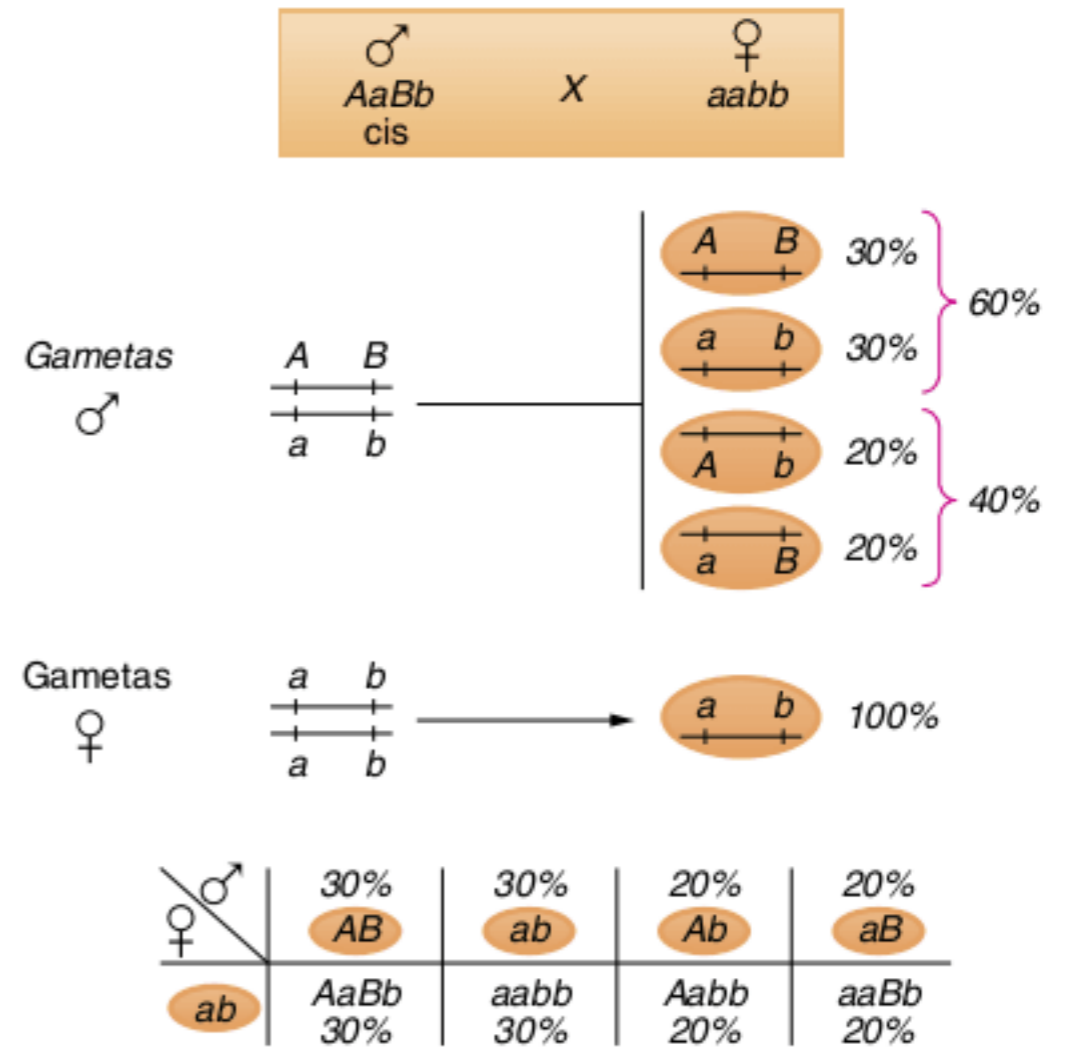
Fig. 9 Aspectos principais envolvidos na construção de mapas genéticos. Há uma relação entre a porcentagem das células que sofrem *crossing-over* e a taxa de recombinação, sendo esta a indicadora da distância entre os genes.

Outro aspecto importante diz respeito à formação de gametas. Um duplo-heterozigoto *cis* (**AaBb**) forma quatro tipos de gametas, e os recombinantes são menos abundantes. Já um duplo-recessivo (**aabb**) forma um único tipo de gameta (**ab**), não importando se ocorre ou não *crossing-over*.

Exercício resolvido

- 1 Qual é a proporção genotípica esperada do cruzamento entre um heterozigoto (**AaBb**) com uma fêmea duplamente recessiva (**aabb**), sabendo-se que a taxa de recombinação é de 40%? Dados: TR = 40%.

Resolução:



A proporção genotípica esperada será de $\frac{3}{10}$ de **AaBb**, $\frac{3}{10}$ de **aabb**, $\frac{2}{10}$ de **Aabb** e $\frac{2}{10}$ de **aaBb**.

Dessa forma, promovendo cruzamentos-testes e determinando as taxas de permutação que ocorre nos genes, pode-se descobrir a distância entre os genes localizados no mesmo cromossomo e estabelecer a localização de um gene em relação a outros, montando, assim, o mapa genético de um cromossomo e mesmo de um indivíduo.

A permutação gênica, também conhecida como *crossing-over*, é um processo que gera maior variabilidade genética nas populações, por gerar gametas distintos e proles mais diversificadas. Isso é de suma importância para a manutenção das espécies, pois maior variabilidade permite maiores chances de adaptação dos organismos.

Revisando

1 O que são genes em *linkage*? O que a herança com ligação fatorial considera?

2 Como são formados os gametas a partir de células que possuem genes ligados? Cite um exemplo.

3 Que tipos de duplo-heterozigoto podem ser considerados em herança com ligação fatorial? Qual a diferença entre eles?

4 Que tipos de gametas podem ser formados pelos duplos-heterozigotos com ligação fatorial?

5 O que é *crossing-over*?

6 Que tipo de consequências o *crossing-over* gera para uma espécie?

7 Como ocorre *crossing-over* e em que momento da vida da célula ele ocorre?

8 Que tipos de gametas podem ser formados pelos duplos-heterozigotos com ligação fatorial que sofreram permutação?

9 Como pode ser calculada a porcentagem de gametas recombinantes formados em decorrência de permutação?

10 O que são mapas genéticos? Que tipo de informação eles podem oferecer sobre permutação?

11 Que convenção relaciona a taxa de recombinação e a distância entre os genes?

Exercícios propostos

1 Fuvest 2005 Foram realizados cruzamentos entre uma linhagem pura de plantas de ervilha com flores púrpuras e grãos de pólen longos e outra linhagem pura com flores vermelhas e grãos de pólen redondos. Todas as plantas produzidas tinham flores púrpuras e grãos de pólen longos. Cruzando-se essas plantas heterozigóticas com plantas da linhagem pura de flores vermelhas e grãos de pólen redondos, foram obtidas 160 plantas.

- 62 com flores púrpuras e grãos de pólen longos.
- 66 com flores vermelhas e grãos de pólen redondos.
- 17 com flores púrpuras e grãos de pólen redondos.
- 15 com flores vermelhas e grãos de pólen longos.

Essas frequências fenotípicas obtidas não estão de acordo com o esperado, considerando-se a Segunda Lei de Mendel (Lei da Segregação Independente).

- a) De acordo com a Segunda Lei de Mendel, quais são as frequências esperadas para os fenótipos?
- b) Explique a razão das diferenças entre as frequências esperadas e as observadas.

2 UFRJ 2006 Um pesquisador está estudando a genética de uma espécie de moscas, considerando apenas dois locos, cada um com dois genes alelos:

Loco 1 – Gene A (dominante) ou gene a (recessivo).

Loco 2 – Gene B (dominante) ou gene b (recessivo).

Cruzando indivíduos AABB com indivíduos aabb, foram obtidos 100% de indivíduos AaBb que, quando cruzados entre si, podem formar indivíduos com os genótipos mostrados na tabela 1. Sem interação entre os dois locos, as proporções fenotípicas dependem de os referidos locos estarem ou não no mesmo cromossomo.

Tabela 1

Gametas	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AAbB	AAbb	AabB	Aabb
aB	aABB	aABb	aaBB	aaBb
ab	aAbB	aAbb	aabB	aabb

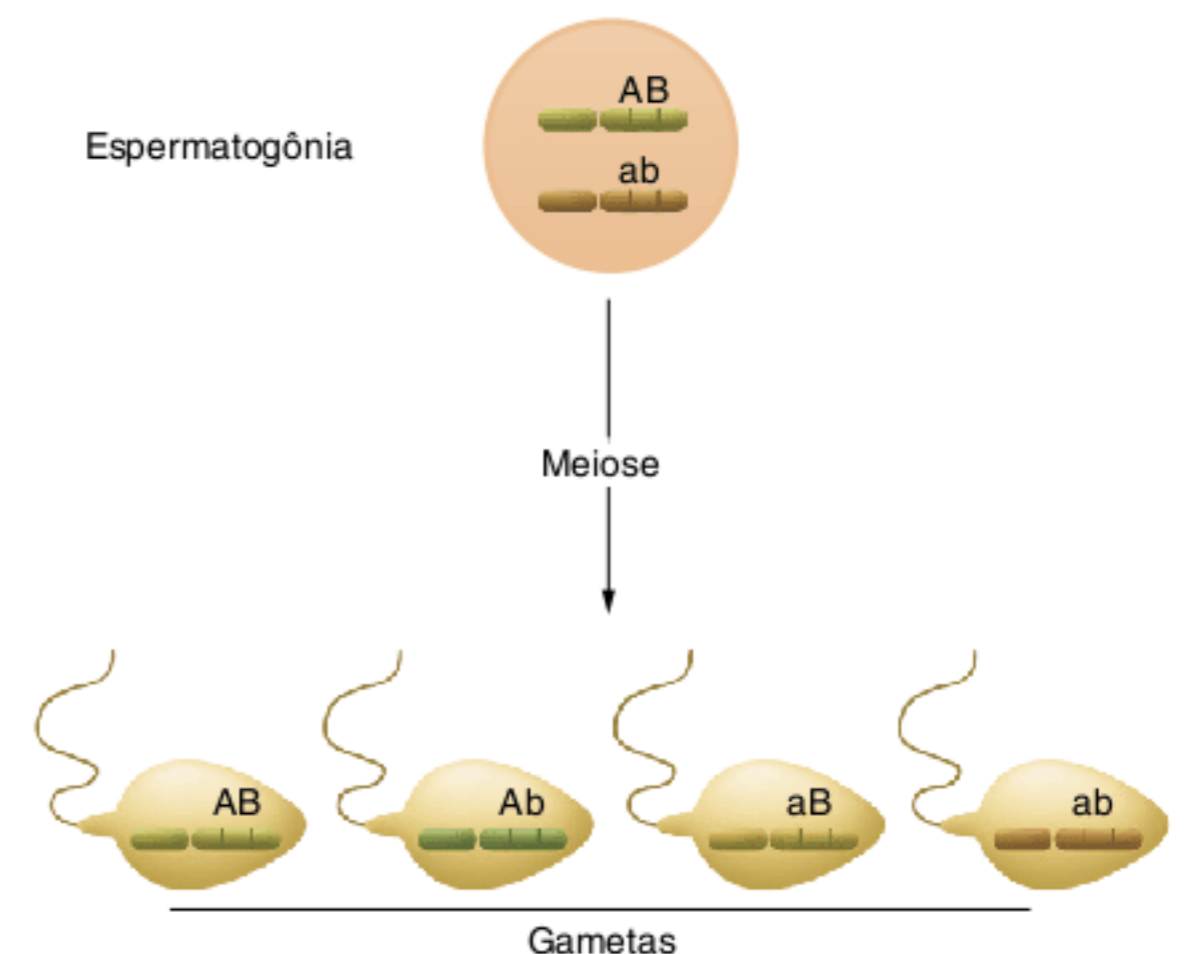
Na tabela 2, estão representadas duas proporções fenotípicas (casos 1 e 2) que poderiam resultar do cruzamento de dois indivíduos AaBb.

Tabela 2

Fenótipos	Caso 1	Caso 2
A_ B_	9	7
A_ bb	3	7
aa B_	3	1
aa bb	1	1
Total	16	16

Identifique qual dos dois casos tem maior probabilidade de representar dois locos no mesmo cromossomo. Justifique sua resposta.

3 UFPE 2006 Analise as proposições a seguir, considerando a seguinte situação: em uma amostra de 100 (cem) espermatogônias de um organismo genotipicamente (AB//ab), ocorreu permutação meiótica entre os locos A e B, em 20 (vinte) espermatogônias, tendo sido observada uma segregação gamética como ilustrado na figura.



- O número de gametas AB deverá ser idêntico ao de gametas ab.
- A frequência de gametas recombinantes deverá ser igual à de gametas não recombinantes.
- Trezentos e sessenta gametas não recombinantes são esperados.
- Vinte gametas recombinantes são esperados no caso descrito.
- A taxa de recombinação no caso citado é de 10%; logo, os locos A e B distam de 10 unidades de mapa.

4 UFPE 2006 Dois fenótipos de interesse econômico, em milho, são determinados, respectivamente, pelos locos A e B, ambos com dominância completa. Plantas homocigóticas, fenotipicamente (AB), foram cruzadas com plantas de fenótipo (ab). A F1, fenotipicamente (AB), foi retrocruzada com o pai duplo-recessivo, obtendo-se uma F2, como mostrado no quadro.

P	(AB) x (ab)
F1	(AB)
Retrocruzamento da F1	(AB) x (ab)
F2	(AB) (Ab) (aB) (ab) 35% 15% 15% 35%

Analise as proposições a seguir quanto à correção.

- Trata-se de um caso de ligação gênica. A geração P é genotipicamente (AB//AB) x (ab//ab).
- Em 60% das células formadoras de gametas da F1, ocorreu permutação entre os locos A e B.
- A taxa de recombinação no caso mostrado é de 30%.
- Os locos A e B distam entre si de 35 unidades de mapa.
- Em 35% das células gaméticas da F1, ocorreu recombinação.

5 UFPel 2006 Uma determinada espécie vegetal apresenta variação para cor da flor – roxo e branco –, cor do hipocótilo – roxo e verde – e pilosidade no cálice da flor – com (piloso) e sem (glabro). A cor roxa da flor e do hipocótilo e a presença de pilosidade são dominantes. Em todos os cruzamentos realizados entre plantas fenotipicamente diferentes e após avaliações em várias gerações segregantes, foi observado que em todas as plantas que apresentavam flores roxas, o hipocótilo era roxo; e, em todas as plantas que apresentavam flores de cor branca, o hipocótilo era verde (situação 1). Entretanto, ao cruzarem um duplo-heterocigoto para os caracteres cor da flor e pilosidade no cálice da flor com um duplo-recessivo, foi observada na progênie a seguinte proporção (situação 2).

Fenótipo	Proporção
Flor roxa e cálice piloso	45%
Flor branca e cálice glabro	45%
Flor roxa e cálice glabro	5%
Flor branca e cálice piloso	5%

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- (a) a primeira situação pode representar um caso de pleiotropia, e a segunda mostra um caso de ligação gênica.
- (b) a primeira situação pode representar um caso de pleiotropia, e a segunda evidencia uma segregação independente dos genes.
- (c) a primeira situação evidencia ligação gênica, e a segunda mostra a segregação independente dos genes.
- (d) em ambas as situações ficou evidenciado o efeito pleiotrópico entre os genes.
- (e) em ambas as situações ficou evidenciada a ligação gênica, sendo que, na segunda, a ligação é mais forte do que na primeira, o que, mostra uma distância menor entre os genes.

6 UEL 2009 Na cultura do pepino, as características de frutos de cor verde-brilhante e textura rugosa são expressas por alelos dominantes em relação a frutos de cor verde-fosco e textura lisa. Os genes são autossômicos e ligados com uma distância de 30 u.m. (unidade de mapa de ligação).

Considere o cruzamento entre as plantas duplo-heterocigotas, em arranjo *cis* para esses genes, com plantas duplo-homocigotas de cor verde-fosco e textura lisa.

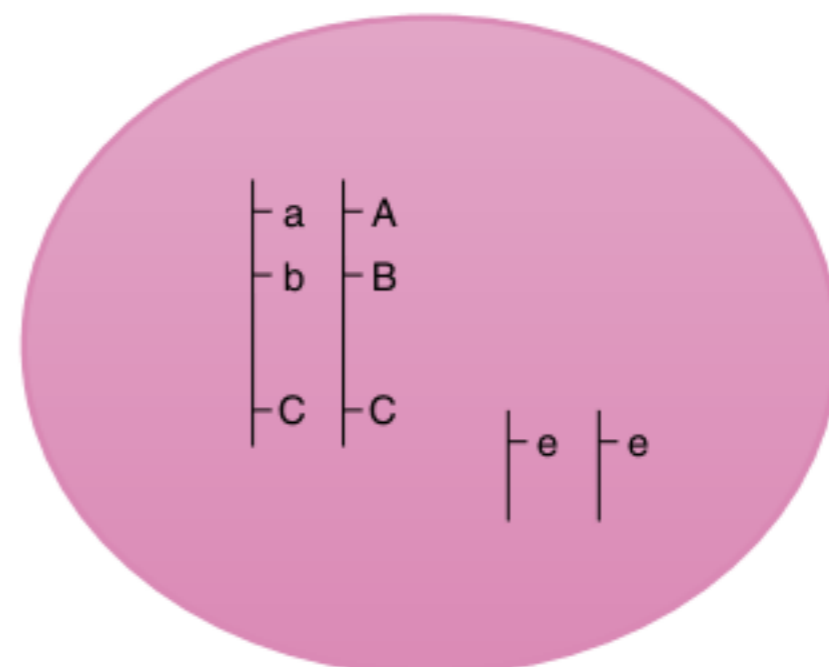
Com base nas informações e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir, com as proporções esperadas destes cruzamentos.

- I. 15% dos frutos serão de cor verde-fosco e textura rugosa.
- II. 25% dos frutos serão de cor verde-fosco e textura lisa.
- III. 25% dos frutos serão de cor verde-brilhante e textura lisa.
- IV. 35% dos frutos serão de cor verde-brilhante e textura rugosa.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- (b) Somente as afirmativas II e III são corretas.
- (c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- (d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- (e) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.

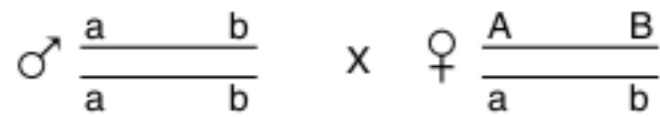
7 UFRGS 2005 O esquema a seguir refere-se a uma célula diploide que, durante a meiose, sofrerá permutação entre os genes A e B.



Assinale a alternativa que apresenta todos os tipos de gametas normais que podem ser formados por essa célula.

- (a) AbCe; abCe; aBCe; ABCe.
- (b) AbC; e; aBC; e.
- (c) AbCe; ABCe.
- (d) AbCe; aBCe.
- (e) AabCe; AaBCe; AbCe; aBCe.

8 UFPE 2005 A frequência de recombinação entre os locos A e B é de 10%. Em que percentual serão esperados descendentes de genótipo AB//ab, a partir de progenitores com os genótipos mostrados na figura?



- (a) 5%
- (b) 90%
- (c) 45%
- (d) 10%
- (e) 20%

9 Unifesp 2005 Os locos M, N, O, P estão localizados em um mesmo cromossomo. Um indivíduo homocigótico para os alelos M, N, O, P foi cruzado com outro homocigótico para os alelos m, n, o, p. A geração F1 foi então retrocruzada com o homocigótico m, n, o, p. A descendência desse retrocruzamento apresentou:

- 15% de permuta entre os locos M e N;
- 25% de permuta entre os locos M e O;
- 10% de permuta entre os locos N e O.

Não houve descendentes com permuta entre os locos M e P.

Responda:

- a) Qual a sequência mais provável desses locos no cromossomo? Faça um esquema do mapa genético desse trecho do cromossomo, indicando as distâncias entre os locos.
- b) Por que não houve descendentes recombinantes com permuta entre os locos M e P?

10 UFV Considere que os genes autossômicos, identificados nos cromossomos (I e II), correspondam a aptidões para aprender biologia (B), matemática (M) e tocar guitarra (G). Em um dado loco, um indivíduo com genótipo recessivo não apresenta aptidão; um indivíduo heterocigoto apresenta aptidão mediana; e um indivíduo homocigoto dominante apresenta maior aptidão.

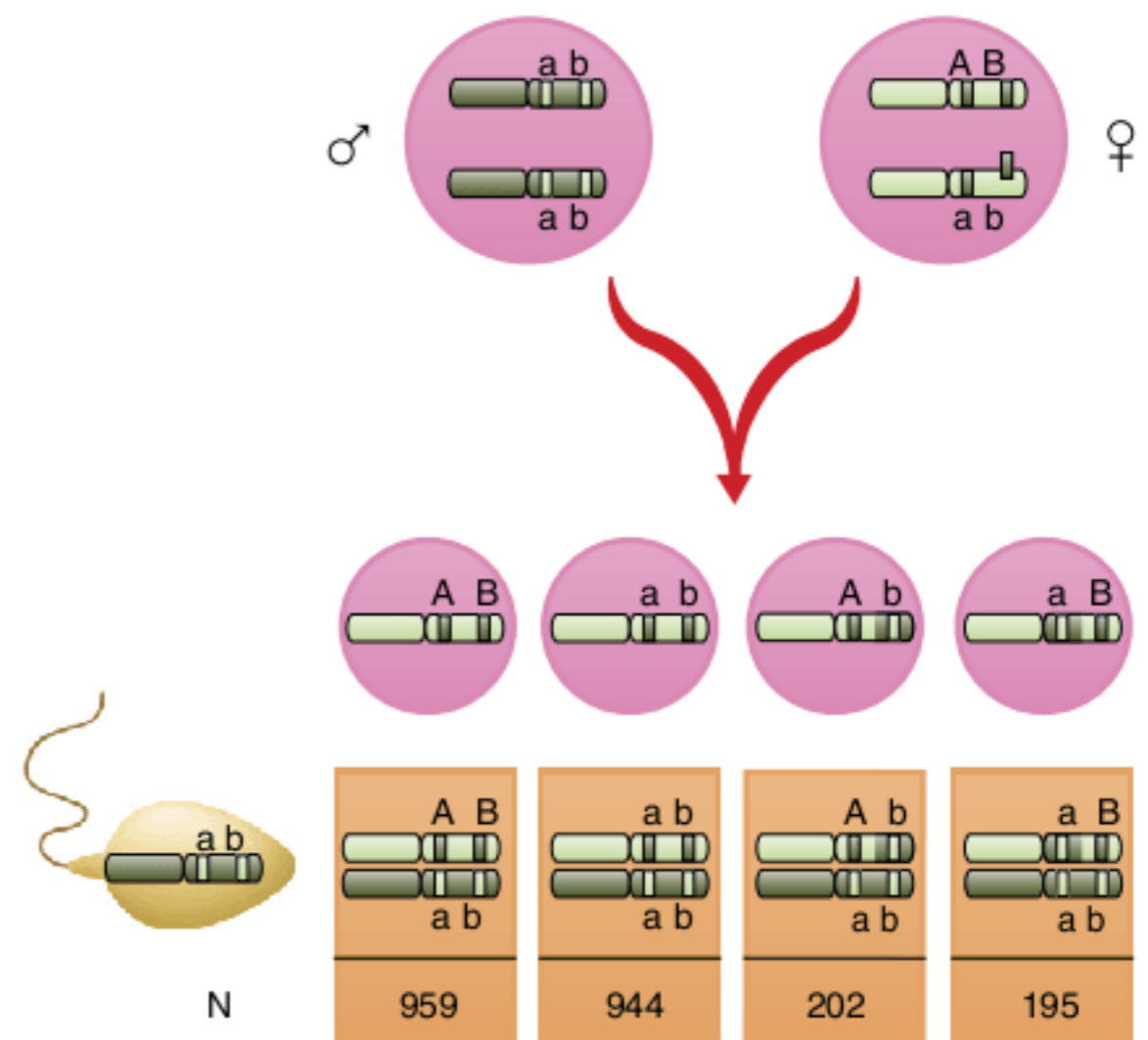


Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Um casal (P1), formado por um indivíduo triplo homocigoto dominante e outro triplo homocigoto recessivo, poderá esperar descendentes (F1) com qual(is) genótipo(s)?
- b) Se um descendente (F1) se casar com um indivíduo sem aptidão para as três habilidades, qual a probabilidade de esse casal ter uma criança com aptidão mediana para matemática?

- c) Qual o nome do mecanismo genético, proposto por Thomas Hunt Morgan, que permitiria ao casal do item b ter filhos com aptidão mediana para aprender biologia, mas sem aptidão para tocar guitarra?
- d) Quais os locos cuja herança não resultará em proporções segregantes dentro dos padrões da Segunda Lei de Mendel?
- e) Uma mãe sem aptidão para aprender biologia e tocar guitarra, mas com aptidão mediana para aprender matemática, terá 100% dos filhos(as) com aptidão no mínimo mediana para as três características, ao se casar com um indivíduo com genótipo _____.

11 UFPE Quando dois genes estão em um mesmo cromossomo, existe uma ligação gênica. A taxa de recombinação entre eles dependerá do quanto estiverem afastados um do outro, no cromossomo. A esse propósito, analise a figura e as afirmações feitas a seguir.



- A frequência de recombinação entre os locos A e B é de 17%.
- A probabilidade do aparecimento de um indivíduo AB//ab, a partir do cruzamento indicado, é de aproximadamente 42%.
- Se, em 100% das células germinativas da fêmea, ocorrer permutação entre os locos A e B, cada tipo de gameta recombinante (Ab e aB) aparecerá com frequência de 25%.
- Se, em 50% das células produtoras de gametas, ocorrer permutação entre os locos A e B, os gametas não recombinantes e os recombinantes surgirão nas proporções esperadas de 1:1:1:1.
- Considerando o cruzamento ilustrado na figura, pode-se inferir que ocorreu permutação (ou *crossing-over*), em 8,5% das células formadoras de gametas.

Os estudos de Thomas Morgan e sua contribuição com as teorias de Mendel

Pesquisador que realizou experimentos com as moscas-das-frutas determinou o início do mapeamento genético na história

Thomas Hunt Morgan, importante embriologista da Universidade de Columbia (Nova Iorque – EUA), realizou, a partir da década de 1910, aprofundados trabalhos e estudos genéticos com a espécie *Drosophila melanogaster*. Assim começou o capítulo da vida de Morgan com as moscas-das-frutas.

Morgan se interessou pelas variações observadas na espécie e estabeleceu um grupo de estudos para determinar como os caracteres se alteravam na população ao longo do tempo. Na chamada “sala das moscas”, ele e seu grupo desenvolveram uma pesquisa genética inovadora. Sua crença inicial era de que o comportamento dos cromossomos não explicaria os fatores hereditários, mas, após seus estudos, Morgan tornou-se o principal defensor da ideia.

A pesquisa de Morgan e de seus alunos resultou na ideia da **teoria cromossômica da herança**. Morgan conseguiu responder uma das grandes dúvidas que pairavam na época, sobre os tais “fatores hereditários” postulados por Mendel. Em 1933, Morgan recebeu o Prêmio Nobel de Medicina por seu trabalho e o dividiu com seus filhos e com os seus colegas de longa data.

Toda a aparente simplicidade das moscas estudadas por Morgan permitiu que elas fossem um importante modelo para o estudo da transmissão de caracteres hereditários. Elas são um excelente material biológico para trabalhos experimentais de genética devido às suas características como ciclo de vida curto, descendência em número elevado, fácil distinção dos sexos, grande variedade de caracteres de fácil distinção e o cariótipo com apenas quatro pares de cromossomos (1 sexual e 3 autossômicos).

Cerca de um século depois, essas mosquinhas continuam sendo utilizadas em estudos de genética. O livro *O Projeto Genoma Humano*, de Mônica Teixeira, mostra como os estudos de Morgan contribuíram para o desenvolvimento dessa ciência. Leia alguns trechos a seguir.

“Tem sido um animalzinho importante para a história da biologia a *Drosophila melanogaster*, a popular mosca-das-frutas. Há quem pense até que esse inseto de corpo estriado merece, se não uma estátua, ao menos um busto em bronze próximo a algum ponto turístico do vasto continente criado pelos pesquisadores da hereditariedade. A drosófila e seus quatro cromossomos encontraram a fama através do engenho do zoólogo norte-americano Thomas Hunt Morgan. Fontes abalizadas descrevem-no como pioneiro de uma tradição que nascia para a biologia no final do século 19, quando o pesquisador completava sua formação no Laboratório Marítimo da deslumbrante Nápoles. Afirma um de seus continuadores que, na Itália, Morgan aprendeu ‘a importância de perseguir uma abordagem mais experimental do que descritiva para o estudo da biologia’ – justamente a tendência que atinge expressão máxima nesta transição para o século 21. Quando

se conta a história da genética, Morgan e a família *Drosophila* aparecem sempre de mãos dadas. O uso da mosca-das-frutas como modelo experimental é um legado tão grande quanto as descobertas que fez ou ajudou a fazer.

Em 1910, Morgan já voltara da Europa e iniciara um período fecundo de 18 anos de trabalho na Universidade de Columbia, em Nova York. Criou o *Fly Room* (Sala das Moscas) em seu laboratório – uma coleção de garrafas de leite tapadas com estopa que servia como criadouro de moscas –; e reuniu em torno de si um grupo de estudantes com quem compartilhou o prazer de se deixar surpreender pelo inesperado dos resultados de seus experimentos. Um desses alunos, Alfred Sturtevant, registrou ter aprendido com Morgan a não evitar se deixar confundir pelas moscas. Do *Fly Room* de Columbia nasceram as mais importantes concepções da genética depois de Gregor Mendel e antes de James Watson e Francis Crick. As moscas-das-frutas foram as parceiras do grupo, e continuam sendo benquistas pelos cientistas de hoje – como assinala o fato de a espécie estar entre as primeiras a ter o genoma completamente sequenciado. Drosófilas reproduzem-se depressa – mil ovos por vez, 30 gerações por ano –; é fácil diferenciar o macho da fêmea pelo tamanho e pelo aspecto; ocupam pouco espaço; e mantê-las vivas é barato. Quando Morgan e seus alunos começaram, ainda não havia fundos públicos para a pesquisa; portanto, essa última qualidade revestia-se de um caráter decisivo – bastava ter bananas no laboratório para fazer do *Fly Room* a residência de uma multidão de moscas.

Morgan e seus colaboradores debruçaram-se sobre as drosófilas em busca da resposta para um dos grandes problemas científicos daquele início do século 20: encontrar os ‘fatores hereditários’ que Mendel postulava para prever como seria a descendência de ervilhas-de-cheiro de casca rugosa quando cruzadas com ervilhas-de-cheiro de casca lisa; ou que porcentagem de ervilhas amarelas, de talo curto, seria obtida do cruzamento delas com ervilhas verdes, de talo longo, por exemplo. Fazia menos de dez anos que o trabalho do abade austríaco emergira para o conhecimento dos naturalistas, apesar de ter sido publicado em 1866 – e causara sensação.

Morgan começou a criar moscas por duvidar das conclusões de Mendel; buscava entre elas as diferentes, as ‘mutantes’, como se consagrou chamar. Queria seguir a trilha que o método de Mendel abria para o estudo das relações entre ascendentes e descendentes para desmenti-lo. Confirmou-o amplamente quando encontrou no *Fly Room* um macho mutante de olhos brancos – olhos vermelhos é o mais comum na espécie. ‘Casou-o’ com uma fêmea de olhos vermelhos; e acompanhou a avenida que lhe abriu o prolífico par, como antes fizera Mendel com as ervilhas-de-cheiro. À aparência dos milhares de descendentes deu tratamento estatístico – à *la Mendel*. Do brilho dos estudantes e do método, aplicado a centenas de mutantes diferentes de drosófilas, nasceu a demonstração, para além da controvérsia científica, de que os ‘fatores hereditários’ (hoje, diríamos genes)

se encontram nos cromossomos; de que há traços – como o olho branco da mosca – cuja herança se liga ao sexo (somente machos têm olhos brancos); de que os fatores ligados a determinadas características dispõem-se linearmente nos cromossomos, em unidades separadas entre si. Dessa última ideia nasceu o primeiro mapa da posição de genes sobre um cromossomo; sem mapas, não haveria genomas completos sequenciados. A invenção desse primeiro de todos os mapas genéticos deu-se no *Fly Room* de Morgan, resultado de uma conversa dele com Sturtevant, que tinha então 19 anos – cinco menos que Watson quando participou da concepção da hélice dupla.

Pelo conjunto da sua contribuição à ciência, Morgan recebeu o Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia, nome oficial do prêmio, de 1933. Dividiu o dinheiro com Sturtevant e outro de seus alunos, Calvin Bridges, que legou para a comunidade dos especialistas em drosófilas o mapa, ainda em uso, da posição de genes nos cromossomos gigantes das glândulas salivares da mosca-das-frutas. Outro aluno de Morgan na Universidade de Columbia, Hermann Joseph Muller, mostrou em 1927 que raios X e raios gama induzem mutações em organismos. Dessa maneira, ‘foi criada pela primeira vez a possibilidade de influenciar a massa hereditária artificialmente’, segundo o discurso de concessão do Nobel de Medicina e Fisiologia. O animal de laboratório que Muller escolheu para fazer seus experimentos era a drosófila, claro. Se algum dia o busto de bronze for erigido em homenagem

às bilhões de moscas que, ainda que involuntariamente, tiveram suas vidas e suas proles devotadas à experimentação biológica, alguém poderá providenciar uma inscrição: ‘Prêmio Nobel (duas vezes) por Relevantes Serviços Prestados à Pesquisa Científica’.

Toda essa abnegação às exigências do chamado avanço do conhecimento, no entanto, não bastou para que as moscas-das-frutas se mantivessem únicas no topo da preferência dos biólogos da segunda metade do século 20, a partir das descobertas de Linus Pauling, que pôs de pé as proteínas, e de Watson e Crick, que ‘inventaram’ o DNA contemporâneo. Há laboratórios que buscam entender o comportamento delas a partir de seus genes; neles, elas continuam voando, soberanas; mas, depois que a escola de Morgan (como ensinam os que contam hoje a história da moderna biologia) ofereceu a quem veio depois dele onde procurar a ‘base física’ para os postulados genes – até ali, segundo os anais do Prêmio Nobel, ‘o mecanismo da fertilização permanecia misticismo impenetrável’ –, o foco dos biólogos fechou-se sobre as moléculas presentes no interior das células, do DNA às inúmeras proteínas. Em busca de afastar de vez o ‘brilho místico’ que rondava as unidades de transmissão hereditária de Mendel, esses novos biólogos passaram a trabalhar nos laboratórios com o mundo muito pequeno dos compostos presentes nas bactérias, nos vírus, nos fungos – com seus genomas mais compactos, mais simples, mais manejáveis.”

RESUMINDO

Ligação fatorial – *Linkage*

A herança com **ligação fatorial** analisa **dois ou mais pares de alelos, situados em um mesmo par de cromossomos homólogos**. Genes nessa condição estão em *linkage*, isto é, estão ligados.

Linkage e a formação de gametas

- A formação de gametas com genes que estão ligados gera gametas que terão, necessariamente, cromossomos com o mesmo par de genes. Exemplos: Um **homozigoto recessivo (aabb)** produzirá apenas gametas (**ab**), e um **heterozigoto para A e homozigoto recessivo para B (Aabb)** formará gametas de dois tipos: **Ab** e **ab**.
- **Duplos-heterozigotos (AaBb)** podem ser de dois tipos: **cis** e **trans**.
 - **Heterozigoto cis**: tem genes dominantes em um cromossomo homólogo e os recessivos no outro. Formam gametas **AB** e **ab**.
 - **Heterozigoto trans**: tem tanto genes dominantes quanto recessivos em cada um dos homólogos. Formam gametas **Ab** e **aB**.

Crossing-over

Durante a formação dos gametas, podem ocorrer processos que gerarão novas possibilidades de conformação dos gametas, dentre eles o *crossing-over*, também chamado de **permutação**, ou **recombinação**.

Esse fenômeno normalmente ocorre na **prófase I da meiose**, momento em que:

- cromossomos homólogos são tracionados por filamentos proteicos.
- ocorrem quebras nas cromátides em pontos correspondentes.
- há troca de pedaços entre os cromossomos homólogos – troca corresponde ao *crossing-over*.
- no caso de um heterozigoto **cis**, o resultado é a formação de quatro tipos de gametas:
 - **gametas parentais**: apresentam a configuração original de genes: **AB** e **ab**.
 - **gametas recombinantes**: apresentam novas combinações de genes (resultantes de *crossing-over*): **aB** e **Ab**.

Porcentagem de gametas parentais e recombinantes

Dependendo da porcentagem de células que sofrem *crossing-over*, haverá a formação de gametas recombinantes. Segundo alguns conceitos fundamentais, podem ser feitas algumas generalizações importantes:

- 1º Os gametas parentais são mais abundantes que os recombinantes.
- 2º A taxa de recombinação (TR) está vinculada à porcentagem das células que sofrem *crossing-over*. Assim, temos:

$$TR = \frac{\% \text{ das células que sofrem } \textit{crossing-over}}{2}$$

O valor teórico máximo da TR é 50%, caso em que todas as células sofreriam *crossing-over* (100%).

Mapas genéticos

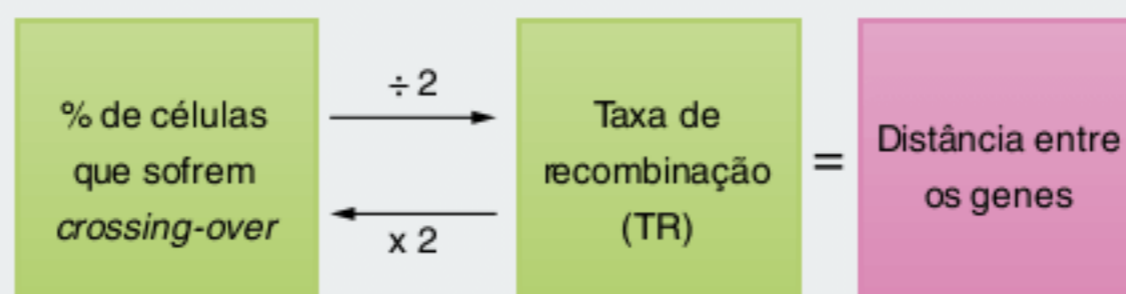
Mapas genéticos consideram a posição e a distância dos genes em um cromossomo. Sabe-se que os genes se encontram em posição linear, o que permite saber quais as chances de ocorrer permuta com determinado gene e também saber quais genes estão mais intimamente relacionados.

A probabilidade de um gene participar de um *crossing-over* está relacionada com os seguintes fundamentos.

- 1º A probabilidade de ocorrência de quebra no cromossomo é a mesma ao longo de todo o cromossomo.
- 2º Genes com maior distância entre si apresentam mais pontos sujeitos à quebra, apresentando maior chance de ocorrência de *crossing-over* (e maior taxa de recombinação).
- 3º Genes muito próximos têm pequena probabilidade de ocorrência de *crossing-over*, tendendo a zero.
- 4º A convenção que relaciona a taxa de recombinação e a distância entre os genes é:

$$\text{Taxa de recombinação} = \text{unidade de distância (centimorgan)}$$

Alguns pontos devem ser bem fixados para a resolução de exercícios:



■ QUER SABER MAIS?



SITES

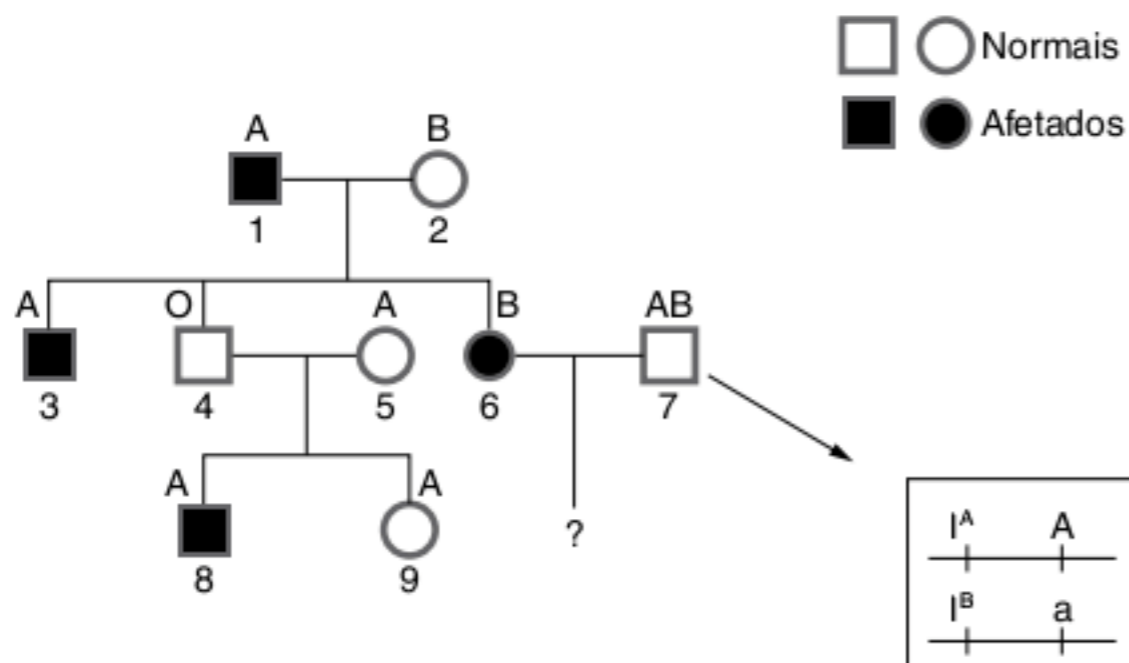
- Estudo de *linkage* revela os genes da gagueira.
<www.youtube.com/watch?v=86gzkJeQaA0&feature=player_embedded>.
- Site do Ministério da Saúde apresenta reportagem sobre o mapeamento genético do vírus da hepatite no Brasil.
<www.aids.gov.br/noticia/2011/46476>.
- Reportagem sobre mapeamento genético que ajuda a entender o câncer de sangue.
<<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/03/mapeamento-genetico-ajuda-entender-cancer-de-sangue.html>>.

Exercícios complementares

Texto para as questões 1 e 2.

A alcaptonúria é uma disfunção extremamente rara do metabolismo humano. Os indivíduos afetados apresentam a cor da urina vermelho-pardacento devido a uma alteração no metabolismo normal da fenilalanina. O gene determinante dessa disfunção está localizado no cromossomo 9, onde também encontramos os genes que determinam os grupos sanguíneos ABO (I^A ; I^B ; i).

O heredograma a seguir foi montado para se estudar a disfunção em uma determinada família, para a qual o tipo sanguíneo de cada um dos membros está indicado.



1 PUC-MG Analisando-se o heredograma, é possível afirmar, exceto:

- (a) a alcaptonúria é um caráter determinado por gene autossômico recessivo.
- (b) o indivíduo 3 pode ter recebido um gameta recombinante de sua mãe.
- (c) o indivíduo 6 certamente não recebeu um gameta recombinante da sua mãe ou do seu pai.
- (d) a chance de o indivíduo 9 ser heterozigoto para o caráter alcaptonúria é de $\frac{2}{3}$.

2 PUC-MG A posição ocupada pelos alelos que determinam grupo sanguíneo e alcaptonúria, no par de cromossomos 9, está representada para o indivíduo 7 ao lado do heredograma. A frequência de recombinação entre os dois locos gênicos é de 10%. São frequências esperadas de descendentes para o cruzamento 6×7 , exceto:

- (a) 22,5% AB normais.
- (b) 45% de A normais.
- (c) 50% de afetados.
- (d) 50% B normais ou afetados.

3 Fuvest Uma espécie de lombriga de cavalo possui apenas um par de cromossomos no zigoto ($2n = 2$). Um macho dessa espécie, heterozigótico quanto a dois pares de alelos ($Aa Bb$), formou, ao final da gametogênese, quatro tipos de espermatozoides normais com diferentes genótipos quanto a esses genes.

- a) Qual é o número de cromossomos e o número de moléculas de DNA no núcleo de cada espermatozoide?
- b) Quais são os genótipos dos espermatozoides formados?
- c) Por que, a partir das informações fornecidas, não é possível estimar a proporção em que cada um dos quatro tipos de espermatozoides aparece? Explique.

4 Ufes Três grupos de alunos realizaram cruzamentos-testes entre plantas de tomate para o estudo de diferentes genes. Os grupos obtiveram os seguintes resultados.

Grupo	Genes	Taxa de recombinação
G1	<i>aw/wo</i>	9%
G2	<i>op/al</i>	14%
G3	<i>dil/sr</i>	50%

- a) Indique o(s) grupo(s) que trabalhou (trabalharam) com genes ligados. Justifique.
- b) O que significa, em genética, o termo ligação? Qual é a sua utilidade para a pesquisa científica?
- c) Calcule a distância, em unidades de mapa genético, entre os genes pesquisados pelos alunos do grupo G2.

5 UEL Quatro genes, A, B, C e D, localizados no mesmo cromossomo, apresentam as seguintes frequências de recombinação:

- A-B = 32%
- A-C = 45%
- A-D = 12%
- B-C = 13%
- B-D = 20%
- C-D = 33%

A sequência mais provável desses genes no cromossomo é:

- (a) ABCD.
- (b) ABDC.
- (c) ACDB.
- (d) ADBC.
- (e) ADCB.

6 PUC-MG O cruzamento de dois indivíduos, um com genótipo $AaBb$ e outro com genótipo $aabb$, resultou numa F_1 com as seguintes proporções:

- $AaBb = 35\%$
- $aabb = 35\%$
- $Aabb = 15\%$
- $aaBb = 15\%$

Com esses resultados, pode-se concluir que os genes a e b:

- (a) estão em um mesmo braço do cromossomo.
- (b) seguem as leis do di-hibridismo.
- (c) constituem um caso de interação gênica.
- (d) são pleiotrópicos.
- (e) são epistáticos.

7 Mackenzie Analisando-se dois pares de genes em ligação fatorial *linkage*, representados pelo híbrido BR/br, uma certa espécie apresentou a seguinte proporção de gametas:

- BR – 48,5%
- br – 48,5%
- Br – 1,5%
- bR – 1,5%

Pela análise dos resultados, pode-se concluir que a distância entre os genes B e R é de:

- (a) 48,5 morganídeos.
- (b) 97 morganídeos.
- (c) 1,5 morganídeo.
- (d) 3 morganídeos.
- (e) 50 morganídeos.

8 Considere uma espécie de vertebrado cujas células embrionárias têm oito cromossomos. Em quantos grupos de ligações seus genes estarão associados?

- (a) Dois.
- (b) Quatro.
- (c) Oito.
- (d) Dezesesseis.
- (e) Número variável.

9 Considere uma espécie de vertebrado cujas células somáticas têm 12 cromossomos. Em quantos grupos de ligações seus genes estarão associados?

- (a) Quatro.
- (b) Seis.
- (c) Três.
- (d) Oito.
- (e) Dez.

10 UEL Supondo-se que a distância entre locos gênicos seja de 16 morganídeos, a taxa de recombinação entre eles é de:

- (a) 8%
- (b) 16%
- (c) 32%
- (d) 42%
- (e) 84%

11 Unicamp Os locos gênicos A e B se localizam em um mesmo cromossomo, havendo 10 unidades de recombinação (morganídeos) entre eles.

a) Como se denomina a situação mencionada?

Supondo o cruzamento AB/ab com ab/ab:

- b) qual será a porcentagem de indivíduos AaBb na descendência?
- c) qual será a porcentagem de indivíduos Aabb?

12 Fuvest Um organismo homocigoto para os genes A, B, C, D, todos localizados em um mesmo cromossomo, é cruzado com outro, que é homocigoto recessivo para os mesmos alelos. O retrocruzamento de F1 (com o duplo-recessivo) mostra os seguintes resultados.

- Não ocorreu permuta entre os genes A e C.
- Ocorreu 20% de permuta entre os genes A e B, e 30% entre A e D.
- Ocorreu 10% de permuta entre os genes B e D.
- a) Baseando-se nos resultados apresentados, qual é a sequência mais provável desses 4 genes no cromossomo, a partir do gene A?
- b) Justifique sua resposta.

13 Considerando os genes X, Y e Z de um cromossomo, sabe-se que há 15% de recombinação entre os genes X e Y, entre Y e Z há 30% e entre os genes Z e X ocorre 45%. Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

- (a) ZXY
- (b) XYZ
- (c) YZX
- (d) XZY
- (e) YXZ

14 UFPE 2007 Na elaboração de mapas genéticos, utiliza-se o teste dos três pontos. Para isso, são avaliadas as frequências das classes fenotípicas na descendência de cruzamento entre indivíduos heterocigóticos (ABC//abc), para três locos ligados, e indivíduos homocigóticos recessivos (abc//abc), para os mesmos locos (cruzamento-teste). Tomando por base os dados fornecidos no quadro a seguir, analise as proposições seguintes.

Descendência		
Fenótipos	Genótipos inferidos	Frequência observada
1	ABC	235
2	abc	270
3	Abc	62
4	aBC	60
5	ABc	40
6	abC	48
7	aBc	4
8	AbC	7

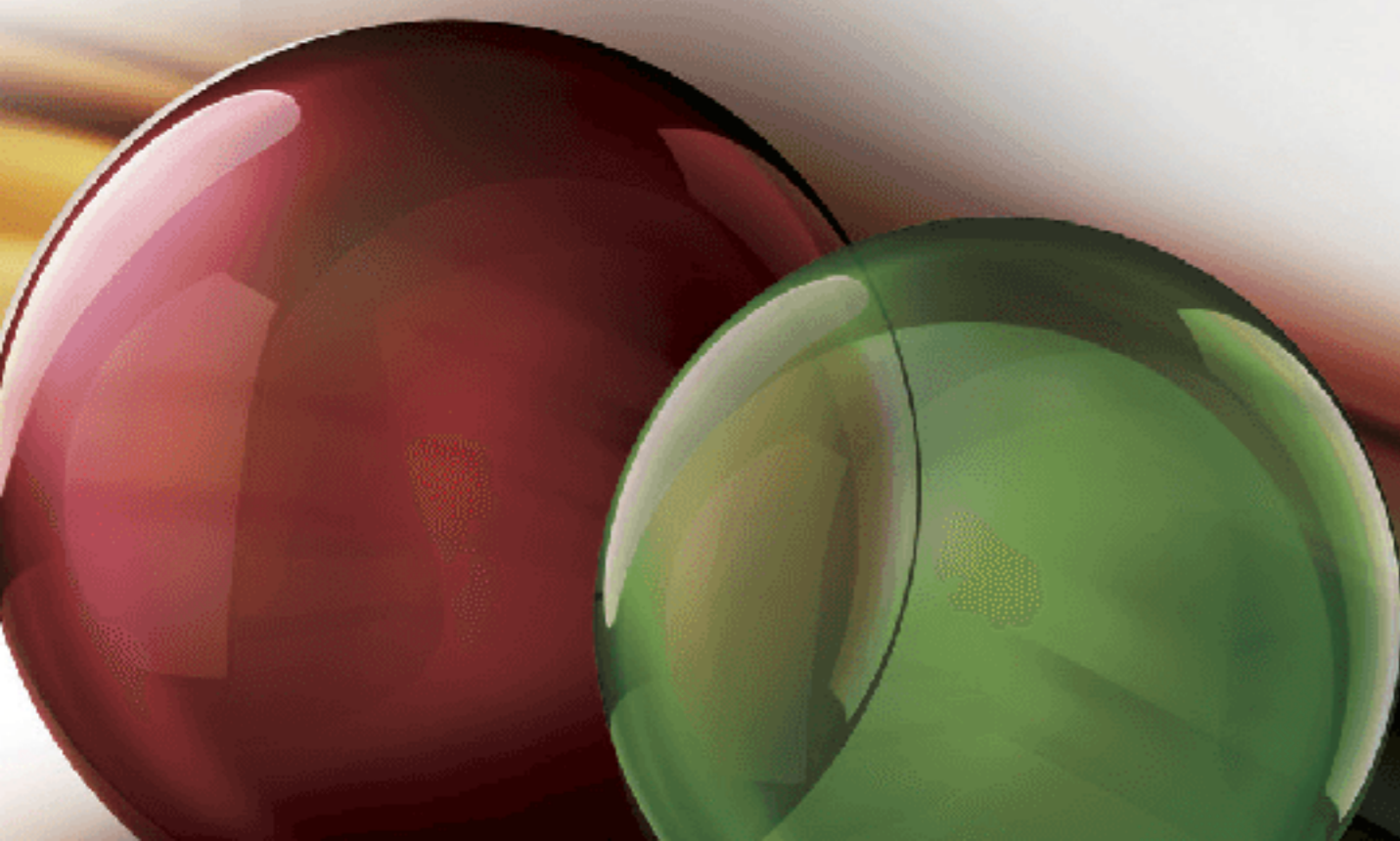
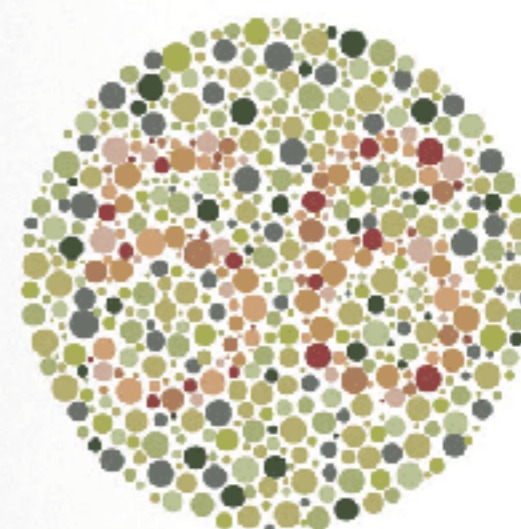
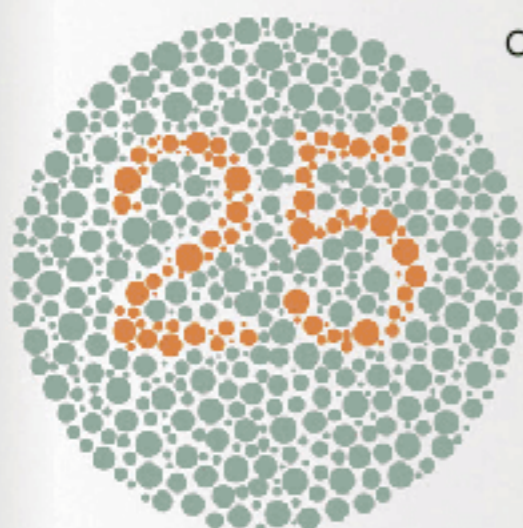
- Os fenótipos 3 e 4 resultaram de recombinação genética entre os locos A e B.
- A recombinação entre os locos B e C, embora em diferentes frequências, ocorreu nos genótipos 5, 6, 7 e 8.
- Os fenótipos 7 e 8 resultaram de recombinação genética apenas entre os locos C e B.
- A sequência dos alelos no cromossomo em questão é A — B — C.
- No mapa genético, a distância entre os locos A e B é maior que a distância entre os locos B e C.

Genoma humano e cromossomos sexuais

19

FRENTE 1

Portadores de daltonismo não conseguem distinguir o número presente nas imagens. O daltonismo é uma condição genética associada ao cromossomo X.



Cromossomos e sexo no ser humano

Entende-se por genoma a totalidade do material genético de um indivíduo ou de uma espécie.

Os 46 cromossomos presentes nas células somáticas (diploide) de um ser humano normal compreendem 44 **autossômicos** (A) e dois denominados **cromossomos sexuais**, ou **alossomos**, que são de dois tipos: X e Y. O total de 46 cromossomos humanos é distribuído em 22 pares de cromossomos autossômicos mais um par de cromossomos sexuais, cuja combinação determina o sexo do indivíduo. Tanto a mulher quanto o homem apresentam 44 cromossomos autossômicos, mas o homem tem como cromossomos sexuais a combinação XY, e a mulher a combinação XX. Durante a formação dos gametas, metade dos 46 cromossomos pode ser observada na célula final, sendo 22 autossômicos e um sexual.

Assim, homem e mulher têm 45 cromossomos em comum, diferindo em um único cromossomo sexual: **X na mulher e Y no homem**. Dessa maneira, pode-se concluir que, na espécie humana, o sexo feminino produz um só tipo de gameta: é o **sexo homogamético**; já o sexo masculino forma dois tipos de gametas, sendo o **sexo heterogamético** (Fig. 1).

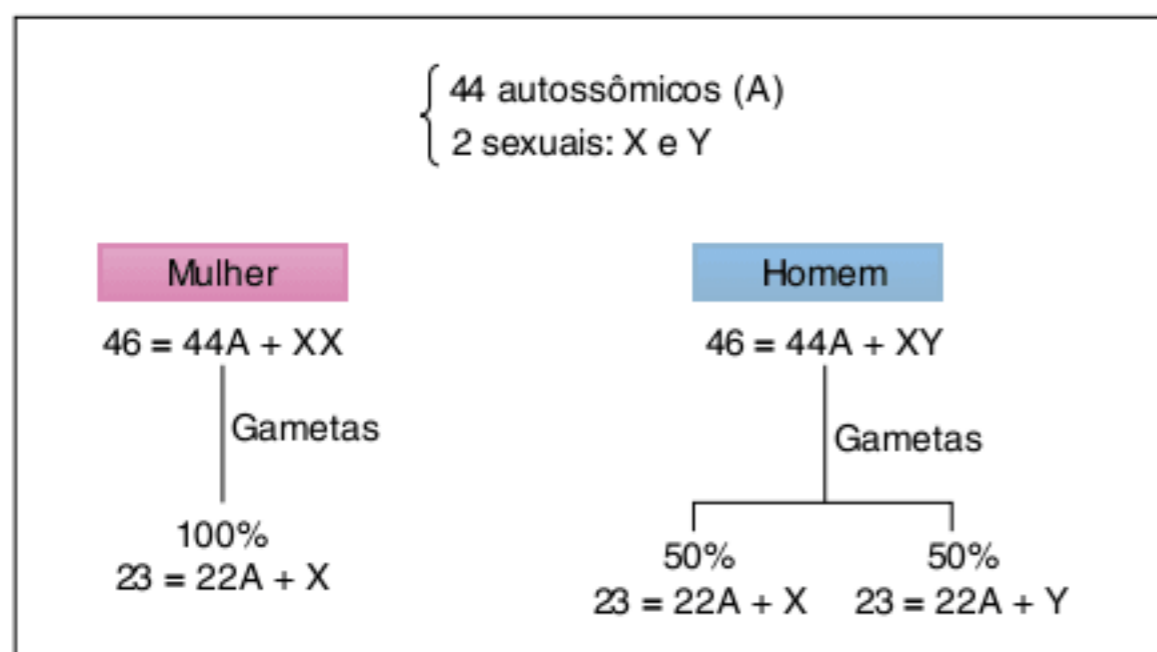


Fig. 1 Os tipos de cromossomos em seres humanos.

O sexo dos descendentes depende da combinação formada pelo encontro dos gametas. O óvulo tem apenas cromossomos X e os espermatozoides que o homem produz podem apresentar cromossomos X ou Y, sendo metade de cada tipo. Dessa maneira, é o gameta do pai que determina o sexo dos descendentes do casal (Fig. 2).

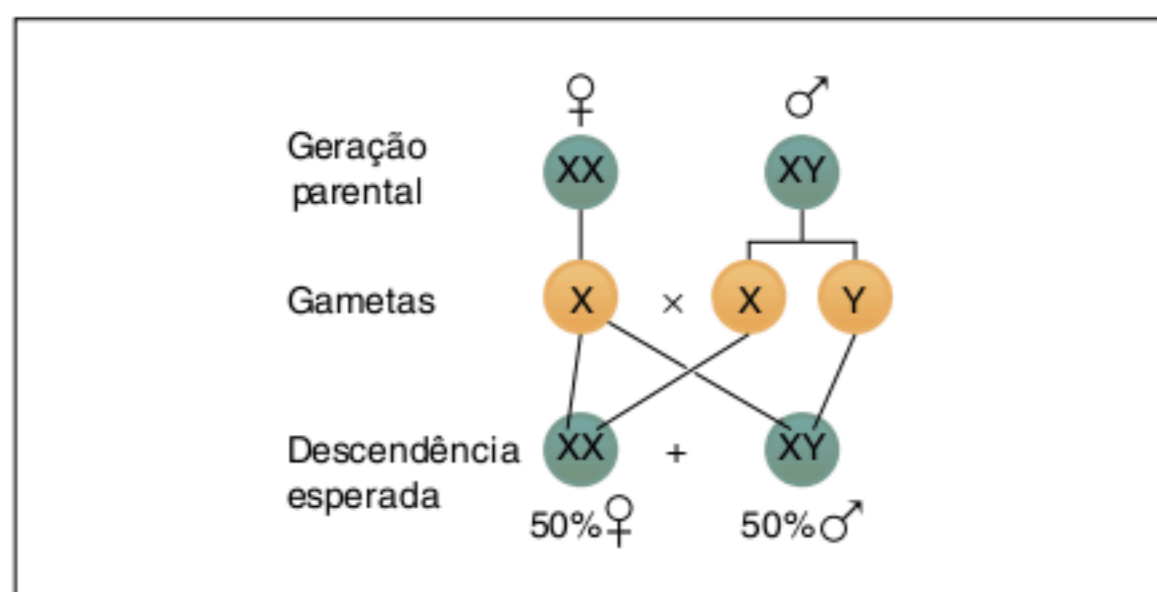


Fig. 2 Determinação do sexo em humanos.

O sistema de determinação sexual com base nos cromossomos X e Y (**sistema XY**) ocorre nos **mamíferos** e na **drosófila**, famosa mosca-das-frutas.

Outros sistemas de determinação sexual

Há outros sistemas de determinação do sexo dos indivíduos, como os sistemas **X0** (zero) e **ZW** (Tab. 1).

Sistemas	X0		ZW	
Sexo	♀	♂	♀	♂
Geração parental	XX	X	ZW	ZZ
Gametas	X	X -	Z W	Z
Descendência esperada F1	XX ♀ 50%	X- ♂ 50%	ZZ ♂ 50%	ZW ♀ 50%

Tab. 1 Principais aspectos dos sistemas X0 e ZW.

Sistema X0

O **sistema X0** ocorre em **percevejos** e **gafanhotos**; além dos autossômicos, a fêmea tem dois cromossomos X (**XX**), enquanto o macho tem apenas um cromossomo X (**X**).

Sistema ZW

O **sistema ZW** ocorre em muitas **aves**, em **borboletas** e em **mariposas**.

Além dos autossômicos, cada indivíduo possui dois cromossomos sexuais: a fêmea é **ZW** e o macho é **ZZ**.

Assim, o **cromossomo Z** é comum ao macho e à fêmea (como o **cromossomo X** nos mamíferos). Já o cromossomo **W** é **exclusivo da fêmea** (nos mamíferos, é o macho que apresenta um cromossomo exclusivo, o cromossomo Y).

O macho só produz gametas Z, portanto é o **sexo homogamético**. A fêmea produz gametas Z e gametas W, portanto é o **sexo heterogamético**.

Sistema n/2n

Abelhas têm o sistema n/2n de determinação sexual. Em geral, as **fêmeas são 2n (diploides)** e os **machos são n (haploides)**.

As fêmeas são provenientes de zigotos (2n) e dependem do tipo de alimentação que receberão para a determinação da sua fertilidade. Esse zigoto, depositado em uma célula que contenha geleia real, originará uma **rainha (fêmea fértil)**; se o zigoto for colocado em célula que contenha mel, originará uma **operária (fêmea estéril)**. Os **machos (zangões)** são provenientes de **óvulos não fecundados**, o que caracteriza um caso de **partenogênese** (Fig. 3).

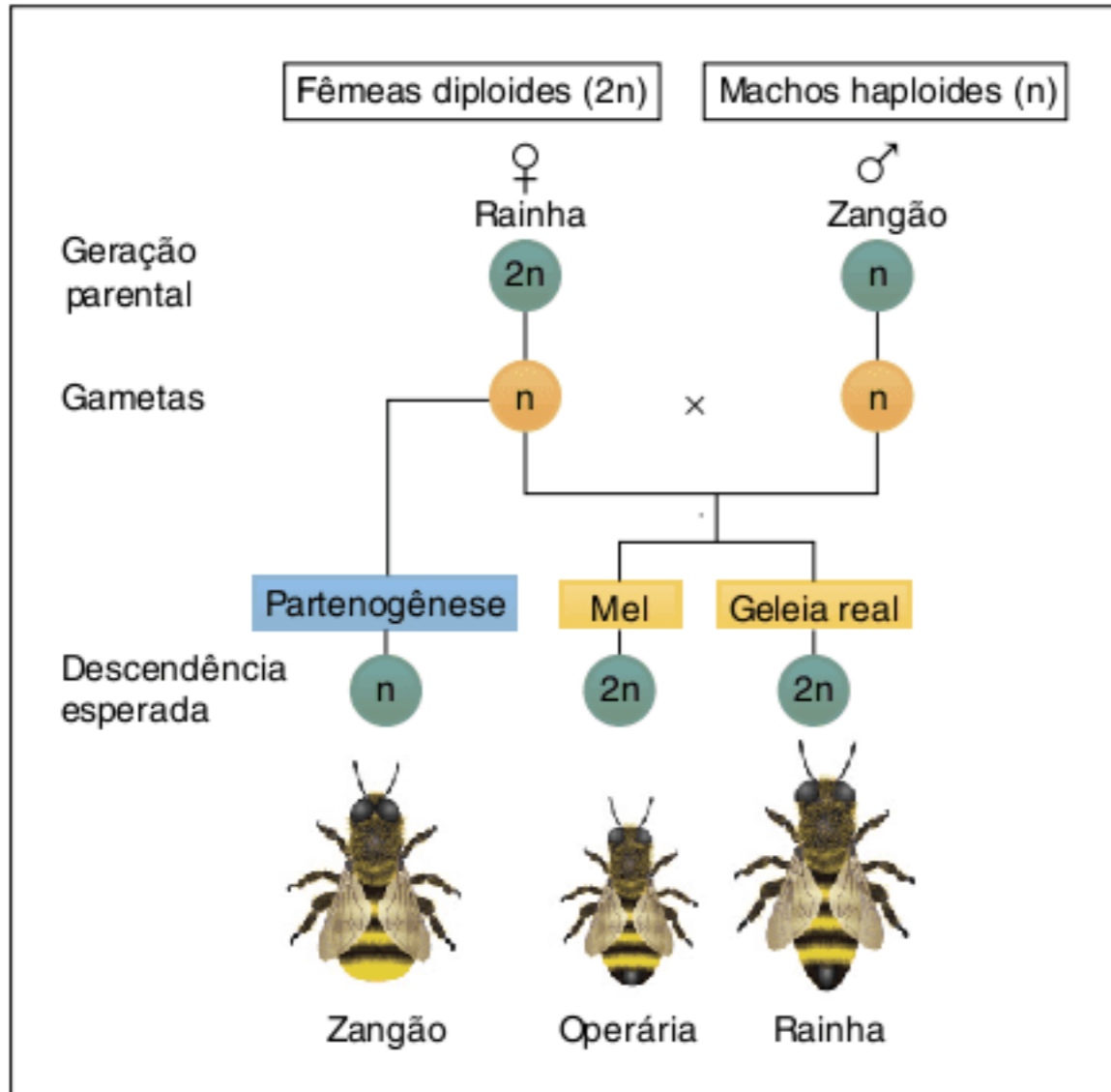


Fig. 3 Determinação do sexo no sistema n/2n.

Recentemente, foram descobertos mais detalhes acerca da determinação sexual em abelhas, envolvendo um gene denominado CSD (*complementary sex determiner* ou determinador complementar do sexo), o qual possui de 11 a 19 alelos diferentes. Um ovo diploide apresenta dois alelos diferentes do gene CSD (heterozigoto) e as proteínas que eles codificam desencadeiam o desenvolvimento de uma fêmea. Um óvulo, porém, que não foi fecundado, tem apenas um alelo CSD (hemizigoto) e desenvolve-se em um macho. Se um ovo diploide receber duas cópias do mesmo alelo CSD (homozigoto), o resultado também será o desenvolvimento de um macho, nesse caso, diploide.

Os cromossomos sexuais

Na espécie humana, o cromossomo Y é bem menor que o cromossomo X (Fig. 4).

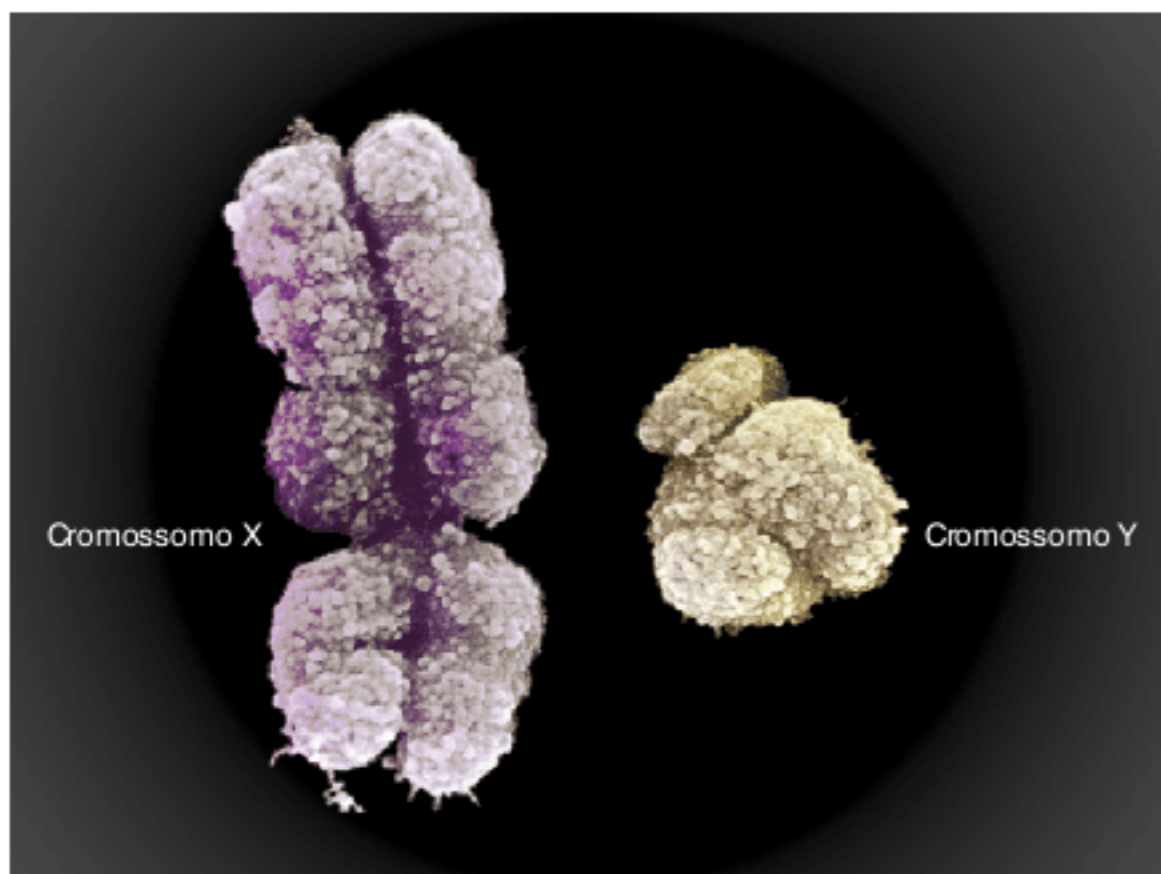


Fig. 4 Os cromossomos sexuais X e Y apresentam grande diferença de tamanho.

Os cromossomos X e Y de um homem apresentam três áreas distintas:

- Uma das áreas contém genes que estão presentes nos dois cromossomos, isto é, apresentam alelos nessa porção, que é homóloga.
- Uma região do cromossomo X apresenta genes exclusivos, sem correspondência no cromossomo Y; os genes dessa porção são responsáveis pela chamada **herança ligada ao sexo**, como é o caso da hemofilia A.
- O cromossomo Y também possui genes exclusivos, sem correspondência no cromossomo X; os genes dessa parte são responsáveis pela **herança restrita ao sexo**. Os genes exclusivos dos machos são denominados **holândricos**.

O formato dos cromossomos X e Y é semelhante, embora o Y seja menor. Para salientar diferentes regiões, faz-se uma representação didática desses cromossomos (Fig. 5), mostrando uma curvatura no cromossomo Y (que, na realidade, ele não tem).

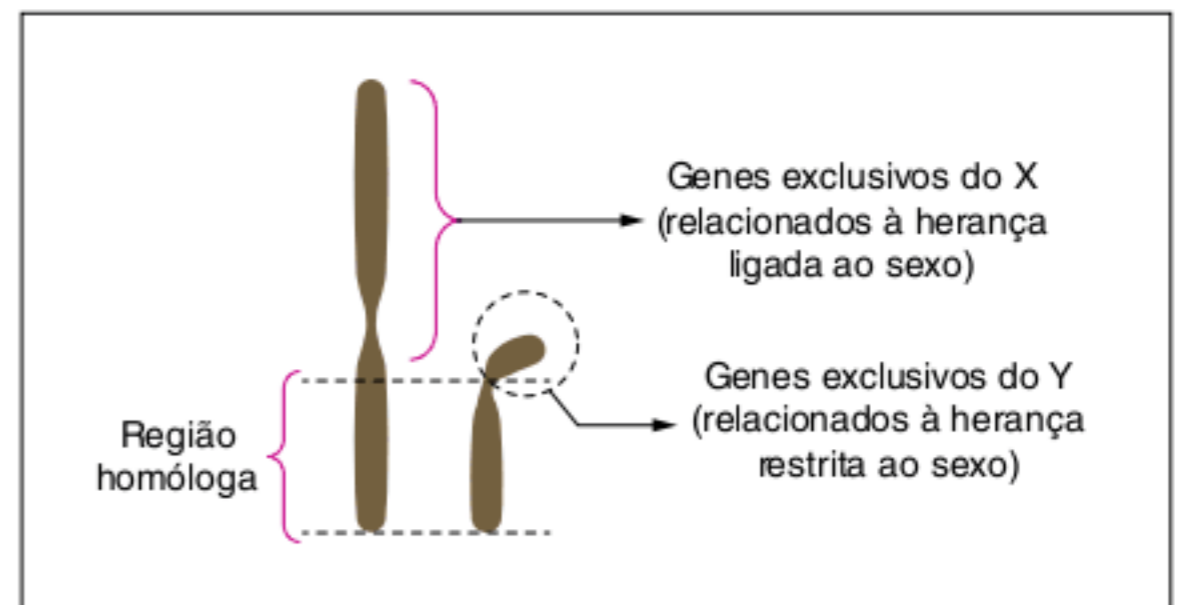


Fig. 5 Representação esquemática dos cromossomos sexuais. Os cromossomos X e Y apresentam áreas homólogas; há regiões presentes apenas no X e outras regiões são exclusivas do Y.

Estudaremos ao longo deste capítulo, com mais detalhes, casos de herança ligada ao sexo. A herança restrita ao sexo, no sistema XY, é associada a genes presentes apenas no macho, por isso é designada herança holândrica (do grego *holos* = total; *andros* = masculino). É o caso do gene SRY, responsável pela formação de testículos; com a ausência desse gene, ocorre a formação de estruturas do sistema reprodutor feminino, como ovários, tubas uterinas e útero.

No entanto, a herança restrita ao sexo deve ser diferenciada de duas outras modalidades de herança, que são condicionadas por alelos situados em cromossomos autossômicos. São os casos de **herança limitada ao sexo** e de **herança influenciada pelo sexo**.

Herança limitada ao sexo

A herança limitada ao sexo é **determinada por genes autossômicos que se expressam apenas em um dos sexos**. No gado bovino, por exemplo, os genes que determinam a **produção de leite** manifestam-se apenas em fêmeas. Na espécie humana, o gene para **hipertricose auricular** (pelos abundantes nas orelhas) tem manifestação apenas nos homens.

Herança influenciada pelo sexo

A herança influenciada pelo sexo é **determinada por genes autossômicos que, dependendo do sexo do indivíduo, se comportam como dominantes ou como recessivos**. Como exemplo clássico está a **calvície** humana, herança decorrente de dois alelos: **C1** (condiciona calvície) e **C2** (determina fenótipo sem calvície). O alelo C1 é **dominante no homem e recessivo na mulher**, que apresenta efeito menos intenso. Assim, são possíveis os seguintes genótipos e fenótipos.

Fenótipo no homem	Genótipo	Fenótipo na mulher
Calvo	C1C1	Calva
Calvo	C1C2	Não calva
Não calvo	C2C2	Não calva

Tab. 2 Genótipos e fenótipos relacionados à calvície.

Herança ligada ao sexo

É **determinada por alelos exclusivos do cromossomo X**. Assim, a fêmea tem dois alelos e o macho possui um alelo apenas (diz-se que é hemizigoto). A seguir, serão analisados alguns exemplos desse tipo de herança para sua maior compreensão.

Cor dos olhos de drosófilas

Nessas moscas, há dois alelos que condicionam a cor dos olhos:

- X^b → olhos brancos
- X^B → olhos vermelhos

Assim, os genótipos e os fenótipos possíveis são:

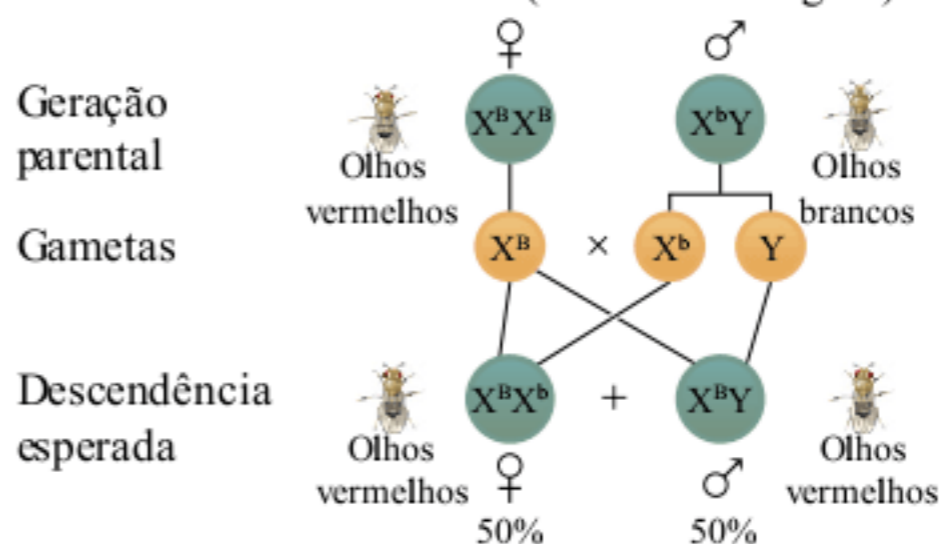
Genótipo	Fenótipo	
$X^B X^B$	♀ de olhos vermelhos	
$X^B X^b$	♀ de olhos vermelhos	
$X^b X^b$	♀ de olhos brancos	
$X^B Y$	♂ de olhos vermelhos	
$X^b Y$	♂ de olhos brancos	

Tab. 3 Genótipos e fenótipos relacionados à cor dos olhos de drosófilas.

Vamos analisar alguns exemplos de cruzamentos.

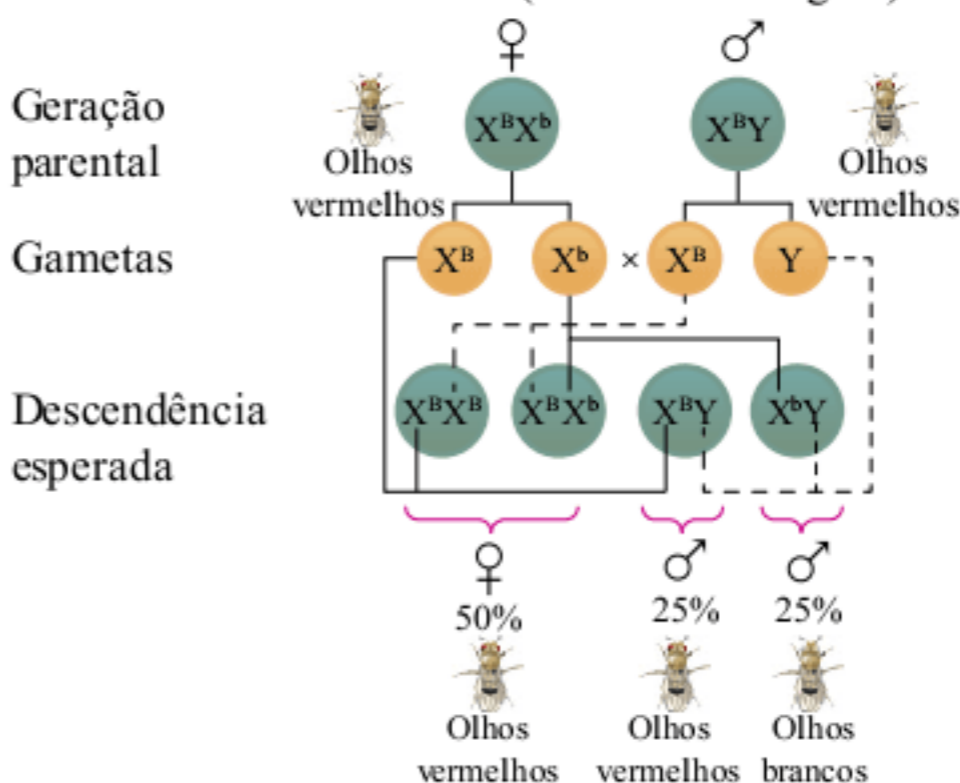
Exemplo 1:

- Cruzamento de drosófilas (fêmea homocigota)



Exemplo 2:

- Cruzamento de drosófilas (fêmea heterocigota)



Uma fêmea de drosófila com olhos vermelhos é cruzada com um macho de olhos vermelhos. Entre os descendentes há fêmeas de olhos vermelhos, machos de olhos brancos e machos de olhos vermelhos.

Na descendência, as ♀ de olhos vermelhos podem receber apenas X^B proveniente do pai; da mãe, podem receber X^B ou X^b . Assim, as descendentes do sexo feminino podem ser $X^B X^B$ ou $X^B X^b$, ambos fenótipos de olhos vermelhos. Já os descendentes masculinos irão herdar o Y do pai, podendo receber X^B ou X^b da mãe, dessa forma podem ser $X^B Y$ ou $X^b Y$, com fenótipos de olhos vermelhos e de olhos brancos, respectivamente.

O cruzamento pode ser representado por meio da tabela a seguir.

Fêmea/Macho	X^B	Y
X^B	$X^B X^B$ Fêmea de olhos vermelhos	$X^B Y$ Macho de olhos vermelhos
X^b	$X^B X^b$ Fêmea de olhos vermelhos	$X^b Y$ Macho de olhos brancos

Tab. 4 Cruzamento entre drosófilas $X^B X^b$ e $X^B Y$.

Daltonismo no ser humano

O daltonismo clássico é a **incapacidade de distinguir cores**, como o verde e o vermelho; não é a cegueira para cores, na qual o indivíduo vê apenas em tons de cinza (acromatopsia).

O daltonismo é determinado por um alelo recessivo (X^d) e a visão normal é condicionada pelo alelo dominante correspondente (X^D). Assim, os genótipos e fenótipos possíveis são:

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

Tab. 5 Genótipos e fenótipos relacionados ao daltonismo.

Para que um homem seja daltônico, basta apresentar um único alelo X^d ; já uma mulher daltônica precisa ter dois alelos X^d . Como o gene para daltonismo é relativamente raro na população, há mais homens do que mulheres com daltonismo.

Uma mulher heterozigota ($X^D X^d$) apresenta visão normal para cores, mas pode transmitir o alelo para daltonismo aos seus descendentes (filhos e filhas).

Um homem daltônico recebeu o alelo para daltonismo de sua mãe e transmitirá obrigatoriamente esse alelo às suas filhas (Fig. 6).

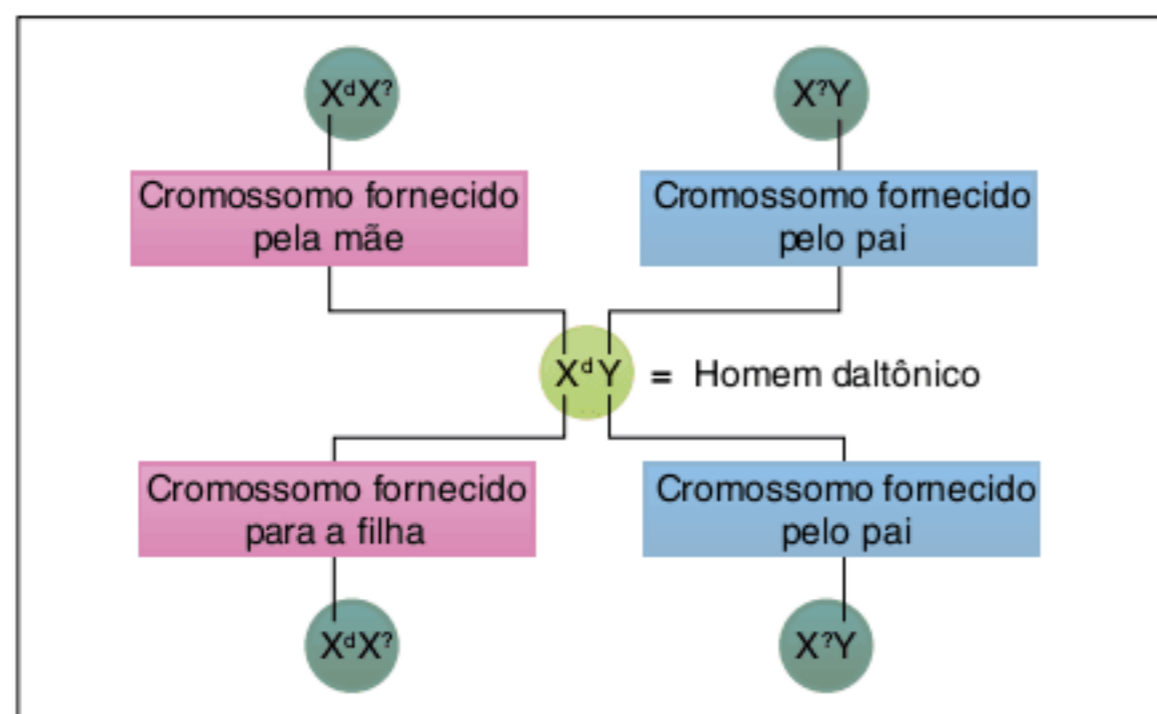


Fig. 6 O gene para daltonismo em um homem daltônico: herança e transmissão.

Hemofilia A no ser humano

A hemofilia A é um **distúrbio caracterizado pela dificuldade de coagulação**. É causado pela incapacidade genética de produzir o **fator VIII** (necessário à síntese de protrombina), o que impossibilita a formação da rede de fibrina, produto final da coagulação (Fig. 7).

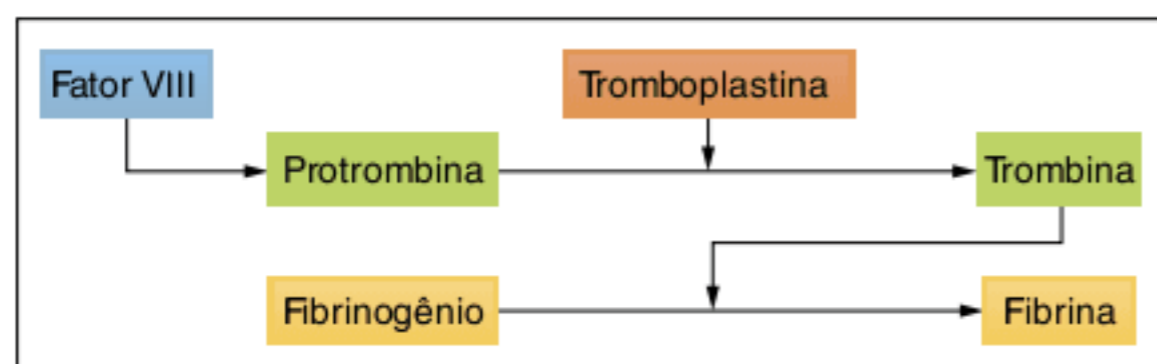


Fig. 7 Processos envolvidos na coagulação do sangue.

Atualmente, os portadores de hemofilia A recebem tratamento com fator VIII, produzido por engenharia genética, e não por sua extração do plasma sanguíneo de doadores.

O alelo para hemofilia A é recessivo (X^h) e o alelo que condiciona coagulação normal é dominante (X^H). Os genótipos e fenótipos possíveis são:

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

Tab. 6 Genótipos e fenótipos relacionados à hemofilia A.

Cromatina sexual

Uma célula somática, em intérfase, de um homem apresenta uma diferença nítida em relação a uma célula somática de uma mulher. Essa diferença reside no núcleo: a célula feminina tem **cromatina sexual** (ou **corpúsculos de Barr**), ausente na célula masculina.

A cromatina sexual consiste em um dos cromossomos X, que se mantém condensado, portanto inativo; o outro cromossomo X encontra-se descondensado. O homem normal apresenta um único cromossomo X, que se mantém descondensado (não formando cromatina sexual). O cromossomo descondensado tem genes ativos, portanto, apenas os seus genes se manifestam na célula (Fig. 8).

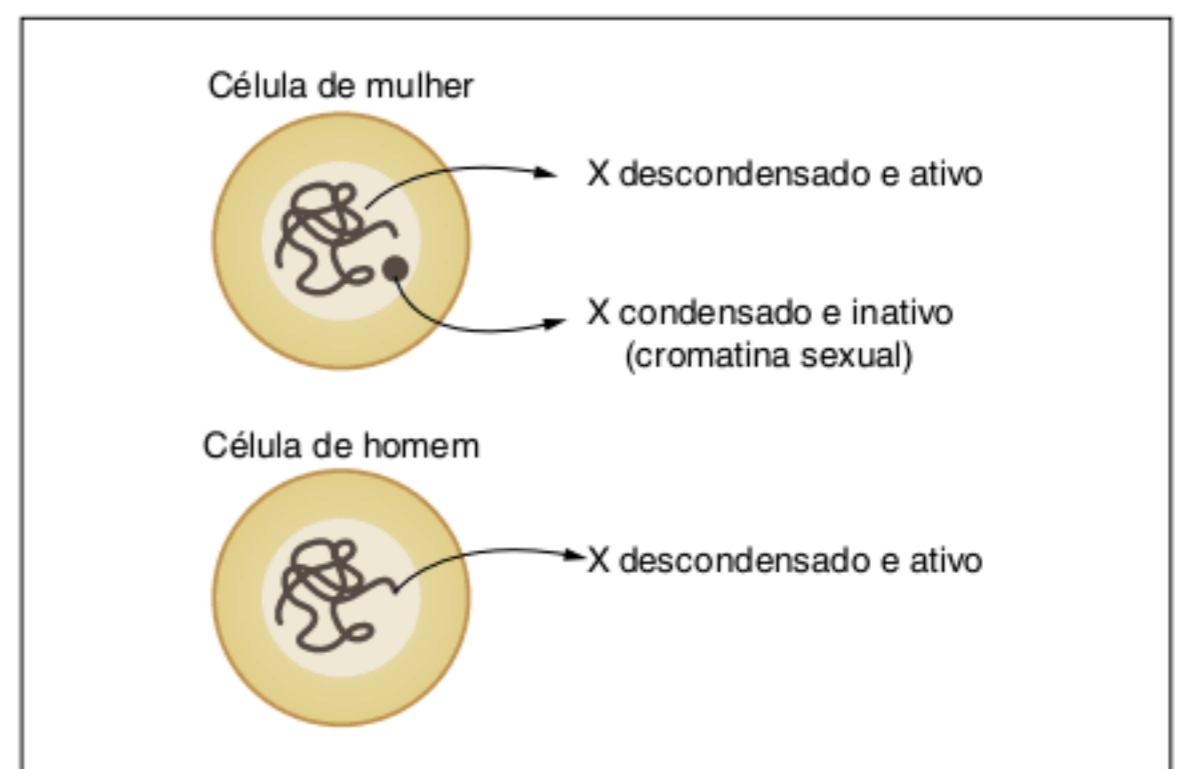


Fig. 8 Células femininas têm dois cromossomos X; um deles é condensado e constitui a cromatina sexual. Células masculinas têm um único cromossomo X, o qual está descondensado.

Algumas aberrações cromossômicas podem ocorrer durante as divisões celulares da meiose, fazendo com que os gametas apresentem maior ou menor número de cromossomos sexuais. Uma mulher que possui três cromossomos X (XXX) apresentará duas cromatinas sexuais. Um homem XXY irá possuir uma cromatina sexual. Essas variações no número de cromossomos serão tratadas no próximo capítulo.

A hipótese de Lyon (Mary Lyon, de 1961) considera que a mulher apresenta o cromossomo X em dose dupla por algumas razões. Uma delas tem base no fato de um dos cromossomos X sofrer condensação (inativação); a presença dele seria um mecanismo de “compensação de dosagem”.

A condensação do cromossomo X nas células femininas acontece durante o desenvolvimento embrionário, em que determinados tecidos apresentam condensação do cromossomo X oriundo do pai, e outras células do organismo apresentam condensação no outro cromossomo X, proveniente da mãe. A distribuição das células com X materno ativado (X^1) ou com X paterno ativado (X^2) no organismo apresenta a forma de um mosaico (desenho formado pela reunião de vidros ou de pedras coloridas), resultando na presença dos dois tipos de células, possivelmente em todos os órgãos (Fig. 9).

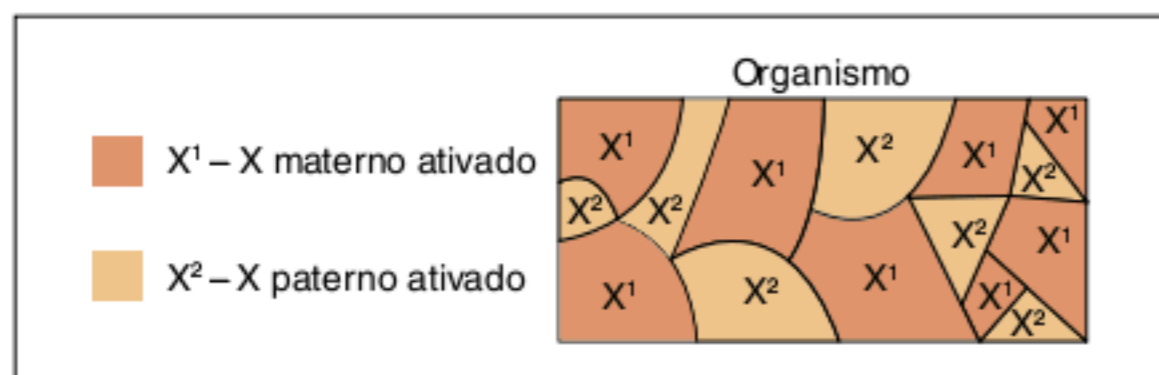


Fig. 9 Distribuição de células femininas em mosaico. Há regiões do corpo com o cromossomo X de origem paterna ativado; em outras regiões é ativado o cromossomo X de origem materna.

Esse padrão fica evidente na pelagem de gatos malhados. Para a expressão das cores da pelagem, estão envolvidos dois alelos X: X^A e X^P , que determinam cores diferentes.

- O alelo X^A determina pelo malhado de branco e amarelo.
- O alelo X^P condiciona pelo malhado de branco e preto.

Os fenótipos e genótipos possíveis são:

Genótipo	Fenótipo
X^AY	Macho amarelo e branco
X^PY	Macho preto e branco
X^AX^A	Fêmea amarela e branca
X^PX^P	Fêmea preta e branca
X^AX^P	Fêmea amarela, preta e branca

Tab. 7 Coloração da pelagem em gatos.

Dessa maneira, sabe-se que se um gato apresentar as três cores de pelos (amarelos, brancos e pretos) será do sexo feminino (Fig. 10).



Fig. 10 Gato com três cores. O felino da foto, certamente, é fêmea, já que o macho não apresenta três cores.

Revisando

1 Em relação aos cromossomos humanos, como são denominados os cromossomos sexuais? Quais são eles? Como são denominados os cromossomos não sexuais?

2 Considerando que o ser humano tem 46 cromossomos e que os cromossomos autossômicos são representados por A, escreva a fórmula cromossômica da mulher e a do gameta feminino.

3 Escreva a fórmula cromossômica do homem e a dos gametas masculinos.

4 Na espécie humana, qual é o sexo homogamético e qual é o sexo heterogamético? Justifique.

5 Cite exemplos de animais nos quais ocorrem os sistemas XO e ZW, descrevendo como são machos e fêmeas em relação aos cromossomos. Indique o sexo heterogamético.

6 No sistema haploide/diploide de abelhas, indique a composição cromossômica do macho e a da fêmea.

7 Considerando os cromossomos X e Y na espécie humana, diferencie herança restrita ao sexo de herança ligada ao sexo.

8 O que é herança limitada ao sexo?

9 O que é herança influenciada pelo sexo?

10 Um homem daltônico herda o gene para daltonismo de qual progenitor? Para qual tipo de descendente ele transmite esse gene?

11 Por que a mulher tem cromatina sexual e o homem não?

Exercícios propostos

1 Mackenzie Um casal tem uma criança de sexo masculino e hemofílica. É correto afirmar, com certeza, que:

- (a) o pai é normal.
- (b) o pai é normal e a mãe é hemofílica.
- (c) o pai e a mãe são hemofílicos.
- (d) ela recebeu da mãe o gene para a hemofilia.
- (e) se ela tiver um irmão, este será hemofílico também.

2 UEL Acerca da relação entre os cromossomos de um menino e os de seus avós, fizeram-se as seguintes afirmações.

- I. Seu cromossomo Y é descendente do Y de seu avô paterno.
- II. Seu cromossomo X é descendente de um X de sua avó paterna.
- III. Entre seus autossomos, há descendentes de autossomos de seus avós.

Dessas afirmações, está(ão) correta(s) apenas:

- (a) I.
- (b) II.
- (c) III.
- (d) I e III.
- (e) II e III.

3 UFRJ Durante o processo de meiose ocorre a recombinação gênica, isto é, a troca de sequências de ADN entre cromossomos homólogos. Identifique o cromossomo humano que sofre menos recombinação. Justifique sua resposta.

4 UFRJ Na espécie humana existe um gene raro que causa a displasia ectodérmica anidrótica, que é uma anomalia caracterizada pela ausência das glândulas sudoríparas. Esse gene se localiza no cromossomo sexual X.

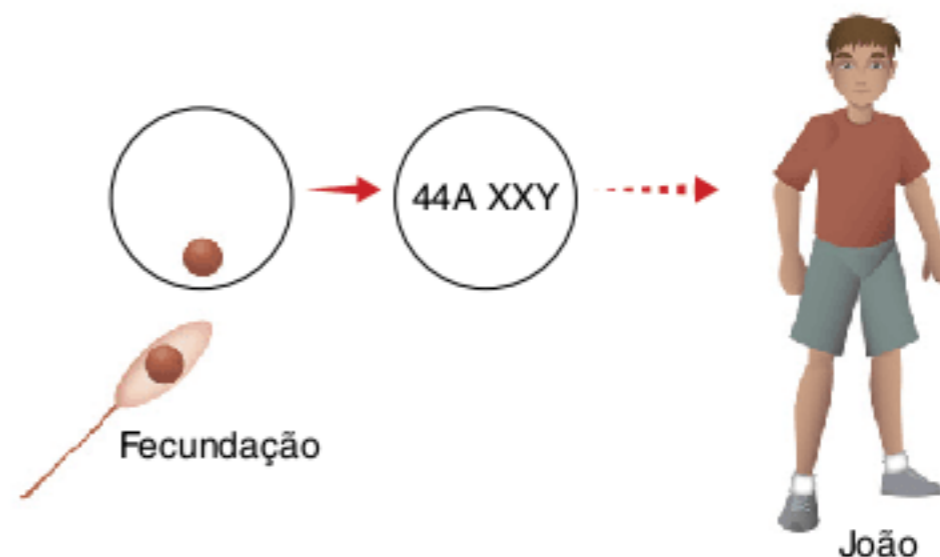
Algumas mulheres, portadoras desse gene em heterozigose, ficam com a pele toda manchada, formando um mosaico de manchas claras e escuras, quando se passa um corante sobre a pele.



- a) Explique a formação dessas manchas do ponto de vista genético.
- b) Por que esse mosaico não pode aparecer em um homem?

5 PUC-MG O esquema a seguir representa a ontogênese de João, que nasceu com Síndrome de Klinefelter e daltonismo, embora seus pais não apresentem alterações cromossômicas numéricas em suas células somáticas.

Sabendo que o daltonismo é uma herança recessiva ligada ao sexo, é correto afirmar, exceto:



- (a) se o pai de João é daltônico, ele obrigatoriamente contribuiu com o gameta responsável pela síndrome do filho.
- (b) se foi o pai de João quem contribuiu com o gameta contendo um cromossomo a mais, esse pai é obrigatoriamente daltônico.
- (c) a mãe de João pode ser daltônica, mas pode não ser ela quem contribuiu com o gameta responsável pela síndrome do filho.
- (d) se a mãe de João é daltônica, pelo menos um dos avós de João também é daltônico.

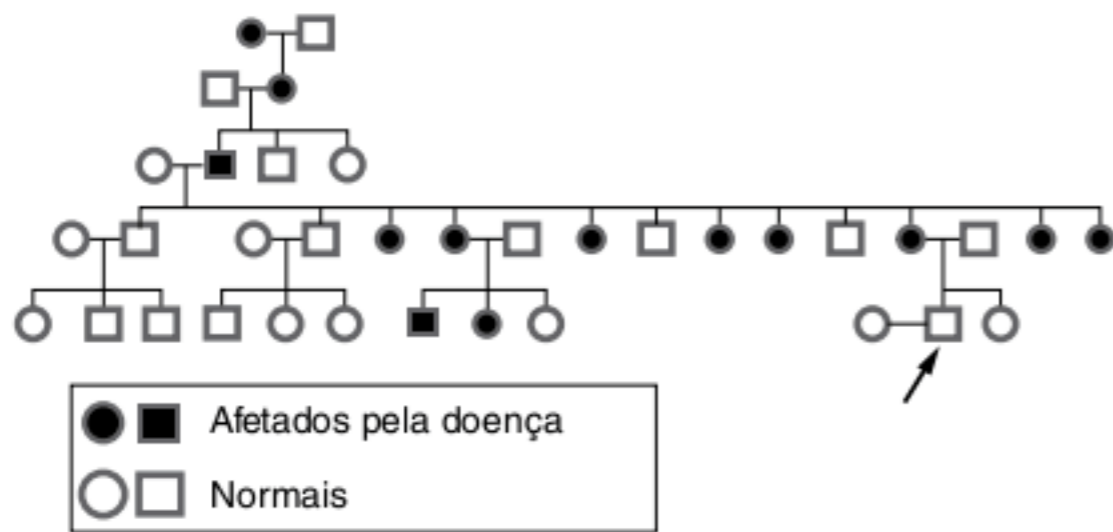
6 Mackenzie A respeito das heranças recessivas ligadas ao sexo (genes situados no cromossomo X), considere as seguintes afirmações.

- I. Os homens só apresentam dois genótipos possíveis, enquanto as mulheres apresentam três genótipos possíveis.
- II. As mulheres heterozigotas têm fenótipo normal.
- III. As filhas de pai normal serão sempre normais.
- IV. Se a mãe for afetada, todos os seus filhos do sexo masculino também serão afetados.

São corretas:

- (a) I, III e IV apenas.
- (b) I e III apenas.
- (c) I, II, III e IV.
- (d) II e IV apenas.
- (e) III e IV apenas.

7 Uerj Um homem pertence a uma família na qual, há gerações, diversos membros são afetados por raquitismo resistente ao tratamento com vitamina D. Preocupado com a possibilidade de transmitir essa doença, consultou um geneticista que, após constatar que a família reside em um grande centro urbano, bem como a inexistência de casamentos consanguíneos, preparou o heredograma a seguir. Nele, o consultante está indicado por uma seta.



- a) Sabendo que a doença em questão é um caso de herança ligada ao sexo, formule a conclusão do geneticista quanto à possibilidade de o consultante transmitir a doença a seus descendentes diretos.
- b) Calcule os valores correspondentes à probabilidade de que o primo doente do consultante, ao casar com uma mulher normal, gere filhas e filhos afetados pela doença.

8 Unesp Uma mulher é portadora de um gene letal presente no cromossomo X. Este gene provoca aborto espontâneo algumas semanas após a formação do zigoto. Se essa mulher der à luz seis crianças normais, em seis partos diferentes, o número esperado de crianças do sexo masculino será:

- (a) 1 (c) 3 (e) 5
 (b) 2 (d) 4

9 Ufal (Adapt.) Julgue as afirmações a seguir relacionadas à determinação cromossômica do sexo na espécie humana.

- O sexo heterogamético é o masculino.
- O genitor do sexo feminino determina o sexo dos descendentes.
- O corpúsculo de Barr, ou cromatina sexual, corresponde a um cromossomo X inativo.
- A Síndrome de Down é causada pela presença de um cromossomo X extra no cariótipo.
- O indivíduo hermafrodita é formado por células XX e XY.

10 UFJF Um homem possui uma anomalia dominante ligada ao cromossomo X e é casado com uma mulher normal. Em relação aos descendentes desse casal, é correto afirmar que:

- (a) essa anomalia será transmitida a todos os filhos do sexo masculino.
- (b) essa anomalia será transmitida à metade dos filhos do sexo masculino.
- (c) essa anomalia será transmitida a todas as filhas.
- (d) essa anomalia será transmitida à metade das filhas.
- (e) essa anomalia não será transmitida a nenhum descendente.

11 Unirio Em eventos esportivos internacionais como os Jogos Pan-americanos ou as Olimpíadas, ocasionalmente, há suspeitas sobre o sexo de certas atletas, cujo desempenho ou mesmo a aparência sugerem fraude. Para esclarecer tais suspeitas, utiliza-se:

- (a) a identificação da cromatina sexual.
- (b) a contagem de hemácias cuja quantidade é maior nos homens.
- (c) o exame radiológico dos órgãos sexuais.

- (d) a pesquisa de hormônios sexuais femininos através de um exame de sangue.
- (e) a análise radiográfica da bacia.

12 Puccamp 2005 O cientista John Dalton é bastante conhecido por suas contribuições para a química e a física. Além disso, Dalton descreveu uma doença hereditária que o impossibilitava de distinguir a cor verde da vermelha. Essa doença hereditária, causada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X, recebeu o nome de daltonismo.

É correto afirmar que os filhos:

- (a) e as filhas de homens daltônicos são sempre daltônicos.
- (b) e as filhas de mulheres daltônicas são sempre daltônicos.
- (c) e as filhas de homens daltônicos são sempre heterozigotos.
- (d) de mulheres daltônicas sempre portam alelo para daltonismo.
- (e) de homens daltônicos sempre portam alelo para daltonismo.

13 PUC-SP 2005 Na tira de quadrinhos, o homem de etnia amarela apresenta uma característica determinada por um gene recessivo ligado ao sexo.



Folha de S. Paulo, 9 maio 2005. (Adapt.).

Descendendo de pais com visão normal, pode-se dizer que esse homem:

- (a) é homozigoto recessivo para esse gene.
- (b) é heterozigoto para essa característica.
- (c) recebeu o gene de sua mãe, heterozigota para essa característica.
- (d) recebeu o gene de seu pai, heterozigoto para essa característica.
- (e) recebeu o gene de seu pai, uma vez que o loco gênico está no cromossomo Y.

14 FGV 2006 Meios-irmãos é o termo utilizado para designar os indivíduos que são irmãos só por parte de pai ou só por parte de mãe.

João e Pedro são meios-irmãos e ambos são daltônicos e hemofílicos. Seus genitores são normais.

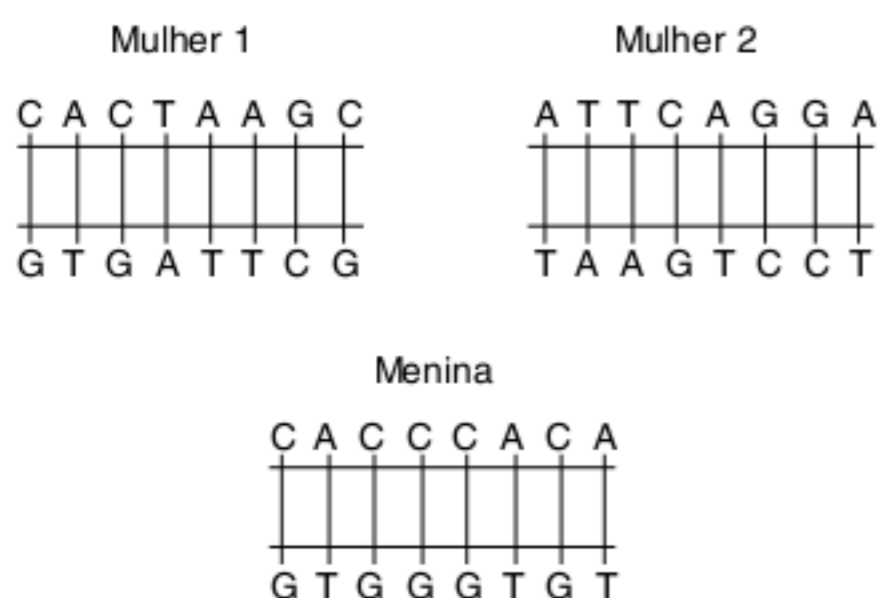
Pode-se dizer que, mais provavelmente, João e Pedro sejam:

- (a) filhos do mesmo pai, do qual herdaram os genes para daltonismo e hemofilia.
- (b) filhos da mesma mãe, da qual herdaram os genes para daltonismo e hemofilia.
- (c) filhos do mesmo pai, porém herdaram de suas respectivas mães os genes para daltonismo e hemofilia.
- (d) filhos da mesma mãe, porém herdaram de seus respectivos pais os genes para daltonismo e hemofilia.
- (e) portadores de novas mutações, ocorridas independentemente da herança materna ou paterna.

15 PUC-MG 2006 Um homem e uma mulher com visão normal tiveram uma filha, Maria, também com visão normal para daltonismo. Do casamento de Maria com Manuel nasceu um casal de gêmeos, sendo um deles daltônico e o outro normal. Sabendo-se que o daltonismo é uma característica determinada por gene recessivo ligado ao sexo, é incorreto afirmar que:

- o pai de Maria não é portador, mas Maria é portadora do gene que causa daltonismo.
- os dois gêmeos podem ter recebido o gene recessivo que determina o daltonismo.
- se o gêmeo afetado for o do sexo masculino, Manuel certamente é normal.
- se o gêmeo afetado por daltonismo for do sexo feminino, Manuel é certamente daltônico.

16 PUC-SP Duas mulheres disputam a maternidade de uma menina. Foi realizada a análise de um mesmo trecho do DNA, obtido de um dos cromossomos X de cada mulher e da menina. As sequências de bases do referido trecho gênico estão esquematizadas adiante.



Os dados obtidos:

- são suficientes para excluir a possibilidade de qualquer uma das mulheres ser a mãe da menina.
- são suficientes para excluir a possibilidade de uma das mulheres ser a mãe da menina.
- não são suficientes, pois o cromossomo X da menina analisado pode ser o de origem paterna.
- não são suficientes, pois a menina recebe seus dois cromossomos X da mãe e apenas um deles foi analisado.
- não podem ser considerados, pois uma menina não recebe cromossomo X de sua mãe.

17 UFU 2006 Na espécie humana, a calvície hereditária é uma característica influenciada pelo sexo. O gene que condiciona a calvície é dominante nos homens e recessivo nas mulheres. O daltonismo é de herança recessiva ligada ao cromossomo X. Um casal não calvo e de visão normal tem um filho calvo e daltônico.

Considerando os dados apresentados, analise as afirmativas a seguir.

- A mulher é duplo-heterozigota para os genes em questão.
- É possível que o casal tenha filhas não calvas, de visão normal em um dos olhos, mas daltônicas do outro.
- 25% das filhas do casal poderão ser calvas e daltônicas.

Marque a alternativa correta.

- I e II são corretas.
- I e III são corretas.
- II e III são corretas.
- Apenas III está correta.

TEXTOS COMPLEMENTARES

O projeto genoma humano

O projeto genoma humano (PGH) constitui o desenvolvimento de análise do material genético humano, compreendendo 22 cromossomos autossômicos e os cromossomos sexuais (X e Y).

Esse gigantesco trabalho foi efetuado entre 1990 e 2003. Sua finalidade foi determinar quais são os genes humanos, sua posição nos cromossomos, sua sequência de nucleotídeos e seu papel no metabolismo. Como resultado, obteve-se a resposta que a maior parte do DNA humano nuclear (cerca de 97%) não corresponde a genes capazes de determinar a síntese de proteínas; é o que se denomina como **DNA não codificante**. Há cerca de 30 mil genes codificantes.

Os resultados desse projeto encontram-se armazenados em bancos de dados e fornecem ferramentas para análises relevantes. Embora finalizado, acredita-se que os estudos dos dados obtidos pelo PGH ainda vão durar muitos anos.

Há muitos benefícios decorrentes dos trabalhos desenvolvidos pelo PGH, em especial na área médica, como o aprimoramento de diagnóstico e/ou de detecção precoce de predisposição genética a determinadas doenças, o melhoramento de medicamentos etc.

Evidentemente, o emprego dos conhecimentos advindos desse projeto está sujeito a uma série de desdobramentos éticos e legais importantes, como, por exemplo:

- Quem deve ter acesso à informação genética pessoal e como isso vai ser usado?
- A quem pertence a informação genética?
- Os profissionais da área da saúde aconselham adequadamente os pais sobre riscos e limitações da tecnologia genética?
- Qual é a confiabilidade e a utilidade de testes genéticos realizados em fetos?
- Como uma informação genética pessoal afeta um indivíduo e a sua percepção perante a sociedade?
- Como a informação genética pode afetar membros de comunidades minoritárias?
- Os genes são capazes de modelar comportamentos?

Todas essas questões estão relacionadas aos caminhos abertos pelo PGH, e o apoio para o desenvolvimento de novas pesquisas é o primeiro passo para tentar elucidá-las.

O teste de DNA

Nas últimas décadas, o teste de DNA trouxe grande ajuda na elucidação de problemas jurídicos, como a determinação de paternidade ou a identificação de criminosos. Antes, apenas os testes de tipagem sanguínea dos sistemas Rh, ABO e MN permitiam, em alguns casos, excluir a possibilidade de um indivíduo ser pai de uma criança.

Consideramos, por exemplo, a averiguação da paternidade de uma criança com sangue O, Rh⁺ e M. Caso o suposto pai seja dotado de sangue do mesmo tipo para os três sistemas, poderia ser afirmado, no máximo, que o indivíduo tem possibilidade de ser o pai, mas não se poderia ter certeza absoluta da paternidade.

O exame de DNA, no entanto, oferece grau de certeza acima de 99,99% de que o indivíduo é ou não é pai da criança.

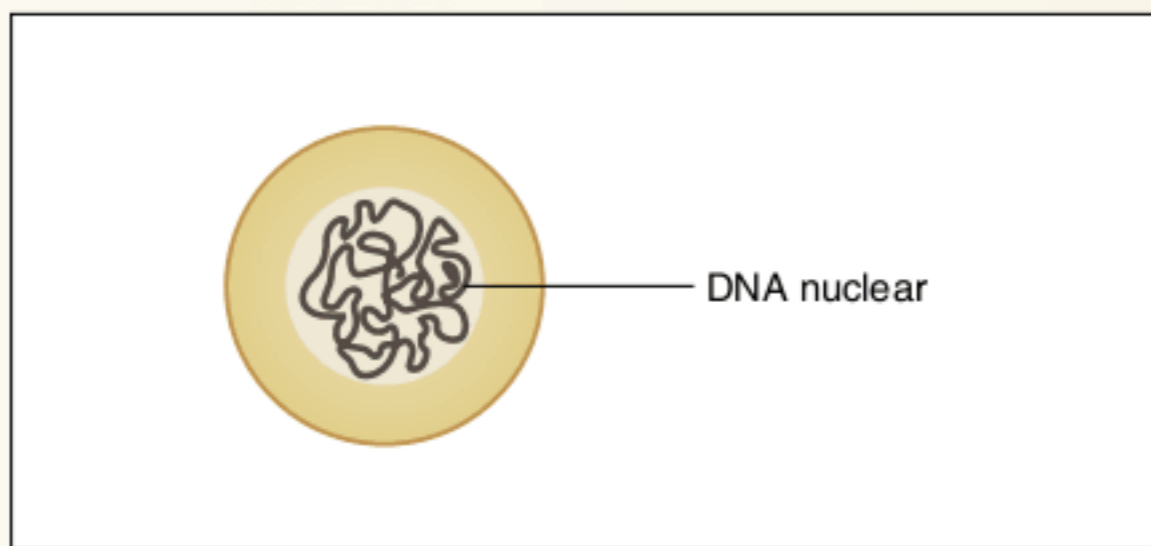
Outro caso é o de elucidação de crimes. Um cadáver pode armazenar em suas unhas células de um agressor, obtidas enquanto a vítima tentava se defender. Coletadas as amostras das células e tendo um suspeito (apontado, por exemplo, por câmeras de vigilância), faz-se o teste com o DNA do suspeito e da amostra; caso o teste revele uma coincidência de 100%, o suspeito pode ser acusado como o praticante do assassinato.

Cada pessoa apresenta um padrão único no teste de DNA (exceto gêmeos univitelínicos). Por isso, o teste é comparado a uma "impressão digital molecular".

Procedimentos do teste de DNA

O teste de DNA apresenta grande complexidade. A seguir são apresentados os passos principais.

1º Obtenção de uma amostra contendo células do indivíduo. Podem ser empregados sangue, saliva, base de fios de cabelo etc.

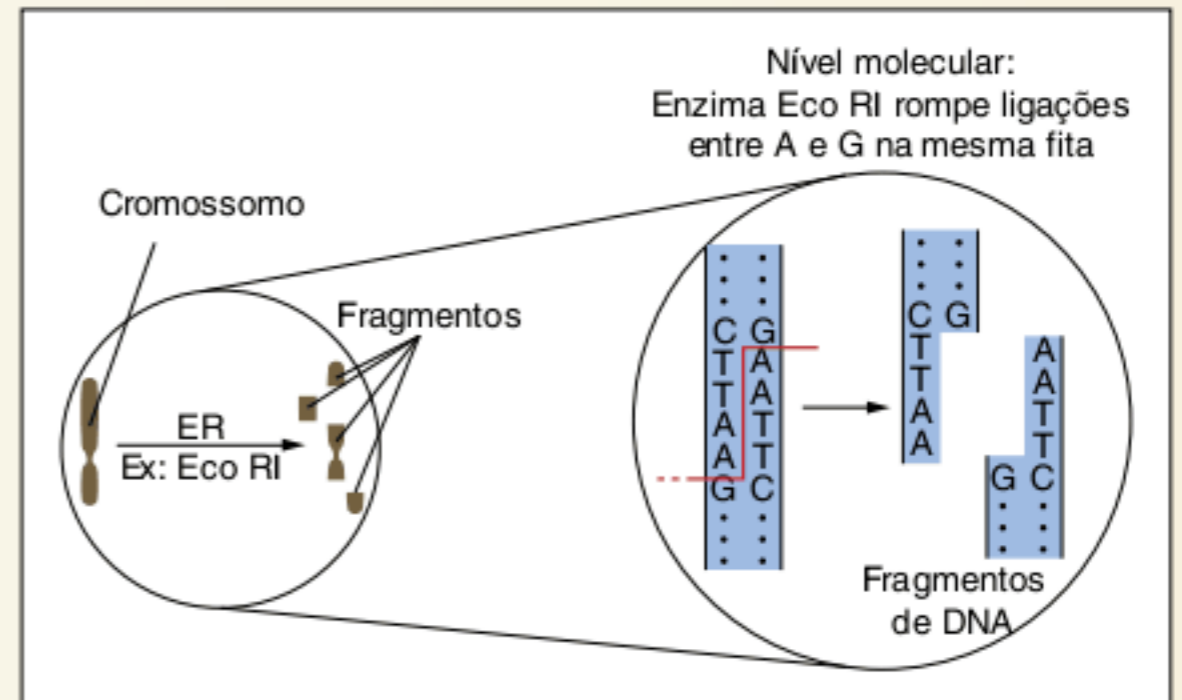


O material genético utilizado nos testes de DNA pode ser obtido de fontes variadas.

2º Extração do DNA da amostra.

3º Replicação do DNA obtido com PCR (**cadeia de reações com polimerase**). O PCR é um equipamento capaz de copiar amostras de DNA em grande quantidade. Apresenta DNA polimerase e nucleotídeos de DNA marcados radioativamente; as cópias de DNA geradas são, portanto, marcadas radioativamente.

4º Quebra do DNA com enzimas de restrição (E. R.). Essas enzimas são obtidas de algumas bactérias, que as empregam na quebra de DNA de vírus invasores. As E. R. são de diversos tipos e atuam como "tesouras moleculares", cortando moléculas de DNA em trechos que têm sequências específicas de nucleotídeos.

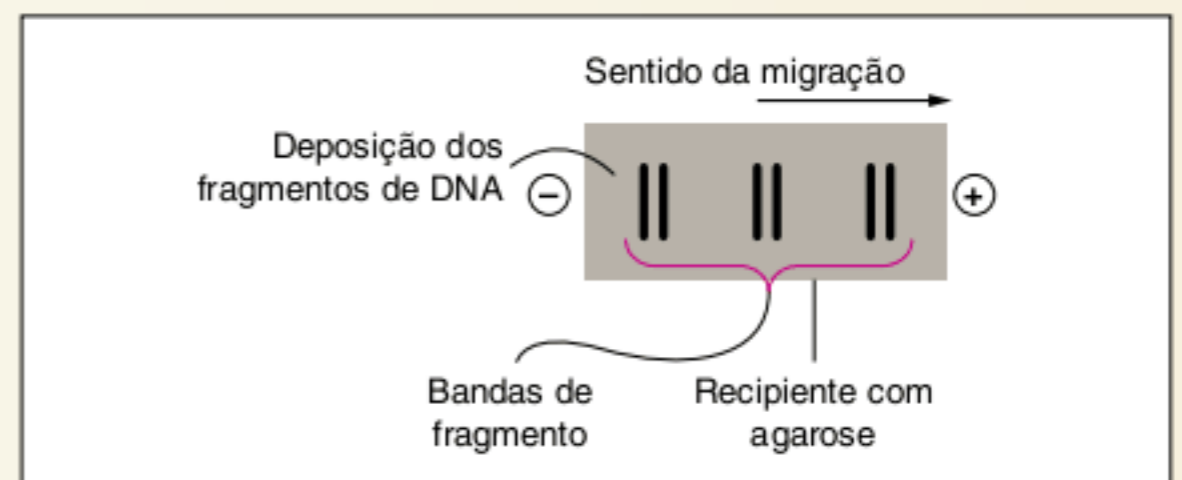


Obtenção de fragmentos de DNA utilizando enzimas de restrição.

5º Obtenção de fragmento de DNA. Como cada pessoa tem sequências de DNA que são exclusivas, os fragmentos obtidos também terão tamanhos em padrões exclusivos do indivíduo.

6º Separação dos fragmentos de DNA por eletroforese em gel. Isso é feito colocando-se os fragmentos em um recipiente contendo agarose. Um dos lados do recipiente apresenta carga negativa e o lado oposto, carga positiva; o campo elétrico provoca o fluxo dos fragmentos (é o que se denomina **eletroforese**). Os fragmentos grandes têm migração mais curta e os fragmentos pequenos têm migração mais longa.

7º Com isso, formam-se bandas (faixas) de fragmentos relacionadas ao seu tamanho; o padrão de bandas é próprio para cada indivíduo (exceto em gêmeos univitelínicos).

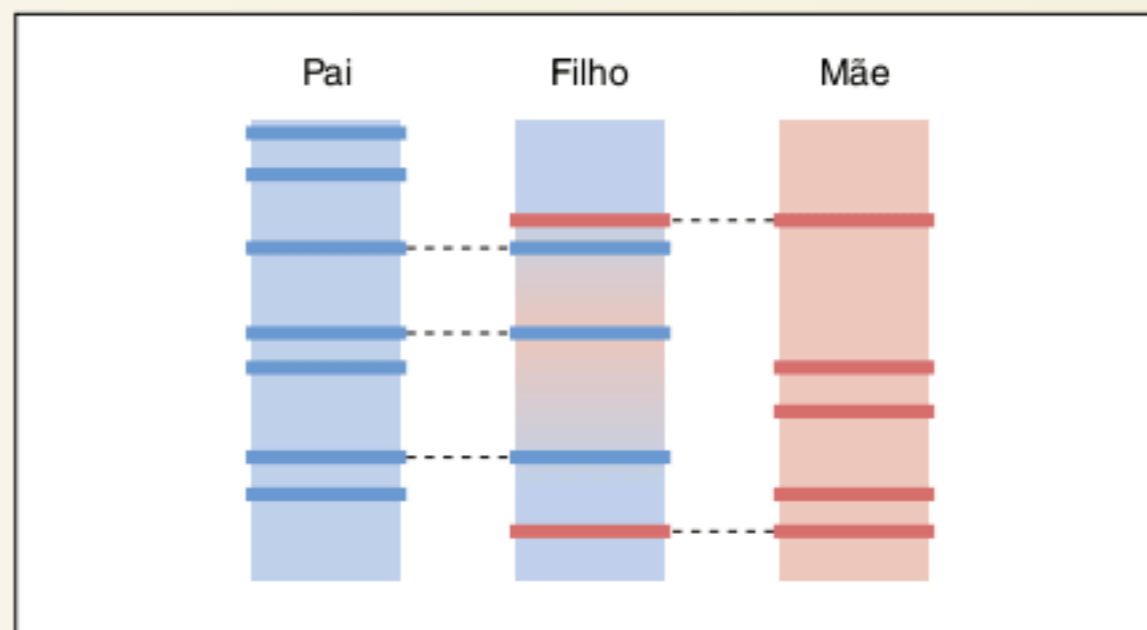


A migração dos fragmentos de DNA na agarose forma bandas de material genético.

8º Colocação de filme sobre a agarose. Emprega-se um filme semelhante ao de uso em radiografias; como as bandas são de material radioativo, o filme é marcado precisamente pelas bandas e poderá ser analisado e arquivado com segurança.

9º Comparação entre as bandas. Pode-se comparar o material da cena de um crime com o de um suspeito. Pode-se comparar o padrão de bandas de uma criança com o de sua mãe e do seu possível pai. Para certificar-se de que a criança é filha do casal, deve-se considerar o seguinte:

- A banda que falta no pai está presente na mãe.
- A banda que falta na mãe está presente no pai.



Comparação entre bandas de DNA em testes de paternidade.

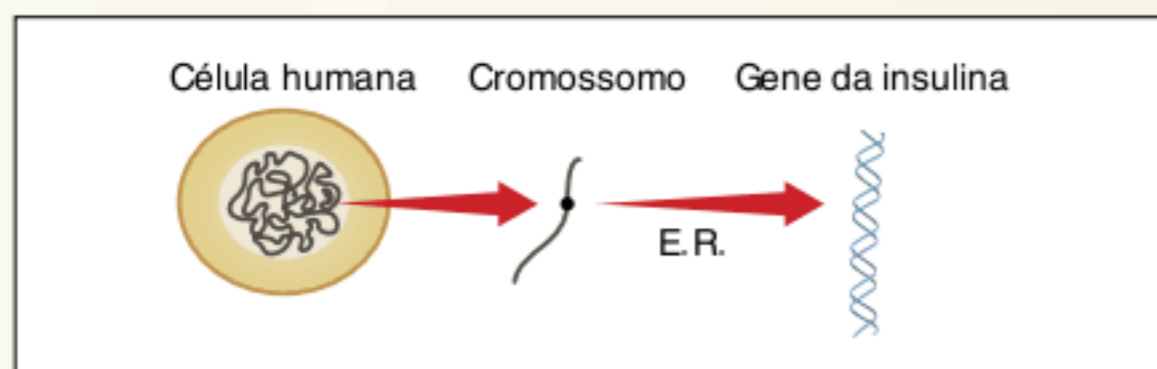
Os transgênicos

Transgênicos são também denominados **organismos geneticamente modificados (OGM)**; são organismos que possuem DNA de outra espécie incorporado ao seu patrimônio genético. O processo utilizado para a criação de um OGM é conhecido como **tecnologia do DNA recombinante** (ou engenharia genética). A criação de transgênicos é realizada para que um organismo apresente características de outro, podendo, até mesmo este, ser de outra espécie.

Produção de compostos transgênicos

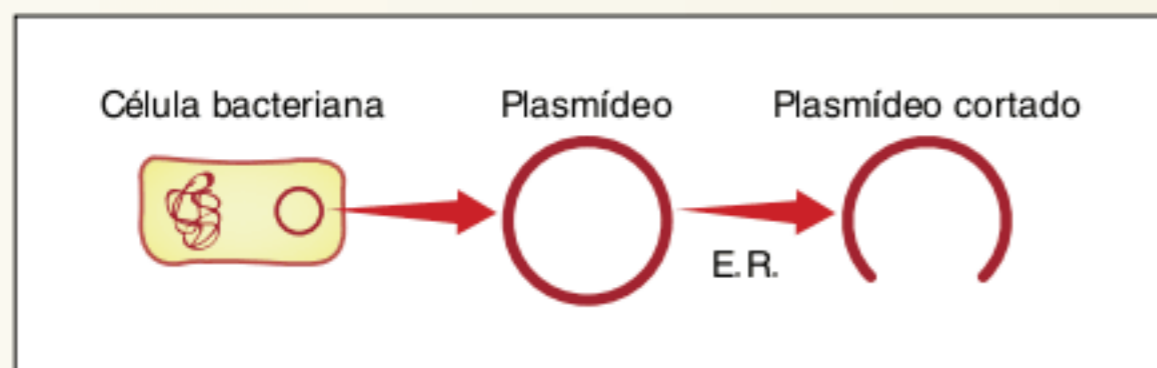
Para esclarecer os fundamentos da técnica, utilizaremos o exemplo da **produção de insulina humana por células bacterianas**. Os passos são:

1º Extrai-se de uma célula humana a **sequência de DNA** que corresponde ao gene responsável pela **síntese de insulina**. Esse procedimento envolve o uso de enzimas de restrição (E. R.).



Enzimas de restrição podem ser utilizadas na extração de genes específicos.

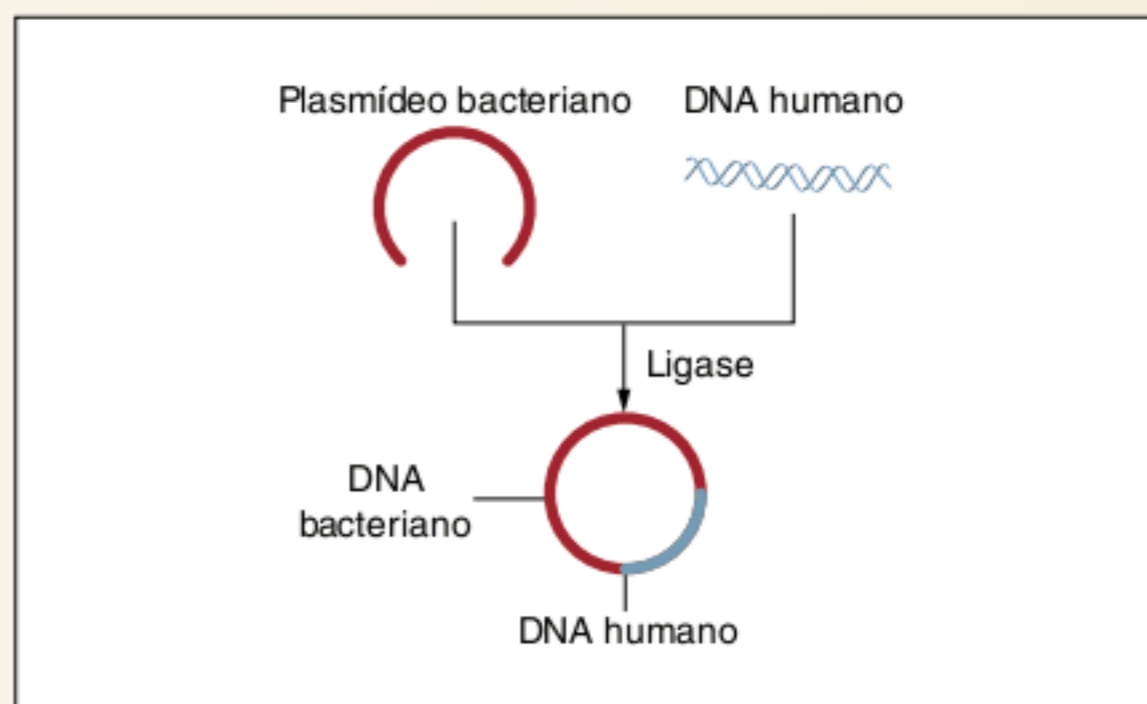
2º Retira-se um **plasmídeo bacteriano** e emprega-se a mesma enzima de restrição (E. R.) para provocar a abertura do plasmídeo.



O corte de plasmídeos também pode ser feito utilizando-se enzimas de restrição.

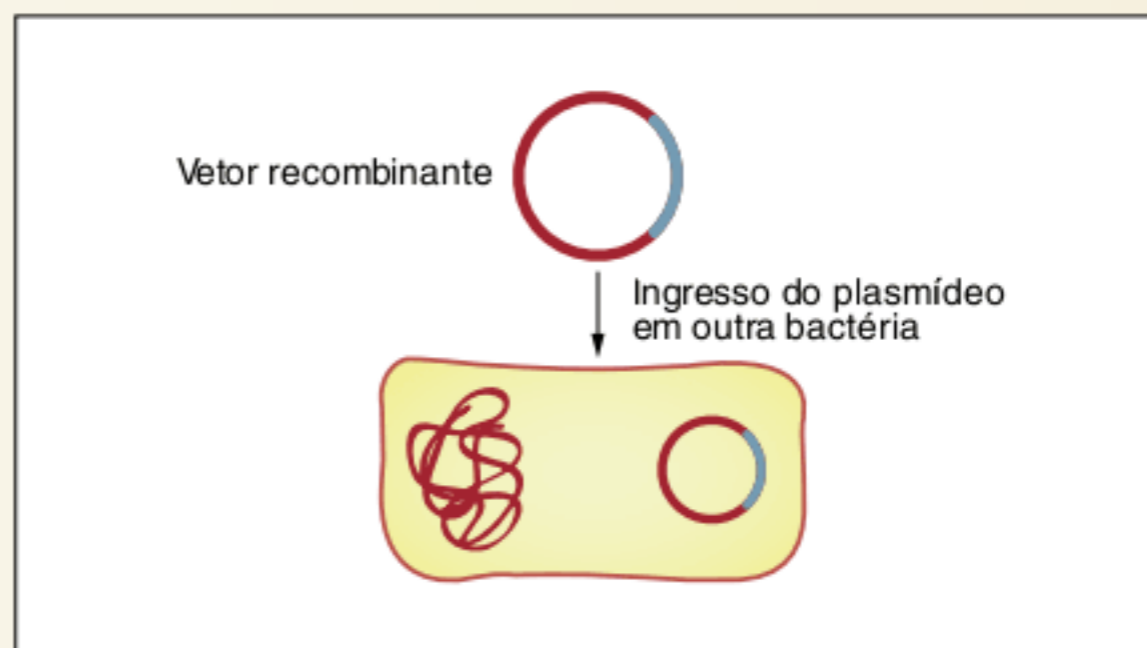
3º O DNA humano e o DNA bacteriano são colocados em contato e ocorre sua junção. Acrescenta-se a **enzima ligase**

(do complexo helicase-polimerase), que promove a união entre os segmentos de DNA; a ligase promove ligações entre fosfato e desoxirribose dos nucleotídeos.



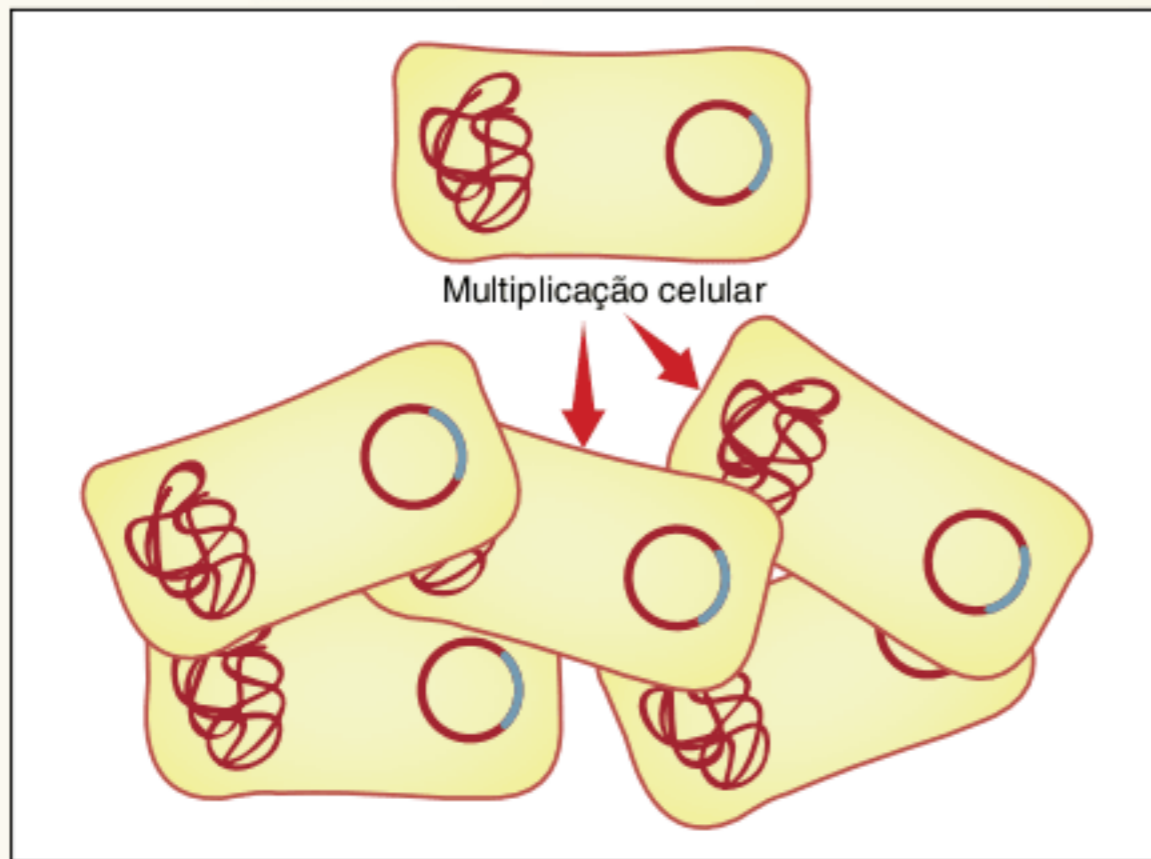
A enzima ligase é utilizada para unir segmentos de DNA.

4º O DNA híbrido (bacteriano-humano) é inserido em uma bactéria por meio de um vetor, que pode ser um **vírus não patogênico**.



Inserção de DNA híbrido em bactéria por meio de um vetor.

5º A bactéria é colocada em um meio de cultura e se multiplica por cissiparidade. Com estímulos adequados, as bactérias geneticamente modificadas passam a produzir a proteína codificada pelo gene humano (no caso, insulina).



O cultivo das bactérias com DNA híbrido permite a obtenção da proteína codificada pelo gene extraído no início do processo.

Essa técnica, empregando bactérias como receptoras de DNA, é utilizada para a produção de hormônio de crescimento, vacinas e fator VIII (fundamental para a coagulação).

Outros procedimentos de criação de organismos geneticamente modificados e de transgênicos envolvem plantas, que podem ter aumentadas as características de valor nutricional, capacidade de produção e resistência a insetos ou a herbicidas.

Plantas transgênicas

Plantas transgênicas são plantas criadas por meio da inserção de material genético de uma espécie diferente, com a ajuda da técnica de engenharia genética, a fim de produzir plantas com algumas características especiais.

Genes de uma espécie diferente podem ser introduzidos em uma planta especial de várias formas. Geralmente, é mais fácil produzir plantas transgênicas que animais transgênicos.

Nas plantas, não há diferença entre células somáticas e germinativas e, portanto, os genes podem ser introduzidos nas células somáticas e tecidos, para a produção de plantas transgênicas.

Em outros tempos, novas variedades de plantas que contêm os genes de duas espécies foram criadas por meio de hibridação ou cruzamento.

No entanto, essa reprodução foi realizada entre duas espécies aparentadas. Hoje, a biotecnologia moderna e a engenharia genética incorporam material genético não só relacionados, mas também de espécies diferentes, a fim de criar transgênicos e plantas geneticamente modificadas.

Bt de milho, algodão Bt e arroz-dourado são alguns exemplos comuns de plantas transgênicas, criadas dessa forma.

Prós e contras das plantas transgênicas

Produção de plantas transgênicas e introdução de material genético é uma questão altamente discutível. A série de benefícios bem como os riscos de geração de tais plantas foi destacada por estudos científicos.

Um dos principais benefícios das plantas transgênicas em culturas é a incorporação de algumas características altamente desejáveis, como a resistência a determinadas doenças, pragas e herbicidas.

Isso, por sua vez, pode aumentar o rendimento da cultura para atender a crescente demanda por alimentos. Uma outra vantagem é que, com a ajuda da engenharia genética, provavelmente, é possível produzir plantas que podem tolerar condições ambientais adversas como seca e frio.

Mesmo em um solo carregado com uma quantidade elevada de sal pode-se cultivar e produzir plantas geneticamente modificadas.

Todas as vantagens citadas podem vir a ser uma bênção para o setor agrícola. Com a crescente preocupação com os impactos ambientais da utilização em grande escala de inseticidas e pesticidas, é muito importante reduzir o uso desses produtos químicos e, nesse ponto, as plantas transgênicas resistentes a pesticidas podem desempenhar um papel importante nessa redução.

Variedades de plantas resistentes a herbicidas podem reduzir os efeitos negativos dos herbicidas, enquanto o desenvolvimento de plantas transgênicas resistentes a insetos podem ajudar a reduzir a quantidade total de inseticidas utilizados.

Isso, por sua vez, pode melhorar a qualidade ambiental. Para além destas, algumas plantas transgênicas podem produzir maior nível de certos nutrientes essenciais que melhoram a qualidade nutricional dos alimentos.

Apesar de todas essas vantagens para o desenvolvimento de organismos geneticamente modificados ou alterados, plantas transgênicas são amplamente criticadas, principalmente pelo fato de que essas plantas podem ter um impacto negativo sobre o ambiente natural, o ecossistema e a biodiversidade.

Muitos também manifestaram o receio de que os materiais genéticos das plantas transgênicas podem transferir-se para as variedades de plantas não modificadas geneticamente.

Apesar de plantas transgênicas serem resistentes a herbicidas, a mesma qualidade transferida para as plantas daninhas pode deixar o controle dessas plantas bastante difícil. [...]

Outra questão levantada pelos críticos sobre as plantas transgênicas é que estas podem liberar os genes resistentes aos antibióticos no solo, o que pode tornar os microrganismos do solo resistentes aos antibióticos.

Além disso, estudos de laboratório sugerem que a introdução de plantas transgênicas podem afetar outros organismos, como por exemplo, o pólen de milho Bt, que pode afetar adversamente as larvas de borboleta monarca e as traças, que se alimentam das folhas da planta serralha, revestidos com pólen de milho Bt.

No entanto, os defensores das plantas transgênicas e alimentos geneticamente modificados têm refutado essa acusação, alegando que o pólen do milho Bt em folhas de serralha não pode atingir um nível altamente concentrado para produzir tais reações adversas.

Em suma, os riscos de plantas transgênicas para a saúde humana e dos ecossistemas é um assunto controverso.

Assim, estudos e pesquisas mais concretas são necessários para resolver as controvérsias associadas com as plantas transgênicas, de modo que o consumidor possa encontrar a verdade sobre tais plantas e alimentos geneticamente modificados.

Para além destas, muitas considerações éticas também estão associados à transgenia, o que também deve ser abordado adequadamente.

Vida e Saúde, 13 ago. 2010. Disponível em: <www.vidaesaude.org/biologia-vida/plantas-transgenicas.html>.

O que é a hemofilia?

A hemofilia é uma doença hereditária rara, o que significa que, na maioria dos casos, se nasce com hemofilia.

A hemofilia é uma deficiência no processo de coagulação. Quando ocorre uma hemorragia, o sangue da pessoa com hemofilia não coagula normalmente. As hemorragias não são mais abundantes, mas podem ser mais frequentes e durar mais tempo do que o normal. Por isso, um bom acompanhamento e um tratamento adequado são muito importantes.

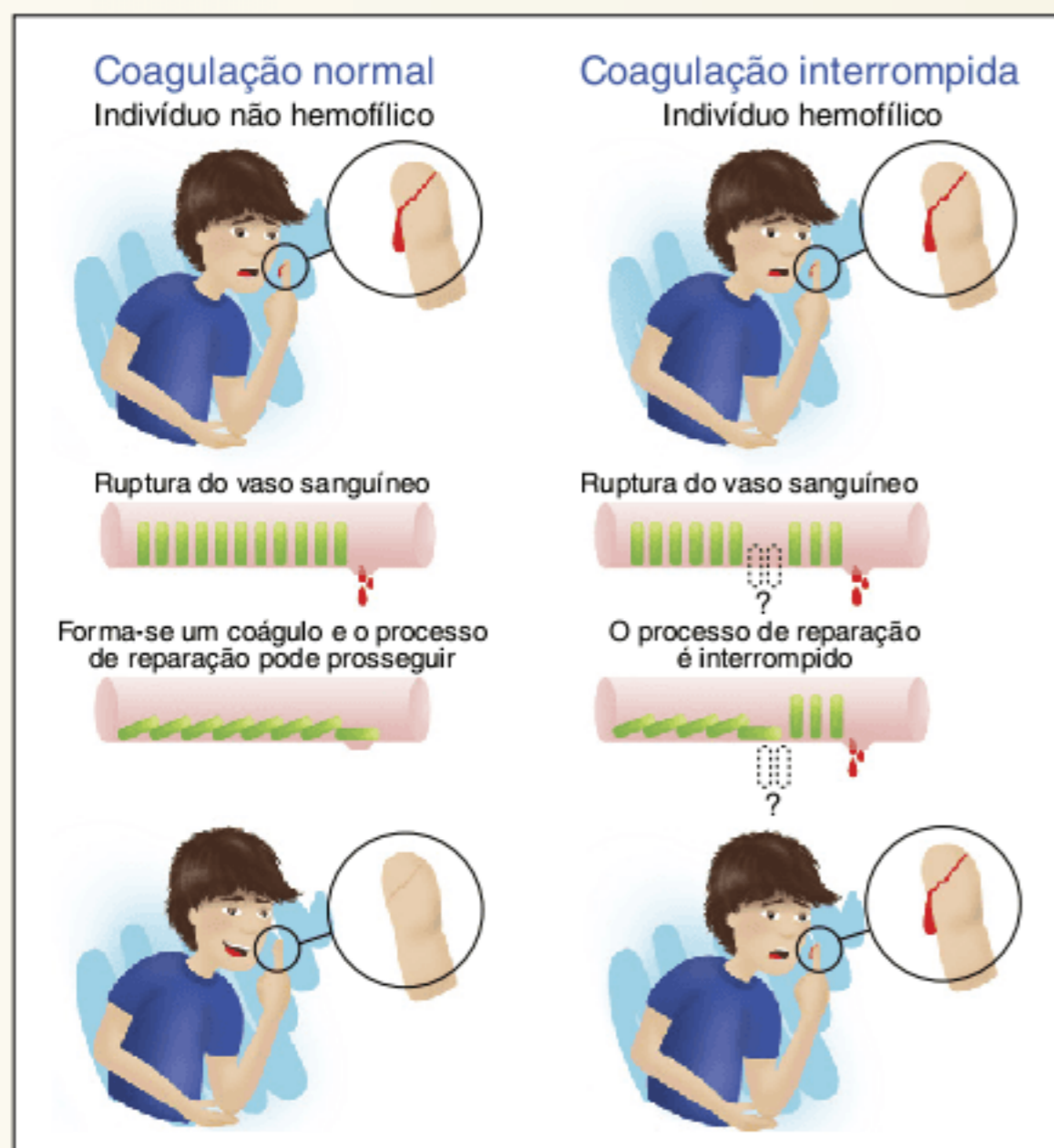
As hemorragias podem ser externas e visíveis ou internas e mais dificilmente detectáveis. A maioria das hemorragias externas pode ser tratada com procedimentos de primeiros socorros. Por isso, são essencialmente as hemorragias internas que podem causar problemas maiores.

O que acontece às pessoas com hemofilia?

Nas pessoas com hemofilia, as proteínas (designadas fatores) que intervêm na coagulação estão completamente ou parcialmente ausentes devido a um gene deficiente. Os fatores de coagulação são proteínas produzidas pelo fígado, que permitem a coagulação sanguínea ao participarem de um processo complexo, denominado cascata de coagulação.

Quando ocorre uma lesão, os fatores de coagulação (identificados com numeração romana) entram em funcionamento sucessivamente. Cada fator ativa, então, o seguinte, como uma verdadeira cadeia de dominós. Cadeia essa que acaba por formar um coágulo que estanca a hemorragia e cobre a ferida, enquanto o organismo “reconstrói” a zona danificada.

Quando um elo dessa corrente está em falta, observamos então uma diminuição das capacidades de coagulação; as consequências são hemorragias prolongadas.



Processo de coagulação sanguínea em indivíduo normal e hemofílico.

Hemofilia A e Hemofilia B

Quando o fator VIII (também designado por fator anti-hemofílico A) é deficiente ou está em falta, denomina-se então hemofilia A.

A hemofilia A afeta, essencialmente, os homens e corresponde a cerca de 80% dos casos de hemofilia.

Quando o fator IX (também designado por fator anti-hemofílico B) é deficiente ou está em falta, denomina-se então hemofilia B.

A hemofilia B afeta, essencialmente, os adolescentes e corresponde a cerca de 20% dos casos de hemofilia.

Esses fatores intervêm no meio da cadeia; o processo de coagulação começa normalmente, mas não pode ser concluído. Assim que uma hemorragia aparece, mesmo que seja mínima, vai durar muito mais tempo porque o coágulo sanguíneo que costuma parar a hemorragia não é suficientemente eficaz.

As pessoas que sofrem de hemofilia não sangram de forma mais abundante do que as outras, mas sim durante muito mais tempo.

As manifestações – O que acontece em uma pessoa com hemofilia?

Ao contrário do que se pensa, uma pessoa com hemofilia não sangra mais do que as outras pessoas, mas sim durante mais tempo e mais frequentemente, pois o coágulo sanguíneo que costuma parar a hemorragia é mais frágil. Um pequeno traumatismo, que passaria despercebido em uma pessoa que não sofra de hemofilia, poderá estar na origem de uma hemorragia em uma pessoa que sofra de hemofilia.

Três níveis de hemofilia

O risco de hemorragia não é o mesmo de uma pessoa com hemofilia para a outra. Há uma variação em função da importância do déficit em fator de coagulação. Existem três níveis de hemofilia:

- Hemofilia leve: quando o nível de fator representa de 5% a 40% do valor normal;
- Hemofilia moderada: quando o nível de fator representa de 1% a 5% do valor normal;
- Hemofilia grave: quando o nível de fator representa menos de 1% do valor normal.

Classificação	Grave	Moderada	Leve
Porcentagem de fator ativo	<1%	1% <5%	>5% <40%
Número de hemorragias	24-48 / ano	4-6 / ano	Raras
Origem das hemorragias	Hemorragias espontâneas	Traumatismos menores	Traumatismos maiores

Os níveis de hemofilia e as características patológicas apresentadas pelo indivíduo.

As pessoas que sofrem de hemofilia leve ou moderada possuem, na regra geral, fatores de coagulação suficientes para curar as feridas benignas do dia a dia. Os problemas ocorrem, quase sempre, apenas após um ferimento ou uma intervenção médica. Assim, essas pessoas só necessitam receber tratamento quando sofrem um acidente grave ou são submetidas a uma operação.

Ao contrário das pessoas com hemofilia leve ou moderada, as que sofrem de hemofilia grave vivenciam hemorragias espontâneas nos músculos ou nas articulações, e isso, sem que tenha havido qualquer ferimento ou traumatismo. Assim, devem ser tratadas para essas hemorragias ou para preveni-las.

Viver com Hemofilia. Disponível em: <www.vivercomhemofilia.com>. (Adapt.).

RESUMINDO

Determinação do sexo no ser humano

Um ser humano normal possui 46 cromossomos nas células somáticas (diploide), que compreendem:

- 44 cromossomos **autossômicos** (A).
 - dois **cromossomos sexuais (alossomos)**: X e Y.
 - O homem apresenta a fórmula cromossômica: $46 = 44A + XY$, com dois tipos de gametas $23 = 22A + X$ ou $23 = 22A + Y$: **sexo heterogamético**.
 - A mulher apresenta a fórmula: $46 = 44A + XX$, com um único tipo de gameta $23 = 22A + X$: **sexo homogamético**.
- O sistema de determinação sexual com base nos cromossomos X e Y (**sistema XY**) ocorre nos **mamíferos** e na mosca-das-frutas (**drosófila**).

Outros sistemas de determinação sexual

Sistema X0

O sistema X0 ocorre em **percevejos** e **gafanhotos**. Além dos autossômicos, os indivíduos possuem:

- dois cromossomos X (**XX**) no caso da fêmea.
- apenas um cromossomo X (**X**) no caso do macho.

Sistema ZW

O **sistema ZW** ocorre em muitas **aves**, em **borboletas** e em **mariposas**. Além dos autossômicos, cada indivíduo possui dois cromossomos sexuais:

- A fêmea é **ZW**: produz gametas Z e gametas W; é o **sexo heterogamético**.
- O macho é **ZZ**: produz só gametas Z; é o **sexo homogamético**.

Sistema n/2n

Abelhas têm o sistema n/2n de determinação sexual.

- As fêmeas são **2n (diploides)**.
- Os machos são **n (haploides)**: provenientes de **óvulos não fecundados (partenogênese)**.

Os cromossomos sexuais

Na espécie humana, o cromossomo Y é bem menor que o cromossomo X.

Os cromossomos X e Y de um homem apresentam três áreas distintas:

- Genes presentes nos dois cromossomos.
- Genes exclusivos do X (relacionados à **herança ligada ao sexo**).
- Genes exclusivos do Y (relacionados à **herança restrita ao sexo** – herança holandrica).

A **herança influenciada pelo sexo** é condicionada por alelos situados em cromossomos autossômicos.

Tipos de herança que podem ser observadas:

- **Herança limitada ao sexo**: determinada por genes autossômicos que se expressam apenas em um dos sexos. Exemplo: **produção de leite no gado**, características da expressão de genes que se manifestam apenas em fêmeas; e hipertricose auricular (pelos nas orelhas) humana, que tem manifestação apenas nos homens.
- **Herança influenciada pelo sexo**: determinada por gene autossômico, que, dependendo do sexo do indivíduo, se comporta como dominante ou como recessivo. Exemplo: **calvície humana**, herança que envolve dois alelos:
 - **C1**: condiciona calvície.
 - **C2**: determina fenótipo sem calvície.

Observação: **C1** é **dominante no homem** e **recessivo na mulher**.

São possíveis os seguintes genótipos e fenótipos:

Fenótipo no homem	Genótipo	Fenótipo na mulher
Calvo	C1C1	Calva
Calvo	C1C2	Não calva
Não calvo	C2C2	Não calva

- **Herança ligada ao sexo:** determinada por alelos exclusivos do cromossomo X. A fêmea tem dois alelos e o macho possui um alelo apenas (diz-se que é **hemizigoto**). Exemplos: **daltonismo** e **hemofilia A**.
 - **Daltonismo:** é a incapacidade de distinguir cores; é determinado por um alelo recessivo (X^d). A visão normal é condicionada pelo alelo dominante (X^D).
 Os genótipos e fenótipos possíveis são:

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

- **Hemofilia A:** é um distúrbio caracterizado pela dificuldade de coagulação, causado pela incapacidade genética de produzir o **fator VIII** (necessário à síntese de protrombina). O alelo para hemofilia A é recessivo (X^h) e o alelo que condiciona coagulação normal é dominante (X^H).
- Os genótipos e fenótipos possíveis são:

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

- **Cromatina sexual** (ou **corpúsculos de Barr**): presente em célula somática em intérfase de uma mulher. É ausente em célula masculina, que possui apenas um cromossomo X.
 - Consiste em um dos cromossomos X, que se mantém condensado (inativo) – a condensação acontece durante o desenvolvimento embrionário.
 - O outro cromossomo X encontra-se descondensado.
 - Determinados tecidos apresentam condensação do cromossomo X oriundo do pai. Outras células do organismo apresentam condensação no cromossomo X proveniente da mãe.
 - Exemplo: pelagem de gatos malhados, nos quais apenas a fêmea apresenta as três cores de pelos (amarelos, brancos e pretos):
 - Alelo X^A determina pelo malhado de branco e amarelo.
 - Alelo X^P condiciona pelo malhado de branco e preto.

Os genótipos e fenótipos possíveis são:

Genótipo	Fenótipo
$X^A Y$	Macho amarelo e branco
$X^P Y$	Macho preto e branco
$X^A X^A$	Fêmea amarela e branca
$X^P X^P$	Fêmea preta e branca
$X^A X^P$	Fêmea amarela, preta e branca

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Vídeo sobre o **Projeto Genoma Humano**, com demonstração de como é a estrutura do DNA, como ocorre a síntese de proteínas dentro das células e que todo ser humano funciona da mesma maneira:
<www.youtube.com/watch?v=Bu6rbC2cnTM>.
- Informações sobre o **Projeto Genoma Humano**: aspectos éticos, legais e sociais, contribuições para a medicina, materiais educacionais, arquivos para pesquisa etc.
<www.oml.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml>.
- Determinação do sexo em abelhas: dois mecanismos distintos que induzem e mantêm o caminho feminino.
<www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2758576/>.

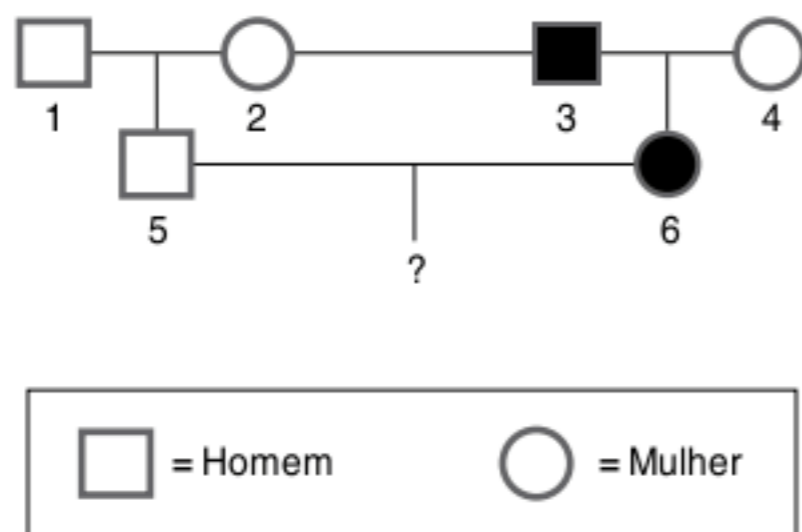


LIVRO

- Matt Ridley. *Genoma*.
O livro traz 23 capítulos, correspondentes aos pares de cromossomos humanos. Em cada capítulo, o autor escolhe um gene e conta a história de como esse gene foi descoberto. Desta maneira, há plena inspiração para uma discussão calorosa com o leitor, que pode abranger história, destino, estresse, sexo ou livre-arbítrio.

Exercícios complementares

1 PUC-SP 2006 Na genealogia a seguir, as pessoas indicadas pelos números 3 e 6 apresentam uma doença rara determinada por um gene dominante localizado no cromossomo X.



O casal indicado pelos números 5 e 6:

- não terá chance de apresentar descendentes com a doença.
- poderá ter apenas descendentes do sexo feminino com a doença.
- poderá ter apenas descendentes do sexo masculino com a doença.
- poderá ter metade de seus descendentes com a doença.
- terá todos os seus descendentes com a doença.

2 UFSM 2007 Considerando-se indivíduos hemofílicos do sexo masculino, pode-se afirmar que suas células somáticas e gaméticas, respectivamente, possuem:

- 46 autossomos – 23 alossomos.
- 44 alossomos + XX – 22 alossomos + X ou X.
- 44 alossomos + XY – 22 alossomos + X ou Y.
- 46 autossomos + XX – 23 autossomos + X ou X.
- 44 autossomos + XY – 22 autossomos + X ou Y.

3 PUC-Rio 2008 Uma criança do sexo masculino, que acaba de nascer, tem como pai um indivíduo que apresenta hemofilia e é normal com relação ao daltonismo. Sua mãe é portadora do gen para o daltonismo, mas não para o gen da hemofilia. Quanto a essa criança, podemos afirmar que:

- tem 50% de chance de ser daltônica.
- tem 50% de chance de ser hemofílica.
- tem 25% de chance de ser hemofílica.
- tem 75% de chance de ser daltônica.
- não tem chance de ser daltônica.

4 UFMG 2008 Um casal normal para a hemofilia – doença recessiva ligada ao cromossoma X – gerou quatro crianças: duas normais e duas hemofílicas. Considerando-se essas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

- a mãe das crianças é heterozigótica para a hemofilia.
- a probabilidade de esse casal ter outra criança hemofílica é de 25%.
- as crianças do sexo feminino têm fenótipo normal.
- o gene recessivo está presente no avô paterno das crianças.

5 Na montagem de um cariótipo encontramos 44 + XX cromossomos. A qual organismo esse cariótipo, provavelmente, pertence?

- A uma cebola.
- A um homem.
- A uma drosófila.
- A uma mulher.
- A um cavalo.

6 A hemofilia é uma anomalia caracterizada pela dificuldade na coagulação sanguínea, e é determinada por um gene recessivo presente no cromossomo X. Um casal em que a mulher é normal para a hemofilia, porém filha de pai hemofílico, e o homem é normal para hemofilia, vai ter um filho. Qual a probabilidade de o casal ter um menino hemofílico?

- $\frac{1}{2}$
- $\frac{1}{4}$
- $\frac{1}{8}$
- $\frac{1}{16}$
- 1

7 UFSC 2008 Sobre os cromossomos X e Y, responsáveis pela determinação cromossômica do sexo da espécie humana, é correto afirmar que:

- 01 todos os homens normais receberam o cromossomo Y de seu avô paterno, mas nem todos receberam o cromossomo X de sua avó materna.
- 02 todas as mulheres normais receberam um cromossomo X de sua avó paterna, mas nem todas receberam um cromossomo X de sua avó materna.
- 04 todos os genes presentes nos cromossomos X e Y são responsáveis pelo desenvolvimento sexual de um indivíduo.
- 08 apenas o cromossomo X tem genes responsáveis pelo desenvolvimento sexual, pois o cromossomo Y tem poucos genes.
- 16 todos os genes do cromossomo Y são responsáveis pelo desenvolvimento sexual masculino.
- 32 o sistema XY de determinação cromossômica do sexo está presente apenas na espécie humana.
- 64 os cromossomos X e Y são assim denominados porque apresentam a forma de um X e de um Y.

Soma =

8 UEPG 2008 A respeito de herança autossômica e de herança relacionada ao sexo, assinale o que for correto.

- 01 No caso da herança ligada ao sexo, os genes estão presentes no cromossomo Y, na parte não homóloga ao cromossomo X.
- 02 Se o caráter só afeta homens e é transmitido de pai para filho, pode-se ter certeza de que ele é restrito ao sexo. Se essa condição não se verifica, o caráter está ligado ao sexo.
- 04 Na herança ligada ao sexo existem duas possibilidades: o gene para o caráter é dominante ou recessivo. Quando o gene é dominante, as filhas de homens afetados sempre apresentam a doença, mas os filhos não, já que herdam o cromossomo Y. Quando o gene é recessivo, os netos de homens afetados podem apresentar a doença, mas não as filhas, que são portadoras.
- 08 Na herança autossômica, quando pais com fenótipos iguais têm um ou mais descendentes de fenótipos diferentes do deles, os fenótipos desses filhos são condicionados por genes recessivos.
- 16 Na herança relacionada ao sexo, existem duas possibilidades: ou a herança é restrita ao sexo, e o gene está no cromossomo Y; ou ela é ligada ao sexo, e o gene está no cromossomo X, na parte não homóloga.

Soma =

9 Ufes 2006 A distrofia muscular de Duchene é uma doença genética causada por uma mutação recessiva ligada ao cromossomo X, a qual acarreta a falta de uma proteína (distrofina), que leva a uma diminuição da força muscular. Sobre a herança ligada ao sexo, é correto afirmar que:

- (a) o gene da distrofina está localizado na região não homóloga do cromossomo X.
- (b) as mulheres não apresentam o caráter em homozigose, pois possuem apenas um cromossomo X.
- (c) os homens têm maior chance de apresentar a doença, pois herdam o alelo diretamente do seu pai.
- (d) as mulheres são mais propensas à distrofia muscular, uma vez que apresentam um de seus cromossomos X inativo (cromatina sexual).
- (e) os homens e as mulheres têm a mesma chance de apresentar a distrofia, já que o alelo é recessivo e só se manifesta em dose dupla.

10 UFRRJ 2007 O gene para o daltonismo é recessivo e localizado no cromossomo X do par sexual.

Caso um pesquisador quisesse estudar tal gene, deveriam ser coletadas apenas células germinativas? Justifique sua resposta.

11 UFSCar 2007 Um funcionário trabalhou vários anos em uma indústria química. Durante esse período, teve dois filhos: um menino que apresenta uma grave doença causada por um gene situado no cromossomo X e uma menina que não apresenta a doença. O funcionário quis processar a indústria por responsabilidades na doença de seu filho, mas o médico da empresa afirmou que a acusação não era pertinente.

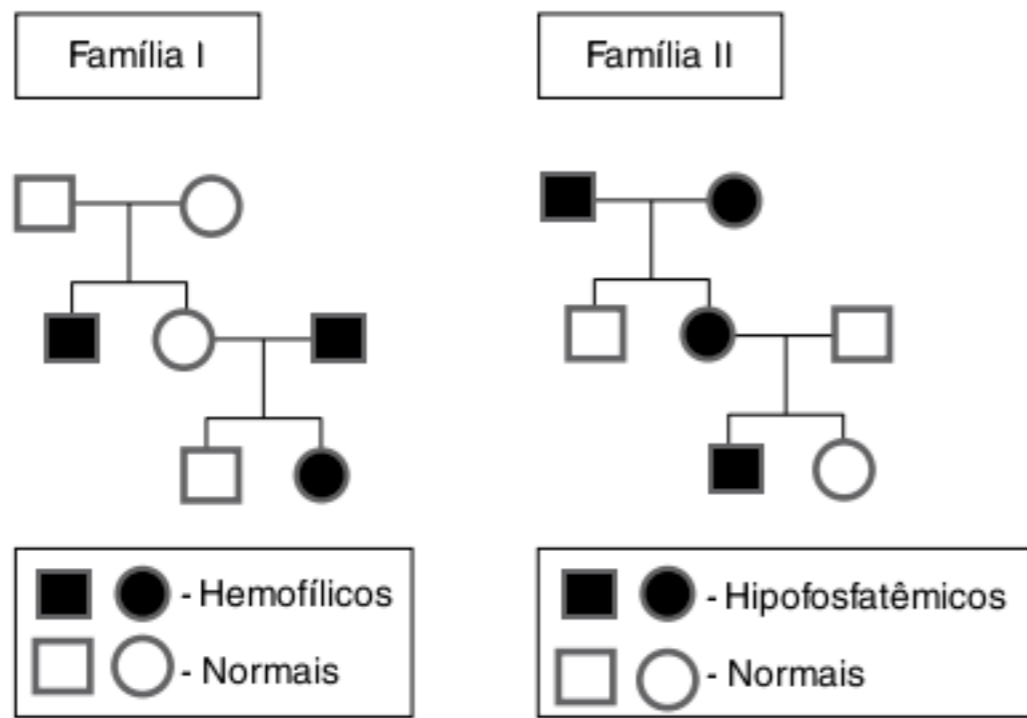
- a) Por que o médico afirmou que a acusação não era pertinente?
- b) O alelo causador da doença é dominante ou recessivo? Justifique.

12 O cientista John Dalton descreveu uma doença hereditária que o impossibilitava de distinguir a cor verde da vermelha, causada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X, denominada daltonismo.

Se uma mulher daltônica se casar com um homem normal, a chance de ela ter um menino daltônico é:

- (a) 25%
- (b) 50%
- (c) 75%
- (d) 100%

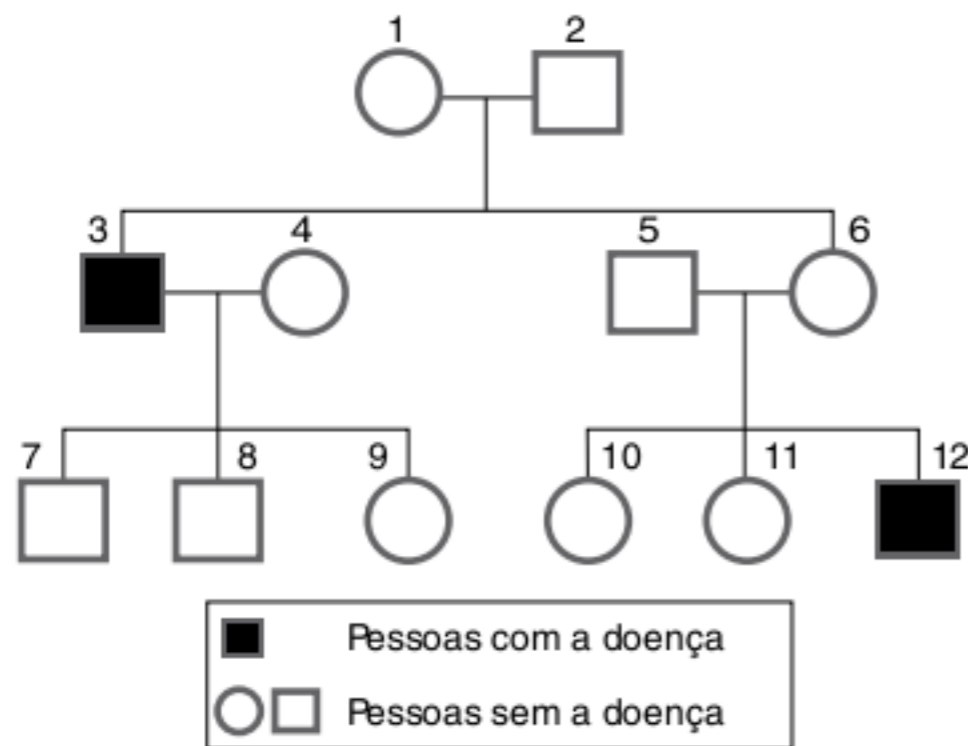
13 PUC-MG 2008 Os dois heredogramas a seguir foram montados para que os estudantes pudessem comparar dois tipos de “herança ligada ao sexo”: na família I, pode-se estudar a ocorrência de hemofilia A (herança na qual os afetados podem apresentar episódios recorrentes de sangramento, devido a uma deficiência no fator VIII), e, na família II, pode-se estudar a ocorrência de raquitismo hipofosfatêmico (um tipo de raquitismo hereditário, caracterizado por uma perda anormal de fosfato nos rins, e resistente ao tratamento com vitamina D).



Com base na análise dos heredogramas e em seus conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar, exceto:

- (a) para os dois caracteres estudados, não há transmissão do alelo determinante das anomalias de pai para filhos do sexo masculino.
- (b) no mundo, nascem mais homens afetados por raquitismo hipofosfatêmico do que mulheres afetadas.
- (c) a maioria dos indivíduos que nascem com hemofilia A é do sexo masculino.
- (d) o raquitismo hipofosfatêmico manifesta-se tanto nas mulheres homocigotas como nas heterocigotas.

14 Fuvest 2009 O heredograma a seguir mostra homens afetados por uma doença causada por um gene mutado que está localizado no cromossomo X.



Considere as afirmações:

- I. Os indivíduos 1, 6 e 9 são, certamente, portadores do gene mutado.
- II. Os indivíduos 9 e 10 têm a mesma probabilidade de ter herdado o gene mutado.
- III. Os casais 3-4 e 5-6 têm a mesma probabilidade de ter criança afetada pela doença.

Está correto apenas o que se afirma em:

- (a) I
- (b) II
- (c) III
- (d) I e II
- (e) II e III

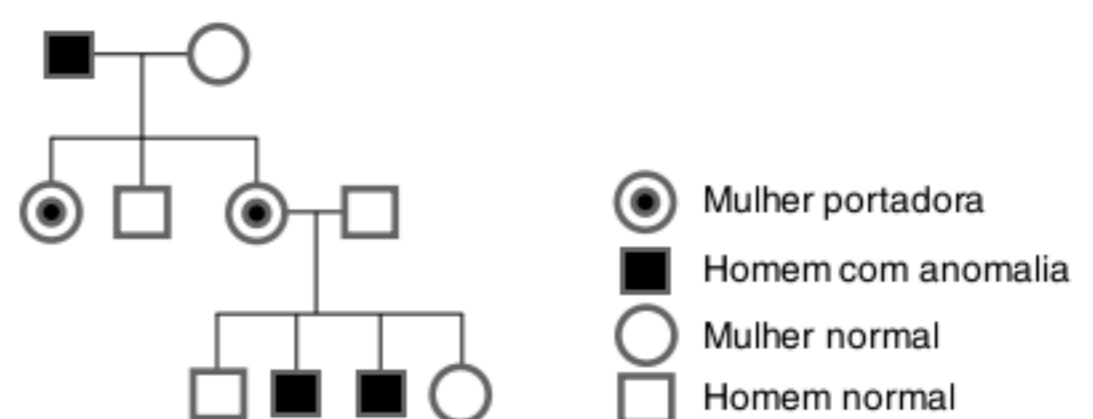
15 PUC-Rio 2009 Na década de 1940, descobriu-se que algumas células, retiradas de indivíduos humanos com dois cromossomos sexuais X, apresentavam, no núcleo interfásico, um pequeno corpúsculo de cromatina intensamente corado. Esse corpúsculo é denominado:

- (a) cromatina sexual, e está presente somente nas mulheres adultas geneticamente normais e corresponde a um cromossomo somático condensado.
- (b) cromatina sexual, e está presente somente nos homens adultos geneticamente normais e corresponde ao cromossomo Y condensado.
- (c) nucléolo, e está presente em indivíduos geneticamente normais de ambos os sexos e corresponde a um cromossomo somático condensado.
- (d) cromatina sexual, e está presente em indivíduos geneticamente normais de ambos os sexos e corresponde a um cromossomo X condensado.
- (e) corpúsculo de Barr, e está presente somente em indivíduos do sexo feminino geneticamente normais e corresponde a um cromossomo X condensado.

16 UEL 2009 A hemofilia é uma doença hereditária recessiva ligada ao cromossomo sexual X, presente em todos os grupos étnicos e em todas as regiões geográficas do mundo. Caracteriza-se por um defeito na coagulação sanguínea, manifestando-se através de sangramentos espontâneos que vão de simples manchas roxas (equimoses) até hemorragias abundantes. Com base no enunciado e nos conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar que:

- (a) casamento de consanguíneos diminui a probabilidade de nascimento de mulheres hemofílicas.
- (b) pais saudáveis de filhos que apresentam hemofilia são heterocigotos.
- (c) a hemofilia ocorre com a mesma frequência entre homens e mulheres.
- (d) as crianças do sexo masculino herdam o gene da hemofilia do seu pai.
- (e) mulheres hemofílicas são filhas de pai hemofílico e mãe heterocigota para esse gene.

17 UFF 2010 (Adapt.) Apesar da série de polêmicas sobre os efeitos negativos da mestiçagem racial discutidos no século XIX, atualmente, a ciência já estabelece que a identidade genética é o que realmente determina a incidência de doenças e anomalias presentes nas populações. Assim, a miscigenação pode diminuir a incidência dessas doenças, ao diminuir estatisticamente o pareamento de genes recessivos naquelas populações. O heredograma a seguir mostra a ocorrência de uma determinada anomalia em uma família.



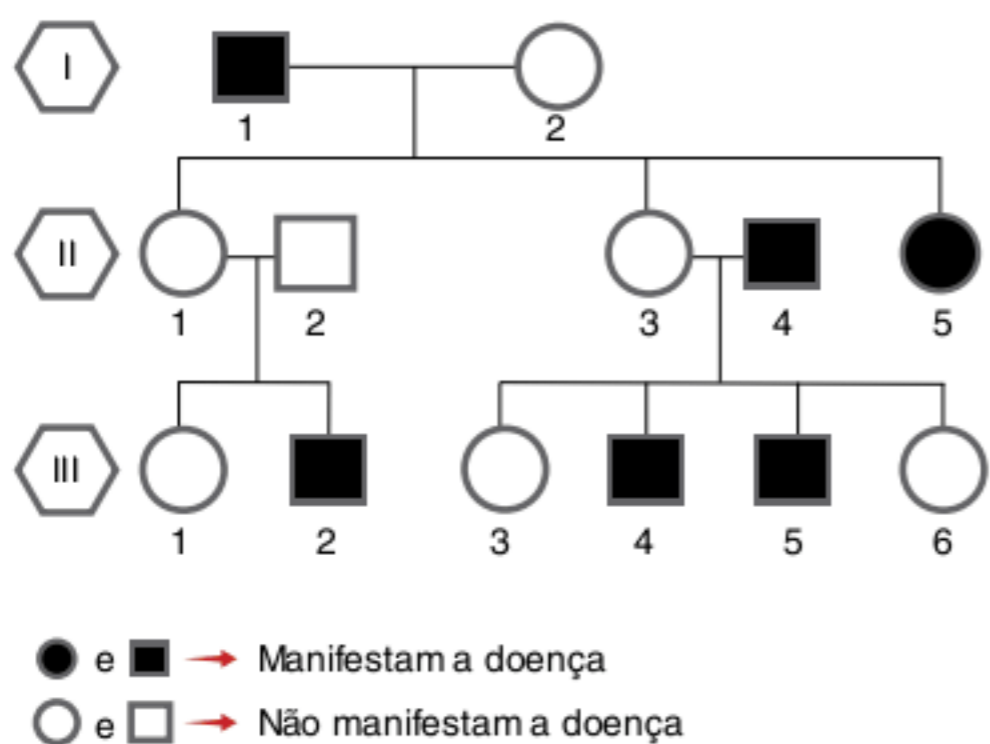
A condição demonstrada no heredograma é herdada como característica:

- (a) dominante autossômica.
- (b) recessiva autossômica.
- (c) recessiva ligada ao cromossomo Y.
- (d) recessiva ligada ao cromossomo X.
- (e) dominante ligada ao cromossomo X.

18 UEL 2011 Em algumas modalidades esportivas, as equipes devem ser formadas apenas por atletas do mesmo sexo. Sobre as características que determinam ou diferenciam o sexo, é correto afirmar:

- (a) o sexo masculino depende de um gene determinante do sexo localizado no cromossomo Y.
- (b) a progesterona atua no desenvolvimento de órgãos genitais típicos do sexo masculino.
- (c) os núcleos das células feminina e masculina apresentam um mesmo conjunto cromossômico.
- (d) a testosterona é o principal hormônio sexual feminino produzido nas trompas.
- (e) as células masculinas apresentam cromatina sexual.

19 UFPE A figura a seguir faz referência a uma genealogia que ilustra a ocorrência de uma determinada doença genética. Analise-a e avalie as proposições dadas.



- A característica mostrada no heredograma é determinada por uma série polialélica de genes autossômicos.
- O *loco* gênico determinante desse caráter deve estar localizado na porção não homóloga do cromossomo X.
- Observando-se que a maioria dos machos (II1, II4, III2, III4 e III5) manifestam a característica em consideração, pode-se concluir que se trata da herança de genes localizados no cromossomo Y.
- Os descendentes III4 e III5 apresentam o mesmo genótipo.
- A identidade genotípica é também observada entre II1 e II3.

20 PUC-MG 2006 A Displasia Ectodérmica Anidróica (DEA) apresenta prevalência na população de 1:100.000 nascimentos, sendo uma síndrome hereditária recessiva ligada ao cromossomo X. O fenótipo mais marcante dessa síndrome é a ausência de glândulas sudoríparas na pele.



A figura apresenta duas gêmeas univitelínicas, heterozigotas e, portanto, não apresentam a síndrome. No entanto, as manchas que aparecem nessas mulheres são produzidas por um corante especial capaz de revelar áreas com poucas ou nenhuma glândula sudorípara.

Com base nas informações dadas e em seus conhecimentos, é incorreto afirmar:

- (a) as manchas na pele das gêmeas representadas podem ser o resultado da ocorrência de heterocromatina para o cromossomo que carrega o alelo dominante.
- (b) as gêmeas podem ter herdado o alelo recessivo tanto de seu pai quanto de sua mãe.
- (c) metade dos descendentes machos das gêmeas deverão apresentar a síndrome.
- (d) um macho com o alelo recessivo pode passá-lo para suas filhas e filhos, que apresentarão o fenótipo da síndrome.

21 Fuvest 2005 No início do desenvolvimento, todo embrião humano tem estruturas que podem se diferenciar tanto no sistema reprodutor masculino quanto no feminino. Um gene do cromossomo Y, denominado SRY (sigla de *sex-determining region Y*), induz a formação dos testículos. Hormônios produzidos pelos testículos atuam no embrião, induzindo a diferenciação das outras estruturas do sistema reprodutor masculino e, portanto, o fenótipo masculino.

Suponha que um óvulo tenha sido fecundado por um espermatozoide portador de um cromossomo Y com uma mutação que inativa completamente o gene SRY. Com base nas informações contidas no parágrafo anterior, pode-se prever que o zigoto:

- (a) será inviável e não se desenvolverá em um novo indivíduo.
- (b) se desenvolverá em um indivíduo cromossômico (XY) e fenotipicamente do sexo masculino, normal e fértil.
- (c) se desenvolverá em um indivíduo cromossômico (XY) e fenotipicamente do sexo masculino, mas sem testículos.
- (d) se desenvolverá em um indivíduo cromossomicamente do sexo masculino (XY), mas com fenótipo feminino.
- (e) se desenvolverá em um indivíduo cromossômico (XX) e fenotipicamente do sexo feminino.

Mutações gênicas e cromossômicas

20

FRENTE 1

© BUDOSTOCK | DREAMSTIME.COM



Inúmeras causas naturais e antrópicas geram mutações gênicas. As mutações podem prejudicar o indivíduo, e até levá-lo à morte, mas também podem contribuir para a formação de novas espécies. As mutações estão, portanto, altamente relacionadas com os processos evolutivos.

Mutações

As mutações são **modificações que ocorrem no material genético** e que afetam um determinado gene ou cromossomo. Quando há alteração de um gene, a mutação é denominada **mutação gênica**; quando há alterações em cromossomos, têm-se as **mutações cromossômicas**, ou **aberrações cromossômicas**.

O surgimento de um alelo que condiciona o albinismo é um exemplo de mutação gênica. A Síndrome de Down é uma condição em que um ser humano tem 47 cromossomos, e não os 46 usuais. Trata-se, portanto, de uma aberração cromossômica (Fig. 1).

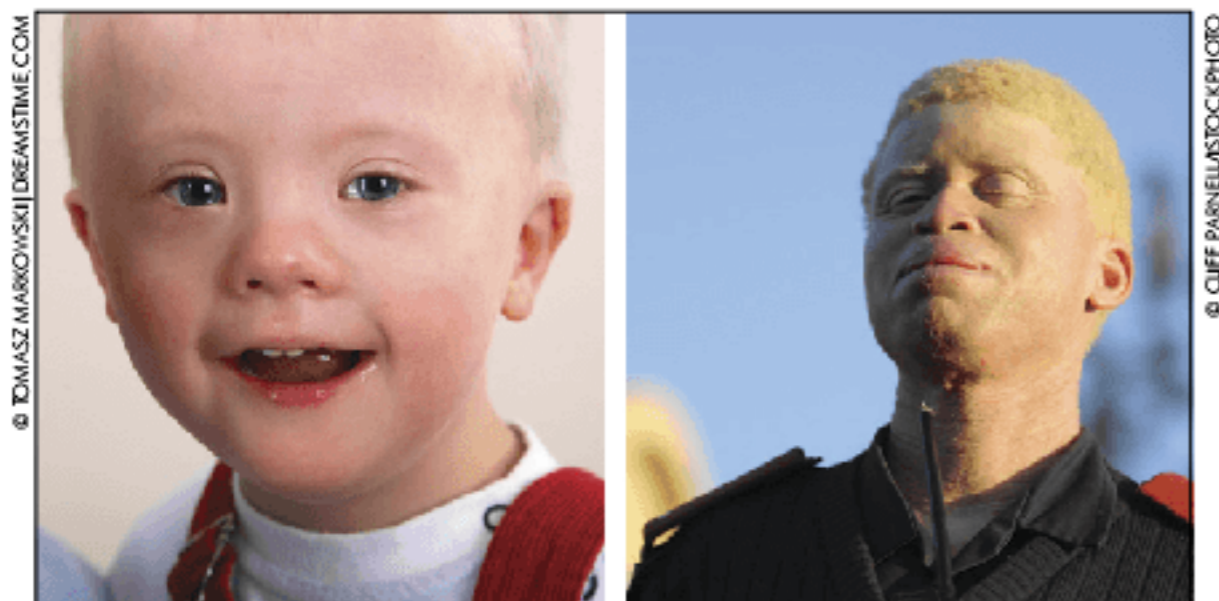


Fig. 1 Tipos de mutações. A Síndrome de Down (figura à esquerda) é uma mutação cromossômica; e o albinismo (figura à direita), uma mutação gênica.

Mutações gênicas

As **mutações gênicas** alteram a sequência de bases nitrogenadas do DNA de determinado gene. A mudança das bases de um segmento de DNA pode resultar de inserção, deleção ou substituição. A **inserção** corresponde ao acréscimo de um nucleotídeo à cadeia de DNA, e a **deleção** corresponde à retirada de um nucleotídeo da cadeia; a **substituição** pode ocorrer pela transformação química de uma base nitrogenada em outra base (Fig. 2).

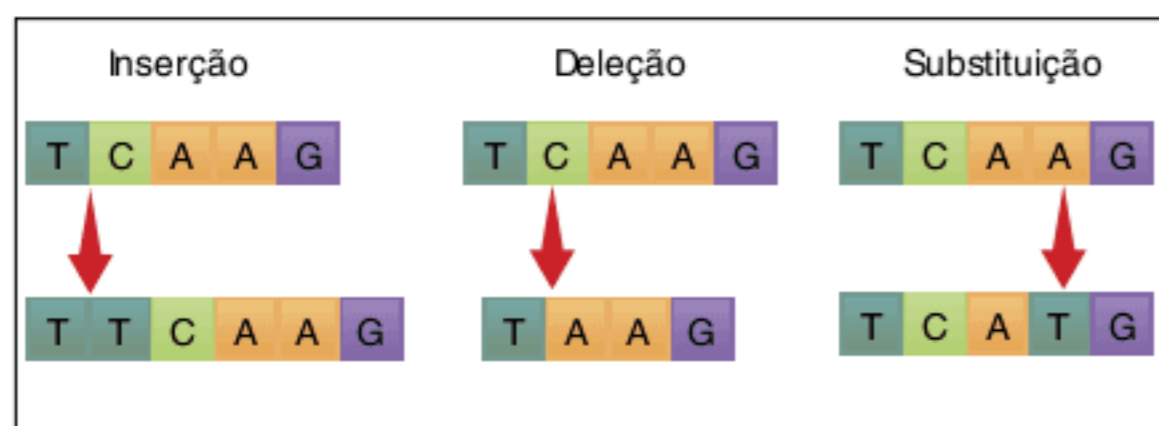


Fig. 2 Representação das principais alterações nos nucleotídeos que ocorrem nas mutações gênicas.

As mutações **podem afetar algumas células pontualmente** e alterar alguma característica, mas têm efeito mais amplo quando ocorrem em células que geram gametas. Isso pode provocar a **formação de um gameta portador da mutação**; caso este gameta participe de uma fecundação, será formado um indivíduo que terá todas as células portadoras da mutação.

Como exemplo, podemos considerar o segmento de DNA TCAAG, componente de um gene. Uma alteração na sequência de bases nitrogenadas pode interferir na sequência dos aminoácidos da proteína codificada pelo gene. No entanto, uma alteração na sequência de bases nitrogenadas nem sempre resulta na mudança da proteína sintetizada, pois o código genético é degenerado: trios diferentes de bases nitrogenadas podem corresponder a um mesmo aminoácido.

As mutações, quando afetam a expressão final da característica, aumentam a variabilidade da espécie, podendo ser benéficas ou maléficas. Caso mutações sejam prejudiciais ao indivíduo ou reduzam sua capacidade reprodutiva, elas tendem a desaparecer na população submetida à seleção natural.

Alguns **agentes físicos** (como alguns tipos de radiação) e certas **substâncias químicas** aumentam a probabilidade de ocorrência de mutações, sendo considerados como **agentes mutagênicos**.

Mutações cromossômicas

São aquelas que alteram segmentos de cromossomos (**mutações estruturais**) ou modificam a quantidade de cromossomos (**mutações numéricas**).

Aberrações estruturais

As mutações estruturais podem ser de quatro tipos principais: **deficiência (deleção)**, **inversão**, **duplicação** e **translocação** (Tab. 1).

Deleção	Inversão	Duplicação
Um segmento é perdido.	Um segmento tem invertida a ordem de seus genes.	Um segmento é copiado.
Translocação		
Cromossomos não homólogos trocam segmentos; não é <i>crossing-over</i> .		

Tab. 1 Mutações cromossômicas estruturais.

Aberrações numéricas

As mutações numéricas alteram o número de cromossomos e podem ser classificadas em **euploidias** e **aneuploidias**.

Euploidias

As euploidias **modificam valores inteiros de n**, alterando a ploidia da célula. Assim, se a carga cromossômica normal da espécie for **2n (diploide)**, os mutantes com euploidias poderiam ser **3n (triploides)**, **4n (tetraploides)**, **6n (hexaploides)**. Os valores superiores a 2n são genericamente designados como **poliploidias**.

As euploidias são comuns em plantas e constituem uma forma de especiação sem a ocorrência de isolamento geográfico, designada como **especiação simpátrica**. A poliploidia pode ocorrer naturalmente, mas também pode ser induzida com a aplicação de substâncias como a vimblastina e a colchicina, que impedem a formação do fuso meiótico. Dessa maneira, os gametas recebem toda a carga genética da célula diploide, e não apenas a metade. Quando esse gameta formar um novo zigoto, sua carga cromossômica será aumentada (Fig. 3).

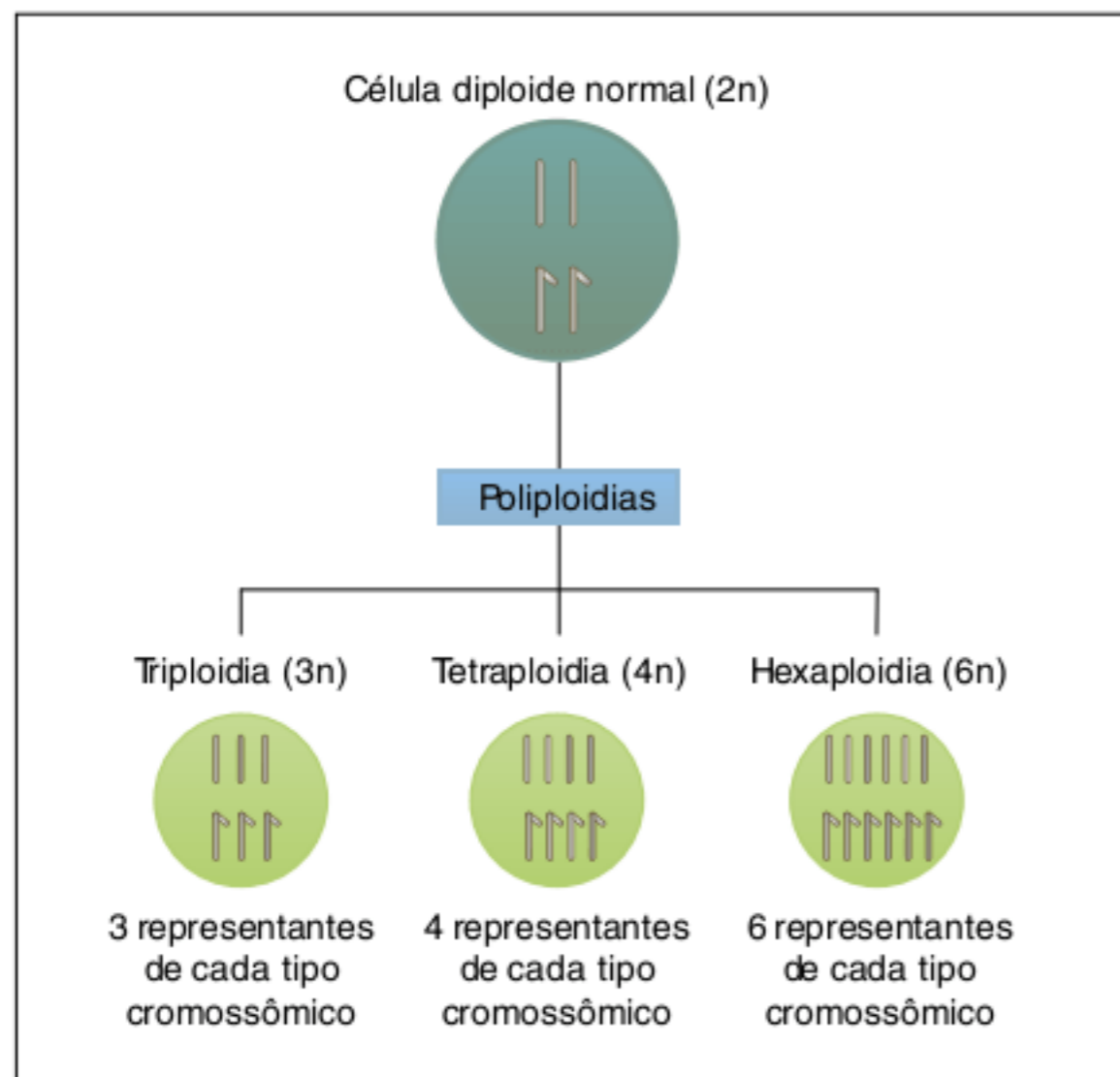


Fig. 3 Mutações cromossômicas numéricas: euploidias. Células poliploides apresentam mais de dois representantes de cada tipo cromossômico.

Aneuploidias

São alterações que ocorrem com o **acréscimo** ou a **diminuição de cromossomos**. Os casos mais comuns são de **monossomia (2n - 1)**, **trissomia (2n + 1)**, **nulissomia (2n - 2)**, sendo este último inviável na espécie humana, levando sempre à morte.

A **monossomia**, no ser humano, resulta em um indivíduo com **45 cromossomos**. Já a **trissomia** corresponde a uma pessoa com **47 cromossomos** (Fig. 4).

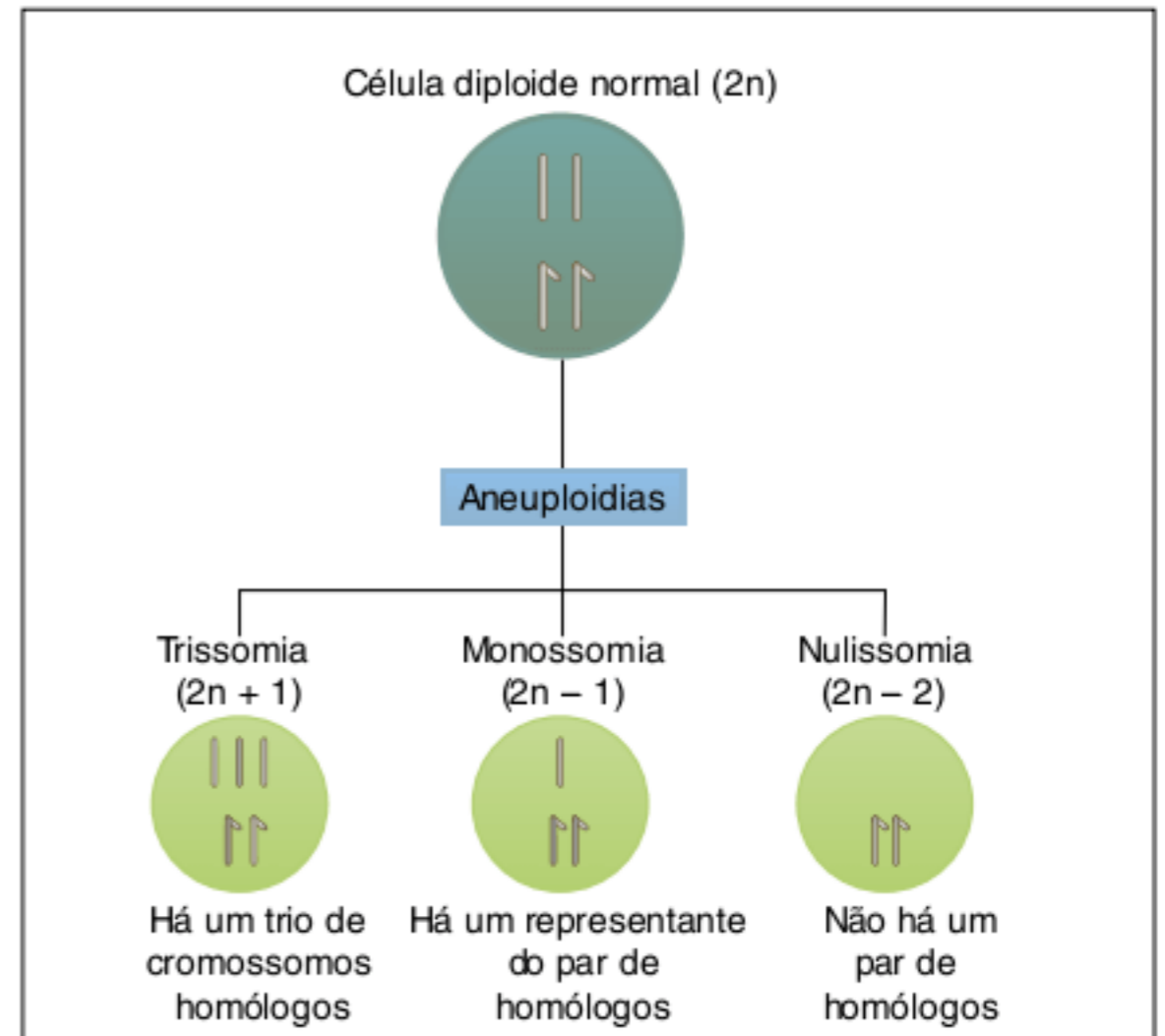


Fig. 4 Mutações cromossômicas numéricas: aneuploidias. Nas aneuploidias, um dos pares de cromossomos homólogos é afetado, com número acima ou abaixo do normal.

O caso de monossomia que merece destaque é o da **Síndrome de Turner**, aberração que determina no indivíduo o fenótipo feminino e a fórmula cromossômica **45 = 44A (autossomos) + X**. Isso significa que a pessoa **possui um cromossomo X a menos** e que, apesar do fenótipo de mulher, não há cromatina sexual. O indivíduo portador da anomalia apresenta deficiências no desenvolvimento dos ovários, não ocorrendo a produção de hormônios femininos em níveis normais; em muitos dos casos, o feto não completa seu desenvolvimento normal, o que resulta em aborto.

Como casos comuns de trissomias, podem também ser citados:

- **Triplo X:** O **fenótipo é feminino**, com fórmula cromossômica **47 = 44A + XXX**; isso significa a presença de um cromossomo X a mais e a existência de **duas cromatinas sexuais**. A pessoa apresenta desenvolvimento normal, mas com ciclo menstrual irregular e inteligência considerada abaixo da média.
- **Duplo Y:** o **fenótipo é masculino** e sua fórmula cromossômica é **47 = 44A + XYY**; o indivíduo tem um **cromossomo Y a mais** e não apresenta cromatina sexual. A aparência é considerada normal, com estatura acima da média.
- **Síndrome de Klinefelter:** o **fenótipo é masculino**, com fórmula cromossômica **47 = 44A + XXY**; o indivíduo tem um **cromossomo X a mais** e apresenta **uma cromatina sexual**. A produção de hormônios masculinos é reduzida devido ao pequeno desenvolvimento dos testículos; os indivíduos afetados são estéreis e podem desenvolver seios.
- **Síndrome de Down:** é a anormalidade cromossômica mais comum, ocorrendo, aproximadamente, um caso a cada 800 nascimentos. Trata-se de uma **trissomia do cromossomo 21**, não havendo alteração dos cromossomos sexuais.

Assim, a Síndrome de Down afeta indivíduos tanto do sexo masculino quanto do sexo feminino; só os portadores do sexo feminino possuem cromatina sexual. Os portadores apresentam grau de deficiência mental bastante variável. É comum a ocorrência de problemas cardiovasculares, com a ocorrência de morte na infância ou na idade adulta. A incidência dessa síndrome é aumentada de acordo com a idade da mãe: quanto mais tarde a mulher engravidar, maiores as chances de nascimento de bebês com Down.

Veja a tabela a seguir.

Óvulo	Espermatozoide	Descendente	Sexo envolvido
XX	X	XXX: Síndrome do triplo X; duas cromatinas sexuais	♀
XX	Y	XXY: Síndrome de Klinefelter; uma cromatina sexual	♂
X	YY	XYY: Síndrome do duplo Y	♂
0	X	X0: Síndrome de Turner	♀
*24 cromossomos	23 cromossomos	47 cromossomos: Trissomia do par 21 ou Síndrome de Down	♀♂

Tab. 2 Principais aneuploidias no ser humano.

* É mais comum o óvulo ter um cromossomo a mais.

As aneuploidias têm como causa a **formação de gametas anormais**, devido a erros na meiose. O problema mais comum reside na **não disjunção** (não separação) **de cromátides** na meiose II. Com isso, podem ser formados gametas com um cromossomo a mais ($n + 1$) ou com um cromossomo a menos ($n - 1$). Caso o gameta anormal ($n + 1$) seja fecundado por um gameta normal (n), será gerado um descendente ($2n + 1$) portador de uma trissomia. No caso de ocorrer a união do gameta anormal ($n - 1$) com um gameta normal (n), será gerado um descendente com monossomia ($2n - 1$) (Fig. 5).

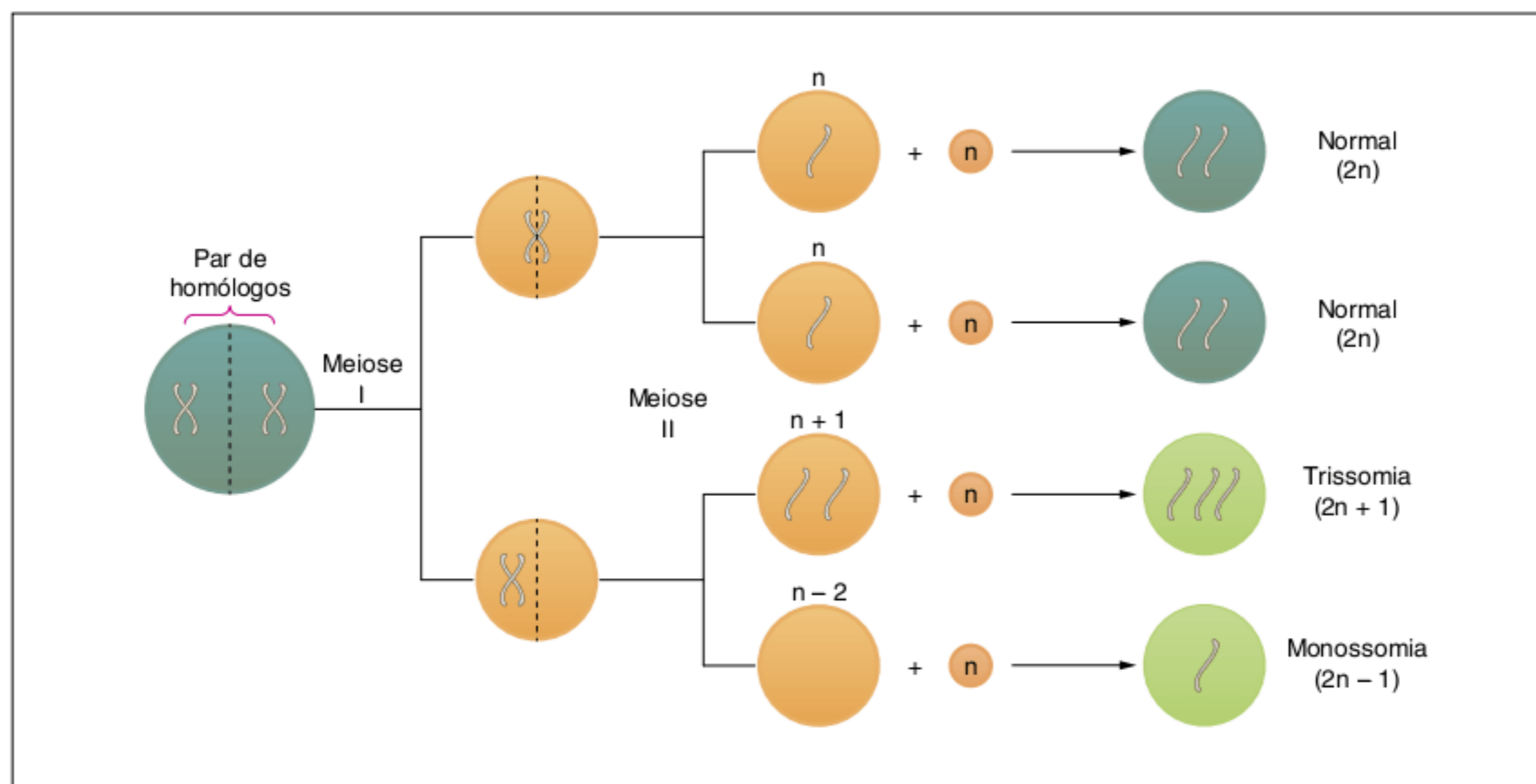


Fig. 5 Formação de gametas anormais e as aneuploidias.

Revisando

1 O que são mutações? Especifique as partes do material genético em que podem ocorrer.

2 Em que consiste uma mutação gênica? Cite os tipos de mutações gênicas.

3 Uma mutação que ocorre em uma célula da epiderme de uma pessoa será transmitida aos seus descendentes? Justifique.

4 Qual é a importância das mutações para os seres vivos?

5 Quais são os dois tipos de mutações cromossômicas?

6 Identifique o tipo de mutação estrutural relacionado a cada descrição a seguir.

a) Perda de um segmento do cromossomo.

b) Inversão da ordem dos genes do cromossomo.

c) Troca de segmentos entre cromossomos não homólogos.

d) Segmento de cromossomo é copiado, ocorrendo repetição de genes.

7 Cite os dois tipos de aberrações cromossômicas numéricas. Em qual dos tipos ocorre variação de valores inteiros de n (conjunto haploide da espécie)?

8 Para uma espécie diploide, cite os tipos mais comuns de poliploidia. Qual é a importância evolutiva da poliploidia?

9 Por que substâncias como a vimblastina podem gerar células poliploides?

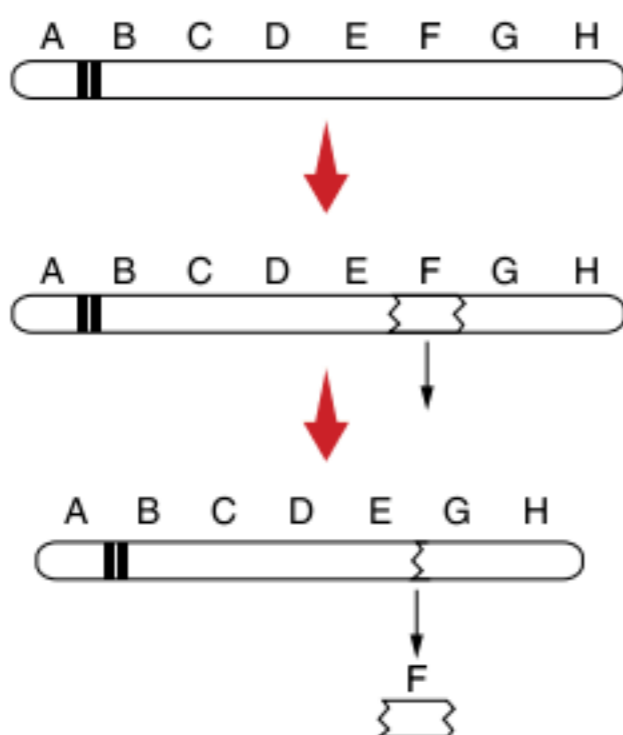
10 O que são aneuploidias? Qual é a principal causa de sua ocorrência?

11 O que são monossomias? Exemplifique e indique a fórmula cromossômica correspondente.

12 O que são trissomias? Exemplifique e indique a fórmula cromossômica correspondente.

Exercícios propostos

1 **PUC-RS** Observe o esquema a seguir.



Acima, representa-se esquematicamente uma alteração estrutural de um cromossomo que serve de exemplo para o fenômeno denominado:

- (a) duplicação.
- (b) deleção.
- (c) translocação.
- (d) transdução.
- (e) inversão.

2 A Síndrome de Down, ou mongolismo, é uma anomalia causada por:

- (a) uma mutação gênica.
- (b) uma deficiência cromossômica.
- (c) uma diminuição do número de cromossomos no genoma.
- (d) um aumento do número de cromossomos do genoma.
- (e) uma inversão cromossômica.

3 Se na ovulogênese não houver disjunção do par de cromossomos sexuais, os óvulos correspondentes, sendo fecundados, poderão dar origem a portadores da(s):

- (a) Síndrome de Turner.
- (b) Síndrome de Klinefelter.
- (c) Síndrome de Down.
- (d) Síndrome de Patau.
- (e) síndromes citadas em a e b.

4 **Unitau** As seguintes alterações do número de cromossomos: presença de um cromossomo 21 a mais; 47 cromossomos, sendo dois X e um Y e 45 cromossomos, com apenas um X, determinam, respectivamente, as síndromes de:

- (a) Down, Klinefelter e Turner.
- (b) Morgan, Turner e Klinefelter.
- (c) Turner, Down e Morgan.
- (d) Down, Turner e Klinefelter.
- (e) Klinefelter, Turner e Down.

5 A análise dos núcleos interfásicos de células da mucosa oral de uma mulher fenotipicamente normal revelou a existência de duas cromatinas sexuais em todos eles.

Responda:

- a) Quantos cromossomos X tem essa mulher?
- b) Se ela se casar com um homem normal, qual a probabilidade de ter uma filha com constituição cromossômica igual à sua?

6 Unirio A respeito das mutações, leia as afirmações a seguir.

- I. Ocorrem para adaptar o indivíduo ao ambiente.
- II. Ocorrem em células sexuais e somáticas.
- III. Podem alterar o número, a forma e o tamanho dos cromossomos.

A(s) afirmação(ões) correta(s) é(são):

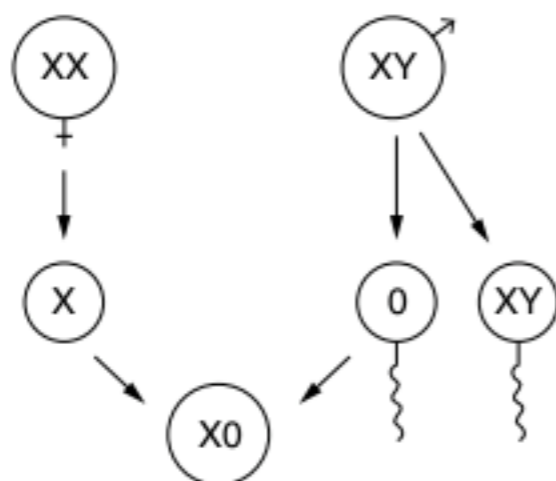
- (a) somente a II.
- (b) somente a I e a II.
- (c) somente a I e a III.
- (d) somente a II e a III.
- (e) a I, a II e a III.

7 UFPE Muitas aberrações cromossômicas humanas se manifestam como síndromes bem definidas e de fácil constatação pela análise do cariótipo. Na tabela a seguir, são dados cinco casos cuja veracidade você deverá analisar. Assinale, nas lacunas, V se for verdadeira ou F se a afirmação for falsa.

	Óvulos	Espermatozoides	Zigotos	Aberração cromossômica	Nome clínico
<input type="checkbox"/>	XX	X	XXX	Triploidia	Síndrome da Triploidia do X
<input type="checkbox"/>	XX	Y	XXY	Trissomia	Síndrome de Klinefelter
<input type="checkbox"/>	X	YY	XYY	Trissomia	Síndrome Duplo Y
<input type="checkbox"/>	0	X	X0	Monossomia	Síndrome de Turner
<input type="checkbox"/>	0	Y	Y0	Monoploidia	Monoploidia do Y

8 UFSC Em uma dada espécie, um indivíduo trissômico apresenta um cariótipo contendo 97 cromossomos. Qual o número de cromossomos que deve ser encontrado em um espermatozoide normal dessa espécie?

9 Cesgranrio O esquema a seguir representa a formação dos gametas responsáveis pela produção de um indivíduo com alteração do seu número cromossomial.



Entre as características que esse indivíduo passará a apresentar, teremos:

- (a) sexo masculino.
- (b) cariótipo normal.
- (c) estatura elevada.
- (d) caracteres sexuais desenvolvidos.
- (e) ausência de cromatina sexual.

10 Puccamp Em um dado organismo, foram encontradas células somáticas normais com seis cromossomos (I) e células aberrantes (II e III), cujos cariótipos estão esquematizados a seguir.



As aberrações cromossômicas dos cariótipos II e III são, respectivamente, do tipo:

- (a) monossomia e trissomia.
- (b) monossomia e poliploidia.
- (c) nulissomia e trissomia.
- (d) nulissomia e poliploidia.
- (e) nulissomia e monossomia.

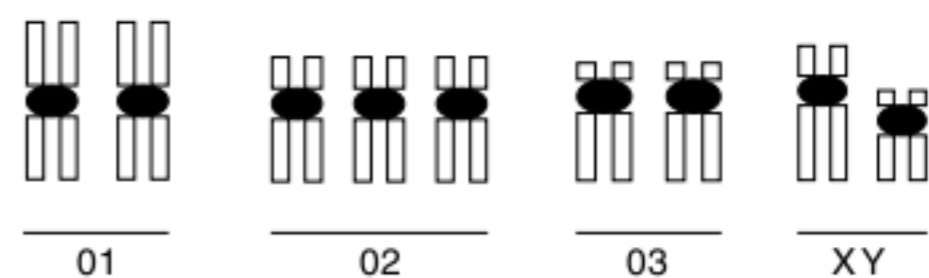
11 Cesgranrio Por razões pouco conhecidas, durante a meiose pode ocorrer a não disjunção de um determinado par de cromossomas, acarretando anomalias cromossômicas. Como exemplo de anomalia cromossômica autossômica, temos:

- (a) mongolismo.
- (b) daltonismo.
- (c) hemofilia.
- (d) Síndrome de Turner.
- (e) Síndrome de Klinefelter.

12 Fatec A Síndrome de Klinefelter é uma anomalia genética devida à:

- (a) presença de três cromossomos autossômicos n° 21.
- (b) ausência de um cromossomo autossômico n° 21.
- (c) presença de um cromossomo X e dois cromossomos Y.
- (d) presença de um cromossomo Y e dois cromossomos X.
- (e) ausência de cromossomos sexuais.

13 Unemat 2010 Em uma espécie animal, os indivíduos normais apresentam o conjunto cromossômico $2n = 8$. A análise citogenética de um indivíduo revelou o cariótipo esquematizado a seguir.



Considerando os dados anteriores, pode-se afirmar que o indivíduo é:

- (a) trissômico.
- (b) haploide.
- (c) triploide.
- (d) monossômico.
- (e) tetraploide.

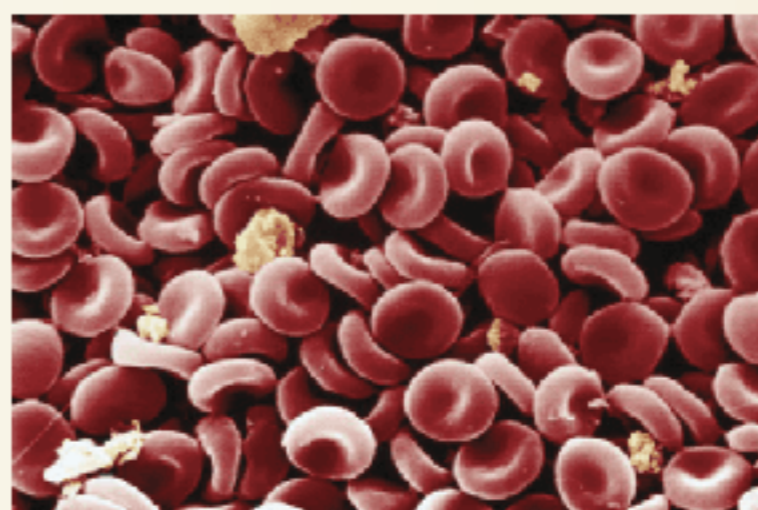
Anemia falciforme, ou siclemia

A molécula de hemoglobina é responsável pelo transporte de gás oxigênio dos pulmões até os tecidos. Cada molécula é constituída por duas cadeias alfa e duas cadeias beta, cada qual com aproximadamente 150 aminoácidos, em um total de cerca de 600 aminoácidos.

Alguns seres humanos são portadores de uma **mutação autossômica** que determina uma única mudança de base nitrogenada e repercute na troca do aminoácido ácido glutâmico pelo aminoácido valina. Com essa modificação, a molécula de hemoglobina apresenta capacidade reduzida de transporte de gás oxigênio. Quando uma hemácia dotada de hemoglobina alterada se encontra em baixa concentração de O_2 , ela sofre deformação e fica com o aspecto de foice, daí vem o termo da anomalia causada pela mutação da proteína: **anemia falciforme** (em forma de foice). Essas hemácias têm tendência a se aglomerar em vasos sanguíneos delgados e acabam causando sua obstrução, o que impede a passagem de sangue, comprometendo a nutrição dos tecidos para os quais o sangue é conduzido.

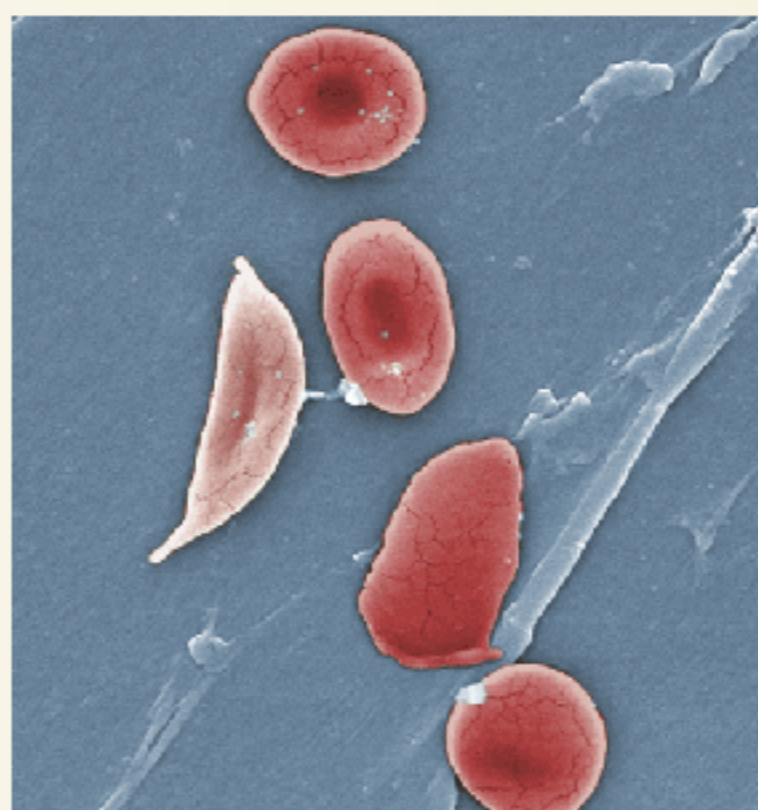
Os portadores dessa enfermidade têm transtornos circulatórios e dores; geralmente, morrem na infância.

A produção de hemoglobina normal é condicionada pelo alelo dominante S e a síntese de hemoglobina com siclemia (causadora da anemia falciforme) é determinada pelo alelo recessivo. Como os homozigotos recessivos (ss) morrem precocemente, não deixam descendentes. No entanto, indivíduos heterozigotos (Ss) apresentam maior resistência a doenças, como a malária, como ocorre em certas regiões da África, onde a malária é endêmica. Nessas regiões, os indivíduos heterozigotos para o gene causador da anemia falciforme acabam predominando na população. A resistência dessas pessoas à malária acontece em função do ciclo de vida do protozoário *Plasmodium* sp., que depende das hemácias sanguíneas para se reproduzir. As hemácias em forma de foice não são adequadas para sua reprodução, por isso, nos indivíduos portadores da anemia, os sintomas da malária são atenuados.



E.M. UNIT, ROYAL FREE HOSPITAL

Hemácias normais são arredondadas e bicôncavas.



JANICE HANEY CARP/CDC

Hemácias dotadas de hemoglobina alterada adquirem o aspecto de foice.

O caso da anemia falciforme ilustra muito bem o conceito e a importância das mutações, ressaltando os seguintes aspectos:

- envolvem a alteração de uma base nitrogenada, produzindo a troca de um aminoácido da proteína codificada;
- ocorrem de modo espontâneo;
- seu efeito pode ser prejudicial, pois os indivíduos homozigotos (ss) morrem precocemente; no entanto, o efeito pode ser benéfico, pois heterozigotos (Ss) são mais resistentes à malária, o que é altamente adaptativo em regiões onde essa enfermidade é endêmica.

Gene da infertilidade

Mutações no gene NR5A1, também conhecido como SF1, podem responder por cerca de 4% dos problemas de infertilidade masculina por defeitos na produção de espermatozoides. A conclusão é de um estudo publicado no *American Journal of Human Genetics*.

O estudo foi coordenado por Anu Bashamboo, do Instituto Pasteur, na França, que teve a colaboração de outras instituições. “O índice de 4% parece pequeno, mas, em termos populacionais, tem um peso muito importante”, disse o único brasileiro que participou da pesquisa, o doutorando Bruno Ferraz de Souza, à Agência Fapesp.

Ferraz de Souza, que assina o artigo publicado como segundo autor, está na University College London (Reino Unido), instituição que participou do trabalho na fase de conferência dos dados de laboratório.

O Instituto Pasteur analisou 315 homens que apresentavam problemas na produção de espermatozoides e sequenciou o gene NR5A1 de todos eles, comparando os resultados com os de outro grupo formado por 2 mil homens que não tinham esse tipo de problema.

Foram encontradas mutações no NR5A1 dos voluntários que apresentavam alterações mais graves, como azoospermia (ausência completa de espermatozoides) e oligozoospermia (baixa concentração).

O gene NR5A1 codifica uma proteína fundamental que regula, entre outros fatores, o desenvolvimento sexual adulto.

A primeira relação entre o gene e as alterações nas gônadas (ovários e testículos) e nas glândulas adrenais foi descoberta por John Achermann, pesquisador do Institute of Child Health, de Londres, atual orientador de Ferraz de Souza.

Posteriormente, a equipe da Professora Berenice Bilharinho de Mendonça, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), descobriu que o NR5A1 também estava associado a casos menos graves, em que não havia alterações adrenais.

“Esse foi um passo importante para associar o gene a casos de menor gravidade, porém mais prevalentes”, disse Ferraz de Souza.

O estudo ainda permitiu levantar a hipótese de que a mutação no NR5A1 pode provocar uma alteração progressiva na qualidade do líquido seminal, ou seja, a redução gradual do número de espermatozoides ao longo do tempo.

“Por enquanto, essa é apenas uma especulação baseada nas observações do estudo e que ainda precisa ser comprovada”, ressaltou Souza, que conta com bolsa de Doutorado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Fabio Reynol. Agência FAPESP, 13 out. 2010.
Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/12896>>.

RESUMINDO

Mutações

As mutações são modificações que ocorrem no material genético, afetando um determinado gene (mutação gênica) ou cromossomo (mutações cromossômicas, ou aberrações cromossômicas).

Mutações gênicas

Alteram a sequência de bases nitrogenadas do DNA de um gene.

- Podem ocorrer em função de:
 - inserção: corresponde ao acréscimo de um nucleotídeo à cadeia de DNA;
 - deleção: corresponde à retirada de um nucleotídeo da cadeia;
 - substituição: pode ocorrer pela transformação química de uma base nitrogenada em outra.
- Mutações na formação de gametas: geram gametas portadores da mutação, formando um indivíduo com todas as células portadoras da mutação.
- Mutações podem aumentar a variabilidade da espécie: podem ser benéficas ou maléficas, sendo que as mutações prejudiciais tendem a desaparecer na população.
- Agentes mutagênicos aumentam a ocorrência de mutações: podem ser alguns tipos de radiação ou de substâncias químicas.

Mutações cromossômicas

- **Aberrações estruturais** – podem ser de quatro tipos principais:
 - deleção: é a perda de um segmento;
 - inversão: é a inversão da ordem dos genes;
 - duplicação: quando um segmento é copiado;
 - translocação: há a troca de segmentos entre cromossomos não homólogos.
- **Aberrações numéricas** – alteram o número de cromossomos e podem ser classificadas em:
 - **euploidias**: modificam valores inteiros de n . São comuns em plantas e propiciam a formação de novas espécies sem o isolamento geográfico (especiação simpátrica). Podem ocorrer naturalmente, mas também podem ser induzidas. Exemplos para indivíduos normais $2n$:
 - triploides ($3n$)
 - tetraploides ($4n$)
 - hexaploides ($6n$)
 - poliploides (Xn)
 - **aneuploidias**: alterações que ocorrem devido ao acréscimo ou à diminuição de cromossomos. Têm como causa a formação de gametas anormais, por conta de erros na meiose II: não disjunção (não separação) de cromátides. Os casos mais comuns são:
 - nulissomia ($2n - 2$): inviável na espécie humana, levando sempre à morte.
 - monossomia ($2n - 1$): no ser humano, resulta em um indivíduo com 45 cromossomos.
 - trissomia ($2n + 1$): no ser humano, corresponde a um indivíduo com 47 cromossomos.
 Exemplos:
 - triplo X: o fenótipo é feminino, com fórmula cromossômica $47 = 44A + XXX$.
 - duplo Y: o fenótipo é masculino e sua fórmula cromossômica é $47 = 44A + XYY$.
 - Síndrome de Klinefelter: o fenótipo é masculino, com fórmula cromossômica $47 = 44A + XXY$.
 - Síndrome de Down: é a trissomia do cromossomo 21.
 - Síndrome de Turner: fenótipo feminino, com fórmula cromossômica $45 = 44A$ (autossomos) + X.

■ QUER SABER MAIS?

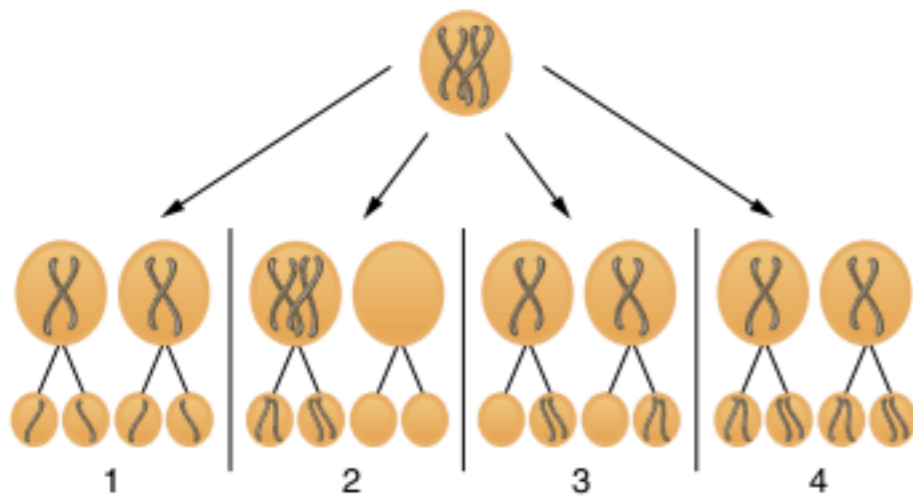


SITES

- *Klinefelter Syndrome Information and Support*. Informações e apoio aos portadores da Síndrome de Klinefelter (site em inglês). <<http://klinefeltersyndrome.org/>>.
- *Mutação genética cria humanos superfortes*. Reportagem em que o cientista explica a mutação genética que leva ao desenvolvimento muscular anormal em seres humanos e animais. <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/ciencia/noticias/mutacao-genetica-cria-humanos-superfortes>>.
- Você já ouviu falar em epigenética? <www.biomedicinapadiao.com/2011/10/epigenetica.html>.

Exercícios complementares

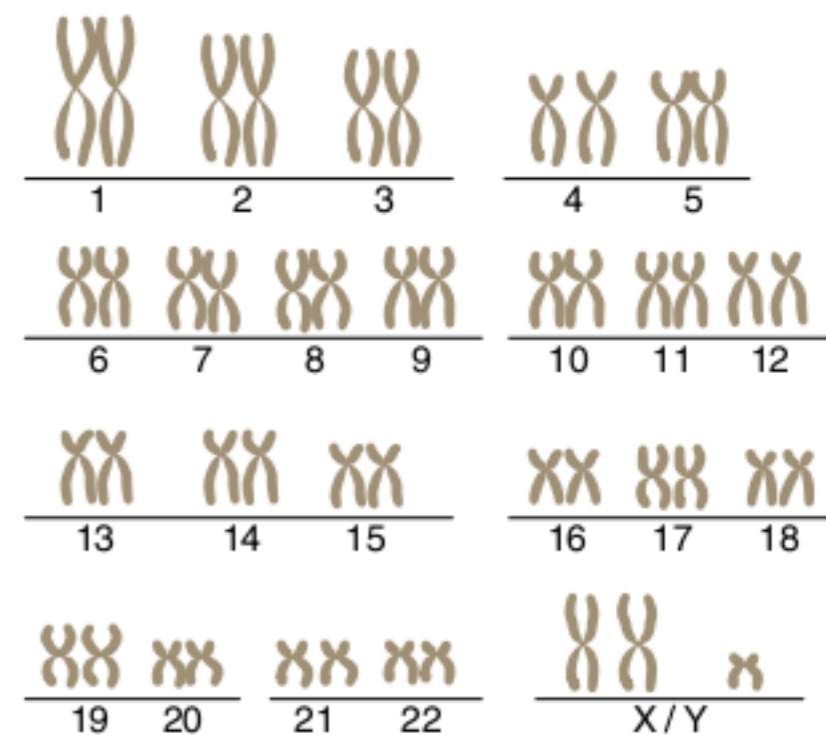
1 Uerj Pela análise dos cromossomas, é possível detectar a anomalia que caracteriza a Síndrome de Down. O esquema a seguir apresenta quatro eventos da divisão celular.



Os eventos possíveis da meiose que levam à Síndrome de Down são os de número:

- (a) 1 e 4. (c) 2 e 3.
(b) 1 e 3. (d) 2 e 4.
- 2** Na espécie humana, a anomalia conhecida como Síndrome de Down, ou mongolismo, deve-se à:
- (a) mutação de um gene autossômico.
(b) mutação de um gene do cromossomo X.
(c) existência de um autossomo extra.
(d) existência de um cromossomo X extra.
(e) falta de um cromossomo X.
- 3 PUC-SP** Uma mulher triplo X é fértil e produz óvulos normais e óvulos com dois cromossomos X. Sendo casada com um homem cromossomicamente normal, essa mulher terá chance de apresentar:
- (a) apenas descendentes cromossomicamente normais.
(b) apenas descendentes cromossomicamente anormais.
(c) 50% dos descendentes cromossomicamente normais e 50% cromossomicamente anormais.
(d) 25% dos descendentes cromossomicamente normais e 75% cromossomicamente anormais.
(e) 75% dos descendentes cromossomicamente normais e 25% cromossomicamente anormais.

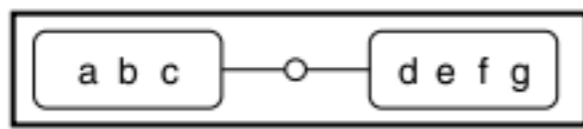
4 PUC-RS Responder à questão com base no cariótipo (conjunto de cromossomas) humano representado abaixo.



O cariótipo é de um indivíduo do sexo _____ com Síndrome de _____.

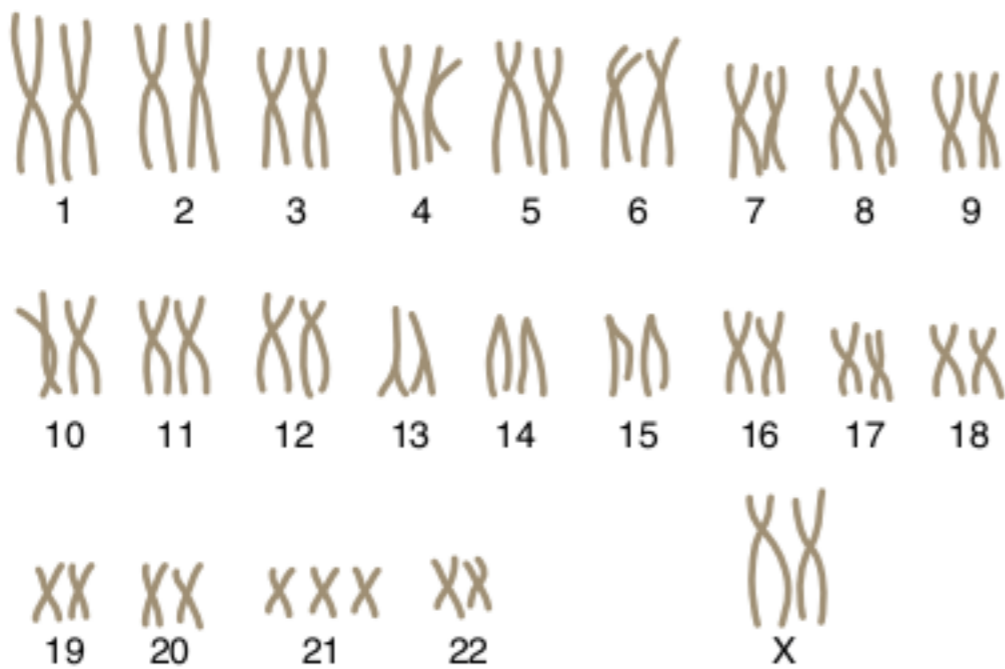
- (a) feminino – Klinefelter.
(b) masculino – Klinefelter.
(c) masculino – Down.
(d) feminino – Turner.
(e) masculino – Turner.
- 5 UFRN** A Síndrome de Down, uma aneuploidia autossômica, caracteriza-se pela trissomia do cromossomo 21 e decorre do(a):
- (a) erro de disjunção do cromossomo 21 durante a formação dos gametas.
(b) fecundação de um gameta feminino diploide por um gameta masculino haploide.
(c) senilidade dos ovócitos em mulheres com idade a partir dos 35 anos.
(d) fato de as células autossômicas dos portadores terem 46 cromossomos.

6 Ufal Considere o cromossomo esquematizado a seguir. Assinale a alternativa que representa esse cromossomo após um rearranjo do tipo inversão.



- (a) a b c — o — d f g
- (b) a b c — o — e d f g
- (c) a b c — o — d e p o g
- (d) a b c — o — d e f l m
- (e) a b c — o — d e e f g

7 Puccamp Observe o cariótipo a seguir, obtido a partir de células diploides de uma pessoa.



Sua análise permite afirmar que ele pode pertencer a uma mulher:

- (a) normal, com 47 cromossomos.
- (b) com Síndrome de Down.
- (c) com Síndrome de Klinefelter.
- (d) com daltonismo.
- (e) com polidactilia.

8 UFRGS Mulheres com Síndrome de Turner caracterizam-se por apresentar baixa estatura, esterilidade e pescoço alado. Essa síndrome pode ser classificada como exemplo de:

- (a) nulissomia.
- (b) monossomia.
- (c) trissomia.
- (d) euploidia.
- (e) triploidia.

9 UFMG O número de cromossomos da espécie humana pode, às vezes, apresentar alterações. Pessoas com Síndrome de Klinefelter possuem 47 cromossomos, entre os quais, os cromossomos sexuais que são representados por XXY.

Com base nessas informações e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

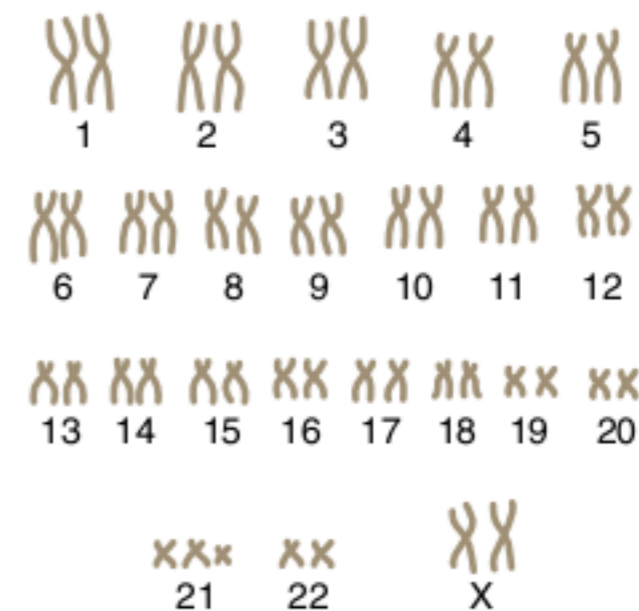
- (a) os pais de um indivíduo Klinefelter têm número normal de cromossomos nas células somáticas.

- (b) a presença de dois cromossomos X impede a manifestação do fenótipo masculino.
- (c) a ocorrência do fenótipo mutante é resultado de um cromossomo extra.
- (d) a fecundação de um óvulo X por um espermatozoide XY dá origem a um indivíduo Klinefelter.

10 FGV O médico confirmou que tratava-se de gêmeos monozigóticos, contudo, um deles era menino e o outro menina. A análise cromossômica dos gêmeos indicou que o menino era normal, porém, a menina era portadora da Síndrome de Turner. Tal fato deve-se à perda de:

- (a) um cromossomo X na gametogênese da mãe das crianças.
- (b) um cromossomo Y na gametogênese do pai das crianças.
- (c) um cromossomo sexual, X ou Y, na gametogênese do pai ou da mãe das crianças.
- (d) um cromossomo X quando da divisão mitótica do zigoto.
- (e) um cromossomo Y quando da divisão mitótica do zigoto.

11 A ilustração representa o cariótipo humano, que permite determinar o número e a forma dos cromossomos.



Sônia Lopes. Bio. São Paulo: Saraiva, 2003. p. 143.

Analisando a figura, é correto concluir que se refere a um indivíduo portador da Síndrome de:

- (a) Klinefelter.
- (b) Patau.
- (c) Turner.
- (d) Down.

12 PUC-Rio 2007 Existem algumas pessoas chamadas especiais, porque possuem uma série de características diferentes da maioria da população. Entre essas, estão aquelas que possuem a Síndrome de Down, também conhecida como mongolismo. Em relação a essa síndrome, podemos afirmar que:

- (a) é uma anomalia genética, causada pela presença de 3 cromossomos 21 e transmitida sempre pela mãe.
- (b) é uma anomalia congênita, causada pela presença de 3 cromossomos 21 e transmitida sempre pela mãe.
- (c) é uma anomalia genética, causada pela presença de 3 cromossomos 21 e transmitida por qualquer um dos pais.
- (d) é uma anomalia congênita, causada pela ausência de um cromossomo sexual X ou Y.
- (e) é uma anomalia genética, causada pela translocação de um dos cromossomos 21 para um 22.

13 UFSC 2007 As anomalias cromossômicas são bastante frequentes na população humana; um exemplo disso é que aproximadamente uma a cada 600 crianças no mundo nasce com Síndrome de Down. Na grande maioria dos casos, isso se deve à presença de um cromossomo 21 extranumerário. Quando bem assistidas, pessoas com Síndrome de Down alcançam importantes marcos no desenvolvimento e podem estudar, trabalhar e ter uma vida semelhante à dos demais cidadãos.

Sobre as anomalias do número de cromossomos, é correto afirmar que:

- 01 podem ocorrer tanto na espermatogênese quanto na ovogênese.
- 02 ocorrem mais em meninas do que em meninos.
- 04 ocorrem somente em filhos e filhas de mulheres de idade avançada.
- 08 estão intimamente ligadas à separação incorreta dos cromossomos na meiose.
- 16 ocorrem ao acaso, devido a um erro na gametogênese.
- 32 ocorrem preferencialmente em populações de menor renda, com menor escolaridade e pouca assistência médica.
- 64 podem acontecer devido a erros na duplicação do DNA.

Soma =

14 UFRGS 2007 Na novela *Páginas da Vida*, um dos temas tratados foi o nascimento de uma criança com Síndrome de Down. Trata-se de uma menina gêmea de um menino que não apresenta a síndrome.

Com base nessas informações, considere as afirmações a seguir.

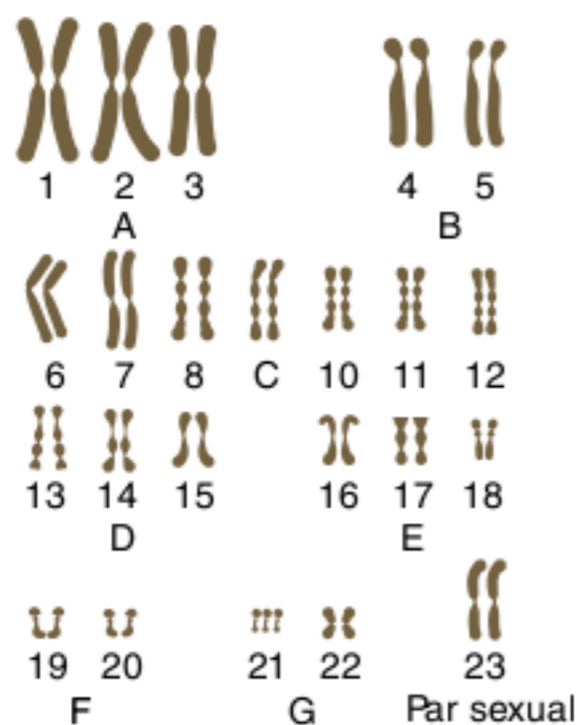
- I. Esses gêmeos são dizigóticos.
- II. A Síndrome de Down é uma aneuploidia sexual.
- III. A síndrome dessa menina pode ser decorrente de um erro durante a meiose I ou II.

Quais estão corretas?

- (a) Apenas I.
- (b) Apenas II.
- (c) Apenas III.
- (d) Apenas I e III.
- (e) Apenas II e III.

15 UFF 2007 O cariótipo humano é constituído pelo conjunto completo dos cromossomos ordenados de um indivíduo.

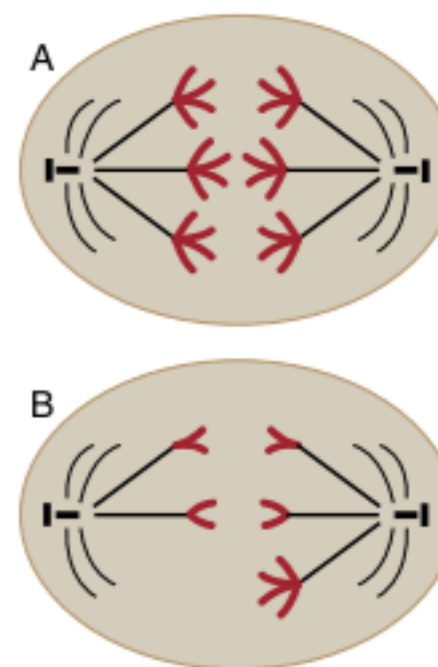
No exame pré-natal de um casal cuja futura mãe tenha mais de 35 anos de idade e apresente casos de doenças genéticas na família, o médico deve indicar uma avaliação do cariótipo fetal.



O cariótipo humano esquematizado é referente a um indivíduo com certas características, apontadas em uma das opções. Indique-a.

- (a) Normal e do sexo masculino.
- (b) Com Síndrome de Klinefelter e do sexo masculino.
- (c) Com Síndrome de Down e do sexo masculino.
- (d) Com Síndrome de Klinefelter e do sexo feminino.
- (e) Com Síndrome de Down e do sexo feminino.

16 Unicamp Considere as duas fases da meiose, de um organismo com $2n = 6$ cromossomos, esquematizadas a seguir, e responda às questões.



- a) Que fases estão representadas na figura A e na B? Justifique.
- b) Que tipo de alteração aparece em uma das figuras? Em relação aos cromossomos, como serão as células resultantes de um processo de divisão com essa alteração?
- c) Dê um exemplo de anomalia que seja causada por esse tipo de alteração na espécie humana, cujo número normal de cromossomos é $2n = 46$.

17 UFRGS Uma pesquisadora analisou células da mucosa bucal de frentistas de postos de gasolina. Foram encontradas muitas células que, além do núcleo, apresentavam micronúcleos originados em cromossomos defeituosos.

Quanto a esses micronúcleos, podemos supor que se originaram a partir de:

- (a) translocação.
- (b) substituição.
- (c) deleção.
- (d) deslocação.
- (e) bipartição.

18 UFRJ 2011 A síndrome do triplo X, ou trissomia do X, afeta uma em cada mil mulheres, aproximadamente. Essa anomalia cromossômica se caracteriza pela presença de um cromossomo X a mais em suas células. No entanto, ao contrário das trissomias dos autossomos que causam várias alterações fenotípicas, muitas mulheres com três cromossomos X são aparentemente normais.

Identifique o processo celular específico dos cromossomos X responsável pela ausência de características negativas nas mulheres com trissomia do X.

Genética de populações

21

FRENTE 1



O uso frequente de um tipo de inseticida seleciona os mosquitos da dengue que são mais resistentes ao produto. Assim, os alelos que condicionam resistência ao inseticida tendem a se tornar mais abundantes nessa população.

Genética de populações

A genética de populações é responsável pelo estudo da distribuição e frequência dos alelos determinantes de características em uma população. Assim como vimos anteriormente nessa frente, um indivíduo pode ter apenas duas formas alélicas, mas na população da qual ele faz parte muitos tipos alélicos podem ser observados.

Mesmo com os critérios de dominância entre alelos, as frequências em que eles aparecem em uma população se mantêm em equilíbrio, ocasionando inclusive a manutenção de alelos recessivos.

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Este capítulo é dedicado ao estudo do comportamento dos genes em uma população. A totalidade de alelos de uma população corresponde ao seu *pool* gênico. O equilíbrio de Hardy-Weinberg consiste em um teorema que delibera que, de acordo com determinadas condições, as frequências de cada alelo, independente de sua raridade ou recessividade, permanecerão constantes com o passar das gerações em uma população. Esse teorema foi desenvolvido pelos cientistas G.H. Hardy e W. Weinberg em 1908, que produziram trabalhos isoladamente e depois, consolidados na atual teoria.

Para exemplificar, vamos considerar o caso dos alelos para pigmentação da pele na população humana: **A** condiciona pigmentação normal e **a** determina albinismo, sendo **A** dominante em relação a **a**. Como **A** é dominante, acreditava-se que, ao longo do tempo, a tendência era restar apenas esse alelo na população e que o alelo recessivo acabaria desaparecendo. Mas de acordo com a teoria de que as frequências (porcentagens) de alelos de uma população não se alteram ao longo do tempo, o alelo não seria eliminado no exemplo citado, e não restaria apenas o alelo dominante **A**.

Assim, pode-se concluir que uma população tende a permanecer em **equilíbrio genético**, de acordo com as seguintes condições (Fig. 1).

Ausência de mutações

Mutações são alterações de material genético; podem gerar novas variedades de alelos, causando alteração da porcentagem dos genes presentes na população. Como exemplo, pode ser citada uma população de insetos em que todos os indivíduos só apresentam o alelo para sensibilidade ao DDT (tipo de inseticida) (frequência de 100% do alelo). Caso ocorra mutação que gere um alelo que condiciona resistência ao produto, haverá modificação da porcentagem dos genes, sendo possível que, ao longo de algumas gerações, o alelo para resistência se torne mais abundante.

Ausência de seleção natural

A seleção natural permite a sobrevivência e a reprodução dos mais adaptados; isso altera o equilíbrio da população. Em um ambiente em que é pulverizado DDT, por exemplo, o produto atua como agente de seleção, e os indivíduos resistentes passam a predominar. Isso significa que o alelo que condiciona resistência se tornaria mais abundante do que o alelo que determina a sensibilidade ao produto.

Ausência de seleção sexual

A seleção sexual beneficia indivíduos da espécie que apresentam certas características que lhes conferem maior probabilidade de se acasalar; esses indivíduos deixam mais descendentes e, conseqüentemente, seus alelos tendem a ser mais abundantes na população.

A ausência de seleção sexual significa que todos os indivíduos da população têm a mesma chance de se acasalar, independentemente do seu fenótipo e da sua carga genética. Uma população com esse perfil é denominada **pan-mítica**; nessas condições, é como se os cruzamentos ocorressem ao acaso.

Ausência de migrações

As migrações determinam a entrada ou a saída de indivíduos em uma população. Por exemplo, a entrada de albinos em uma população eleva a porcentagem do alelo recessivo **a** nessa população. A saída de albinos de uma população reduz a porcentagem do alelo.

A população deve ser grande

Populações com grande número de indivíduos têm maior estabilidade quando comparadas a populações pequenas. Por exemplo, o falecimento de um albino na população brasileira não afeta a porcentagem do alelo para albinismo. No entanto, se estivéssemos considerando a população de uma pequena ilha, constituída por 20 indivíduos, com 2 albinos e 18 de pigmentação normal, a morte de um albino alteraria significativamente a porcentagem dos genes nessa população.



Fig. 1 Condições para a ocorrência do equilíbrio genético em uma população.

Alterações do equilíbrio genético da população

O equilíbrio genético de uma população pode ser alterado por **seleção natural** ou por **oscilação genética**.

Seleção natural

Uma modificação na porcentagem de alelos de uma população, determinado por seleção natural, corresponde a um caso de evolução. Por exemplo: uma população de insetos em que foi aplicado um inseticida apresenta seleção de insetos resistentes, que passam a predominar. O inseticida é um tipo de agente de seleção natural e provoca aumento na porcentagem do alelo que condiciona resistência.

Evolução é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pela seleção natural.

Oscilação genética, ou deriva genética

Uma população pode ter modificações na porcentagem de seus alelos por obra do acaso. Uma ilha, por exemplo, pode ter indivíduos albinos e indivíduos de pigmentação normal. Uma erupção vulcânica pode ter maiores efeitos em uma área da ilha do que em outra. Caso a erupção atinja aleatoriamente um grande número de pessoas com pigmentação normal, a porcentagem de genes para o albinismo apresentará uma elevação. Vendavais, *tsunamis* e chuvas de granizo são exemplos de fatores ambientais que podem alterar a porcentagem de alelos de uma população sem atuar como agentes de seleção natural.

Oscilação genética é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pelo acaso.

Teorema de Hardy-Weinberg

O teorema de Hardy-Weinberg demonstra matematicamente que, considerando populações que se enquadrem nas premissas citadas, há equilíbrio na frequência de alelos. Como exemplo, podemos observar certa população em equilíbrio genético que apresenta alelos "A" e "a". A porcentagem ou frequência de "A" somada à frequência de "a" será de 100% (1,0). Assim, caso a frequência de "A" seja igual a 80% (0,8), a frequência de "a" será de 20% (0,2). Essas frequências são representadas desse modo:

$$p = \text{frequência do alelo dominante "A"} (0,8)$$

$$q = \text{frequência do alelo recessivo "a"} (0,2)$$

Sabendo que $p + q = 1,0$, tem-se que $0,8 + 0,2 = 1,0$.

Os genótipos para esses alelos são **AA**, **Aa** e **aa**. Sabendo qual a frequência de cada alelo, pode-se calcular a frequência desses genótipos na próxima geração. Os genótipos possíveis nessa população são:

Gametas ♀	Gametas ♂	A p = 0,8	a q = 0,2
A p = 0,8	AA $p \times p = 0,8 \times 0,8$ $p^2 = 0,64$	Aa $p \times q = 0,8 \times 0,2$ $p \times q = 0,16$	
a q = 0,2	Aa $p \times q = 0,8 \times 0,2$ $p \times q = 0,16$	aa $q \times q = 0,2 \times 0,2$ $q^2 = 0,04$	

As frequências genóticas da população serão:

$$\begin{array}{ccccccc} AA & + & Aa & + & aa & = & 1 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ 0,64 & + & 0,32 & + & 0,04 & = & 1 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \\ p^2 & + & 2pq & + & q^2 & = & 1 \end{array}$$

ou $(p + q)^2 = 1$.

Dessa forma, para a resolução de exercícios sobre esse assunto, devem ser fixados alguns pontos:

$$f(A) = p$$

$$f(a) = q$$

Frequência de alelos:

$$f(A) + f(a) = 1$$

$$p + q = 1$$

Frequência de genótipos:

$$(p + q)^2 = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$$

Exercício resolvido

1 Uma população em equilíbrio tem 1.000 indivíduos, sendo 90 albinos. Calcular a frequência de AA, Aa e aa dessa população.

Resolução:

90 albinos (aa) em 1.000

$$f(aa) = 9\% \text{ ou } 0,09 \rightarrow f(aa) = q^2$$

$$q = \sqrt{0,09} = 0,3$$

$$p + q = 1$$

$$p = 1 - q$$

$$p = 0,7$$

$$f(A) = p = 0,7$$

$$f(a) = q = 0,3$$

Gametas ♀	Gametas ♂	A p = 0,7	a q = 0,3
A p = 0,7	AA $p \times p = 0,7 \times 0,7$ $p^2 = 0,49$	Aa $p \times q = 0,7 \times 0,3$ $p \times q = 0,21$	
a q = 0,3	Aa $p \times q = 0,7 \times 0,3$ $p \times q = 0,21$	aa $q \times q = 0,3 \times 0,3$ $q^2 = 0,09$	

Homozigotos (AA) e (aa):

$$f(AA) = p^2 = 0,7 \times 0,7 = 0,49 \text{ ou } 49\% (490 \text{ indivíduos})$$

$$f(aa) = q^2 = 0,3 \times 0,3 = 0,09 \text{ ou } 9\% (90 \text{ indivíduos})$$

Heterozigotos (Aa):

$$f(Aa) = 2pq = 2 \times 0,7 \times 0,3 = 0,42 \text{ ou } 42\% (420 \text{ indivíduos})$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 100\% = 1,0$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Revisando

1 O que significa *pool* gênico?

2 O que significa dizer que uma população se encontra em equilíbrio de Hardy-Weinberg?

3 Cite as condições de equilíbrio de Hardy-Weinberg.

4 O que é população pan-mítica?

5 De que maneira a seleção natural altera o equilíbrio genético de uma população?

6 Relacione evolução e equilíbrio genético.

7 O que é oscilação genética?

8 Considere que os alelos A e a têm a frequência representada por f:

$$f(A) = p \text{ e } f(a) = q$$

Represente a fórmula que indica a frequência de alelos de uma população e a fórmula que indica a frequência dos genótipos (AA, Aa e aa) na população.

Exercícios propostos

1 UEM Uma população de roedor está sendo estudada quanto ao equilíbrio de Hardy-Weinberg para uma característica determinada por um *locus* autossômico. O alelo dominante A condiciona o fenótipo D e ocorre com a frequência p . O alelo recessivo a é responsável pelo fenótipo R e tem frequência q . Então, para essa característica, assinale o que for correto.

- 01 A população está em equilíbrio se estiver ocorrendo seleção natural há, pelo menos, uma geração.
- 02 No equilíbrio, os genótipos AA, Aa e aa são encontrados com as frequências p^2 , $2pq$ e q^2 , respectivamente.
- 04 Em uma amostra de 1.000 indivíduos de uma população em equilíbrio, com $p=0,6$, são esperados 160 indivíduos com o fenótipo R.
- 08 Com informações sobre os valores das frequências gênicas, p e q , e das frequências fenotípicas, é possível determinar se a população está ou não em equilíbrio.
- 16 O conhecimento das frequências genotípicas é suficiente para se determinar a condição da população quanto ao equilíbrio.
- 32 Quando todas as frequências genotípicas são iguais, a população não está em equilíbrio.
- 64 A população está em equilíbrio apenas quando 75% dos indivíduos apresentam o fenótipo D e 25% apresentam o fenótipo R.

Soma =

2 UFPE G. H. Hardy e W. Weinberg postularam que, em uma população, sob condições especiais, as frequências dos alelos, e de cada genótipo, permanecem constantes, geração após geração. Para que isso ocorra, segundo os referidos autores, é necessário que:

- não haja pressão de seleção natural, uma vez que esta tende a selecionar determinados alelos em detrimento de outros, que podem desaparecer.
- não ocorram fluxos migratórios, os quais acarretam troca de alelos entre populações diferentes.
- os cruzamentos, nas populações, ocorram ao acaso; ou seja, as populações sejam pan-míticas.
- os novos alelos, que surjam por mutação, se incorporem rapidamente ao estoque gênico.
- nas populações demasiadamente pequenas, os cruzamentos sejam ao acaso, a partir de seu estabelecimento.

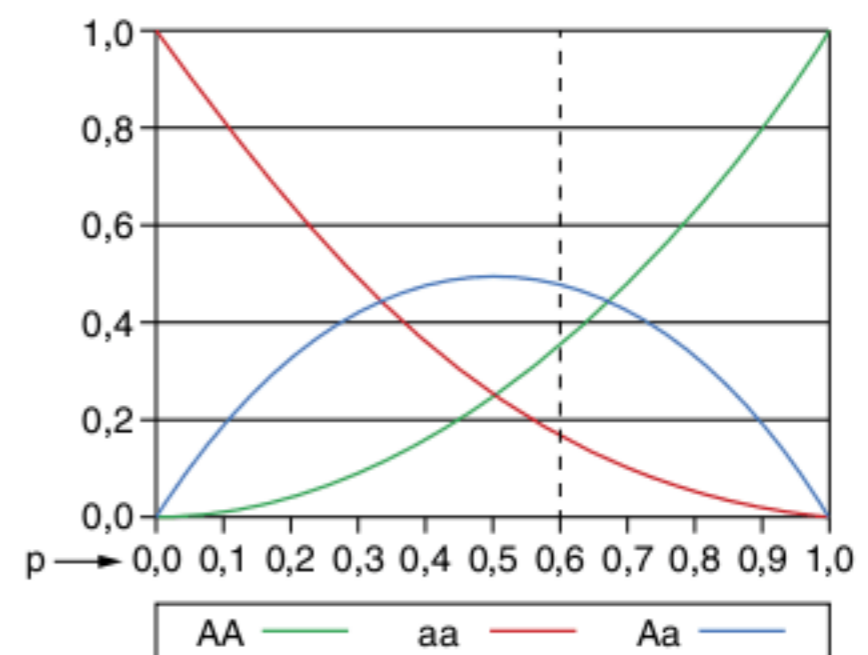
3 Unesp Considere duas populações diferentes, 1 e 2, cada uma com 200 indivíduos diploides, portanto, com 400 alelos. A população 1 apresenta 90 indivíduos com genótipo AA, 40 indivíduos com genótipo Aa e 70 indivíduos com genótipo aa. A população 2 apresenta 45 indivíduos com genótipo AA, 130 indivíduos com genótipo Aa e 25 indivíduos com genótipo aa.

- a) Qual a frequência dos alelos A e a em cada uma das populações?
- b) Qual delas tem a maioria dos indivíduos homocigotos? Explique.

4 UEL 2005 Em uma população composta de 100 mil indivíduos, 24 mil apresentam o genótipo AA e 36 mil apresentam o genótipo aa. Com base nesses dados, é correto afirmar que a frequência dos alelos A e a será, respectivamente:

- (a) 0,49 e 0,51
- (b) 0,44 e 0,56
- (c) 0,50 e 0,50
- (d) 0,56 e 0,44
- (e) 0,34 e 0,66

5 UFRJ 2008 O gráfico a seguir mostra as frequências dos genótipos de um *locus* que pode ser ocupado por dois alelos A e a. No gráfico, p representa a frequência do alelo A.



Calcule a frequência dos genótipos AA, Aa e aa nos pontos determinados pela linha pontilhada. Justifique sua resposta.

6 Fuvest A frequência de indivíduos afetados por uma anomalia genética autossômica recessiva, em uma dada população, era de 0,16. Constatou-se a diminuição dessa frequência após:

- (a) a morte de 5% da população total por falta de alimento.
- (b) a imigração de muitos indivíduos homocigotos dominantes.
- (c) o nascimento de 48 indivíduos afetados entre 300 nascidos.
- (d) o casamento preferencial de indivíduos heterocigotos.
- (e) o crescimento da população devido à diminuição da predação.

7 Fuvest Uma população humana foi testada quanto ao sistema MN de grupos sanguíneos. Os dados obtidos compõem a tabela a seguir.

Grupo sanguíneo	Genótipo	Nº de indivíduos	Frequência
M	MM	1.787	0,30
N	NN	1.303	0,21
MN	MN	3.039	0,49
Total		6.129	1,00

- a) Quais as frequências dos alelos M e N nessa população?
- b) Essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg para esse *locus* gênico?

8 UFV Uma das maneiras de verificar se uma determinada espécie está ou não em evolução é fazer um estudo do patrimônio genético de suas populações. Usando o teorema de Hardy-Weinberg, pode-se determinar as frequências gênicas de uma população e demonstrar se a espécie está em equilíbrio, isto é, em estado de não evolução. Entretanto, para que uma população se mantenha em equilíbrio genético é necessário que ela se enquadre em certas condições. Escreva quatro dessas condições.

9 Unirio Os grupos sanguíneos de uma população foram estudados no que se refere ao sistema MN dos seus indivíduos. Verificou-se que existiam, numa porcentagem de 9%, portadores de sangue do tipo N. Assim, a frequência dos indivíduos do grupo MN dessa população é de:

- (a) 79% (d) 49%
 (b) 61% (e) 42%
 (c) 50%

10 Cesgranrio Em uma determinada população, a capacidade de enrolar a língua é determinada por um gene dominante A. Nessa mesma população foi observado que 64% das pessoas apresentam essa característica. A frequência esperada de indivíduos heterozigotos será de:

- (a) 70% (d) 16%
 (b) 48% (e) 10%
 (c) 36%

11 UEL Sabe-se que olhos escuros são dominantes sobre olhos azuis. Sabe-se também que na maioria das populações da América do Sul predomina o número de pessoas de olhos escuros, enquanto em diversas populações europeias acontece o inverso: pessoas de olhos escuros constituem a minoria. Essa diferença deve-se ao fato de:

- (a) a herança da cor dos olhos não obedecer às leis de Mendel.
 (b) o mecanismo de herança da cor dos olhos não ser ainda bem conhecido.

- (c) a dominância dos genes relacionados com a cor dos olhos modificar-se com o ambiente.
 (d) a frequência dos alelos para olhos escuros ser maior nas populações sul-americanas do que nas europeias.
 (e) tratar-se de um caso de herança quantitativa, que sempre é influenciada por fatores ambientais.

12 UFRJ Pela equação de Hardy-Weinberg, $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, onde p e q são as frequências de dois alelos. Com essa equação podemos calcular a frequência de um genótipo sabendo a frequência de um dos alelos, ou vice-versa, desde que a população esteja em equilíbrio.

Numa determinada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, nasceram 10.000 crianças; uma dessas crianças apresentou uma doença, a fenilcetonúria, determinada por um gene autossômico recessivo.

Calcule a frequência de indivíduos de fenótipo normal portadores do gene causador da fenilcetonúria nessa população.

13 PUC-MG A calvície na espécie humana é determinada por um gene autossômico C, que tem sua expressão influenciada pelo sexo. Esse caráter é dominante nos homens e recessivo nas mulheres, como mostra a tabela a seguir.

Genótipo	Fenótipo	
	Homens	Mulheres
CC	Calvo	Calva
Cc	Calvo	Normal
cc	Normal	Normal

Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, onde 81% dos homens não apresentam genótipo capaz de torná-los calvos, qual a frequência esperada de mulheres cujo genótipo pode torná-las calvas?

- (a) 1% (d) 42%
 (b) 8,5% (e) 81%
 (c) 19%

TEXTOS COMPLEMENTARES

Tormento dos diferentes em nome da raça

A Europa descobre, chocada, que praticou a eugenia até bem depois da Segunda Guerra Mundial

Uma febre de limpeza varreu a Europa e os Estados Unidos no começo deste século. Não das ruas imundas das grandes cidades, ou dos corpos pouco afeitos a banho dos cidadãos, ou das mãos antes das cirurgias. O que se propunha, em estudos recebidos com alvoroço mas, como o avanço do conhecimento da genética demonstrou depois, sem um pinga de sustentação científica, era a limpeza da raça, por meio da eliminação de traços humanos indesejáveis, a chamada eugenia. Por eliminação, entenda-se esterilização: devidamente impedidos de ter filhos, os deficientes mentais, os criminosos contumazes e até os irremediavelmente pobres acabariam cedendo

lugar aos vikings saudáveis, inteligentes e homogêneos. A teoria passou à prática, e, nos anos 1930, diversos países já tinham aprovado leis de "higiene racial". Num deles, a eugenia passaria da esterilização ao massacre, e aí teria seu apogeu trágico e brutal: a Alemanha, onde, em seu nome, os nazistas puseram em marcha a máquina de exterminar judeus, ciganos, deficientes físicos e homossexuais. Com a derrota da Alemanha na Segunda Guerra e a exposição dos horrores nazistas, pensava-se que o engodo da limpeza racial estivesse morto e enterrado. Não estava. Na semana passada, soube-se que Suécia, Noruega, Finlândia, Dinamarca, Suíça e Áustria continuaram esterilizando, discretamente, cidadãos qualificados de "baixa qualidade racial".

A Suécia é um país conhecido pela excelência de sua democracia e justiça social, mas esterilizou pelo menos 62.000 pessoas, em sua maioria mulheres, entre 1935 e 1976. Eram todos “voluntários” na letra da lei, mas os depoimentos contam história diferente. Maria Nordin, hoje com 72 anos, teve os ovários removidos aos 17. “Quando fui para a escola, tinha problemas de vista. Não enxergava a lousa, mas não tinha dinheiro para comprar óculos. Concluíram que eu tinha dificuldade para aprender e me mandaram para a escola de excepcionais”, contou ela ao jornal *Dagens Nyheter*, que denunciou o assunto em reportagem especial de enorme repercussão. Para sair, já moça, exigiram que aceitasse a esterilização. “Assinei o papel, porque sabia que só assim sairia dali”, disse Maria, a única dos cerca de 25.000 sobreviventes a aparecer para contar seu drama. Mesmo sem nome nem sobrenome, contudo, os casos citados no jornal são estardalosos. Um menino foi esterilizado porque o julgaram “sexualmente precoce”. Uma moça, por já ter três filhos e levar “vida ruim: é suja, usa esmalte vermelho e tem mau hálito”. Tudo dentro da lei, que servia a três propósitos declarados: impedir a “degeneração da raça”, “proteger” os portadores de “genes fracos” e, por último, poupar dinheiro. O Estado do bem-estar social, que começava a se instalar e a produzir resultados tão bons em tantas áreas, não queria ter de gastar recursos com quem considerava incapaz.

O episódio sueco abriu um cofre de segredos sujos. Descobriu-se que nenhum dos países nórdicos, tão ciosos das liberdades individuais e celeiros de causas politicamente corretas, aboliu a esterilização para “limpeza da raça” depois da Segunda Guerra. Ao contrário: ela continuou sendo praticada até os anos 1960, quando os casos enfim foram diminuindo até a extinção das leis, sem alarde, na década seguinte. Na Dinamarca, 11.000 pessoas foram esterilizadas entre 1929 e 1967. Noruega e Finlândia admitiram, cada uma, 1.000 casos. Na enxurrada de críticas e denúncias, o escândalo chegou à Áustria onde, segundo o Partido Verde, 70% das deficientes mentais são esterilizadas até hoje. Na Bélgica, uma das vítimas, Ingrid van Butsel, 40 anos, contou como foi obrigada a se submeter à esterilização quando decidiu se casar, em 1985: “Disseram que eu era deficiente mental, não tinha condições de criar filhos e que ou aceitava a esterilização, ou seria internada num hospital psiquiátrico”. Na Suíça, o historiador Hans Ulrich Jost desencavou uma lei de “higiene racial” promulgada em 1928 no cantão de Vaud, em vigor até vinte anos atrás, que, segundo ele, serviu de modelo para Hitler. Seu maior incentivador: o psiquiatra Auguste Forel, o retrato na nota de 1.000 francos suíços.

O que é a política chinesa do filho único?

Na China, há mais de 1,3 bilhão de pessoas vivendo, trabalhando e constituindo famílias. Muitos ocidentais imaginam que as famílias tradicionais chinesas são constituídas de várias gerações morando sob o mesmo teto. Até um século atrás, esse era um retrato fiel delas. Mas essa não é mais a regra.

Atualmente, uma família típica chinesa inclui um homem e uma mulher casados, com um único filho, conhecidos como família básica. Embora às vezes haja modificações, incluindo um ou os dois grupos de avós morando com eles, a porcentagem de famílias básicas continua a aumentar, acima dos outros tipos. Esse aumento não é nenhuma coincidência – é um reflexo direto das políticas de controle populacional do governo da China.

A Suécia apostou, desde cedo, na eugenia em 1921; criou o primeiro Instituto de Biologia Racial. Logo foi seguida por uma legião de entusiasmados faxineiros raciais, entre eles os Estados Unidos, onde, segundo o historiador Philip Reilly, 60.000 pessoas foram esterilizadas à força na década de 1930. Um dos maiores tentos dos eugenistas americanos foi a lei de imigração de 1924, que limitava com rigor a entrada de europeus do sul e do leste, considerados “inferiores”. O rótulo surgira anos antes, a partir de uma experiência feita com imigrantes, em moldes típicos do preconceito étnico, do racismo e da falta de bases sólidas da eugenia. Exaustos, assustados, sem falar uma palavra de inglês, os recém-chegados eram submetidos a um interrogatório a que, obviamente, não conseguiam responder. Diagnóstico: “débeis mentais”. Os testes chegaram ao absurdo de concluir, em 1917, que 79% da imigração italiana era composta de idiotas.

Sonho nazista

Mesmo carecendo de fundamento científico, numa época em que pouco se sabia sobre genética em geral, a eugenia arrebanhou adeptos poderosos. Na Alemanha nazista, virou programa de governo e está na origem de seus piores crimes: uma das primeiras medidas do chanceler Adolf Hitler, ao assumir o poder, em 1933, foi implantar a esterilização a toque de caixa de portadores de “debilidade mental congênita, esquizofrenia, loucura circular (maníaco-depressiva), epilepsia hereditária e alcoolismo grave”. Como o objetivo era criar uma raça superior para dominar o mundo, também se perseguiram pessoas de “raças mistas ou indesejáveis”. Da esterilização forçada, os nazistas passaram ao extermínio puro e simples. Terminada a guerra, eugenia era sinônimo do mal. Quem continuou a acreditar nela e a praticá-la, como a Suécia, o fez na mais absoluta surdina.

O jornalista Maciej Zaremba, autor da série de reportagens, conta que encontrou as informações de que precisava nos bem documentados arquivos suecos, mas não achou uma palavra sobre o assunto nos livros de história do país. A ministra de Assuntos Sociais, Margot Wallström, classificou a prática de “bárbara” e garantiu que os sobreviventes serão indenizados. Mas, como a maioria da população de um país-modelo no cuidado com os mais necessitados, não soube responder por que um programa como esse durou tanto tempo. “Não sei dizer. Pertencem a outra geração política. É impossível explicar”, disse a ministra.

Lizia Bydlowski. *Veja*, 3 de set. 1997.

Disponível em: <http://veja.abril.com.br/030997/p_036.html>.

A Comissão Nacional para População e Planejamento Familiar da China (NPFPC) é um órgão estatal responsável pelo controle populacional, saúde reprodutiva e planejamento familiar em todas as províncias, regiões autônomas e municípios chineses. Em relação a isso, o órgão desenvolve políticas e regulamentações, organiza e coordena a publicidade e a educação e direciona e supervisiona a ciência e a tecnologia de reprodução. A NPFPC limita o número de filhos que os casais chineses podem ter, o que normalmente é conhecido como política do filho único.

Essa política esteve nos noticiários recentes, depois que a província de Sichuan sofreu um terremoto de oito pontos na Escala de Richter, em maio de 2008. Aproximadamente dez mil crianças morreram e outras milhares sofreram ferimentos graves

[fonte: *New York Times*]. Devido às políticas de controle populacional da China, a maioria das famílias de luto perdeu seu único filho. Embora a NPFPC esteja criando exceções à política para as famílias devastadas para permitir que elas tenham outro filho legalmente, tais exceções são raras.

Mas por que um país adotaria essas medidas? Para responder a essa questão analisamos a seguir a criação da política do filho único, seus parâmetros e as críticas em relação a ela.

População e planejamento familiar na China

Estima-se que, atualmente, haja mais de 1,3 bilhão de pessoas na China e que a população esteja crescendo a uma taxa de 0,6% – até o ano de 2050, ela deve atingir a 1,6 bilhão de pessoas [fonte: CNN]. A taxa de fertilidade, que é o número médio de filhos nascidos para uma mulher, está em torno de 1,7 – cerca de 1,3 em áreas urbanas e um pouco abaixo de 2 em áreas rurais. Esses números caíram de 2,9 filhos por mulher há 30 anos e são significativamente menores que a média de seis filhos por mulher em 1970 [fonte: *New England Journal of Medicine*]. Em comparação, outros países do Leste Asiático têm observado uma diminuição na taxa de fertilidade durante o mesmo período de tempo. Japão e Cingapura, por exemplo, têm as menores taxas de fertilidade do mundo, 1,38 e 1,04 nascimentos por mulher, respectivamente [fonte: *New England Journal of Medicine*]. Muitos países europeus também têm observado um declínio nas taxas de natalidade e, em resposta, estão concedendo bonificações – normalmente dinheiro e isenção de impostos – para encorajar os casais a aumentarem o número de filhos.

A redução da população na China, no entanto, não é acidental. Durante a década de 1970, o país começou a encorajar o planejamento familiar voluntário retardando o casamento, tendo menos filhos e aumentando o número de anos entre eles. Em 1979, o governo introduziu sua política de filho único, um esforço agressivo para melhorar o padrão de vida e a economia por meio de controle populacional. Embora, originalmente, o governo planejasse um programa a curto prazo, o sucesso da prevenção de quase 400 milhões de nascimentos levou a China a manter uma versão atualizada da política em vigor [fonte: CNN].

De acordo com a política do filho único, casais da área urbana (aproximadamente 36% da população) podem ter apenas um filho. As exceções são os casais que sejam de uma minoria étnica ou que sejam também filhos únicos. Em áreas rurais, os casais podem se candidatar a uma permissão local para ter um segundo filho, se o primeiro bebê for uma menina, e podem ter três filhos se fazem parte de uma minoria étnica.

De acordo com as leis de planejamento familiar da China, cada indivíduo é responsável por praticar planejamento familiar e métodos contraceptivos. Àqueles que seguem a política são oferecidas recompensas como um “Certificado de Honra para Casais com Filho Único”, empréstimos, assistência social e outros auxílios, dependendo do status socioeconômico do casal. Casais que retardam o casamento e o nascimento de filhos podem estar qualificados a recompensas também, como, por exemplo, licenças matrimoniais e de maternidade mais longas.

Pessoas que não seguem a política de um único filho estão sujeitas a penalidades que incluem: multas (que variam de metade da

renda anual familiar a dez vezes esse valor), confisco de bens e sanções administrativas para funcionários públicos. O “excesso” de filhos pode estar sujeito a penalidades educacionais e na área da saúde.

Para garantir o cumprimento da lei, a Comissão Nacional para População e Planejamento Familiar da China (NPFPC) oferece métodos contraceptivos universalmente acessíveis e gratuitos. Mais de 87% das mulheres casadas fazem uso de contraceptivos, enquanto em outros países em desenvolvimento o uso atinge aproximadamente um terço das mulheres casadas [fonte: *New England Journal of Medicine*]. Os dois métodos mais comuns entre as mulheres chinesas são o DIU e a esterilização feminina [fonte: NPFPC]. Em comparação, a vasectomia, as pílulas anticoncepcionais e os preservativos são usados por menos de 10% da população [fonte: NPFPC]. As taxas de aborto registradas entre as chinesas são menores que entre as americanas: 25% das chinesas já tiveram, pelo menos, um aborto, enquanto 43% das americanas já se submeteram a tal procedimento [fonte: *New England Journal of Medicine*].

A seguir, veremos quais são as metas futuras da NPFPC e a controvérsia em torno dessas políticas populacionais.



© SZEFBI | DREAMSTIME.COM

A taxa de fertilidade, que é o número médio de filhos nascidos para uma mulher, está em torno de 1,7 na China.

Controvérsia e críticas relacionadas à política do filho único

A política de um único filho da China, da forma como se apresenta hoje, permanecerá em vigor até 2010, quando novamente será revista pelo governo. Ao mesmo tempo, o declínio demográfico da China é resultante de uma proporção crescente de idosos em relação a adultos que recebem salários. A força de trabalho menor, constituída de filhos únicos, é desafiada a suportar dois conjuntos de pais idosos: a China carece de cobertura pensionista adequada e de sistemas de bem-estar social, deixando trabalhadores jovens sobrecarregados.

Durante décadas, o país sofreu severas críticas, acusado de problemas com direitos humanos e de reprodução, infanticídio feminino e práticas inseguras. Dizem que as políticas de

planejamento familiar da China forçam ou coagem as mulheres a realizarem abortos e esterilizações por meio de pressões sociais, econômicas e psicológicas, discriminam mulheres e transgridem o direito humano à reprodução.

Além disso, a política do filho único, juntamente com a preferência tradicional da China por herdeiros do sexo masculino, tem contribuído para um problema de desequilíbrio sexual. Há um alto índice de abandono de crianças do sexo feminino. Infanticídio feminino, o ato de matar intencionalmente crianças e fetos do sexo feminino, é uma antiga prática e um problema reconhecido no país. Em 2005, estima-se que nasceram 118 meninos para cada 100 meninas, com o nível máximo chegando a 130 meninos para cada 100 meninas em algumas partes do território chinês. Em termos comparativos, a proporção média de meninos/meninas em países industrializados é de 104 a 107 meninos para cada 100 meninas [fonte: *Washington Post*].

Apesar da controvérsia, a China continua a procurar maneiras de melhorar suas políticas populacionais. A NPFPC está planejando programas e avanços na qualidade dos serviços sociais e de saúde reprodutiva. Já em muitas províncias da China, foi revogado o requisito de obter permissão prévia do governo para se ter um filho, conhecido como permissão de nascimento. A NPFPC também pretende estudar programas estaduais de desenvolvimento populacional e assistência social para ajudar famílias rurais a seguir um planejamento familiar (“menos nascimentos, riqueza mais rápida”).

Para resolver o estigma social de ter meninas e um resultante desequilíbrio na proporção sexual, a NPFPC está lançando um projeto-piloto, chamado “Girl Care”. E, em um esforço para melhorar a saúde reprodutiva, os funcionários do planejamento familiar oferecerão às mulheres opções mais detalhadas sobre contraceptivos. A China também tornou ilegal a discriminação contra mulheres que dão à luz a meninas e proibiu abortos realizados após um ultrassom, por motivos de escolha de sexo do bebê. Uma campanha publicitária na Província de Hebei inclui propagandas em *outdoors* com os seguintes dizeres: “Não há nenhuma diferença

entre ter uma menina ou um menino – as meninas podem dar continuidade à linha familiar.”

Em esforços com agências do mundo inteiro, a NPFPC está discutindo a mudança de foco para fornecer serviços sociais e de assistência à saúde reprodutiva com maior qualidade, mais seguros e mais adequados a mulheres, adolescentes, idosos e migrantes.

Maria Colenso. *HowStuffWorks*. “O que é a política chinesa do filho único?”. Disponível em:

<<http://pessoas.hsw.uol.com.br/controle-populacional-na-china.htm>>.



A China pode enfrentar problemas como uma força de trabalho menor, constituída de filhos únicos e de uma grande população envelhecida.

RESUMINDO

Genética de populações

É responsável pelo estudo da distribuição e frequência dos alelos determinantes de características em uma população. A totalidade de alelos de uma população corresponde ao seu *pool* gênico.

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Consiste em um teorema que delibera que, de acordo com determinadas condições, as frequências de cada alelo, independente da sua raridade ou recessividade, permanecerão constantes com o passar das gerações em uma população. Uma população tende a permanecer em **equilíbrio genético** de acordo com as seguintes condições:

- **Ausência de mutações:** mutações são alterações de material genético; podem gerar novas variedades de alelos, causando alteração da porcentagem dos genes presentes na população.
- **Ausência de seleção natural:** a seleção natural permite a sobrevivência e a reprodução dos mais adaptados; isso altera o equilíbrio da população.

- **Ausência de seleção sexual:** a seleção sexual beneficia indivíduos da espécie que apresentam características que lhes conferem maior probabilidade de se acasalar (deixam mais descendentes e seus alelos tendem a ser mais abundantes). Uma população com ausência de seleção sexual é denominada **pan-mítica**; nessas condições, é como se os cruzamentos ocorressem ao acaso.
- **Ausência de migrações:** as migrações determinam a entrada ou a saída de indivíduos em uma população e, assim, a alteração das porcentagens de alelos.
- **A população deve ser grande:** populações com grande número de indivíduos têm maior estabilidade quando comparadas a populações pequenas.

Alterações do equilíbrio genético da população

O equilíbrio genético de uma população pode ser alterado por:

- **Seleção natural:** altera o equilíbrio genético de uma população, impulsionando a ocorrência de evolução.
- **Oscilação genética (ou deriva genética):** é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pelo acaso.

Teorema de Hardy-Weinberg

Demonstra matematicamente que, considerando populações que se enquadrem nas premissas citadas, há equilíbrio na frequência de alelos. Alguns pontos devem ser observados:

$$f(A) = p \quad \text{e} \quad f(a) = q$$

Frequência de alelos: $f(A) + f(a) = 1$
 $p + q = 1$

Frequência de genótipos: $(p + q)^2 = 1$
 $p^2 + 2pq + q^2 = 1$
 $f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Reportagem com estudo que demonstra a relação da seleção sexual e a competição para a escolha de parceiros entre machos e fêmeas. <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/por-dentro-das-celulas/uma-doce-batalha-entre-os-sexos>>.
- Reportagem traz estudo de pesquisadores australianos sobre as causas do desaparecimento de algumas espécies, entre elas o chamado diabo-da-tasmânia. <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/diabos-tasmania-cancer-extincao-descoberta-526083.shtml>>.



FILMES

- *A Grande Árvore Genealógica*. EUA, NatGeo. 90 min.
- *Evolução Genética*. EUA, Green Umbrella Limit – Pbs. 47 min.

Exercícios complementares

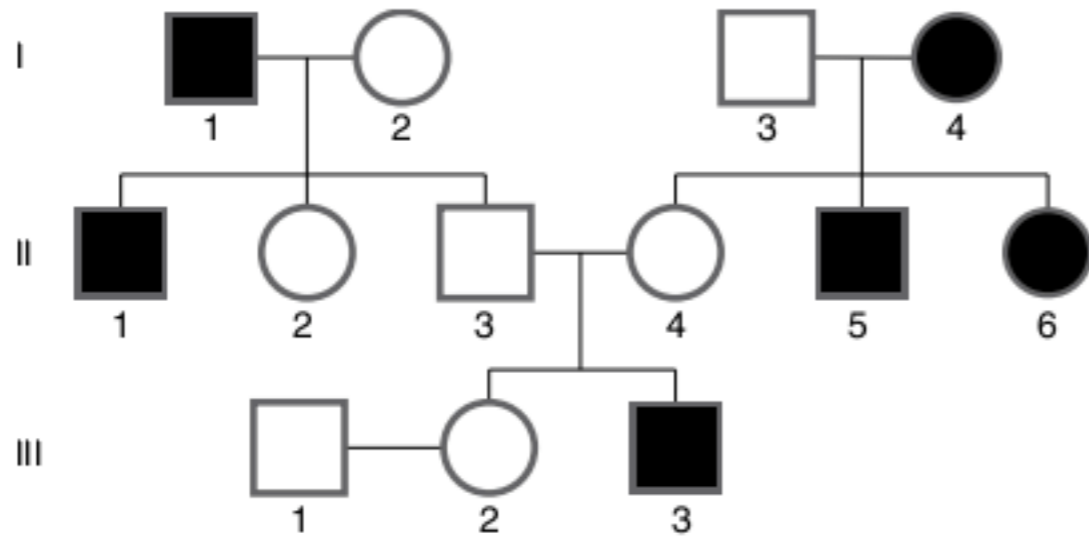
1 Fatec A doença de Tay-Sachs resulta da ação de um gene mutante localizado no cromossomo número 15, provocando a degenerescência nervosa mortal. O diagnóstico pré-natal é possível, e há tentativas de tratamento com algum sucesso em poucos casos. Em certas comunidades da Europa Central, uma em cada 30 pessoas apresenta fenótipo normal e é heterozigota quanto ao gene que determina a doença de Tay-Sachs. Em 2.700 casamentos ocorridos entre membros sadios dessas comunidades, o número esperado de casamentos com risco de gerar crianças com degenerescência nervosa é:

- (a) 0,3 (c) 45 (e) 90
 (b) 3 (d) 60

2 Puccamp Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a frequência do alelo autossômico (b) é de 30%. Se essa população for formada por 1.000 indivíduos, espera-se que sejam heterozigotos:

- (a) 700 (c) 90 (e) 21
 (b) 420 (d) 49

3 Puccamp Analise o heredograma a seguir, no qual os símbolos escuros significam a presença de uma anomalia.



Sabendo-se que a frequência de heterozigotos na população é $\frac{1}{20}$, a probabilidade do casal III.1 \times III.2 vir a ter uma criança com a anomalia é:

- (a) $\frac{1}{420}$ (c) $\frac{1}{120}$ (e) $\frac{1}{50}$
 (b) $\frac{1}{160}$ (d) $\frac{1}{80}$

4 UEL Na espécie humana, há certas proteínas no sangue que permitem classificar as pessoas como pertencentes ao tipo sanguíneo M, N ou MN. Essa característica é determinada por um par de alelos entre os quais não há dominância. Se em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a frequência de indivíduos do grupo M é 49%, as frequências esperadas de indivíduos dos grupos N e MN são, respectivamente:

- (a) 9% e 42%. (c) 18% e 21%. (e) 34% e 17%.
 (b) 17% e 34%. (d) 21% e 18%.

5 UnB Em uma população, um determinado gene apresenta-se em duas formas, a dominante e a recessiva, sendo 36% dos indivíduos recessivos. Considerando que tal população se encontra em equilíbrio genético, podendo-se, portanto, aplicar o princípio de Hardy-Weinberg, calcule, em porcentagem, a frequência do referido gene na população. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

6 UFRJ Dois *loci* de uma população, cada um com dois genes alelos, sofrem a ação da seleção natural por muitas gerações, como é mostrado nas tabelas a seguir. O coeficiente de seleção (S) indica os valores com que a seleção natural atua contra o genótipo. O valor adaptativo (W) representa os valores com que a seleção natural favorece o genótipo. Note que $(W + S) = 1$.

Genótipo	$A_1 A_1$	$A_1 A_2$	$A_2 A_2$
Valor adaptativo (W)	1	1	0
Coefficiente de seleção (S)	0	0	1

Genótipo	$B_1 B_1$	$B_1 B_2$	$B_2 B_2$
Valor adaptativo (W)	1	0	0
Coefficiente de seleção (S)	0	1	1

Qual dos genes, A_2 ou B_2 , apresentará a maior frequência na população? Explique.

7 UFC Descobertas recentes na medicina e na saúde pública, se aplicadas consistentemente, terão algum impacto no curso da evolução humana. Qualquer resistência às doenças infecciosas (de caráter hereditário), como o sarampo e a difteria, conferiria vantagem seletiva a uma família.

Assinale a alternativa que mostra, corretamente, os efeitos da imunização em massa sobre a frequência da resistência ou susceptibilidade inata às doenças.

- (a) A frequência dos alelos que conferem resistência inata às doenças seria aumentada.
 (b) Os genótipos que produzem pouca ou nenhuma resistência se tornariam comuns.
 (c) A longo prazo, mais pessoas se tornariam independentes de procedimentos médicos.
 (d) A longo prazo, haveria adaptação genética à resistência a muitas doenças.
 (e) Não haveria alteração alguma na frequência desses alelos.

8 Mackenzie Sabendo-se que uma população está em equilíbrio genético e que a frequência de indivíduos homozigotos para um caráter autossômico e dominante (AA) é de 25%, concluímos que a frequência de indivíduos homozigotos recessivos (aa) é de:

- (a) 6,25% (c) 25% (e) 75%
 (b) 12,5% (d) 50%

9 Mackenzie Sabendo-se que a frequência do gene autossômico A é igual a 0,8, em uma população constituída de 8.000 indivíduos, indique a alternativa que mostra o número de indivíduos para cada genótipo, se essa população estiver em equilíbrio genético.

- (a) AA – 6.400; Aa – 1.440; aa – 160
 (b) AA – 6.400; Aa – 1.280; aa – 320
 (c) AA – 5.120; Aa – 1.280; aa – 1.600
 (d) AA – 6.560; Aa – 1.280; aa – 160
 (e) AA – 5.120; Aa – 2.560; aa – 320

10 UFPI Em uma certa população de africanos, 9% nascem com anemia falciforme. Qual o percentual da população que possui a vantagem heterozigótica?

- (a) 9% (c) 42% (e) 91%
 (b) 19% (d) 81%

11 Ufal Na espécie humana, o albinismo é determinado por um alelo autossômico recessivo. Se em uma dada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, 9% dos indivíduos são albinos, a frequência esperada de heterozigotos normais é de:

- (a) 91% (c) 49% (e) 21%
 (b) 75% (d) 42%

12 UFRJ O grupo sanguíneo MN é determinado por dois alelos codominantes. A frequência dos genótipos desse grupo sanguíneo foi amostrada em duas populações humanas, e os resultados são apresentados na tabela a seguir.

População	MM	MN	NN	Total
Europeus do Norte	16%	48%	36%	100%
Europeus do Sul	36%	48%	16%	100%

Calcule a frequência do alelo M nas duas populações e determine se a população da Europa, como um todo, é uma população pan-mítica, isto é, uma população em que os casamentos ocorrem ao acaso. Justifique sua resposta.

13 PUC-RS Para responder à questão, considere a informação a seguir.

Um levantamento nos prontuários médicos de um importante hospital brasileiro identificou o grupo sanguíneo MN de 10.000 indivíduos, revelando os dados apresentados no quadro abaixo. A análise da população estudada concluiu que ela se encontra em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Genótipo para o grupo sanguíneo MN	Número de indivíduos
MM	3.600
MN	4.800
NN	1.600

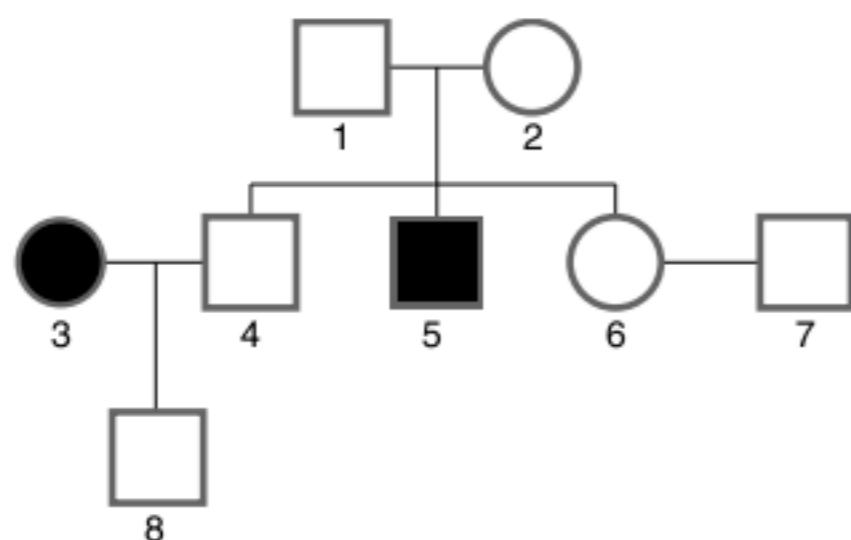
Nessa população, as frequências dos alelos M e N são, respectivamente:

- (a) 0,16 e 0,84 (c) 0,36 e 0,16 (e) 0,60 e 0,40
 (b) 0,24 e 0,48 (d) 0,48 e 0,24

14 Unesp No estudo da genética de populações, utiliza-se a fórmula $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, na qual p indica a frequência do alelo dominante e q indica a frequência do alelo recessivo. Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, espera-se que:

- (a) o genótipo homocigoto dominante tenha frequência $p^2 = 0,25$, o genótipo heterocigoto tenha frequência $2pq = 0,5$ e o genótipo homocigoto recessivo tenha frequência $q^2 = 0,25$.
 (b) haja manutenção do tamanho da população ao longo das gerações.
 (c) os alelos que expressam fenótipos mais adaptativos sejam favorecidos por seleção natural.
 (d) a somatória da frequência dos diferentes alelos, ou dos diferentes genótipos, seja igual a 1.
 (e) ocorra manutenção das mesmas frequências genotípicas ao longo das gerações.

15 PUC-MG No heredograma adiante, os indivíduos 3 e 5 são afetados por uma anomalia genética recessiva.



Considerando-se que a família acima representada faz parte de uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, na qual a frequência de indivíduos afetados é de 1%, é correto afirmar, exceto:

- (a) A segunda geração pode ser composta apenas de indivíduos homocigotos.
 (b) O indivíduo 8 apresenta o mesmo fenótipo e o mesmo genótipo do avô para o caráter em questão.
 (c) A probabilidade de o indivíduo 7 ser heterocigoto é de 18%.
 (d) O caráter em estudo pode ser ligado ao sexo.

Texto para as questões 16 e 17.

A anemia falciforme, ou siclemia, é uma doença hereditária que leva à formação de hemoglobina anormal e, conseqüentemente, de hemácias que se deformam. É condicionada por um alelo mutante s. O indivíduo SS é normal, o Ss apresenta anemia atenuada e o ss geralmente morre.

16 UEL Supondo populações africanas com incidência endêmica de malária, onde a anemia falciforme não sofra influência de outros fatores e onde novas mutações não estejam ocorrendo, a frequência do gene:

- (a) S permanece constante.
 (b) S tende a diminuir.
 (c) S tende a aumentar.
 (d) s permanece constante.
 (e) s tende a aumentar.

17 UEL Verificou-se que em populações de regiões onde a malária é endêmica, os heterocigotos (Ss) são mais resistentes à malária do que os normais (SS). Nesse caso, são verdadeiras as afirmações a seguir, exceto:

- (a) A malária atua como agente seletivo.
 (b) O indivíduo ss leva vantagem em relação ao SS.
 (c) O indivíduo Ss leva vantagem em relação ao SS.
 (d) Quando a malária for erradicada, ser heterocigoto deixará de ser vantagem.
 (e) Quando a malária for erradicada, haverá mudança na frequência gênica da população.

18 Puccamp A hemofilia é causada por um gene recessivo (h) localizado no cromossomo X. Se, em uma determinada população, um homem em 25.000 é hemofílico, a frequência do gene h nessa população é:

- (a) $\frac{1}{500}$ (c) $\frac{1}{25.000}$ (e) $\frac{1}{100.000}$
 (b) $\frac{1}{12.500}$ (d) $\frac{1}{50.000}$

19 Fuvest Um determinado gene de herança autossômica recessiva causa a morte das pessoas homocigóticas aa ainda na infância. As pessoas heterocigóticas Aa são resistentes a uma doença infecciosa causada por um protozoário, a qual é letal para as pessoas homocigóticas AA.

Considere regiões geográficas em que a doença infecciosa é endêmica e regiões livres dessa infecção. Espera-se encontrar diferença na frequência de nascimentos de crianças aa entre essas regiões? Por quê?



Frente 2

Transporte e sustentação em plantas



Há muitas algas de porte avantajado que, fora da água, não conseguem manter sua forma; é a água do ambiente que propicia a sustentação desses organismos. Uma árvore, como um grande eucalipto, mantém sua forma ereta graças a tecidos de sustentação, que as algas não possuem.

Os tecidos de condução

Este capítulo trata, de maneira mais aprofundada, dos **tecidos de condução** e de **sustentação**. Além desses temas, são trabalhados os mecanismos de **transporte de seiva** nas plantas. Os tecidos de condução são o **xilema** e o **floema**, sendo que o xilema tem importante papel também na sustentação do vegetal.

Xilema (ou lenho)

É o tecido encarregado de transportar **seiva bruta** (ou **inorgânica**) das raízes até as folhas. É formado por **vasos lenhosos**, **parênquima lenhoso** e **fibras de esclerênquima** (tecido de sustentação).

Os **vasos lenhosos** são constituídos por **células mortas**, isto é, células que apresentam apenas parede celular e não têm membrana plasmática, citoplasma e núcleo. A parede apresenta, além de **celulose**, **lignina**, um material de grande rigidez que impede a diminuição acentuada de volume dessas células e a interrupção no fluxo de seiva. Vasos lenhosos apresentam **orifícios** que permitem a passagem de seiva de uma célula para outras adjacentes (localizadas em suas extremidades superior ou inferior e laterais). Assim, a seiva passa de uma célula do xilema para a outra, no sentido raiz → folha. Pode haver também fluxo lateral de seiva, útil quando algum vaso encontra-se obstruído.

Há dois tipos de células componentes dos vasos lenhosos: os **elementos dos vasos lenhosos** (presentes apenas em angiospermas) e os **traqueídeos** (presentes em pteridófitas, gimnospermas e angiospermas). Os elementos dos vasos lenhosos apresentam uma grande abertura em cada extremidade (superior e inferior), denominada **perfuração**; as paredes laterais apresentam orifícios menores, conhecidos como **pontuações**. Os traqueídeos têm pontuações tanto nas paredes laterais quanto em suas extremidades (Fig. 1).

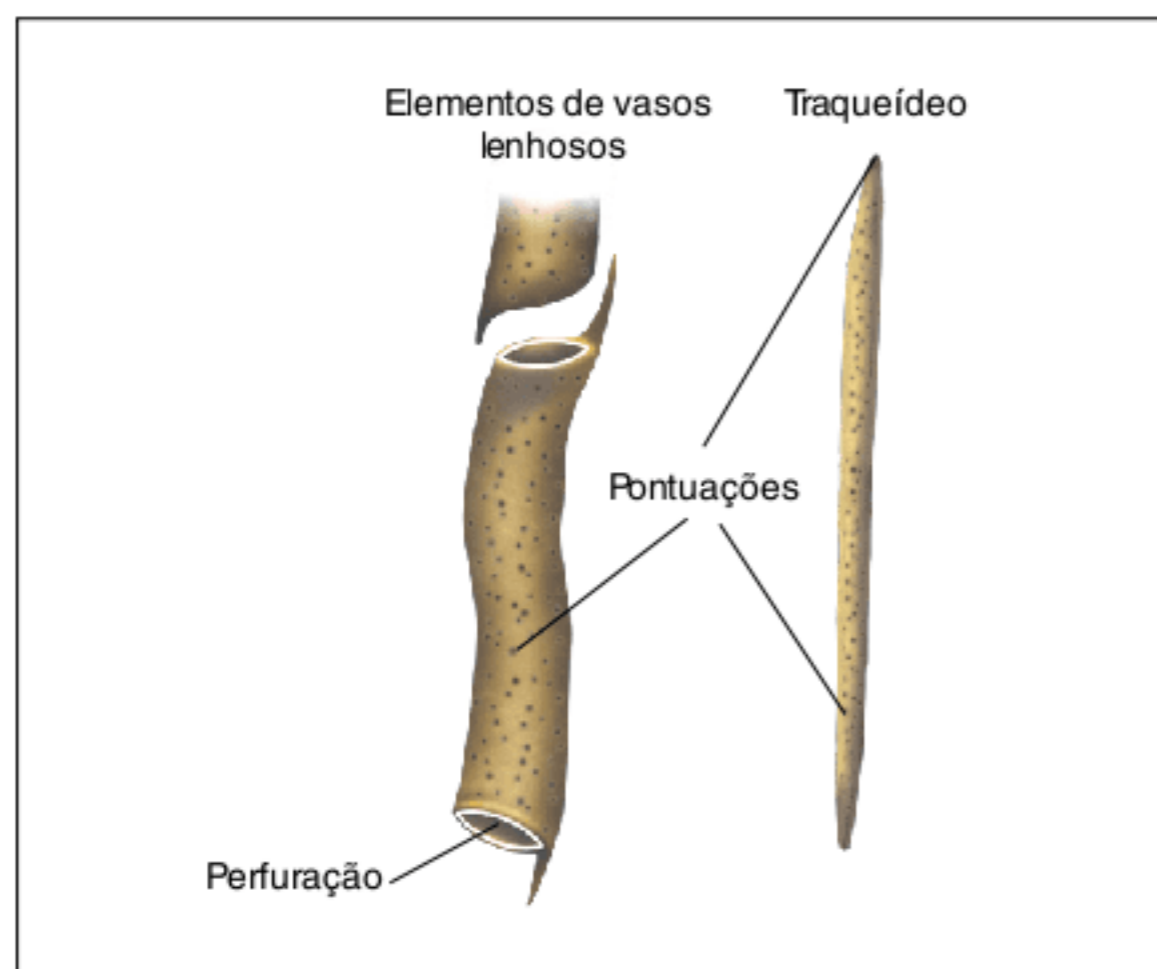


Fig. 1 Células condutoras do xilema.

O **parênquima lenhoso** é formado por células vivas, que tem como função a reserva de nutrientes.

Floema (ou liber)

É responsável pelo transporte de **seiva elaborada (orgânica)**. É constituído por **vasos liberianos**, por **parênquima** e por **fibras de esclerênquima**.

Os vasos liberianos são formados por células vivas, conhecidas como **elementos do tubo crivado**; nas angiospermas, essas células são anucleadas e desprovidas de vacúolo. Junto a cada elemento do tubo crivado, há uma **célula companheira** dotada de núcleo (Fig. 2). Tanto o elemento do tubo crivado quanto a célula companheira são procedentes da mesma célula-mãe, que originou esses dois tipos de célula por mitose, sendo que cada uma diferenciou-se de maneira peculiar. A célula companheira realiza a produção de substâncias essenciais ao metabolismo do elemento do tubo crivado, mantendo-o vivo.

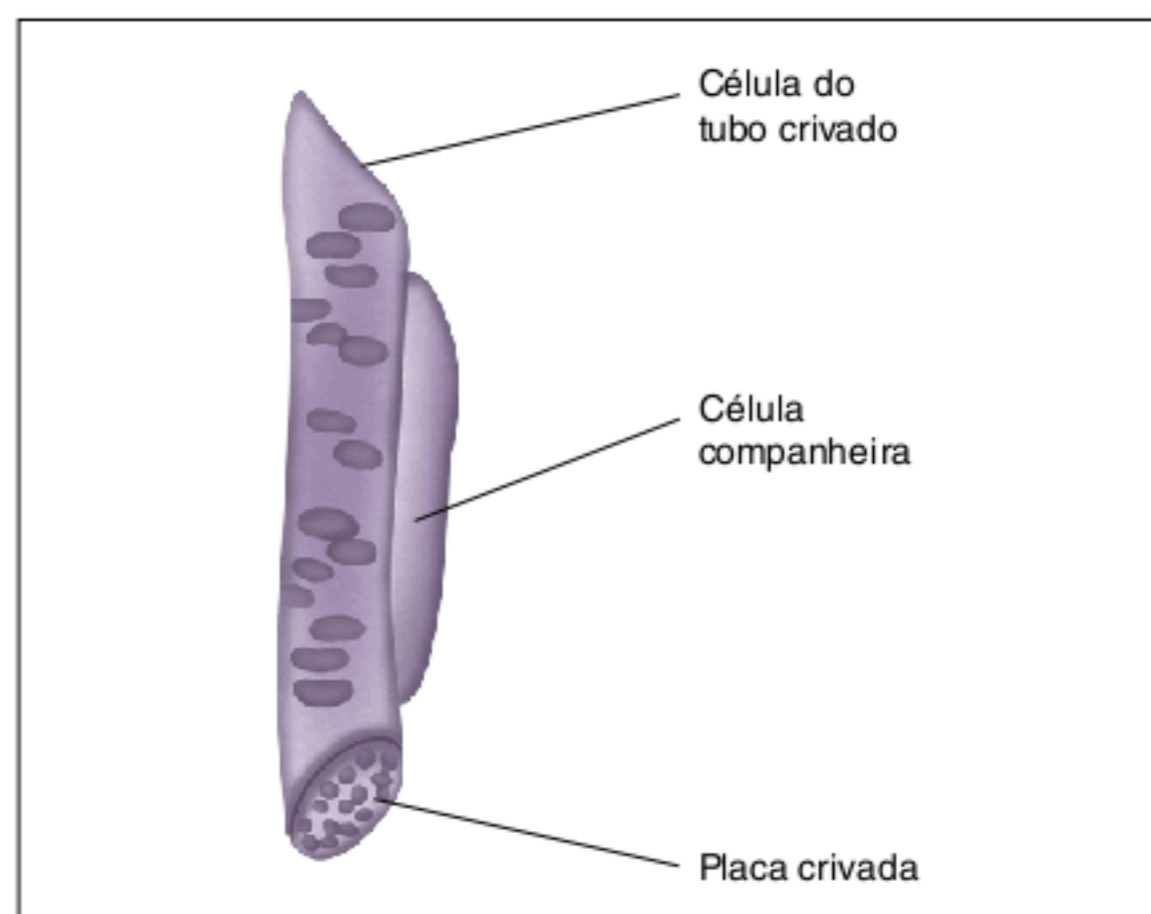


Fig. 2 Células condutoras do floema.

Os **elementos do tubo crivado** vizinhos comunicam-se por meio de plasmodesmos. Com o tempo, essas células condutoras de seiva apresentam grande deposição do carboidrato **calose** nos orifícios da parede celular onde se encontram os plasmodesmos; isso acaba provocando a obstrução dos vasos liberianos. Esses vasos obstruídos são substituídos por vasos novos, produzidos pelo câmbio.

Os tecidos de sustentação

As plantas apresentam três tipos de tecido de sustentação: **xilema**, **esclerênquima** e **colênquima**. O xilema tem como função primordial a condução de seiva bruta, mas suas células possuem parede com lignina, bastante rígida, fazendo com que o tecido colabore também na sustentação do vegetal. Colênquima ou esclerênquima podem estar nas nervuras de folhas, envolvendo os vasos condutores que as compõem.

Esclerênquima

É constituído por células mortas, com paredes espessadas e dotadas de reforços de lignina. Há duas modalidades de células esclerenquimáticas: as **fibras** e os **esclereídeos**.

As **fibras** são formadas por células bastante alongadas que podem ter vários centímetros de comprimento. Muitas vezes, estão junto ao xilema e ao floema.

Os **esclereídeos** são células que possuem paredes espessadas e lignificadas, com muitas pontuações. Eles têm formato mais irregular e podem ser encontrados dispersos nos tecidos do parênquima (como, por exemplo, na polpa do pseudofruto da pera) ou em agrupamentos, formando estruturas extremamente rígidas, (como o caroço de frutos, por exemplo, o do pêssego) (Fig. 3).

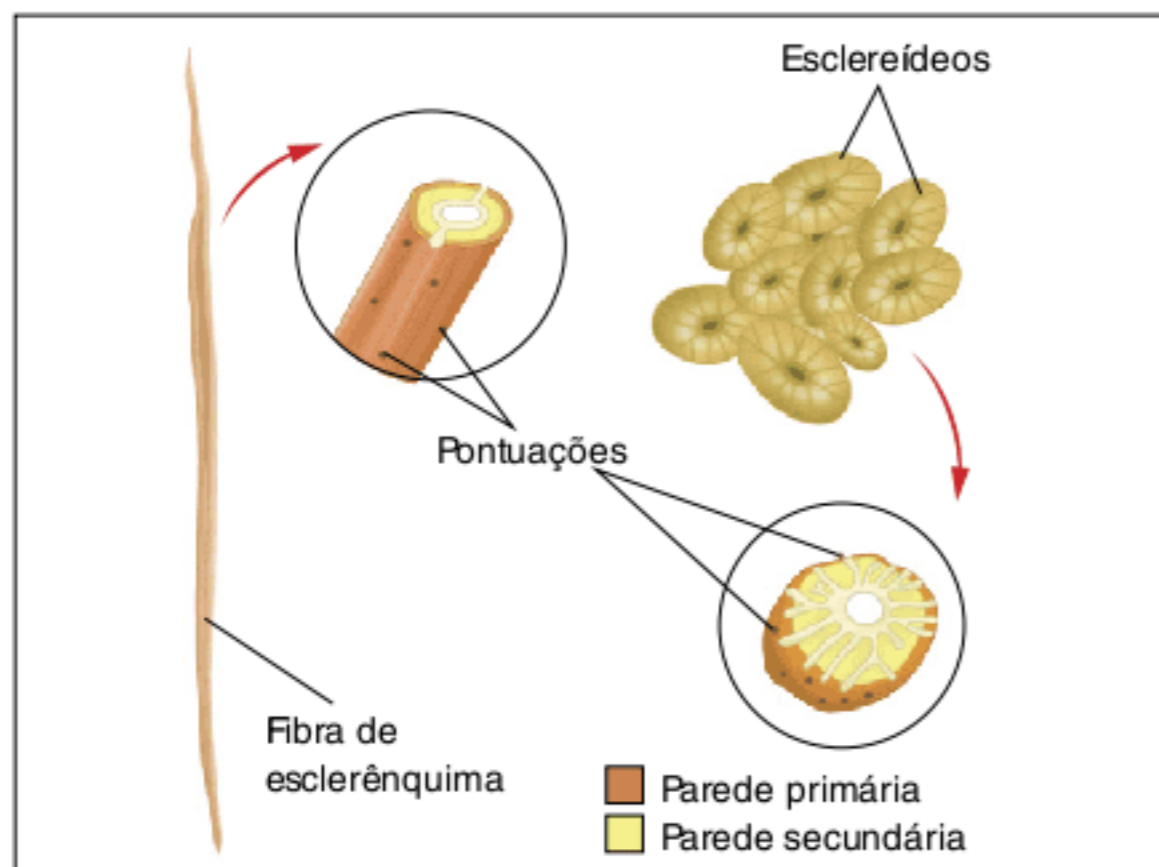


Fig. 3 Fibras e esclereídeos em corte, mostrando as paredes espessadas e as pontuações.

Colênquima

É formado por células vivas de parênquima, alongadas e reunidas em feixes, cujas paredes apresentam reforços de celulose (Fig. 4). Tem grande força e flexibilidade, ajudando a suportar órgãos em crescimento, e é encontrado nas extremidades de caules e nos pecíolos de folhas. O colênquima costuma ser comparado com a cartilagem de um animal; já o esclerênquima é comparável ao osso.

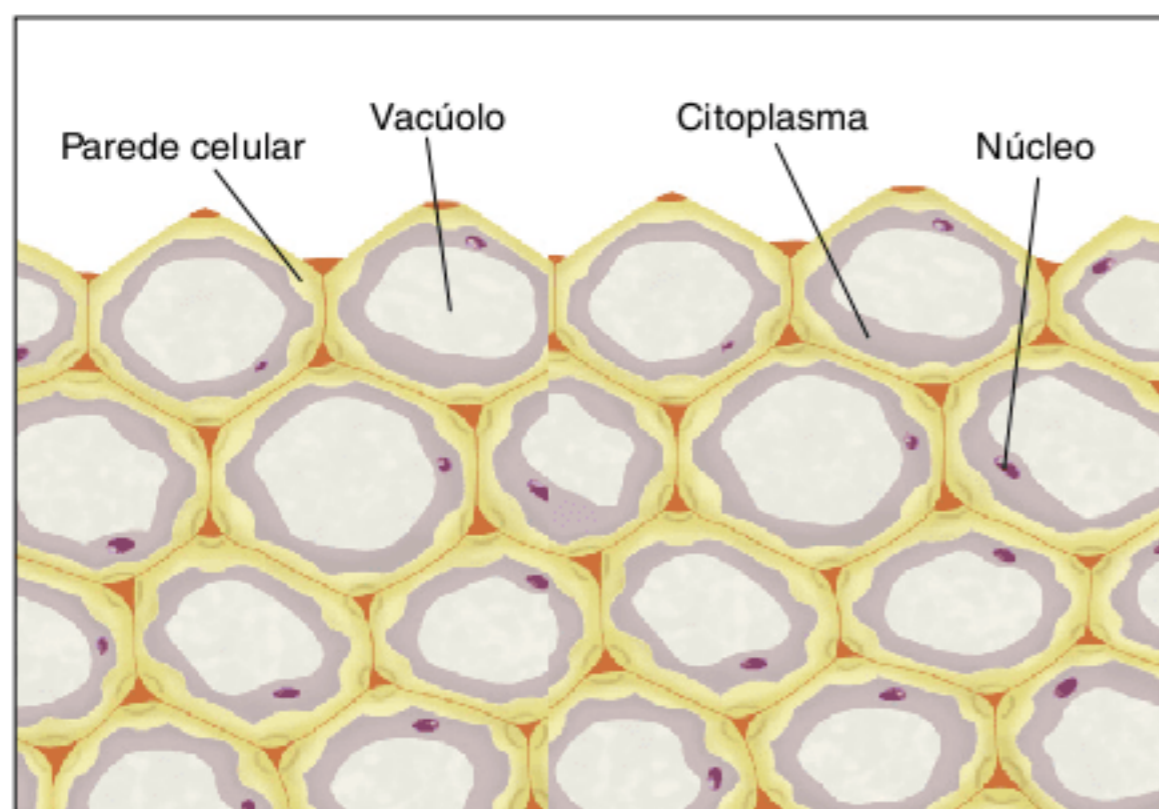


Fig. 4 Células do colênquima em corte transversal.

A condução da seiva bruta

A seiva bruta passa por tecidos da raiz até atingir os **vasos lenhosos**, sendo posteriormente conduzida, através do caule, até chegar às folhas. A seguir, são apresentados os aspectos fisiológicos relacionados à seiva bruta, como o seu trajeto e utilização, bem como os mecanismos envolvidos em seu transporte.

O caminho da seiva bruta e sua utilização na planta

A raiz absorve do solo minerais e água, que podem entrar nos vasos de xilema por vias distintas: **via simplasto** e **via apoplasto**. Ao percorrerem as células do córtex radicular, por meio de seus citoplasmas e plasmodesmos, esses nutrientes passam pela via simplasto; ao percorrerem os espaços existentes entre as células, passam pela via apoplasto.

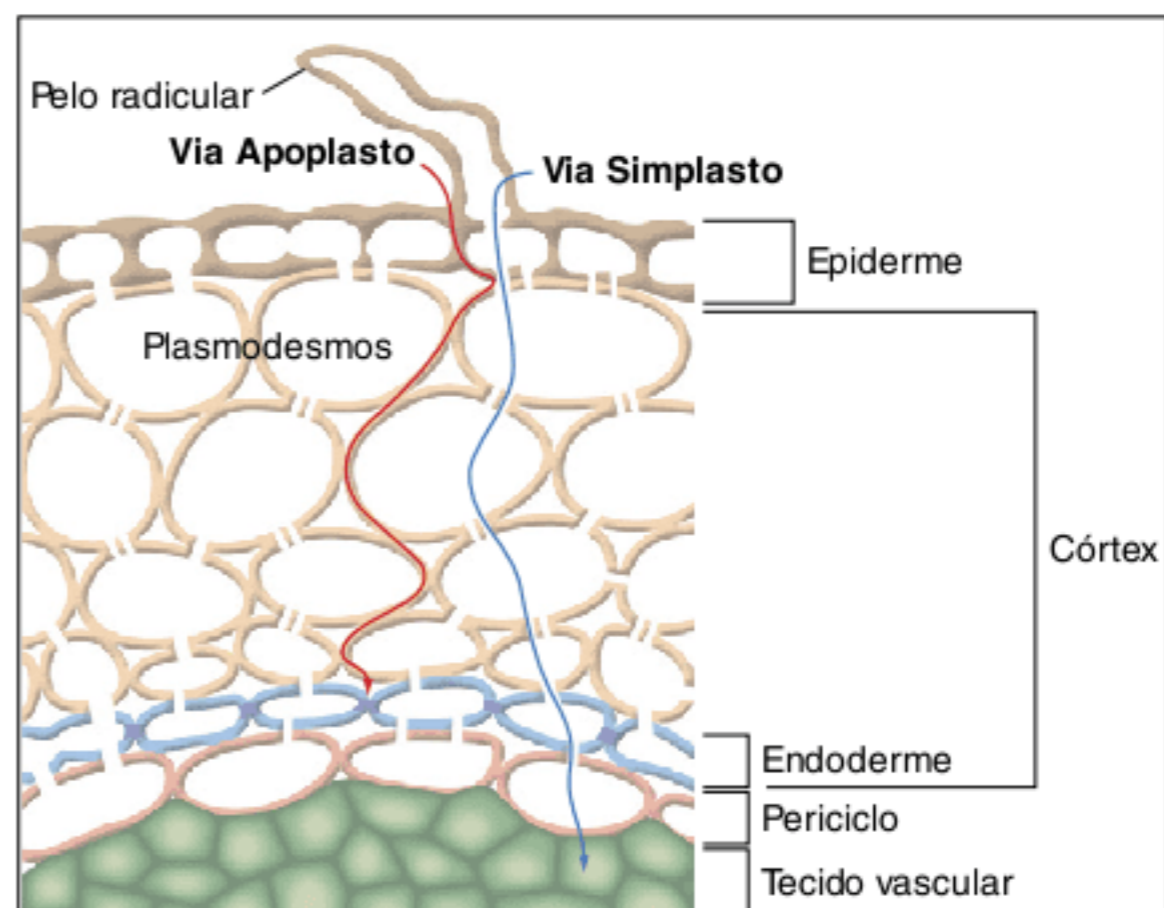


Fig. 5 Vias de transporte de água e nutrientes na raiz.

A água e os nutrientes minerais são absorvidos do solo, adentram a raiz, passando pelas seguintes estruturas: **pelos absorventes, córtex, endoderme, periciclo e xilema**. A seiva bruta é então conduzida até as folhas, onde é empregada nos seguintes processos: fotossíntese, formação da seiva elaborada, formação de estruturas celulares (como o vacúolo das células) e transpiração (quando há diferença de concentração de vapor entre o ar e o interior da folha, havendo evaporação da água) (Fig. 6).

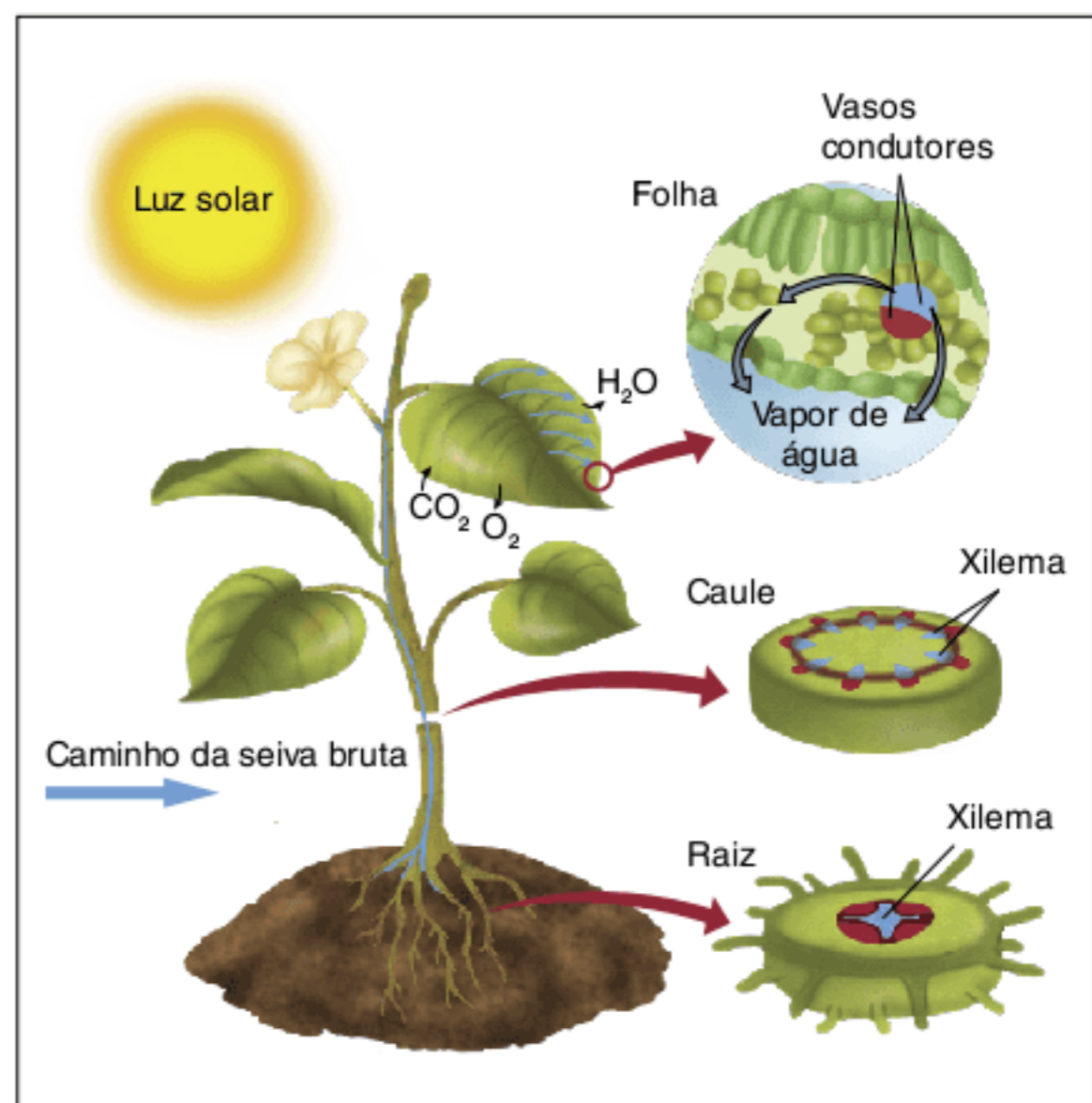


Fig. 6 A seiva bruta atravessa os pelos absorventes da raiz e chega ao xilema, pelo qual é transportada até as folhas.

O mecanismo de condução da seiva bruta

Um dos mecanismos que permitem a subida da seiva bruta em uma planta é semelhante ao mecanismo que permite a subida do líquido no interior de um canudo. Quando um canudo é colocado dentro da água e o ar do seu interior é aspirado por uma pessoa, a pressão diminui em seu interior. Consequentemente, a pressão atmosférica atuante no líquido ao redor do canudo empurra o líquido, o que resulta na sua subida dentro do tubo (Fig. 7). Sobre a seiva bruta, há a atuação da pressão atmosférica, que também exerce pressão sobre seu líquido. Considerando a medida da pressão atmosférica ao nível do mar, sabe-se que ela é responsável pela elevação da coluna-d'água em um tubo até uma altura de aproximadamente 10 m. Dessa maneira, pode-se concluir que a pressão atmosférica não pode ser o único fator responsável pela subida de seiva bruta nas plantas, pois ela limitaria a altura dos vegetais a cerca de 10 m, e há árvores mais altas que isso.



Fig. 7 A pressão atmosférica é responsável pela subida de líquido no interior do canudo.

A subida de seiva bruta pelo xilema depende da ação de mais fatores, que atuam de maneira conjunta, sendo eles: a **capilaridade**, a **pressão positiva de raiz** e a **sucção da copa**.

Capilaridade

Um tubo capilar apresenta diâmetro interno bastante reduzido. Quando um tubo capilar é colocado verticalmente na água, ocorre a subida de líquido em seu interior, por alguns centímetros, mesmo que não se faça a retirada de ar do tubo. Esse processo espontâneo é denominado **capilaridade** e envolve as forças de **tensão superficial**, relacionadas com a formação de uma espécie de película sobre a superfície da água. Na película formada, as moléculas de água estão unidas por meio de ligações de hidrogênio. Isso é visível quando um inseto ou uma aranha caminham sobre a água sem afundar (Fig. 8).



Fig. 8 O deslocamento do inseto sobre a água é possível graças à tensão superficial.

Quando um tubo capilar é introduzido na água, ocorre a ruptura dessa película e o líquido sobe espontaneamente pelo seu interior; a subida é ainda maior em tubos de diâmetro mais reduzido (Fig. 9). Isso se aplica ao xilema, formado por vasos lenhosos constituídos por tubos bastante delgados, com diâmetro capilar. No entanto, a contribuição da capilaridade no transporte de seiva é bastante reduzida, envolvendo a subida da água por apenas alguns centímetros.

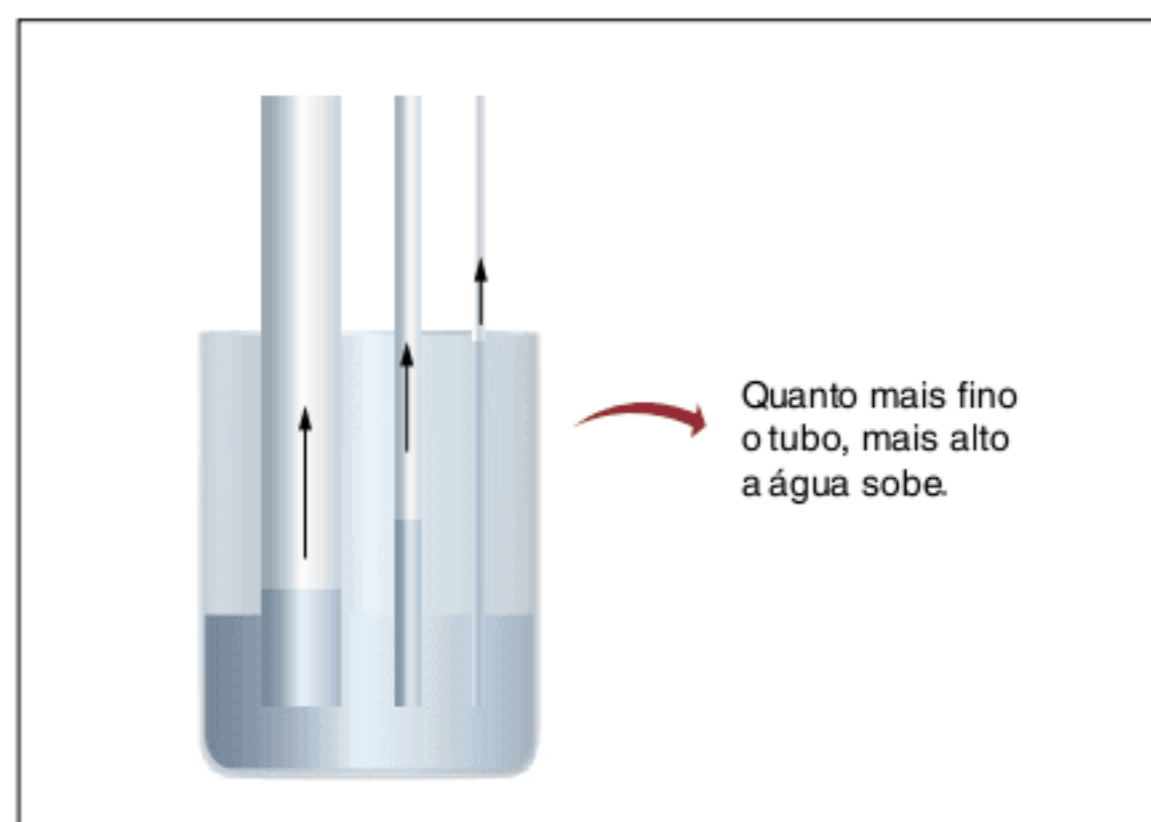


Fig. 9 O experimento mostra o efeito da capilaridade na subida do líquido.

Pressão positiva da raiz

Os nutrientes minerais passam do solo aos vasos de xilema da raiz por meio de dois processos: **difusão** e **transporte ativo**. Quando a concentração é maior no solo do que no interior do xilema, ocorre a **difusão**; caso a concentração dos vasos lenhosos seja maior, ocorrerá o movimento de materiais do solo ao xilema por **transporte ativo**, ou seja, com gasto de energia (ATP).

Normalmente, a concentração no interior do xilema é mais elevada do que a concentração salina do solo e, em determinadas situações, a diferença de concentração entre elas pode ficar muito grande. Isso ocorre, por exemplo, quando o solo recebe grande quantidade de água, pela chuva ou pela irrigação; a concentração da solução do solo torna-se mais diluída em relação ao interior do xilema da raiz. Assim, a concentração salina do xilema da raiz desenvolve uma pressão osmótica, que corresponde à chamada **pressão de raiz**, responsável pela **absorção da água** presente no solo por **osmose**. A pressão de raiz, elevando-se, faz com que a água, além de penetrar no xilema, seja, literalmente, “empurrada” para cima, em direção às folhas.

A expressão “**pressão positiva de raiz**” refere-se, portanto, à situação em que a pressão de líquido no interior do xilema é maior do que a pressão atmosférica, e, assim, a raiz empurra a água para cima. Nessa condição, é possível ocorrer duas situações: a **exsudação** e a **gutação**, esta última também denominada sudação.

Exsudação é a perda de água na forma líquida em uma região que foi cortada; normalmente isso acontece no caule e é devido a uma elevada pressão de raiz. Pelo mesmo motivo, algumas plantas perdem água na forma de gotas pelas bordas da folha, no processo conhecido como **sudação** (ou **gutação**). Esse processo ocorre por meio de **hidatódios**, estruturas complexas situadas nas bordas de folhas e em extremidades de nervuras; apresentam células parenquimáticas recobrendo as terminações de nervuras e células estomáticas na porção mais externa (Fig. 10). A gutação não deve ser confundida com o orvalho, que resulta da condensação do vapor-d’água presente no ar durante a noite; o orvalho pode recobrir superfícies de plantas, mas não provém do seu interior.

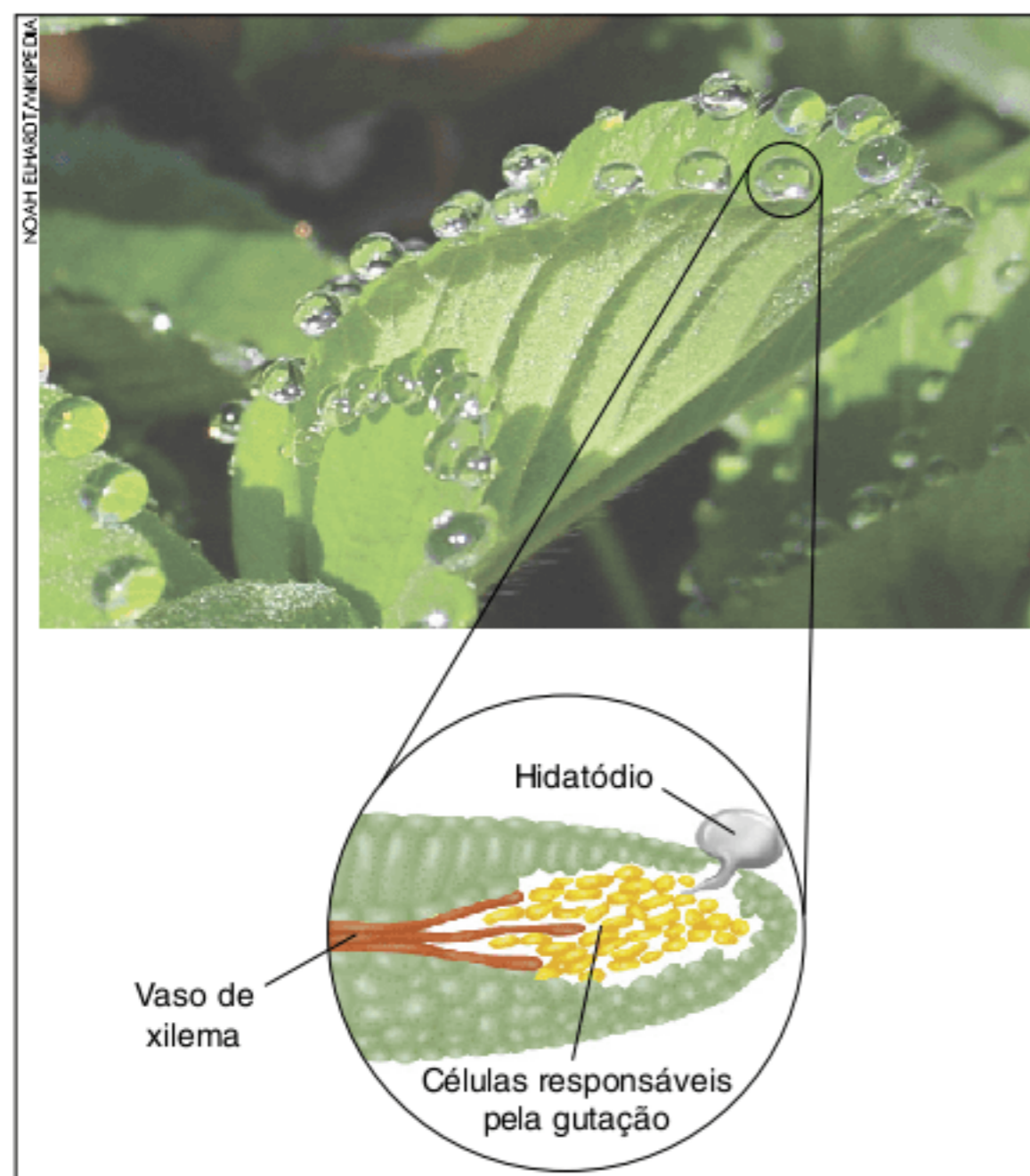


Fig. 10 Gutação em folha e detalhe da estrutura do hidatódio.

Sucção da copa

Trata-se de uma explicação proposta pelo botânico **Henry Dixon** (1869-1953) no início do século XX. Há alguns pontos fundamentais na hipótese de Dixon, também conhecida como **hipótese da coesão-adesão-tensão**.

Uma das condições consideradas por Dixon é que o interior dos vasos ativos de xilema é ocupado por água, mesmo que a planta não esteja conduzindo seiva, e que as moléculas de água dentro dos vasos apresentam dois tipos de interação: coesão e adesão. **Coesão** é a união existente entre moléculas de água, principalmente por **ligações de hidrogênio**, e que forma uma coluna contínua de água dentro da planta. **Adesão** é a ligação que ocorre entre as moléculas de água e os componentes da parede celular dos vasos lenhosos.

A outra condição salientada por Dixon trata da pressão no interior do xilema, que, segundo medições, demonstra que ela normalmente é muito menor do que a pressão atmosférica; é o que se denomina como **tensão**. Isso é verificado quando há movimento de seiva bruta para cima, propiciado pelo consumo de água nas folhas. Segundo a hipótese de Dixon, o movimento de seiva bruta é determinado, nas grandes árvores, principalmente pela chamada sucção da copa, ou seja, pelo consumo de água realizado pelo conjunto de ramos e suas folhas; isso não significa que as árvores não tenham capilaridade nem pressão de raiz, mas esses fatores possuem menor importância do que a atuação das folhas (Fig. 11).

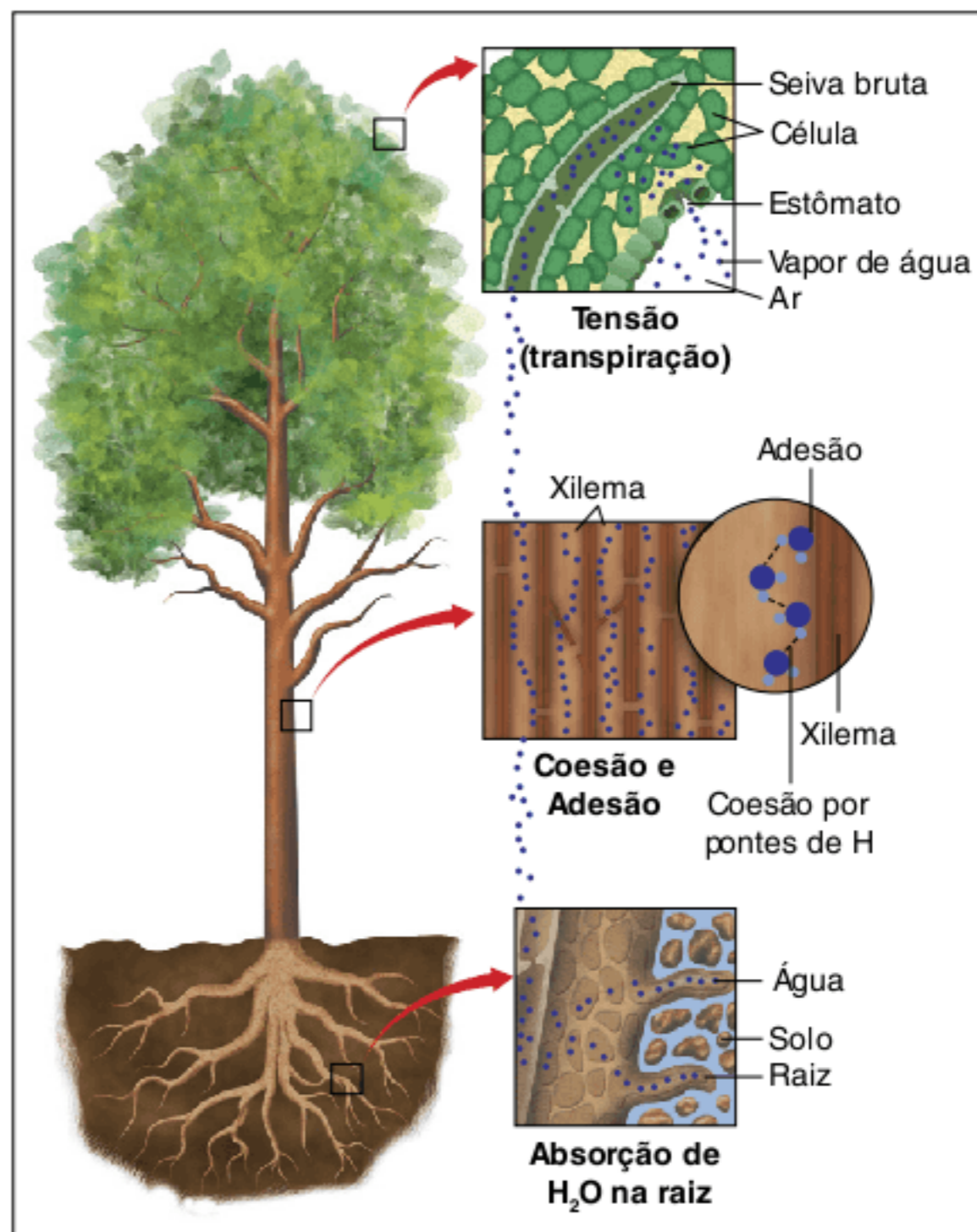


Fig. 11 Representação da hipótese de Dixon, envolvendo a manutenção da coluna de água no interior do xilema e a sua movimentação proporcionada pela sucção da copa.

A água é utilizada nas células do parênquima clorofiliano foliar para a realização de **fotossíntese** e uma grande parte também é perdida na **transpiração**. Esses fatores elevam a concentração de solutos nas células do parênquima em relação à solução presente no xilema das nervuras das folhas. A alteração de concentração acontece em função de a fotossíntese produzir carboidratos (sacarose) e de a transpiração retirar água das células, ou seja, há acréscimo de soluto e a retirada de solvente. Dessa maneira, há o aumento de **pressão osmótica** das células do parênquima clorofiliano, capaz de promover a entrada de água presente no xilema das nervuras da folha. O estudo de osmose em célula vegetal utiliza a seguinte equação:

$$Sc = Si - M$$

onde:

Sc = sucção celular;

Si = sucção interna (pressão osmótica);

M = resistência da membrana celulósica.

Isso pode ser comprovado facilmente, realizando um corte de um ramo de uma planta; haverá entrada de ar no xilema e não saída de água. Isso revela que a pressão no interior do xilema é, de fato, menor do que a pressão atmosférica. Assim, para que o ramo cortado de uma planta se desenvolva normalmente, sua extremidade deve ser cortada debaixo da água. Dessa maneira, o ar que adentrou a porção inicial do ramo é retirado e há o restabelecimento do fluxo normal de água. O ar em seu interior provocaria obstrução no fluxo de seiva.

Seca fisiológica

A seca fisiológica é uma situação em que o ambiente possui água disponível, mas a planta não consegue absorvê-la. Ocorre em situações como as seguintes.

- A água circundante está em temperatura baixa, o que reduz a atividade metabólica da planta e impede o transporte ativo de sais para o xilema. Assim, não se desenvolve pressão osmótica suficiente na raiz para promover a entrada de água. Esse tipo de seca fisiológica é comum em biomas como a taiga, a típica floresta com abundância de gimnospermas no hemisfério Norte.

- Há excesso de sais no solo, o que pode ser consequência da utilização de fertilizantes químicos em quantidades muito elevadas. O solo fica hipertônico em relação à raiz, que não absorve água por osmose.
- Há excesso de água no solo, promovendo a retirada do ar que fica entre suas partículas; o solo fica pobre em gás oxigênio. Assim, fica afetada a respiração celular das raízes e o transporte ativo de sais para o xilema deixa de ocorrer. Com isso, a planta não consegue absorver a água por osmose.

A condução da seiva elaborada

A seiva elaborada é constituída por **água**, **sacarose** e uma quantidade menor de **vitaminas**, **aminoácidos** e **sais minerais**. A seiva elaborada normalmente é oriunda dos parênquimas clorofilianos e flui através do floema, sendo distribuída para outras partes do vegetal, como raízes, caule, frutos, flores e sementes. Há casos em que a seiva elaborada origina-se de parênquimas de reserva, presentes em raízes ou em caules subterrâneos (leia o Texto Complementar).

O mecanismo de condução da seiva elaborada

O mecanismo de condução da seiva elaborada é bastante sofisticado. Sabe-se, atualmente, que uma parte considerável do fluxo de seiva no interior dos vasos liberianos deve-se à movimentação do citosol das células, por meio de deslizamento de filamentos proteicos de actina e miosina. Esse processo envolve gasto de energia e funciona como uma verdadeira bomba propulsora de seiva de uma célula para outra.

No entanto, a **hipótese de Münch**, botânico alemão da década de 1930, propõe uma explicação que ainda é considerada de grande participação na movimentação da seiva elaborada; é a **hipótese do arrastamento molecular**.

Para Münch, as células do parênquima clorofiliano das folhas têm uma concentração de açúcar mais elevada do que a concentração presente no interior das células da raiz, em função da fotossíntese; sua pressão osmótica eleva-se e, como as células da raiz e as das folhas encontram-se ligadas pelos vasos condutores de seiva, ocorre entrada de água procedente do xilema nas células. Uma parte dessa água flui para o floema e arrasta consigo moléculas de açúcar até a raiz (Fig. 12).

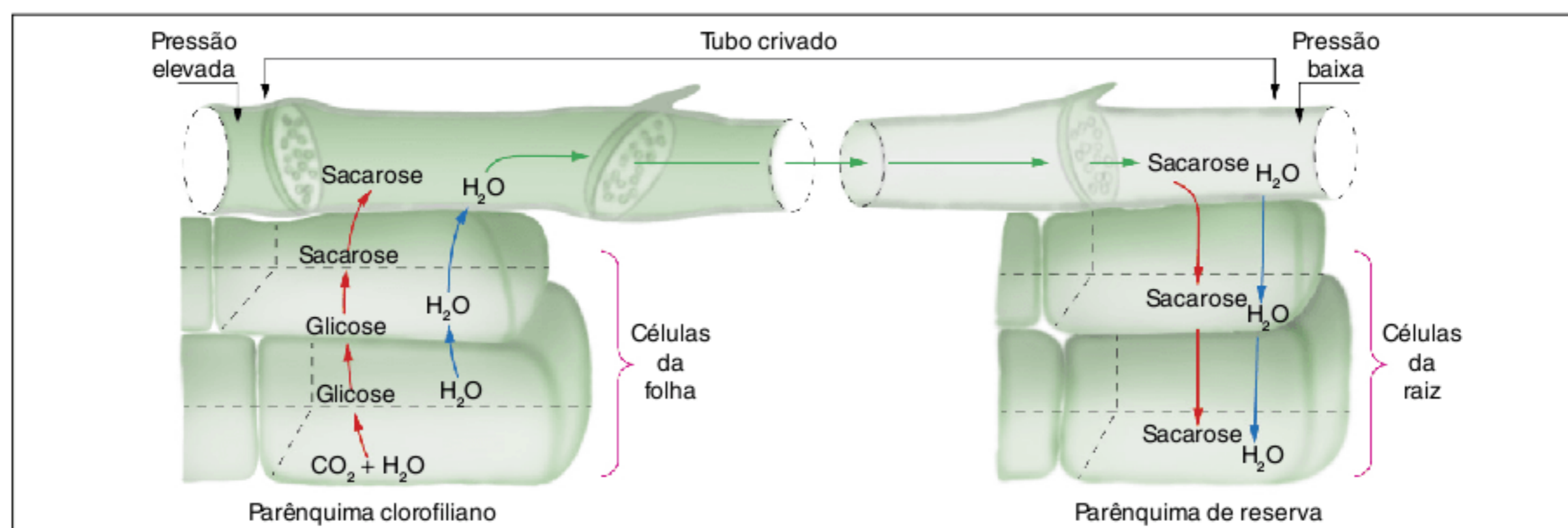


Fig. 12 Transporte de seiva elaborada segundo a teoria do arrastamento molecular.

Münch construiu um modelo para explicar sua hipótese (Fig. 13). Utilizou dois recipientes (A e B) contendo água, mantidos unidos por um tubo. O recipiente A corresponde à folha e o recipiente B representa a raiz; o tubo X entre os dois recipientes simula o xilema. Em cada recipiente, Münch colocou um saco delimitado por membrana semipermeável: o saco no recipiente A (saco A) corresponde a uma célula da folha e o saco no recipiente B (saco B) equivale a uma célula da raiz, sendo que os sacos são unidos por um tubo F, que simula o floema. O saco A recebeu uma solução mais concentrada de sacarose do que a solução do saco B. Com o equipamento em funcionamento, ocorreu entrada de água no saco A, com o líquido fluindo através do tubo F, arrastando moléculas de sacarose até o saco B, que passou a ter aumento de volume. No entanto, a água atravessa a membrana delimitante de B e flui pelo tubo X até o recipiente A, proporcionando o fluxo tanto pelo tubo equivalente ao xilema quanto ao equivalente ao floema.

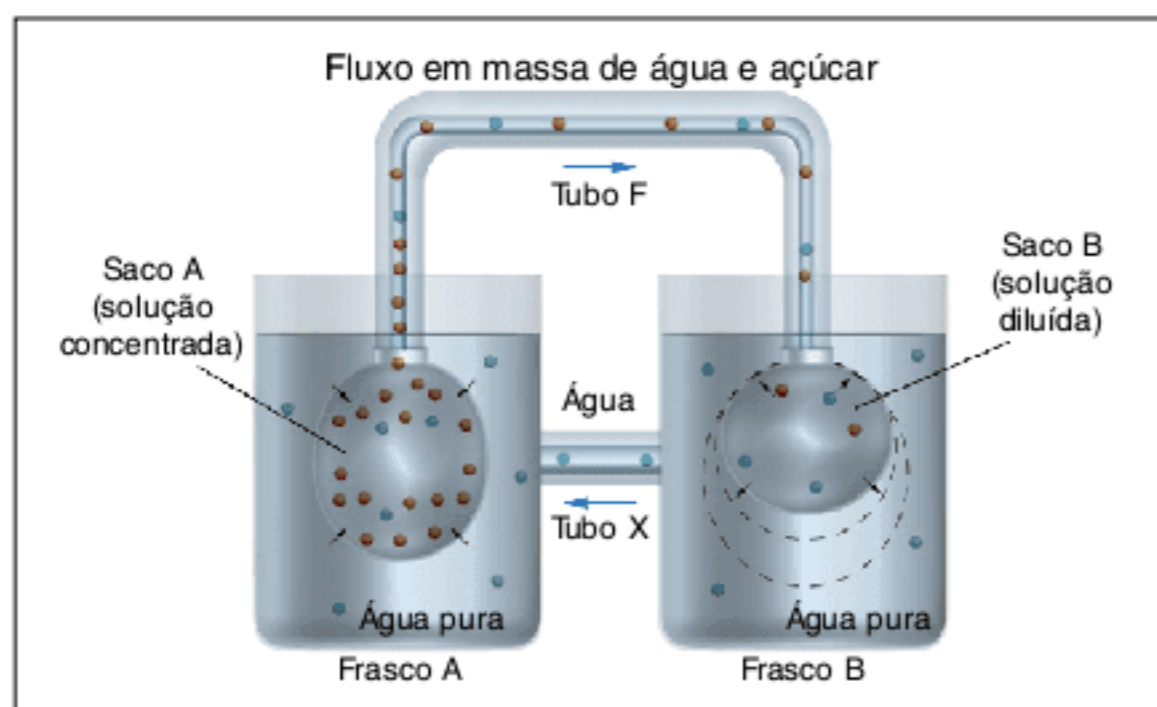


Fig. 13 Experimento de Münch para explicar o transporte de seiva elaborada.

Algumas generalidades – exemplos e experimentos

Pulgões, ou afídeos, são insetos parasitas de plantas. Eles têm peças bucais que são introduzidas na superfície de folhas e ramos de plantas para a absorção da seiva elaborada. A seiva, sujeita à pressão, entra passivamente no canal alimentar do pulgão quando este perfura o floema. A pressão no floema é maior do que a pressão atmosférica, e, quando o animal se alimenta, a seiva orgânica flui para seu sistema digestório sem que ele precise sugar o líquido (Fig. 14).



Fig. 14 Um pulgão retira seiva do floema; uma parte da seiva é eliminada pelo ânus.

O **anel de Malpighi** (ou anel cortiço-liberiano) é o que se obtém retirando por completo um anel da casca de uma árvore. Com isso, o floema, mais externo, é removido, mas o xilema é mantido. Se esse procedimento for realizado no tronco da árvore, as raízes deixam de receber seiva elaborada e acabam morrendo após o esgotamento de suas reservas alimentares (Fig. 15). No entanto, se esse procedimento for realizado em um ramo da planta, a árvore não morrerá (pois recebe seiva procedente de outros ramos) e o ramo também não será afetado. Acima do anel, ocorre a produção de açúcar nas folhas, mas, como a seiva não passa pelo anel, acumula-se açúcar; o excedente pode ser utilizado no crescimento do ramo ou pode ser utilizado em um fruto, que terá sabor mais adocicado (Fig. 16).

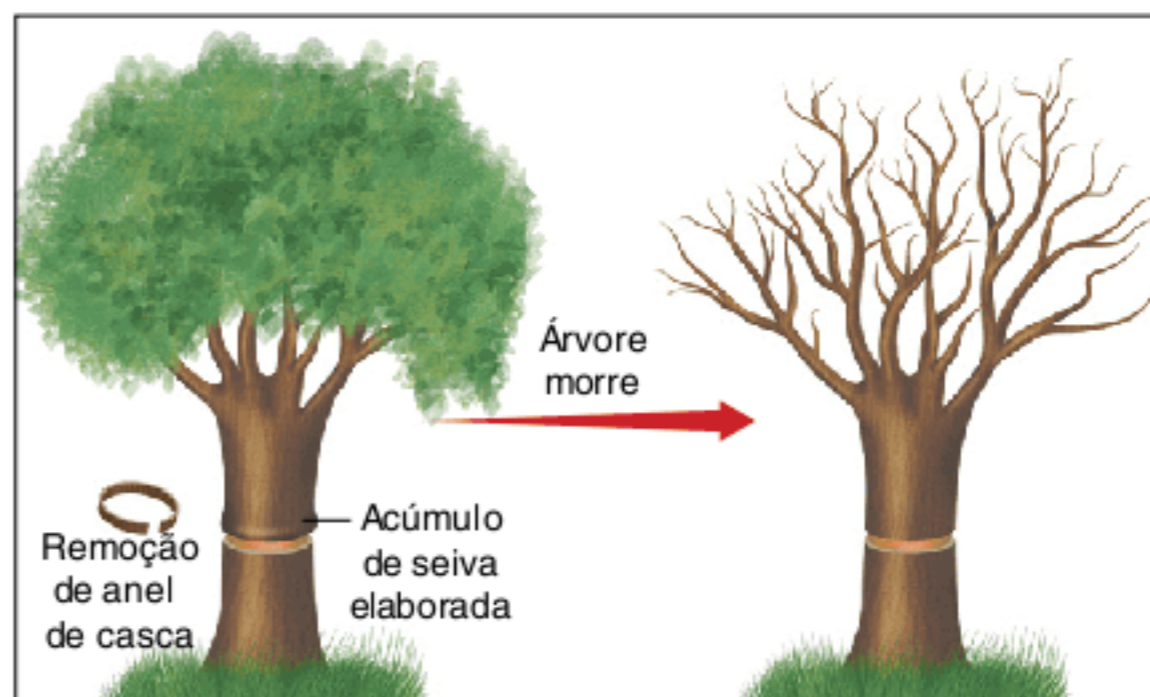


Fig. 15 A retirada do anel da casca de uma árvore impede o transporte de seiva para as raízes, provocando sua morte; isso determina a morte de toda a planta.

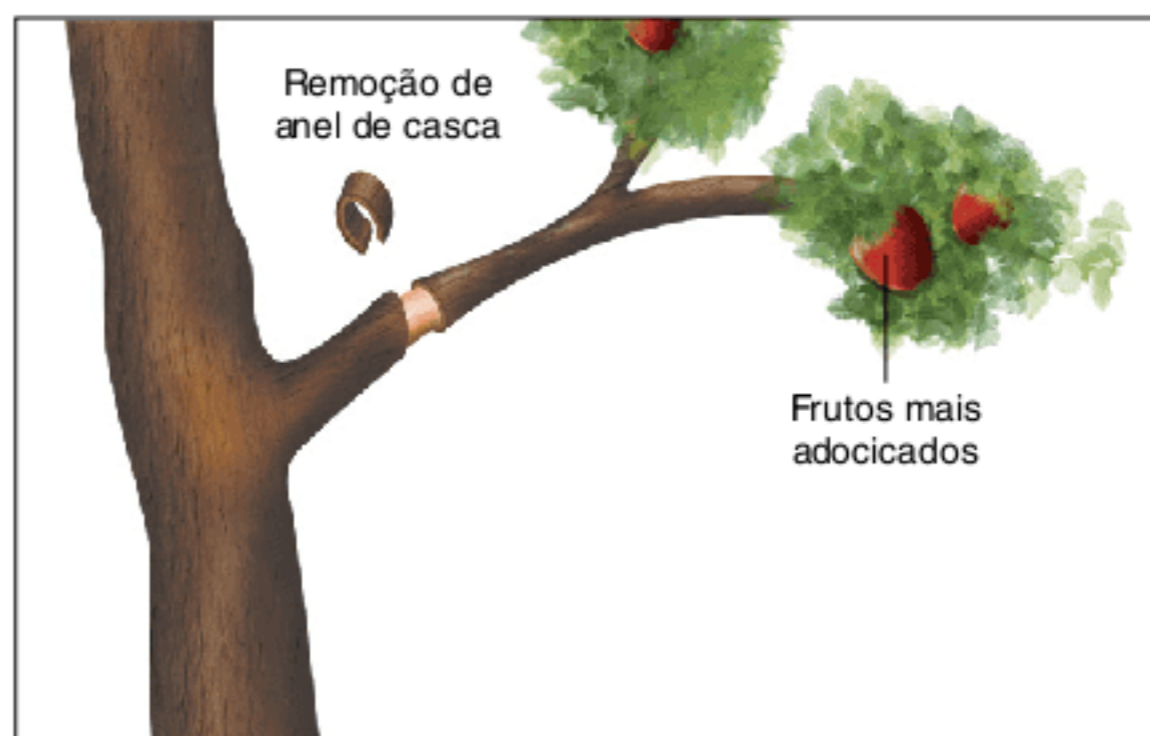


Fig. 16 Frutos mais adocicados podem ser obtidos com a remoção de um anel da casca do ramo; nesse caso, não há comprometimento do restante da planta.

Revisando

1 Quais os tipos de seiva observados nas plantas e quais são os tecidos responsáveis pela condução dessas seivas?

2 De que são compostos os tipos de seiva das plantas?

3 Cite os diferentes tipos de vasos condutores de seiva bruta e suas principais características.

4 Cite os diferentes tipos de células componentes do floema e suas principais características.

5 Quais os tecidos envolvidos na sustentação das plantas?

6 Em quais sentidos podem ser transportados os tipos de seiva de uma planta?

7 Que caminho percorrem os nutrientes e a água em uma planta?

8 Que processos de transporte através da membrana estão envolvidos na condução de nutrientes e de água em uma planta?

9 Quais mecanismos de condução de seiva são responsáveis pela subida de água em vegetais?

10 O que é exsudação e sudação? Por que elas ocorrem?

11 Que princípios estão envolvidos nos processos de coesão, adesão e tensão?

12 O que é seca fisiológica? Cite três condições ambientais que favorecem a sua ocorrência.

13 Como é transportada a seiva constituída de açúcares pela planta?

14 Que tipo de experimento ou observação podem ser realizados para visualizar o transporte de açúcares em uma planta?

Exercícios propostos

1 **Unesp** São exemplos de tecidos de sustentação, condução e proteção, respectivamente:

- (a) súber – traqueídeos – esclerênquima.
- (b) epiderme – esclerênquima – súber.
- (c) súber – colênquima – fibras.
- (d) esclerênquima – traqueídeos – súber.
- (e) colênquima – xilema – traqueídeos.

2 **UEG 2008** Observe a figura a seguir.



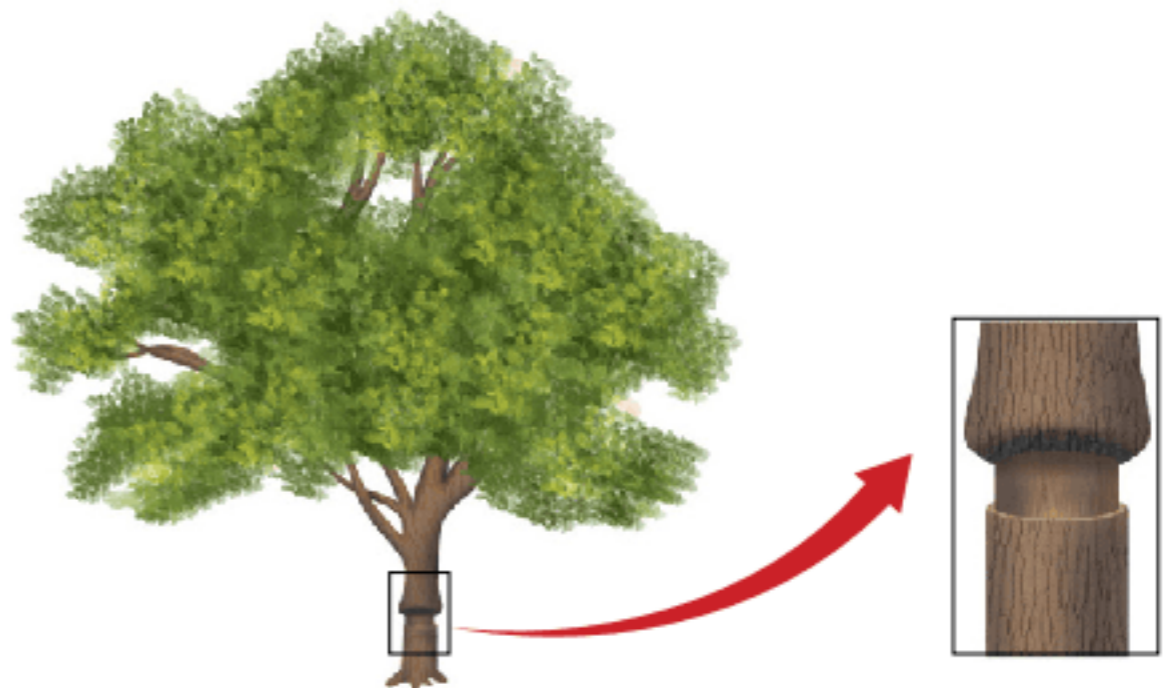
Retirada do anel da casca

De acordo com a ilustração, o que poderá acontecer com essa planta? Explique o porquê.

3 **UEL** São importantes tecidos de sustentação dos vegetais:

- (a) floema e xilema.
- (b) colênquima e esclerênquima.
- (c) parênquimas de reserva.
- (d) súber e ritidoma.
- (e) córtex e cilindro central.

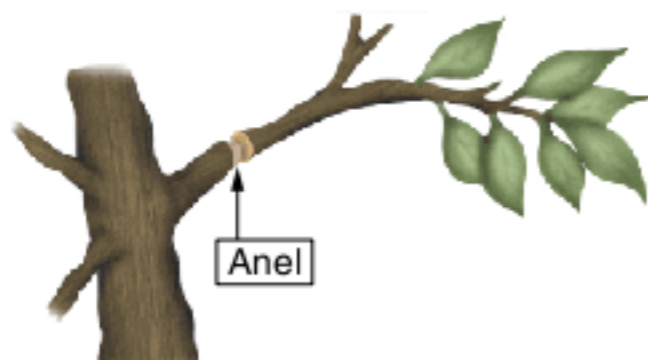
4 **PUC-MG 2009** O esquema mostra a retirada de um anel completo da casca, que pode ser executada tanto no caule principal como em apenas um galho de uma árvore frutífera.



É incorreto afirmar que, com a remoção do anel de Malpighi:

- (a) no caule principal, as células radiculares utilizarão suas reservas nutricionais, pois haverá interrupção do fluxo de açúcares em direção às raízes.
- (b) no caule principal, não se impede a absorção de água e nutrientes minerais, que devem continuar por certo tempo, até a morte das células radiculares.
- (c) apenas num galho poderá ocorrer, acima do corte, produção de frutos maiores e mais doces.
- (d) apenas em dois galhos laterais haverá redução fotossintética e diminuição da floração nessas duas regiões.

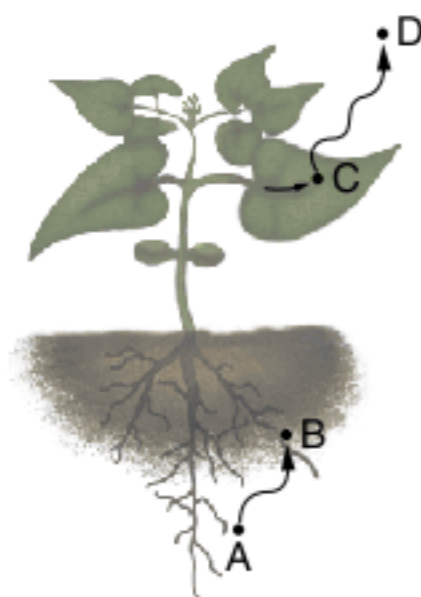
5 UFSCar O desenvolvimento de um fruto depende das substâncias produzidas na fotossíntese, que chegam até ele transportadas pelo floema. De um ramo de pessegueiro, retirou-se um anel da casca (anel de Malpighi), conforme mostra o esquema.



Responda.

- O que deve acontecer com os pêssegos situados no galho, acima do anel de Malpighi, em relação ao tamanho das frutas e ao teor de açúcar?
- Justifique sua resposta.

6 UFC As letras na figura abaixo representam o caminho percorrido pela água desde o solo até a atmosfera, passando pelo interior da planta. Considere as seguintes afirmativas.



- Num dia chuvoso, devido ao acúmulo de água em A, a pressão osmótica em B torna intensa a movimentação de água na forma de vapor, de C para D.
- Dado um solo em condições ótimas de armazenamento de água e dada uma atmosfera em boas condições de radiação solar, vento e umidade relativa, a água move-se, geralmente, na seguinte direção: A → B → C → D.
- Em determinadas horas do dia, a transpiração das plantas torna-se tão intensa que a velocidade de movimentação da água do ponto A para o B é menor que a velocidade do ponto C para o D, ocasionando o fechamento dos estômatos.
- O movimento da água, de C para D, dá-se na forma de vapor, e é favorecido por condições atmosféricas brandas, como baixa radiação solar, baixas temperaturas, ausência de vento e alta umidade relativa do ar.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas verdadeiras.

- | | | |
|------------------|------------------|--------------|
| (a) I, III e IV. | (c) I, II e III. | (e) II e IV. |
| (b) II e III. | (d) I e II. | |

7 PUC-SP Em uma planta, a coluna líquida dentro de vasos é arrastada para cima, o que se deve ao fato de as moléculas de água manterem-se unidas por forças de coesão.

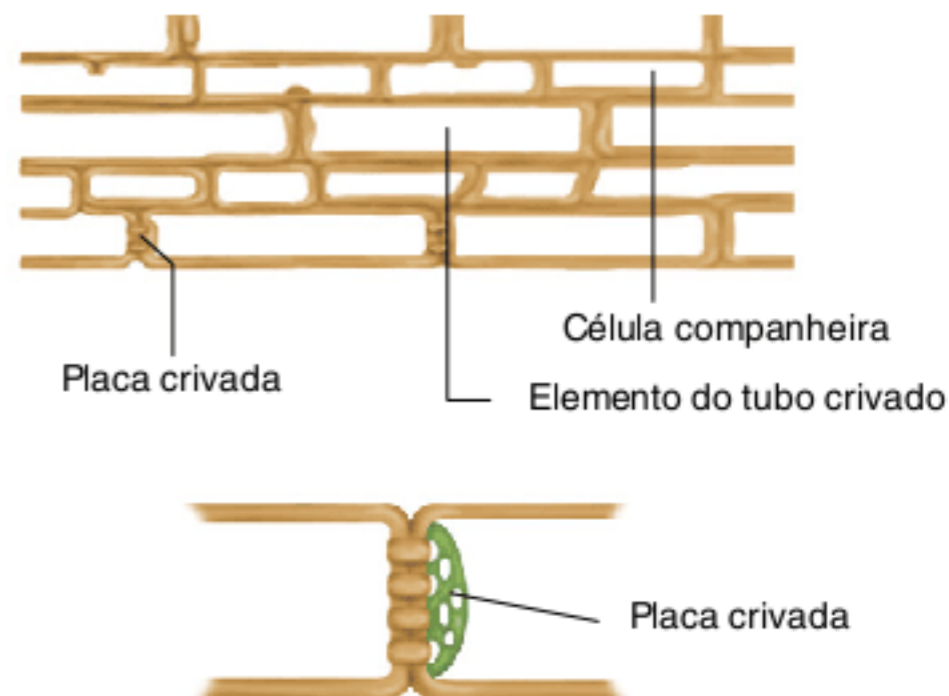
A descrição acima refere-se à condução de:

- seiva bruta pelos vasos xilemáticos.
- seiva bruta pelos vasos floemáticos.
- seiva elaborada pelos vasos xilemáticos.
- seiva elaborada pelos vasos floemáticos.
- seiva bruta pelas células companheiras, anexas aos vasos floemáticos.

8 Fuvest A contribuição da seiva bruta para a realização da fotossíntese nas plantas vasculares é a de fornecer:

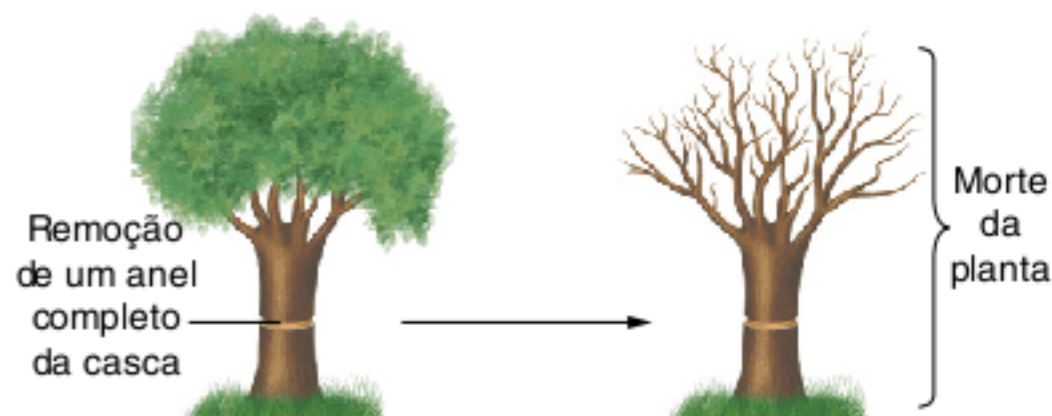
- glicídios como fonte de carbono.
- água como fonte de hidrogênio.
- ATP como fonte de energia.
- vitaminas como coenzimas.
- sais minerais para captação de oxigênio.

9 PUC-PR A figura ilustra o sistema de que se valem os vegetais para realizar certas funções, tais como:



- conduzir a seiva bruta, composta de água e de sais minerais.
- realizar a transpiração.
- conduzir seiva orgânica, das folhas à raiz.
- conduzir o dióxido de carbono, CO₂, durante a fotossíntese.
- realizar a gutação, processo pelo qual a planta perde água pelos hidatódios.

10 UFG Observe a figura.



D. P. Dias. *Biologia viva*. São Paulo: Moderna, 1996.

Considerando a figura, que mostra a retirada de um anel da casca do tronco de uma árvore, analise as proposições.

- Esse procedimento interrompe a realização da fotossíntese pelas folhas, situadas acima do corte.
- A retirada desse anel promove o aumento do número de vasos lenhosos que carregam moléculas de açúcar.
- A presença do corte no tronco da árvore interrompe a descida da seiva elaborada em direção às raízes.
- Esse tipo de corte provoca a morte da árvore, porque as raízes deixam de receber alimento e param de absorver seiva bruta.

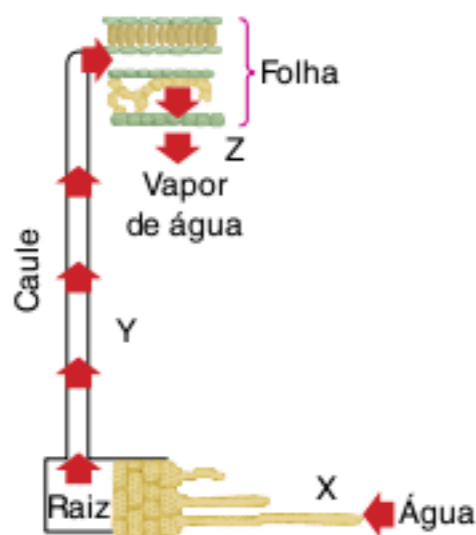
11 Ufes Em relação ao sistema condutor das plantas superiores, é correto afirmar:

- (a) a partir das raízes, água e sais minerais alcançam as folhas através do floema.
- (b) a partir das folhas, água e substâncias orgânicas são transportadas pelo xilema.
- (c) a partir das raízes, água e sais minerais alcançam as folhas através do xilema.
- (d) a partir das folhas, água e sais minerais são transportados pelo floema.
- (e) a partir das raízes, água e substâncias orgânicas alcançam as folhas através do floema.

12 UFSM A textura "arenosa" que se percebe ao saborear uma pera é dada pela presença de células mortas na maturidade, com paredes muito espessas e com reforço de lignina. Pelas características apresentadas, essas células são constituintes do tecido denominado:

- (a) meristema. (c) floema. (e) epiderme.
- (b) esclerênquima. (d) parênquima.

Figura para as questões 13 e 14.



W. R. Paulino. *Biologia*. São Paulo: Ática, 1999. p. 293. v. único.

13 UFSM A questão a seguir se refere ao esquema que representa os processos envolvidos no equilíbrio hídrico das plantas. O processo Z pode ser chamado de:

- (a) gutação. (c) sudação. (e) condução.
- (b) absorção. (d) transpiração.

14 UFSM A questão adiante se refere ao esquema que representa os processos envolvidos no equilíbrio hídrico das plantas. Considere as seguintes afirmativas.

- I. A ocorrência do processo Z é independente do processo X.
- II. Os vasos lenhosos são responsáveis pelo processo Y.

III. A ocorrência do processo Z é dependente do processo X. Está(ão) correta(s):

- (a) apenas I. (d) apenas I e II.
- (b) apenas II. (e) apenas II e III.
- (c) apenas III.

15 UFRGS Associe os processos fisiológicos, listados na coluna 1, com as estruturas e elementos relacionados ao movimento da água e de solutos nas plantas, na coluna 2.

Coluna 1	Coluna 2
1. Absorção	<input type="checkbox"/> Cutícula
2. Translocação	<input type="checkbox"/> Floema
3. Transpiração	<input type="checkbox"/> Sacarose
	<input type="checkbox"/> Estômato
	<input type="checkbox"/> Íons inorgânicos

Assinale a alternativa que apresenta a sequência numérica correta, de cima para baixo, na coluna 2.

- (a) 2 – 3 – 1 – 3 – 2. (d) 2 – 1 – 2 – 1 – 3.
- (b) 3 – 2 – 2 – 3 – 1. (e) 1 – 2 – 3 – 2 – 1.
- (c) 3 – 1 – 3 – 1 – 2.

16 UFPR 2010 Uma das características que se desenvolveu nas plantas vasculares e que possibilitou a ocupação do ambiente terrestre foi o surgimento de um tecido eficiente no transporte de água, denominado xilema. Esse tecido é complexo, com vários tipos celulares adaptados para o transporte de água a curta e/ou longa distância. Considere o transporte de água das raízes até as folhas do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), que pode atingir até 35 metros de altura. Identifique e explique duas características que as células xilemáticas apresentam para manter a eficiência do transporte a longa distância (das raízes até as folhas).

Texto para a questão 17.

A questão a seguir se refere ao texto que trata dos relatos de Arsene Isabelle, naturalista francês, por ocasião de sua viagem ao Rio Grande do Sul, 1833-1834.

As plantas parasitas pendiam de todas as partes das árvores vigorosas destes matos que começam a perder sua virgindade.

Observei, passando pela orla de um mato, uma grande quantidade de folhas de campainhas inteiramente dessecadas pelas formigas, que tinham devorado o parênquima; deixavam ver perfeitamente as nervuras e as fibras dos tecidos.

Admirei também cipós monstros envolvendo em espiral árvores muito direitas e ornadas de líquens tricolores; árvores reunidas em feixes na sua infância formavam atualmente troncos grossos e elevados, tendo a aparência de colunas estriadas.

17 UFSM No segundo parágrafo, os termos "nervuras" e "fibras" correspondem, respectivamente, a tecidos de:

- (a) proteção e sustentação.
- (b) sustentação e proteção.
- (c) armazenamento e sustentação.
- (d) armazenamento e condução.
- (e) condução e sustentação.

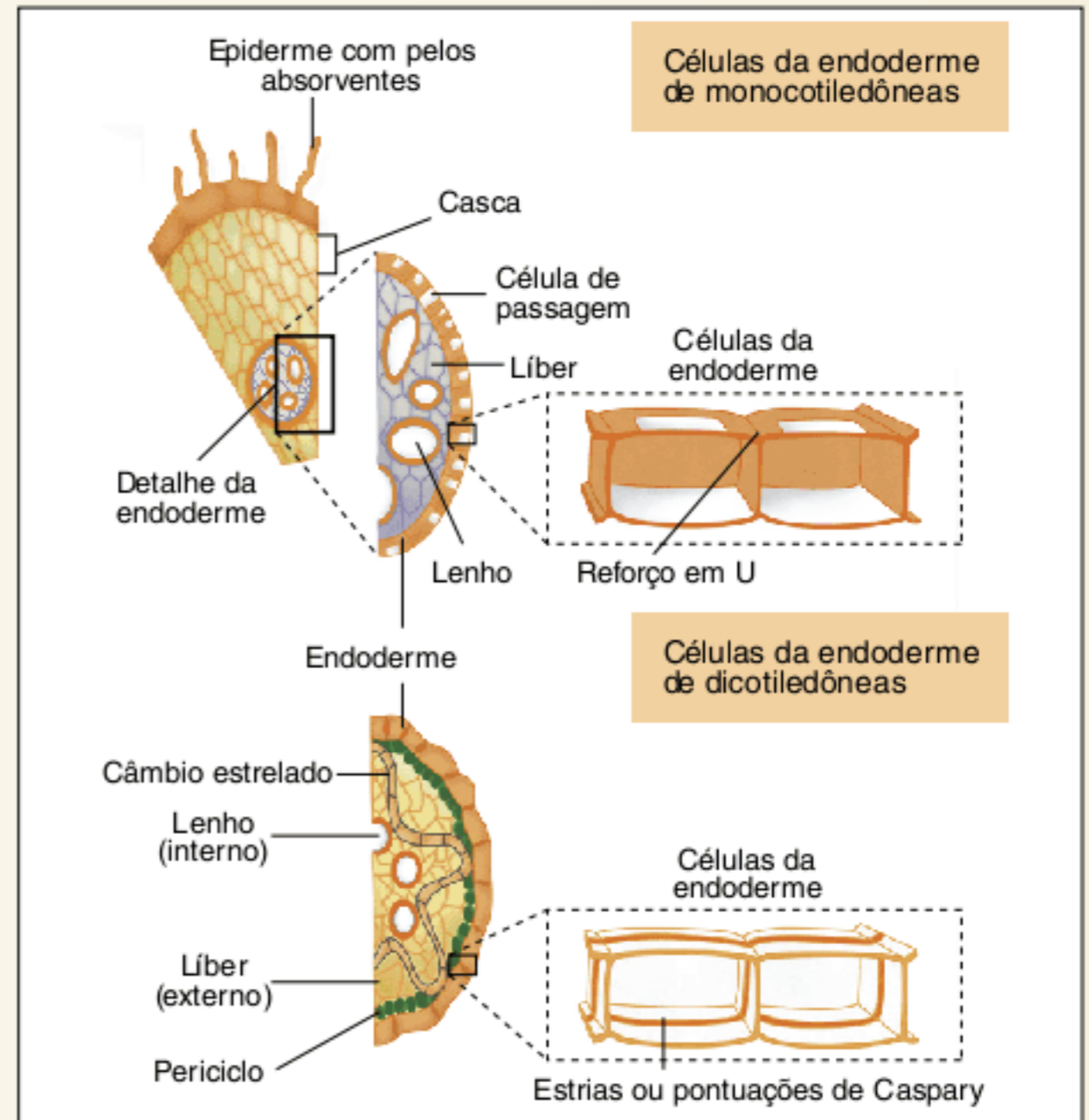
TEXTOS COMPLEMENTARES

Especializações da endoderme da raiz

A raiz retira água e sais minerais do solo através de seus pelos absorventes. Quando tais materiais atingem a endoderme, passam necessariamente pelo caminho intracelular, uma vez que as paredes dessas células são reforçadas com materiais impermeáveis (impedem a via apoplasto). A passagem obrigatória pelo citoplasma das células da endoderme contribui para a seleção de nutrientes que têm acesso ao xilema da raiz e também evita o retorno da água do xilema para o córtex.

Monocotiledôneas possuem na endoderme células com reforços em todas as paredes, exceto aquela voltada para o lado em que se encontra o córtex (parte externa da célula), fazendo com que as paredes das células, em corte, tenham a forma que lembra a letra "U". A água e outros materiais entram nas células, mas não passam através delas para o interior da raiz; no entanto, há entre elas as chamadas **células de passagem**, que não possuem reforços e que são permeáveis à água, tendo, contudo, o poder de seletividade daquilo que vai ou não chegar ao xilema.

Dicotiledôneas têm células com reforços conhecidos como **estrias de Caspary**, presentes nas paredes superiores, inferiores e laterais, mas ausentes nas paredes voltadas para o córtex e para o cilindro central. Com a impermeabilização dos espaços intercelulares, a água é forçada a penetrar pelo interior das células da endoderme, que asseguram a seleção dos materiais que chegam ao xilema.



Especializações da endoderme da raiz de monocotiledôneas e dicotiledôneas.

O xarope de maple

A planta conhecida como bordo (*maple*, em inglês) é típica de florestas temperadas. Nos meses mais quentes, elas acumulam nas raízes os carboidratos gerados nas folhas por meio da fotossíntese. Durante o outono, essas plantas perdem suas folhas, e, no inverno, apresentam redução de sua atividade metabólica.

Essa árvore (*Acer* sp.) é famosa por dois motivos: a bandeira do Canadá tem representada sua folha e, além disso, é produtora de uma seiva empregada como xarope ("mel"), bastante consumido no Canadá e nos Estados Unidos. No início da primavera, ocorre a subida de seiva elaborada, formada pela degradação do amido presente nas raízes. Isso eleva a pressão osmótica das células do parênquima da raiz e a água do solo flui para essas células, arrastando moléculas de açúcar em direção ao topo da planta. O açúcar é utilizado na formação de novas folhas e de flores. O ser humano aproveita essa ocasião para instalar tubos no floema e retirar um pouco dessa seiva, empregada como um xarope açucarado.

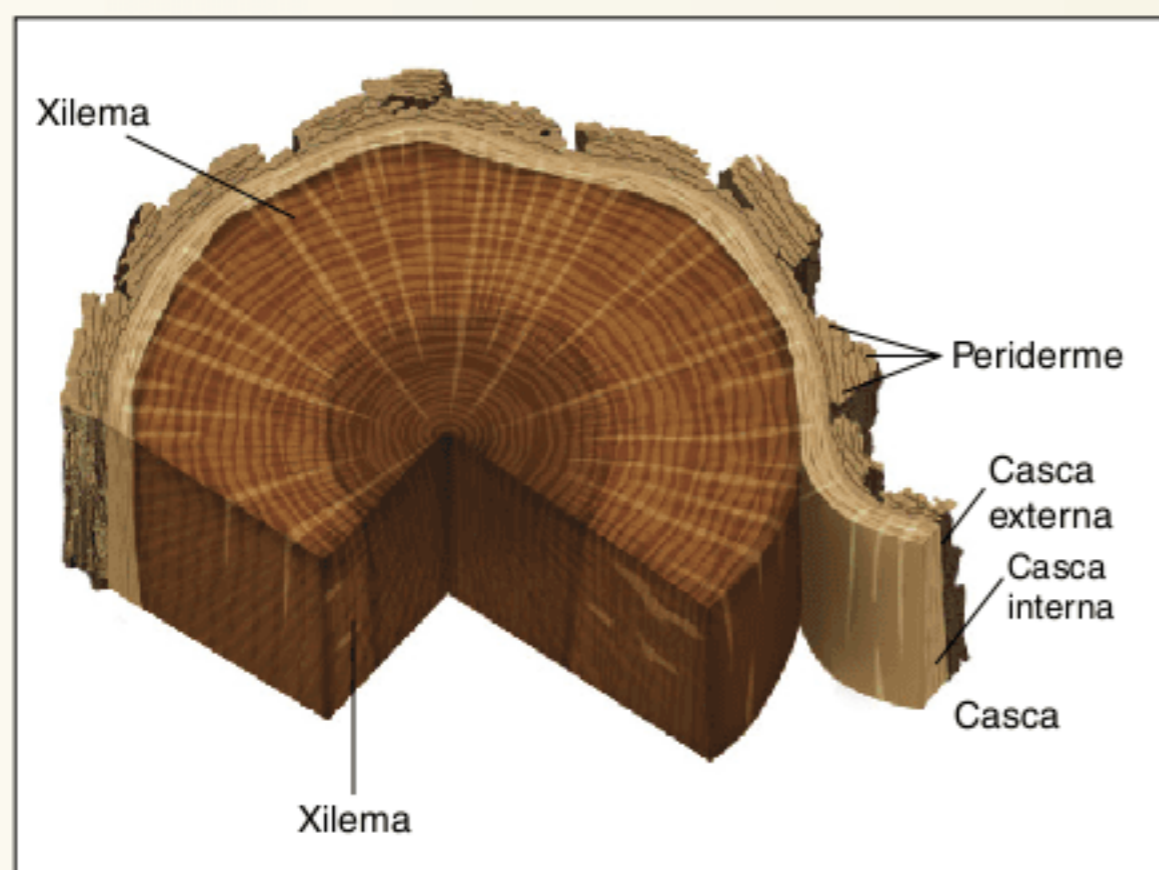


Árvore conhecida como bordo, da qual é extraído um líquido adocicado que contém os açúcares produzidos no processo de fotossíntese.

Crescimento secundário

Gimnospermas e angiospermas dicotiledôneas podem apresentar crescimento em circunferência, determinado pela atividade de **meristemas secundários**: o **câmbio vascular** e o **felogênio**. Esses meristemas são produzidos no caule e na raiz, alterando significativamente a estrutura do órgão com relação a outros grupos de planta.

No caule, as células do felogênio sofrem divisões mitóticas, gerando novas células para o lado externo e outras para o lado interno; as **células externas** diferenciam-se em **súber**, enquanto as células geradas para o **lado interno** do felogênio geram a **feloderme**, que é um tipo de parênquima. O conjunto constituído por **súber**, **felogênio** e **feloderme** constitui a **periderme** (figura abaixo).

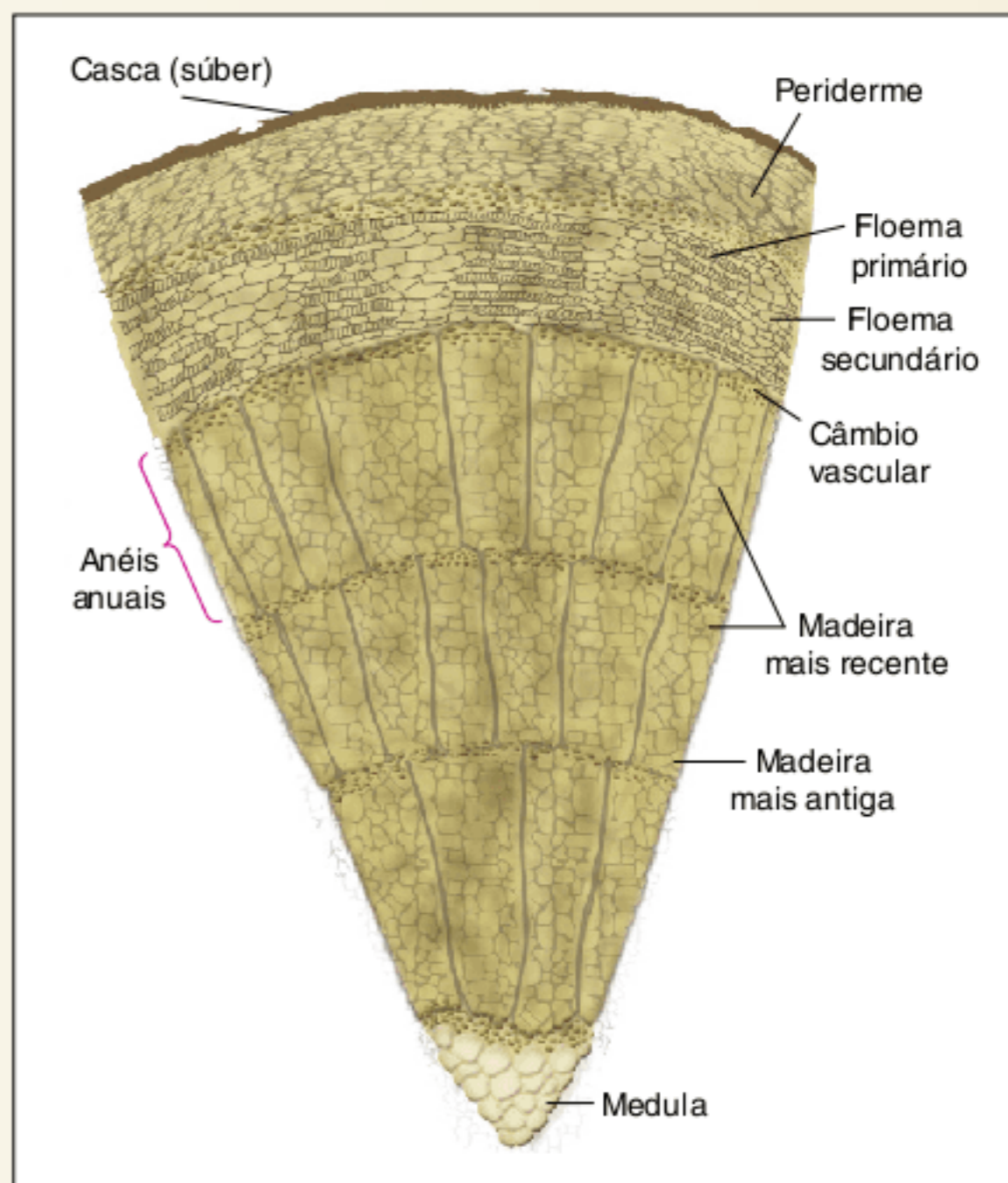


Corte de caule com crescimento secundário.

Na estrutura primária (sem crescimento em circunferência), observa-se **câmbio vascular** entre os vasos condutores de seiva; o câmbio entra em atividade e gera mais floema para o lado externo e mais xilema do lado interno. Em um corte transversal, os novos grupos de vasos apresentam aspecto circular, formando camadas concêntricas; além disso, a formação dessas camadas propicia o aumento de volume do órgão e permite o crescimento em circunferência. Progressivamente, a planta vai gerando novos anéis de floema e de xilema; os anéis mais velhos de floema são eliminados juntamente com o súber. O xilema, contudo, permanece na planta e contribui efetivamente para o crescimento secundário.

Os anéis de xilema ativo localizam-se junto ao câmbio, pois foram recentemente formados por ele; os anéis mais internos são os mais antigos. O xilema mais antigo e mais central é denominado **cerne** e tem os vasos obstruídos, assim, não conduz seiva, mas conserva a importante função de sustentação da planta. O xilema mais jovem e mais externo é o **alburno**, apresentando atividade condutora funcional.

Plantas de clima temperado podem formar um anel de xilema a cada ano; cada anel é gerado na primavera (**lenho primaveril**) e no verão (**lenho estival**, ou tardio). Os anéis gerados na primavera são dotados de células xilemáticas de maior diâmetro e isso permite detectar faixas diferenciadas de um ano para outro.



Anéis de xilema são úteis na estimativa da idade do vegetal.

O cerne de uma planta consiste na madeira, material amplamente utilizado pelo ser humano. Em função da grande diversidade das espécies vegetais que produzem madeira, há também diversidade de tipos do material, que podem apresentar características distintas de cor, de mecânica, de densidade, de resistência ao apodrecimento e ao fogo, de cheiro, entre outras.

O mercado madeireiro de exploração florestal ou de produção de madeira ocupa vastas áreas da Terra. A problemática que envolve a exploração de madeira em florestas naturais sem manejo continua a ser uma das principais causas de desmatamento e de perda de hábitat para espécies da flora e fauna. Esse tipo de impacto ameaça a manutenção dos ecossistemas e, assim, a biodiversidade do planeta.



Diferentes espécies produzem diferentes tipos de madeira, recurso este amplamente explorado pelo ser humano.

RESUMINDO

Nas plantas, há tecidos responsáveis pelo transporte de substâncias orgânicas e inorgânicas pelo corpo do organismo. Além disso, alguns tecidos de condução têm também a função de sustentação da planta.

Tecidos condutores de seiva

Xilema (ou lenho): tecido encarregado de transportar **seiva bruta**, também chamada **inorgânica**, das raízes até as folhas. É formado por diferentes tipos de células:

- **Vasos lenhosos:** constituídos por **células mortas** (sem membrana plasmática, citoplasma e núcleo) com **parede de celulose e lignina**, material de grande rigidez com função de manter o formato e a capacidade de condução das células. Os vasos lenhosos apresentam **orifícios** que permitem a passagem de seiva de uma célula para outras, localizadas em suas extremidades superior, inferior e laterais, favorecendo o transporte no sentido raiz → folha, e também com fluxo lateral de seiva, útil quando há obstrução nos vasos. Há dois tipos de células componentes dos vasos lenhosos:
 - **Traqueídeos:** tipo de vaso presente em pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Têm **pontuações** (pequenos orifícios) tanto nas paredes laterais quanto em suas extremidades.
 - **Elementos dos vasos lenhosos:** tipo de vaso de xilema presente apenas em angiospermas. Apresentam uma grande abertura nas extremidades superior e inferior denominada **perfuração**. Nas paredes laterais são observadas **pontuações**.
- **Parênquima lenhoso:** é formado por células vivas; tem como função a reserva de nutrientes.
- **Fibras de esclerênquima:** é um tecido de sustentação.

Floema (ou liber): responsável pelo transporte de **seiva elaborada**, também chamada **orgânica**, das folhas até as raízes, passando por todo o corpo da planta. É constituído por diferentes tipos de vasos:

- **Vasos liberianos:** formados por células vivas, conhecidas como **elementos do tubo crivado**, que são **anucleadas**. Junto a cada elemento do tubo crivado, há uma **célula companheira** nucleada, que realiza a produção de substâncias essenciais ao metabolismo do elemento do tubo crivado, mantendo-o vivo. Os dois tipos de célula são provenientes da mesma célula-mãe. A comunicação entre os elementos dos tubos crivados vizinhos acontece através de **plasmodesmos**. A deposição de **calose** (carboidrato) nesses orifícios da parede celular provoca a obstrução dos vasos liberianos, que são substituídos por vasos novos, produzidos pelo câmbio.

Tecidos de sustentação

Esclerênquima: constituído por **células mortas**, com paredes espessadas e dotadas de reforços de **lignina**. Há duas modalidades de células esclerenquimáticas:

- **Fibras do esclerênquima:** formadas por células bastante **alongadas**, que podem ter vários centímetros de comprimento. Muitas vezes, estão junto ao xilema e ao floema.
- **Esclereídeos:** células com paredes **espessadas e lignificadas**, com muitas **pontuações**. Têm formato mais irregular e podem ser encontradas dispersas nos tecidos do parênquima (como na polpa do pseudofruto da pera) ou em agrupamentos, formando estruturas extremamente rígidas (como no caroço do pêssego).

Colênquima: é formado por **células vivas** de parênquima, alongadas e reunidas em feixes, cujas paredes apresentam **reforços de celulose**. Tem força e flexibilidade, **ajudando** a suportar órgãos em crescimento. É encontrado nas extremidades de caules e nos pecíolos de folhas.

Processos de condução de seiva

Seiva bruta: é constituída de água e de nutrientes minerais, que são absorvidos do solo. A seiva adentra a raiz e passa através dos **pelos absorventes, córtex, endoderme, periciclo e xilema**. Ela é, então, conduzida até as folhas, onde é empregada nos processos de fotossíntese, formação da seiva elaborada, formação de estruturas celulares e transpiração. Os nutrientes minerais passam do solo aos vasos de xilema da raiz por dois processos: **difusão e transporte ativo**; a água é absorvida por **osmose**.

Mecanismo de condução de seiva bruta: a subida de seiva bruta pelo xilema depende da ação de vários fatores que atuam de maneira conjunta, sendo eles:

- **Capilaridade:** envolve as forças de **tensão superficial da água**, relacionadas com a formação de uma película sobre a sua superfície. Nessa película, as moléculas de água estão unidas por **ligações de hidrogênio**. A introdução de tubos capilares (de diâmetro bastante reduzido) na água rompe a película gerada pela tensão superficial, fazendo com que o líquido suba espontaneamente pelo seu interior; quanto menor o diâmetro do tubo, maior é a subida. Tal processo se aplica ao xilema, mas a contribuição da capilaridade no transporte de seiva é bastante reduzida, envolvendo a subida da água por apenas alguns centímetros.
- **Pressão positiva da raiz:** **pressão osmótica** resultante da elevação da concentração salina do xilema da raiz. É responsável pela **absorção da água** presente no solo por **osmose** e contribui para a subida da água pelo xilema em direção às folhas.

A concentração de sais nas raízes é resultante dos processos de **difusão** (quando a concentração é maior no solo do que no interior do xilema) e de **transporte ativo** (quando a concentração dos vasos lenhosos for maior). A concentração no interior do xilema normalmente é mais elevada, mas, no caso de excessiva irrigação ou chuva, a diferença de concentração pode ficar maior.

Alguns processos são resultantes da elevação da pressão positiva da raiz, entre eles:

- **Exsudação**: perda de água na forma líquida em uma região da planta que foi cortada; acontece normalmente no caule.
- **Sudação** (ou **gutação**): perda de água líquida pelas bordas da folha por meio de **hidatódios**, estruturas complexas que apresentam células parenquimáticas recobrimdo as terminações de nervuras e células estomáticas na porção mais externa. Nesse processo, aparecem gotas nas bordas das folhas.
- **Sucção da copa**: explicação proposta por **Henry Dixon**, conhecida como **hipótese da coesão-adesão-tensão**. As hipóteses consideram aspectos físico-químicos da água e das estruturas condutoras de seiva:
 - **Coesão e adesão**: considera que o interior dos vasos ativos de xilema é ocupado por água, mesmo que não esteja havendo condução de seiva, e que as moléculas de água dentro dos vasos apresentam interações entre elas (**coesão**: união existente entre moléculas de água – **ligações de hidrogênio** – que forma uma coluna contínua de água dentro da planta) e com os componentes da parede celular dos vasos lenhosos (**adesão**).
 - **Tensão**: trata-se da pressão no interior do xilema, muito menor do que a pressão atmosférica. O movimento de seiva bruta para cima é determinado pela chamada **sucção da copa**, propiciado pelo consumo de água realizado pelo conjunto de ramos e folhas. A água é utilizada nas células do parênquima foliar para a realização de **fotossíntese** e perdida na **transpiração**. Com a produção de carboidratos durante a fotossíntese, há, além da retirada de solvente, o acréscimo de soluto, fatores que elevam a concentração nas células do parênquima em relação à solução presente no xilema das nervuras das folhas. Dessa maneira, há o aumento de **pressão osmótica**, capaz de promover o deslocamento da água do xilema para as folhas. Esse fator possui grande importância no transporte de seiva.
- **Seca fisiológica**: situação em que o ambiente possui água disponível, mas a planta não consegue absorvê-la. Ocorre quando: a água circundante está em temperatura muito baixa; o solo tem grande salinidade ou excesso de água e pouco oxigênio disponível.

Seiva elaborada: é constituída por **água**, **sacarose** e quantidade menor de **vitaminas**, **aminoácidos** e **sais minerais**. É normalmente oriunda dos parênquimas clorofilianos (pode ser originada de parênquimas de reserva) e flui através do **floema**, sendo distribuída para outras partes do vegetal, como raízes, caule, frutos, flores e sementes.

- **Mecanismo de condução da seiva elaborada**: mecanismo bastante sofisticado, que é explicado pela **hipótese de Münch**, ou **hipótese do arrastamento molecular**. Ela considera que a **diferença de concentração** entre as células do parênquima clorofiliano das folhas e das células da raiz (em função do açúcar produzido na fotossíntese) promove a absorção de água do xilema nas folhas por **osmose**; parte da água flui para o floema e junto arrasta moléculas de açúcar até a raiz.
- **Exemplos e experimentos**: Alguns experimentos podem ser realizados para observar como funciona a condução de seiva orgânica em um vegetal. Alguns deles são:
 - **Observação de pulgões**: esses insetos, chamados também de afídeos, são parasitas de plantas; eles introduzem suas peças bucais na superfície de folhas e ramos do vegetal para a absorção da seiva elaborada. Pode ser observado que, quando o animal se alimenta, a seiva orgânica flui para seu sistema digestório sem que ele precise sugar o líquido, saindo o restante, já digerido, na região posterior do animal. A seiva, com pressão maior do que a pressão atmosférica, entra passivamente no canal alimentar do pulgão, quando este perfura o floema.
 - **Retirada do anel de Malpighi** (ou anel cortiço-liberiano): A retirada por completo de um anel da casca de uma árvore promove a **remoção do floema**, mais externo. O xilema, mais interno, é mantido. Esse procedimento realizado no **tronco de uma árvore** impede que as raízes recebam seiva elaborada e, assim, **promove a sua morte**, após o esgotamento de suas reservas alimentares. Já com a realização do procedimento em **ramos de uma planta**, a árvore não morrerá (pois recebe seiva procedente de outros ramos) e o ramo também não será afetado. Como resultado, haverá o acúmulo de açúcar produzido nas folhas acima do anel, que servirá para o crescimento do ramo ou na **constituição dos frutos** ali produzidos, que terão sabor mais adocicado.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Panorama explicativo sobre o transporte das plantas. Slides e ilustrações interessantes que permitem maior entendimento sobre a fisiologia do transporte de seiva nos vegetais.
<www.cientific.com/tema_plantas_pp4.html>.
- “Como sabemos a idade de uma árvore?” – Reportagem com explicações sobre os métodos de se avaliar a idade de uma planta por meio do seu sistema de transporte de seiva.
<<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Galileu/0,,EDG85318-7946-209,00-COMO+SABEMOS+A+IDADE+DE+UMA+ARVORE.html>>.

Exercícios complementares

1 UFC 2009 A teoria de Dixon é uma das hipóteses que tenta explicar o transporte de água da raiz até as folhas de árvores com mais de 30 metros de altura, como a castanheira-do-pará. Assinale a alternativa que contém aspectos nos quais se baseia essa teoria.

- (a) Coesão entre as moléculas de água, adesão entre essas moléculas e as paredes do xilema, tensão gerada no interior dos vasos pela transpiração foliar.
- (b) Aumento da concentração osmótica no interior dos vasos xilemáticos da raiz, entrada de água por osmose, impulsão da seiva para cima.
- (c) Semelhança dos vasos do xilema a tubos de diâmetro microscópico, propriedades de adesão e coesão das moléculas de água, ocorrência do fenômeno da capilaridade.
- (d) Permeabilidade seletiva das células do córtex da raiz, presença da endoderme com as estrias de Caspary, transporte ascendente da seiva bruta.
- (e) Produção de carboidratos nas folhas, aumento da concentração osmótica nesses órgãos, ascensão da seiva bruta por osmose e capilaridade nos vasos do xilema.

2 UFMG 2008 De acordo com as figuras, responda.

Figura 1

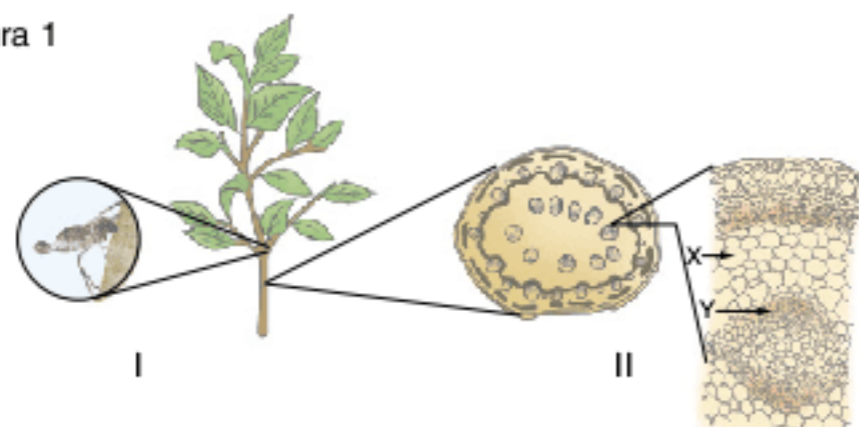


Figura 2

Tempo após a aplicação (horas)	1	2	4	6	8	12
Mortalidade de insetos (%)	0,05	1	5	12	36	94,5

- a) Analise a figura 1. O aparelho bucal do inseto representado em I pode atingir o tecido X ou o tecido Y da planta hospedeira, ambos indicados no esquema II. Considerando as informações fornecidas por essas figuras, responda: Pela análise do líquido que se vê extravasando do abdômen desse inseto, é possível determinar qual dos dois tecidos da planta – X ou Y – o aparelho bucal desse inseto está atingindo? Justifique sua resposta.
- b) O ataque de uma grande população do inseto representado no item a desta questão pode causar danos irreversíveis à produtividade de uma plantação. A fim de evitarem esses danos, os agricultores costumam utilizar inseticidas no solo. Analise a tabela (figura 2), em que está indicado, em relação ao tempo, o efeito de uma aplicação de inseticida sobre a mortalidade de insetos em determinada plantação. A partir dessa análise, explique por que, ao longo do tempo, a taxa de mortalidade aumentou.

3 UFSCar 2007 Nas angiospermas, a condução da seiva bruta (água e sais minerais) ocorre das raízes até as folhas, as quais podem estar situadas dezenas de metros acima do nível do solo. Nesse transporte, estão envolvidos:

- (a) elementos do xilema, no interior dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por forças de coesão.
- (b) elementos do floema, no interior dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica.
- (c) elementos do parênquima, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica e forças de coesão.
- (d) elementos do parênquima e floema, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por forças de coesão.
- (e) elementos do xilema e do floema, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica.

4 PUC-SP 2008 Analise os trechos a seguir, indicados por I e II.

- I. Em uma angiosperma, a água vai da raiz até a folha e é utilizada na realização da fotossíntese; produtos deste processo metabólico são transportados da folha para outras partes da planta, podendo ser armazenados em órgãos como caule e raiz.
- II. No coração humano, o sangue passa do átrio direito para o ventrículo direito e em seguida é levado aos pulmões; uma vez oxigenado, retorna ao coração pelo átrio esquerdo e passa para o ventrículo esquerdo, de onde é transportado aos sistemas corporais, voltando em seguida para o coração.

Com relação aos trechos, é correto afirmar que:

- (a) I refere-se exclusivamente ao transporte que se dá pelos vasos do xilema, enquanto II refere-se apenas à pequena circulação.
- (b) I refere-se exclusivamente ao transporte que se dá pelos vasos do xilema, enquanto II refere-se exclusivamente à grande circulação.
- (c) I refere-se exclusivamente ao transporte que se dá por vasos do floema, enquanto II refere-se exclusivamente à grande circulação.
- (d) I refere-se exclusivamente ao transporte da seiva elaborada e do armazenamento de amido em órgãos da planta, enquanto II refere-se às circulações pulmonar e sistêmica.
- (e) I refere-se ao transporte das seivas bruta e elaborada, enquanto II refere-se às circulações pulmonar e sistêmica.

5 PUC-RS Ao se fazer uma correlação funcional entre as estruturas vegetais e animais, é correto afirmar que a seiva, o esclerênquima e o xilema equivalem, nos animais, respectivamente, a:

- (a) sangue, glândulas e ossos.
- (b) sangue, ossos e vasos sanguíneos.
- (c) vasos sanguíneos, glândulas e sangue.
- (d) vasos sanguíneos, sangue e ossos.
- (e) sangue, vasos sanguíneos e glândulas.

6 Ufes No trecho a seguir, os autores destacam algumas características do trabalhador brasileiro.

Rancho de Goiabada

Os boias-frias
Quando tomam umas birita
Espantam a tristeza
Sonham com bife a cavalo,
Batata frita e sobremesa
É goiabada-cascão com muito queijo.
Depois do café, cigarro e um beijo
De uma mulata chamada Leonor
Ou Dagmar...

João Bosco e Aldair Blanc.

Do ponto de vista botânico, podemos afirmar que:

- o caldo de cana, do qual é feita a birita (cachaça), é constituído de uma solução orgânica em que predominam açúcares solúveis acumulados no floema do colmo cheio da cana-de-açúcar.
- a batata frita, alimento muito apreciado, corresponde à raiz tuberosa principal de plantas de batata (*Solanum tuberosum*), que armazena substâncias de reserva, principalmente o amido.
- a goiabada-cascão tem pedaços (cascão) do fruto da goiabeira, que correspondem ao epicarpo seco originado do receptáculo floral.
- o famoso cafezinho brasileiro tem como um dos seus principais constituintes a cafeína, que possui acentuada ação estimulante e é produzida pelo tegumento da semente.
- o cigarro, feito a partir do meristema apical das folhas de fumo (*Nicotiana tabacum*), tem alta concentração de nicotina, alcaloide que pode provocar o câncer de pulmão.

7 Unesp A análise do líquido coletado pelo aparelho bucal de certos pulgões, que o inseriram no caule de um feijoeiro adulto, revelou quantidades apreciáveis de açúcares, além de outras substâncias orgânicas.

Plântulas de feijão, recém-germinadas, que se desenvolveram sobre algodão umedecido apenas com água e sob iluminação natural, tiveram seus órgãos de reserva alimentar (folhas primordiais modificadas) sugados por outros pulgões. A análise do líquido coletado dos aparelhos bucais desses pulgões também revelou a presença de nutrientes orgânicos.

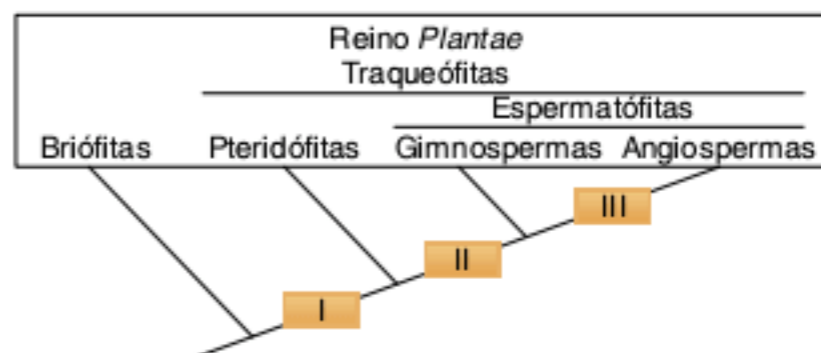
Os resultados dessas análises indicam que os pulgões que sugaram o feijoeiro adulto e os que sugaram as plântulas recém-germinadas inseriram seus aparelhos bucais, respectivamente, no:

- parênquima clorofiliano e súber.
- xilema e cotilédones.
- esclerênquima e xilema.
- floema e súber.
- floema e cotilédones.

8 UFRGS 2011 A planta denominada erva-de-passarinho é uma hemiparasita. Nesse caso, o tecido vegetal da árvore hospedeira, onde os elementos nutritivos são absorvidos, é o:

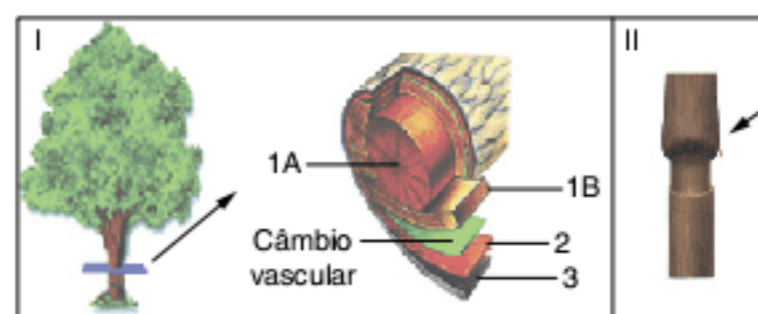
- colênquima.
- floema.
- esclerênquima.
- parênquima.
- xilema.

9 Unicamp 2010 O esquema a seguir representa o mais recente sistema de classificação do Reino *Plantae*.



- Os algarismos romanos representam a aquisição de estruturas que permitiram a evolução das plantas. Quais são as estruturas representadas por I, II e III? Qual a função da estrutura representada em I?
- A dupla fecundação é característica das angiospermas. Em que consiste e quais os produtos formados com a dupla fecundação?

10 UFF 2010 Com base nos conhecimentos sobre anatomia e fisiologia vegetal e nas figuras I e II:



- identifique e diferencie funcionalmente as duas regiões, 1A e 1B, do tronco da árvore mostrada na figura I.
- indique o número do tecido responsável pela condução da seiva elaborada mostrado na figura I e o nomeie.
- justifique o fenômeno apontado pela seta na figura II que ocorre após o destacamento de um anel completo da casca do tronco da planta (anel de Malpighi).
- informe o que acontecerá com a planta após um período prolongado sem esse anel. Explique.

11 Udesc 2011 Os tecidos vegetais fundamentais são aqueles encarregados de uma série de funções, como preenchimento e sustentação. A respeito desses tecidos, analise cada proposição e assinale (V) para verdadeira ou (F) para falsa.

- O parênquima de reserva está presente em sementes, frutos, raízes e rizomas e tem como função o armazenamento de substâncias nutritivas.
- O parênquima clorofiliano é o principal tecido de preenchimento de folhas, tendo por função a realização da fotossíntese.
- O colênquima é formado por células vivas e é responsável pela sustentação de folhas, frutos e caules.
- O parênquima aquífero está presente em plantas aquáticas, auxiliando na flutuabilidade desses vegetais.
- O esclerênquima é formado por células mortas, impregnadas de lignina, e é responsável pela sustentação de caules em crescimento.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- V – F – F – V – V
- V – V – V – F – F
- V – V – F – F – V
- F – F – V – V – F
- F – F – V – F – V

Mecanismos de controle – hormônios vegetais

19

FRENTE 2



Hormônios vegetais estão relacionados com vários processos fisiológicos, como a germinação de sementes e a curvatura do caule em direção à luz.

Hormônios e desenvolvimento

O desenvolvimento dos vegetais é determinado por fatores como a sua **carga genética** e as **condições ambientais**, entre elas temperatura, luz, pH do solo e disponibilidade de água e de nutrientes minerais. Além disso, as plantas produzem **hormônios**, substâncias que controlam inúmeros processos do desenvolvimento e respostas fisiológicas a estímulos externos, como a curvatura do caule em direção à luz. Há hormônios relacionados com três papéis fisiológicos principais: crescimento, redução de atividade metabólica e processos de maturação.

O **crescimento** é determinado por três tipos de hormônios: auxinas, giberelinas e citocininas. A **redução de atividade metabólica** é determinada pelo ácido abscísico. Os processos de **maturação** são estimulados pelo etileno; ocorrem, por exemplo, quando frutos verdes amadurecem e folhas jovens se tornam envelhecidas (senescentes).

Hormônios de crescimento

O crescimento é determinado por mitoses e pelo aumento do volume das células (processo de distensão ou alongação). As **citocininas** são responsáveis pelo **estímulo das mitoses**, enquanto que a **distensão celular** é estimulada por **giberelinas** e **auxinas**.

O crescimento é verificado na **germinação da semente**, uma vez que, nesse processo, o embrião emerge e origina uma planta jovem. A planta jovem, por sua vez, torna-se uma planta adulta, processo em que ocorre **crescimento do caule**, da **raiz** e dos **ramos** que ela produz. No caso do caule, os ramos e as flores são produzidos pelo crescimento de gemas. As flores originam frutos pelo **crescimento do ovário**.

Citocinina

A produção de citocinina ocorre no **meristema** presente na **extremidade da raiz**, sendo distribuído por todo o vegetal através do xilema. Esse hormônio estimula a ocorrência de mitoses, o que contribui para o desenvolvimento dos meristemas primários. Dessa maneira, há estímulo para o **crescimento longitudinal do caule** (com o hormônio agindo na gema apical), **dos ramos** (agindo nas gemas laterais) e das próprias **raízes**. Há outros efeitos desencadeados por esse hormônio, como a conversão de gemas em flores e de ovários em frutos (Fig. 1). A presença de citocinina em folhas retarda seu processo de senescência (envelhecimento).

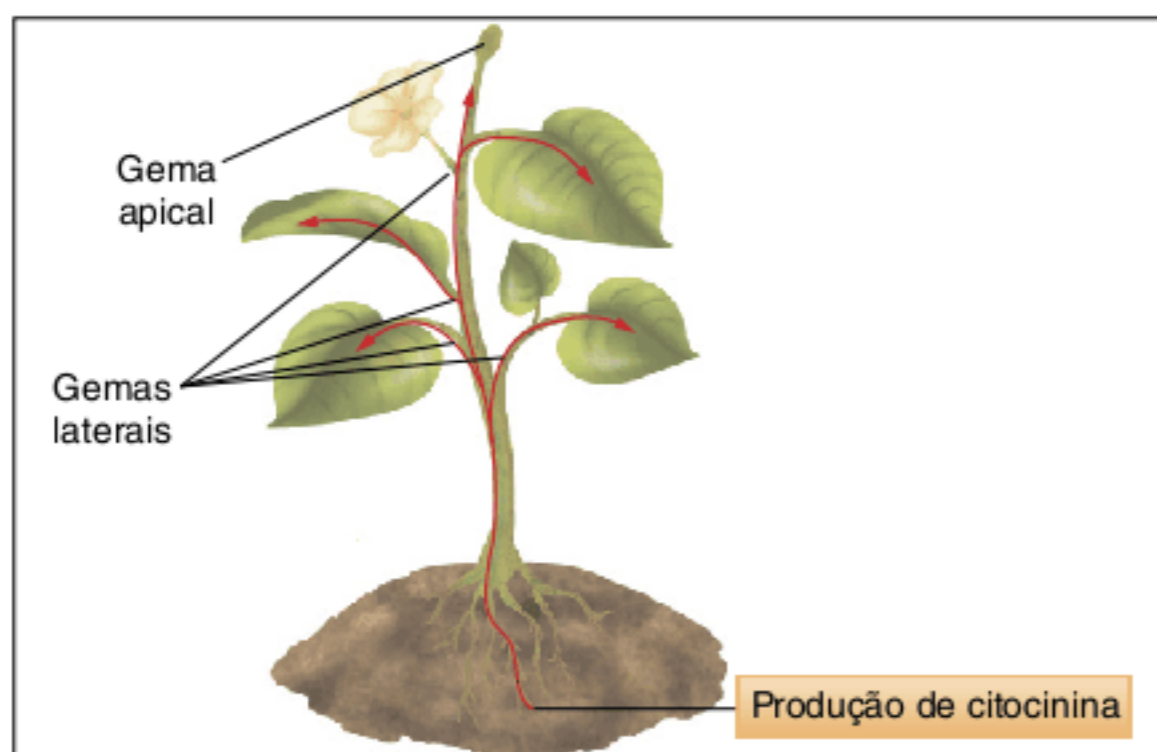


Fig. 1 Citocininas. A produção desses hormônios ocorre na extremidade das raízes, atuando como estimuladores de mitoses.

Giberelina

É um hormônio produzido em **gemas ativas** e em **sementes**. Sua ação é promover a **distensão celular**, estimulando o crescimento de raízes, caules e suas ramificações. Também participa do desenvolvimento do fruto originado do ovário.

Há casos de atuação mais específica da giberelina, quando é acrescentada a plantas geneticamente anãs ou em partes delas, induzindo o crescimento normal. Há plantas normais que, recebendo quantidades extras de giberelina, tornam-se gigantes (Fig. 2).

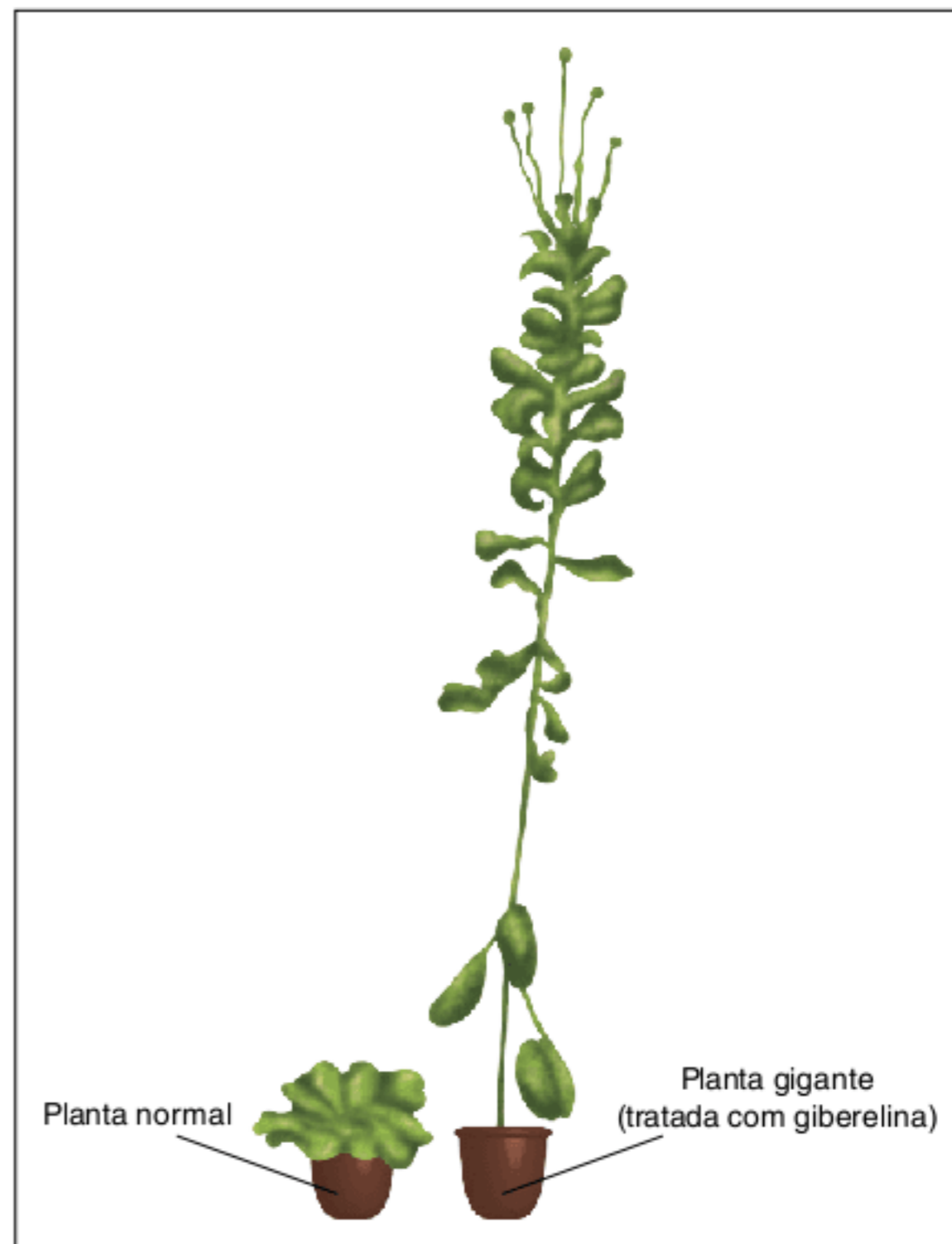


Fig. 2 Giberelinas. Esses hormônios estimulam a distensão celular; em algumas plantas o excesso desses hormônios produz gigantismo.

Giberelinas podem também ser aplicadas em gemas ou sementes que se encontram em dormência, ou seja, em estado de atividade metabólica muito reduzida, induzindo o seu desenvolvimento. Assim, gemas originam ramos ou flores, enquanto as sementes entram em germinação.

Como exemplo da atuação desse fitormônio, pode ser citada a **germinação**. Uma semente de gramínea colocada em solo úmido absorve água, estimulando seu embrião a produzir giberelina. Esta, por sua vez, estimula uma camada de células localizadas na periferia do endosperma (camada de aleurona) a produzir amilase, uma enzima que hidrolisa o amido acumulado na semente. Esse processo disponibiliza carboidratos para o embrião, que os empregará na respiração celular, a qual fornecerá a energia necessária para a germinação. Para que isso ocorra, é também necessária a presença de gás oxigênio e temperatura adequada (Fig. 3).

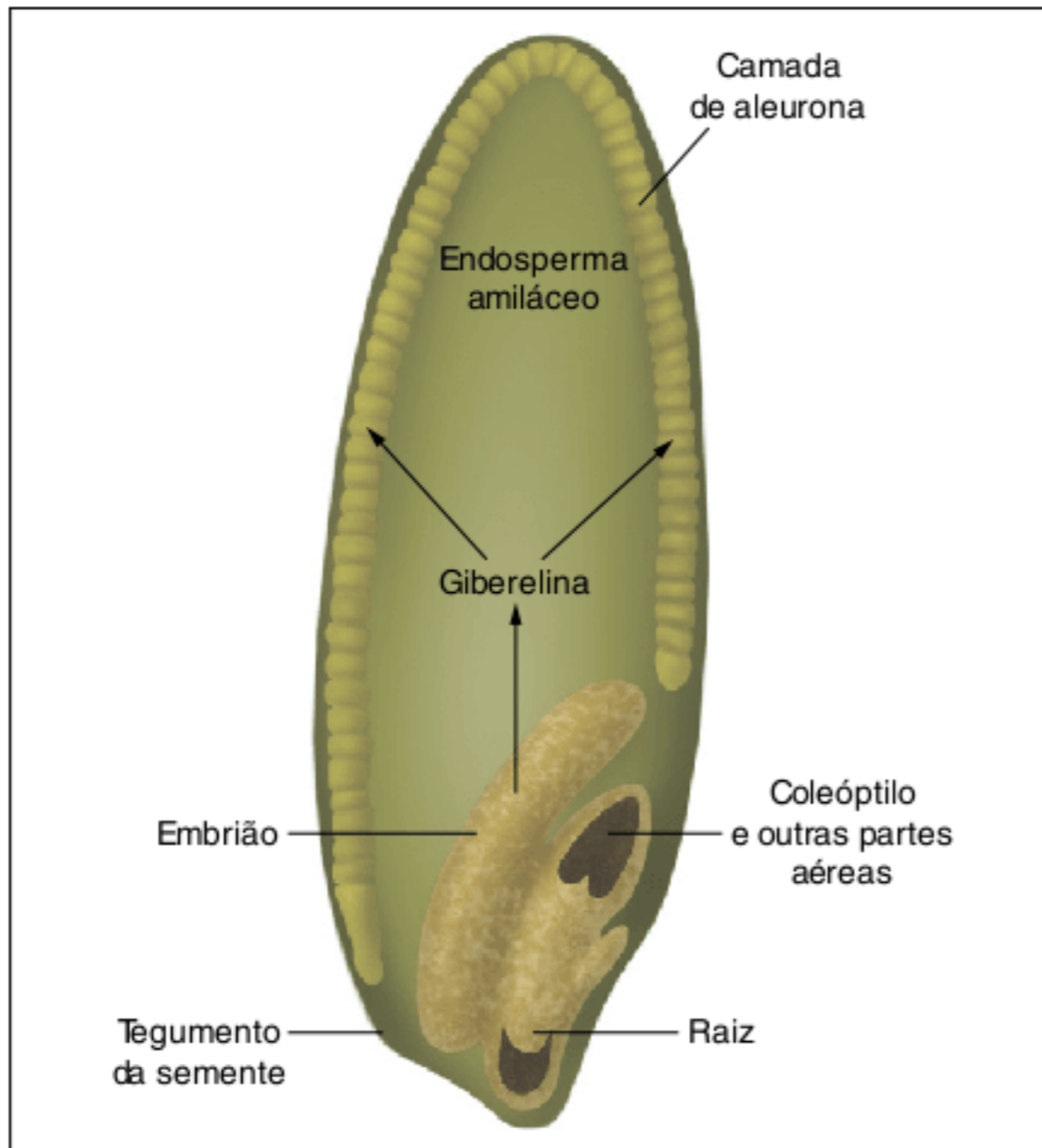


Fig. 3 A atuação de giberelinas em sementes estimula a germinação.

Auxina

É um hormônio de crescimento que estimula principalmente a **distensão celular**. Há dois tipos de auxinas: **natural** e **sintética**.

A **auxina natural** é o **ácido indolacético (AIA)**, produzido por **embriões de sementes** e por **gemas ativas**; no primeiro caso, o AIA é produzido após a ocorrência de fecundação, quando o embrião está se desenvolvendo. Quando a semente é produzida, o embrião fica em estado de vida latente e cessa a produção de AIA; apenas quando é iniciada a germinação é que o embrião volta a ter atividade metabólica elevada e passa a produzir esse hormônio novamente.

O AIA produzido na **gema apical ativa** do caule é transportado em direção ao ápice da raiz. Diz-se que o transporte de auxina é **polarizado**, sendo conduzido da extremidade do caule em direção à extremidade da raiz. No trajeto, ocorre a diminuição da concentração desse hormônio. Assim, a extremidade do caule tem concentração de hormônio mais elevada do que a presente na extremidade da raiz; entre esses dois extremos, há todo o eixo do caule, de onde saem folhas e gemas laterais. As gemas laterais mais próximas ao ápice do caule recebem auxina em maior concentração do que as gemas situadas mais distantes do ápice.

Há vários tipos de **auxinas sintéticas**, chamadas de reguladores de crescimento. Como exemplo, há o 2,4D (ácido 2,4 dicloro fenoxiacético), comercialmente conhecido como **glifosato**, integrante de um herbicida muito empregado mundialmente, e o **ANA** (ácido naftaleno acético).

As partes do eixo de uma planta têm diferente sensibilidade ao AIA: a extremidade do **caule** é pouco sensível (é estimulada por elevadas concentrações do hormônio), a extremidade da **raiz** é muito sensível (estimulada por pequenas concentrações) e as **gemas laterais** têm sensibilidade média (estimuladas por concentrações intermediárias) (Fig. 4).

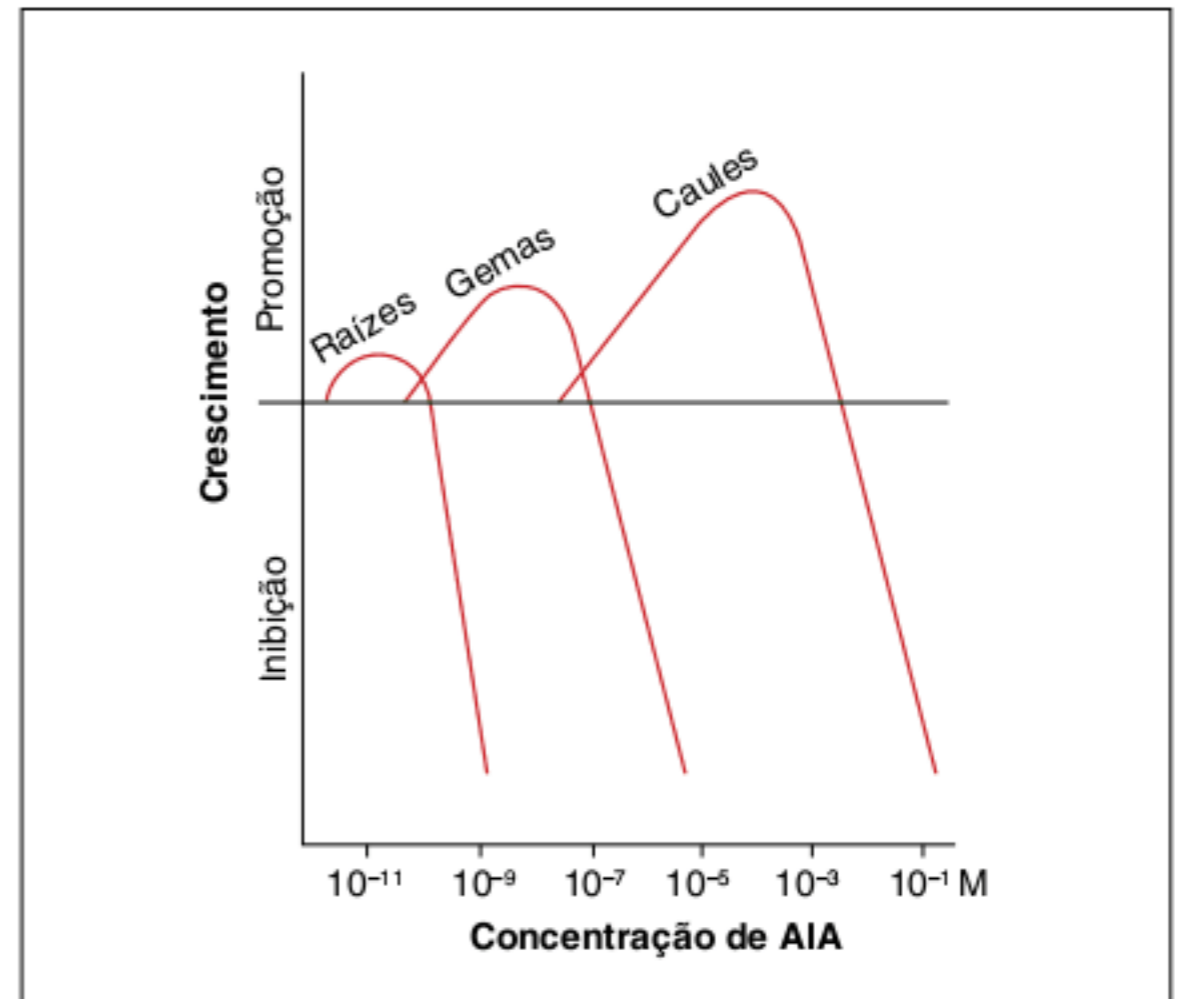


Fig. 4 Sensibilidade de partes da planta à auxina. A concentração ótima para o crescimento do caule promove inibição de gemas laterais e de raízes.

As auxinas têm grande importância prática, destacando-se os seguintes aspectos:

- **Dominância apical**

A gema apical produz auxina, que é transportada em direção ao ápice da raiz. No início do trajeto, a concentração de auxina é elevada e causa **inibição das gemas laterais**. Tal inibição das gemas laterais pela auxina gerada na gema apical corresponde à chamada dominância apical.

A poda que retira a extremidade do caule interrompe a produção de auxina, cuja concentração diminui naquele ponto e deixa de inibir as gemas laterais. Dessa maneira, as gemas laterais convertem-se em ramos. Essa prática de poda é útil, pois a planta produz mais ramos, favorecendo a formação de maior número de flores e de frutos (Fig. 5).

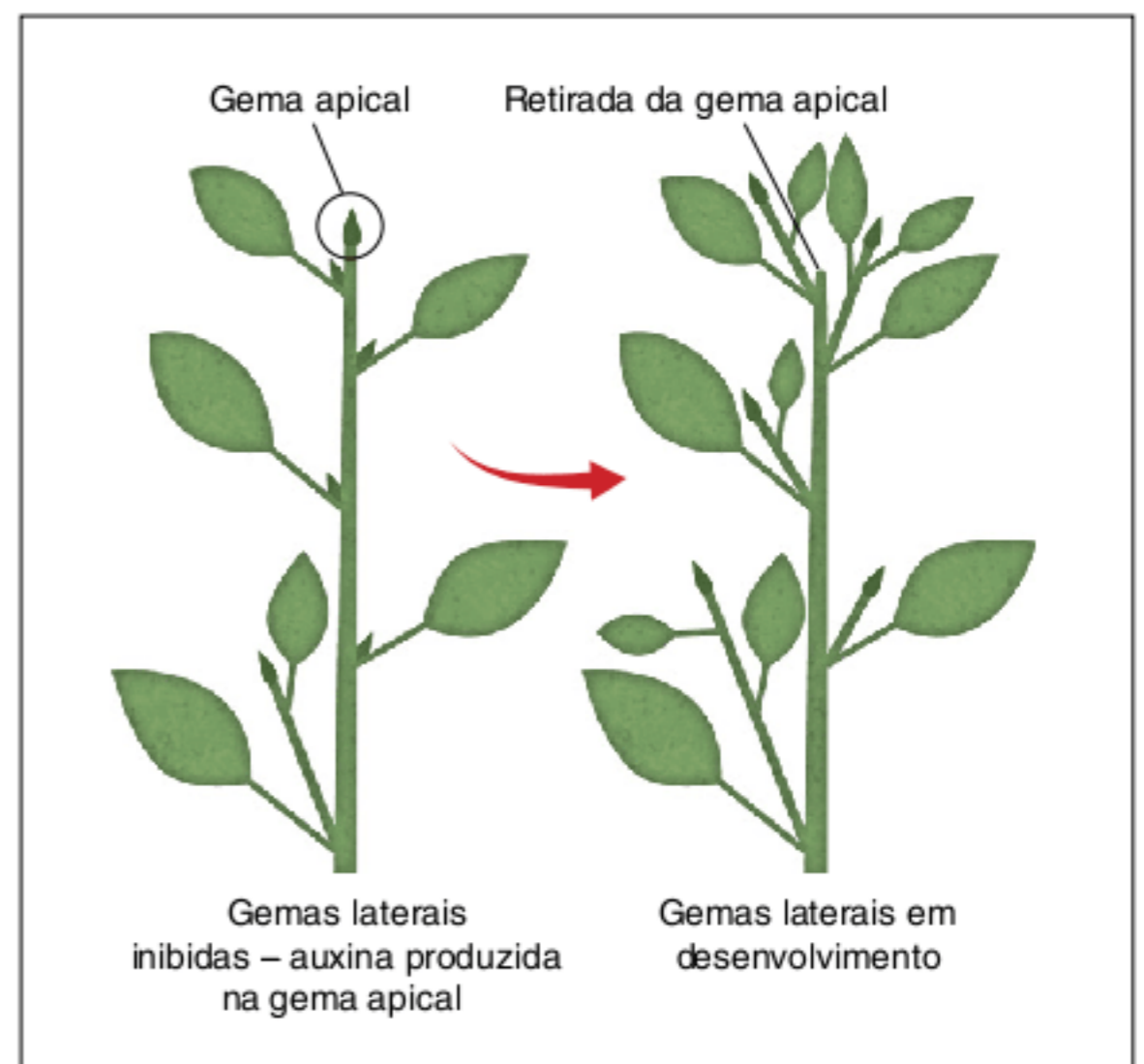


Fig. 5 Dominância apical da auxina.

- **Efeito herbicida**

O 2,4D é o principal componente de um herbicida muito empregado na agricultura, o qual quando aplicado em alta concentração sobre uma erva invasora (tradicionalmente denominada “erva daninha”), provoca sua morte. O herbicida é utilizado no controle seletivo de ervas daninhas, pois as plantas sensíveis à sua ação pertencem ao grupo das **dicotiledôneas**. Em geral, as **monocotiledôneas** são geneticamente resistentes a esse produto. Tais herbicidas atuam como **mimetizadores de auxinas**.

- **Formação de raízes adventícias**

Raízes adventícias são originadas de **pecíolos de folhas** ou de **ramos cortados**. Essas estruturas, quando colocadas em água, produzem, depois de alguns dias, raízes adventícias. Transferindo-se o ramo ou a folha para o solo, pode-se obter uma muda da planta-mãe, caracterizando um processo de **reprodução assexuada** conhecido como **estaquia** (leia o texto complementar). No entanto, se for adicionada auxina na concentração adequada, há estímulo para a formação de mais raízes adventícias e a muda pode crescer mais rapidamente (Fig. 6).

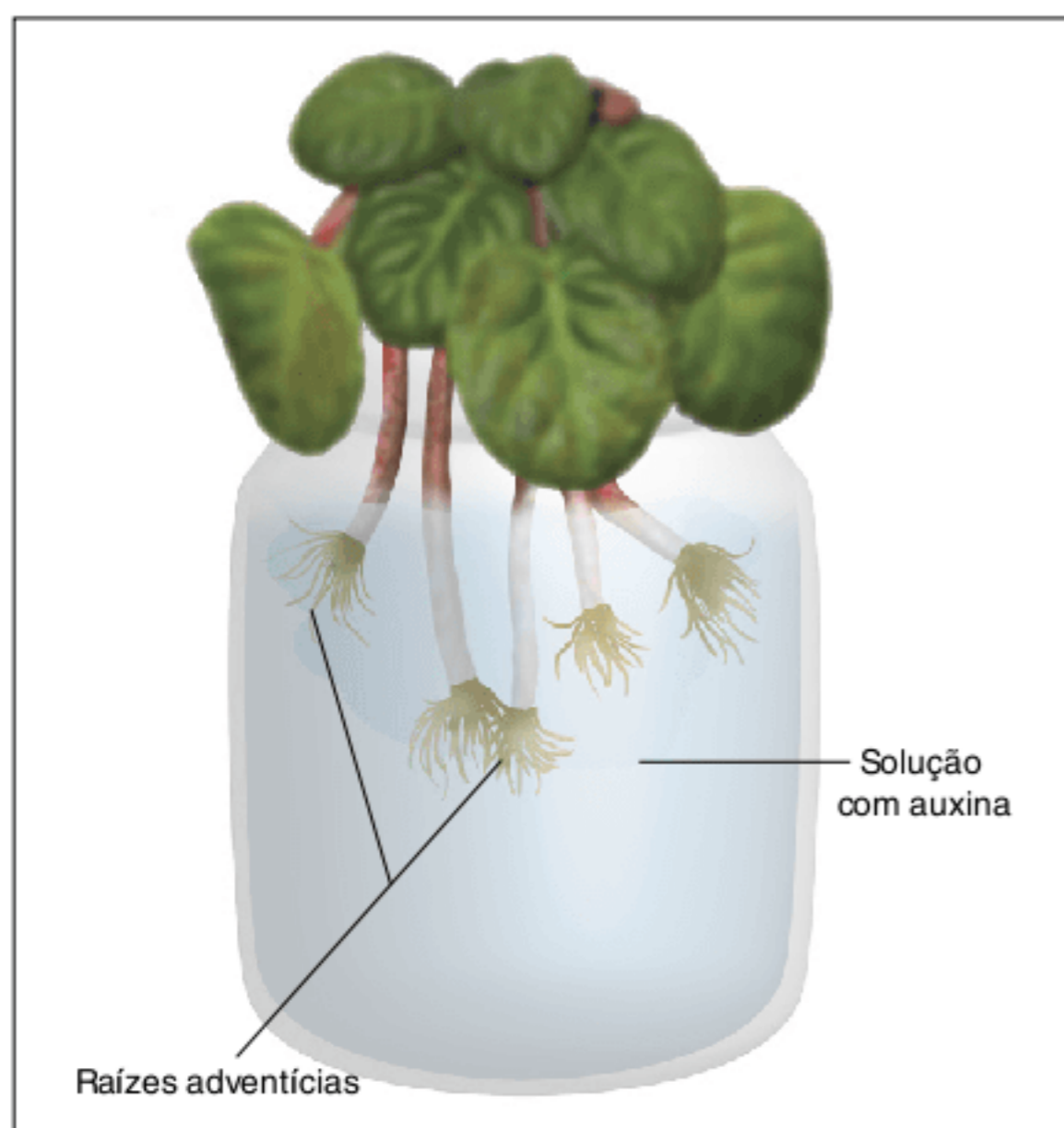


Fig. 6 A presença de auxina na solução estimula a formação de raízes adventícias.

- **Formação de frutos sem sementes (partenocárpicos)**

Na formação normal de frutos, ocorrem as seguintes etapas: o pólen atinge o estigma do pistilo e desenvolve-se em seu interior, formando o tubo polínico. Ocorre então a fecundação de um ou mais óvulos, que se convertem em sementes. Durante o desenvolvimento das sementes, ocorre a síntese de auxinas, que estimulam o crescimento da parede do ovário, que se converte em fruto. Um procedimento para a obtenção de frutos sem sementes consiste em **remover os**

estames (produtores de pólen) e **aplicar auxina no ovário da flor**. A flor deve ser recoberta, para impedir a chegada de pólen procedente de outra planta. Com isso, não ocorre polinização nem fecundação e o fruto desenvolve-se sem apresentar sementes em seu interior.

- **Abscisão de folhas e de frutos**

Quando uma folha entra em senescência, forma-se no pecíolo um **tecido meristemático** cujas células não estão firmemente unidas. Com isso, ocorre a separação da folha do ramo ao qual estava ligada. É o que se chama de **abscisão**, que é seguida da queda das folhas, causada por uma redução na concentração de auxinas na folha senescente em relação à concentração de auxina presente no caule. Se for aplicada uma quantidade adequada de auxina na folha, ela ficará unida ao caule por mais tempo. Esse mesmo processo de abscisão ocorre quando o fruto fica maduro (Fig. 7).

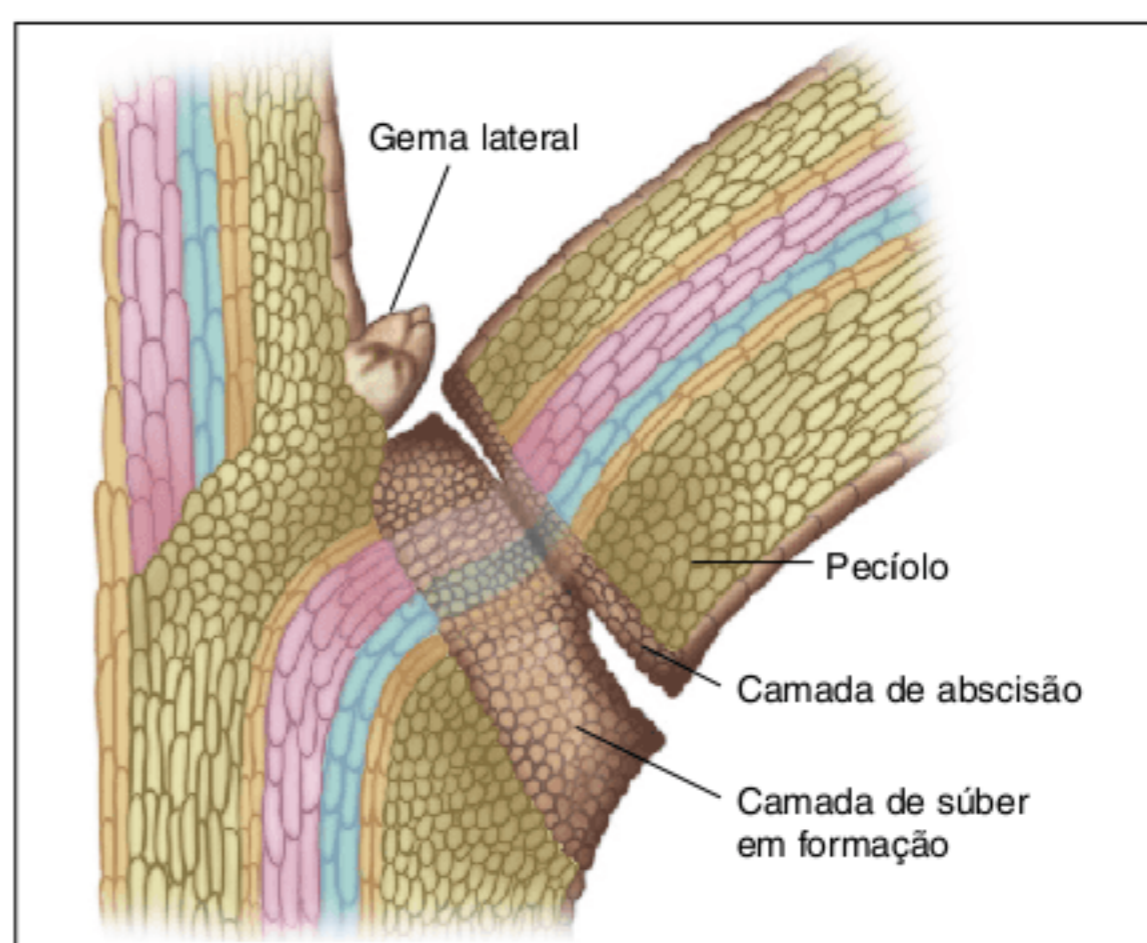


Fig. 7 Folhas senescentes apresentam redução na síntese de auxina; isso provoca a formação de um tecido de abscisão no pecíolo.

Hormônio de redução da atividade metabólica

Ácido abscísico

O ácido abscísico (ABA) é **produzido em alguns parênquimas**, como no interior de folhas e no parênquima de frutos. Sua principal função é **promover redução de atividade metabólica**, o que pode ser bastante útil para a planta, dependendo das condições em que ela se encontra.

Os frutos normalmente apresentam ácido abscísico, que **impede a germinação das sementes** do seu interior. Muitas espécies de interesse agrícola têm sementes que devem ser lavadas pelo agricultor antes de serem colocadas na terra, procedimento que permite a remoção do ácido abscísico. Na natureza, essa remoção pode acontecer pela ação da chuva ou pela ingestão do fruto por um animal; as sementes eliminadas com as fezes não terão mais o agente inibidor de sua germinação. O retardo da germinação pode ser vantajoso, pois permite que haja mais tempo para a dispersão das sementes; a falta de dispersão aumentaria a competição intraespecífica.

O parênquima clorofiliano de folhas submetidas à escassez de água produz ácido abscísico. Isso reduz a atividade metabólica das células da folha e provoca o **fechamento dos estômatos**; essa resposta é útil, pois promove economia de água. A abertura dos estômatos está associada ao transporte ativo de potássio, comprometido com a redução do metabolismo.

Hormônio de maturação Etileno

O etileno corresponde ao **eteno** (C_2H_4), gás produzido como resíduo de combustão (de lenha, gasolina, álcool) e também na atividade de vários tecidos dos vegetais, exceto na raiz.

O etileno tem como efeito mais conhecido o **amadurecimento de frutos**. Ele é formado no fruto antes do processo de amadurecimento, fenômeno este que consiste no aumento da respiração e, posteriormente, na decomposição dos tecidos. Há, portanto, a degradação de clorofila (e síntese de outros pigmentos) e a degradação de amido (e formação de glicose e frutose), até o amadurecimento completo. Esses processos conferem ao fruto colorações diferenciadas e sabor mais adocicado, tornando-o mais atrativo e saboroso para muitos animais que realizam a dispersão de sementes.

O etileno é liberado pelos tecidos do fruto e também se dispersa no ambiente. Assim, colocar um fruto dentro de um plástico evita a dispersão do etileno no ar e acelera seu amadurecimento. Frutos colocados em câmaras com baixa temperatura sofrem redução da atividade metabólica e produzem menos etileno, retardando seu amadurecimento; isso permite o armazenamento de frutos em boas condições por períodos mais longos de tempo (Fig. 8).

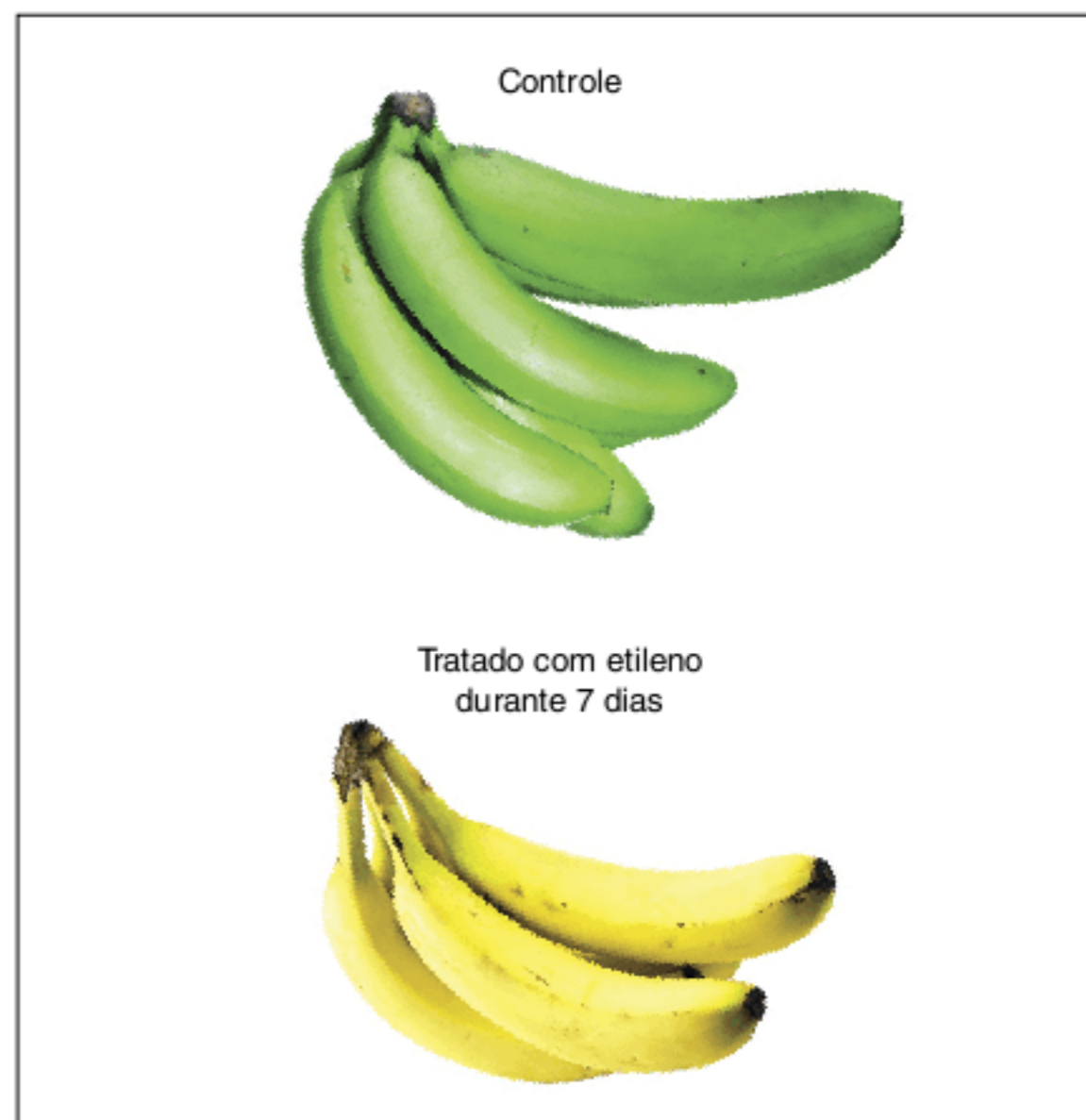


Fig. 8 Atuação do etileno no amadurecimento de frutos.

O etileno provoca também a aceleração do processo de senescência (envelhecimento) de folhas; nessa condição, as folhas diminuem sua produção de AIA e passam a produzir etileno. O etileno enfraquece as células a tal ponto que o peso da folha é suficiente para que ela se destaque da planta e caia, sofrendo abscisão. Há casos de plantas cuja floração é estimulada pela presença de etileno.

Revisando

1 Que fatores podem influenciar no desenvolvimento de um vegetal?

2 Em que momentos da vida de uma planta pode ser observado o processo de crescimento?

3 Que substâncias estão envolvidas no processo de crescimento das plantas? Cite exemplos.

4 Onde são produzidos os hormônios de crescimento e como eles são distribuídos na planta?

5 Qual a ação da citocinina no desenvolvimento de uma planta?

6 Qual a ação da giberelina no desenvolvimento de uma planta?

7 Qual a ação da auxina (AIA) no desenvolvimento de uma planta?

8 Quais os níveis de sensibilidade ao hormônio auxina observados em diferentes partes da planta?

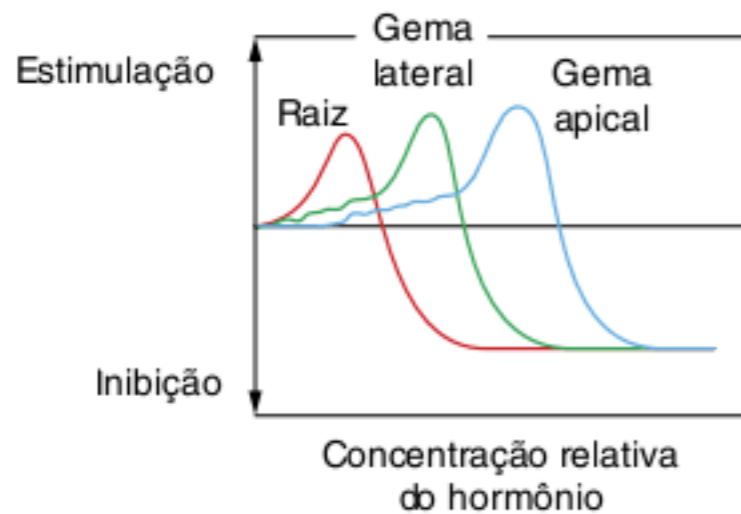
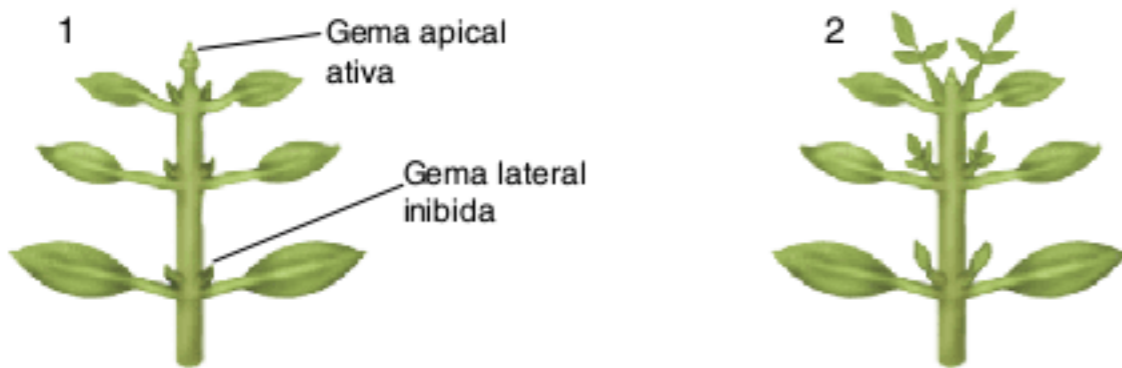
9 Qual o hormônio responsável pela redução da atividade metabólica de uma planta? Onde ele é produzido e qual sua importância na sobrevivência da planta em situações de escassez de água?

- (a) I e II estão corretas.
- (b) Apenas I está correta.
- (c) II e III estão corretas.
- (d) I e III estão corretas.

8 UFMS 2008 Os fitormônios são compostos orgânicos produzidos pelas plantas e que, em pequenas concentrações, promovem, inibem ou modificam o crescimento vegetal. Com relação ao efeito da citocinina, é correto afirmar que:

- (a) promove o amadurecimento dos frutos.
- (b) inibe a floração.
- (c) promove a divisão celular.
- (d) inibe o crescimento do caule.
- (e) promove a queda das folhas.

9 Ufes Uma prática comum em agricultura é a poda de árvores frutíferas. Em uma laranjeira, por exemplo, a formação de novos ramos contribui para a produção de mais flores e mais frutos.



Com base nas figuras apresentadas, responda às perguntas a seguir.

- a) Qual é a denominação do fenômeno evidenciado nas figuras 1 e 2?
- b) Qual é o hormônio vegetal envolvido no fenômeno em questão e representado no gráfico?
- c) A partir da interpretação do gráfico, explique o fenômeno em análise.

10 PUC-SP O professor levou para a aula de Biologia seis mamões verdes. Riscou com uma faca três dos mamões e em seguida os embrulhou com jornal (lote A). Os outros três não foram riscados e nem envolvidos com jornal (lote B). Os mamões do lote A amadureceram mais rapidamente que os do lote B. Essa diferença no tempo de amadurecimento se deve à:

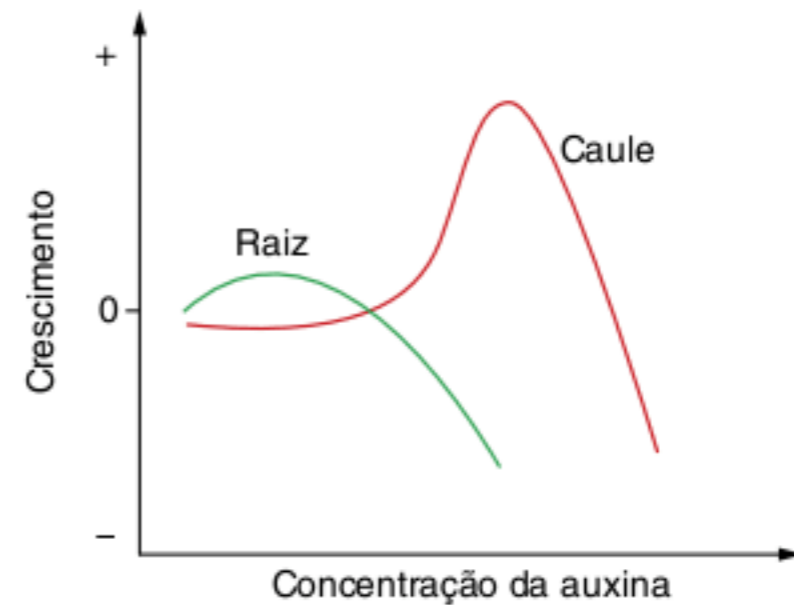
- (a) maior concentração de etileno no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.

- (b) menor concentração de etileno no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.
- (c) maior concentração de etileno no lote B, o que retarda o amadurecimento dos frutos.
- (d) maior concentração de auxinas no lote B, o que retarda o amadurecimento dos frutos.
- (e) maior concentração de auxinas no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.

11 UFPI Auxinas são:

- (a) hormônios vegetais que controlam o desenvolvimento de frutos.
- (b) proteínas contráteis encontradas em células animais.
- (c) hormônios animais responsáveis pelos caracteres sexuais secundários.
- (d) estruturas epidérmicas que controlam a entrada e saída de gases da planta.
- (e) mediadores químicos das sinapses nervosas.

12 UFSCar 2008 O crescimento das raízes e dos caules das plantas é devido à ação de hormônios vegetais, dentre eles, as auxinas. Esse crescimento se deve ao alongamento das células sob a ação desses fitormônios. O gráfico mostra o que ocorre com a raiz e o caule em relação a diferentes concentrações de auxina.



A análise do gráfico mostra que:

- (a) as células das raízes e caules respondem igualmente às concentrações de auxina.
- (b) a mesma concentração de auxina promove o máximo crescimento das raízes e dos caules.
- (c) o crescimento, tanto das raízes como dos caules, é diretamente proporcional às concentrações crescentes de auxina.
- (d) concentrações elevadas de auxina que promovem o crescimento do caule são inibidoras do crescimento das raízes.
- (e) a concentração de auxina em que se observa maior crescimento do caule é menor do que aquela em que se observa maior crescimento da raiz.

TEXTOS COMPLEMENTARES

A descoberta das auxinas e das giberelinas

Na década de 1920, foram descobertas independentemente as auxinas e as giberelinas, por Went e Kurosawa, respectivamente.

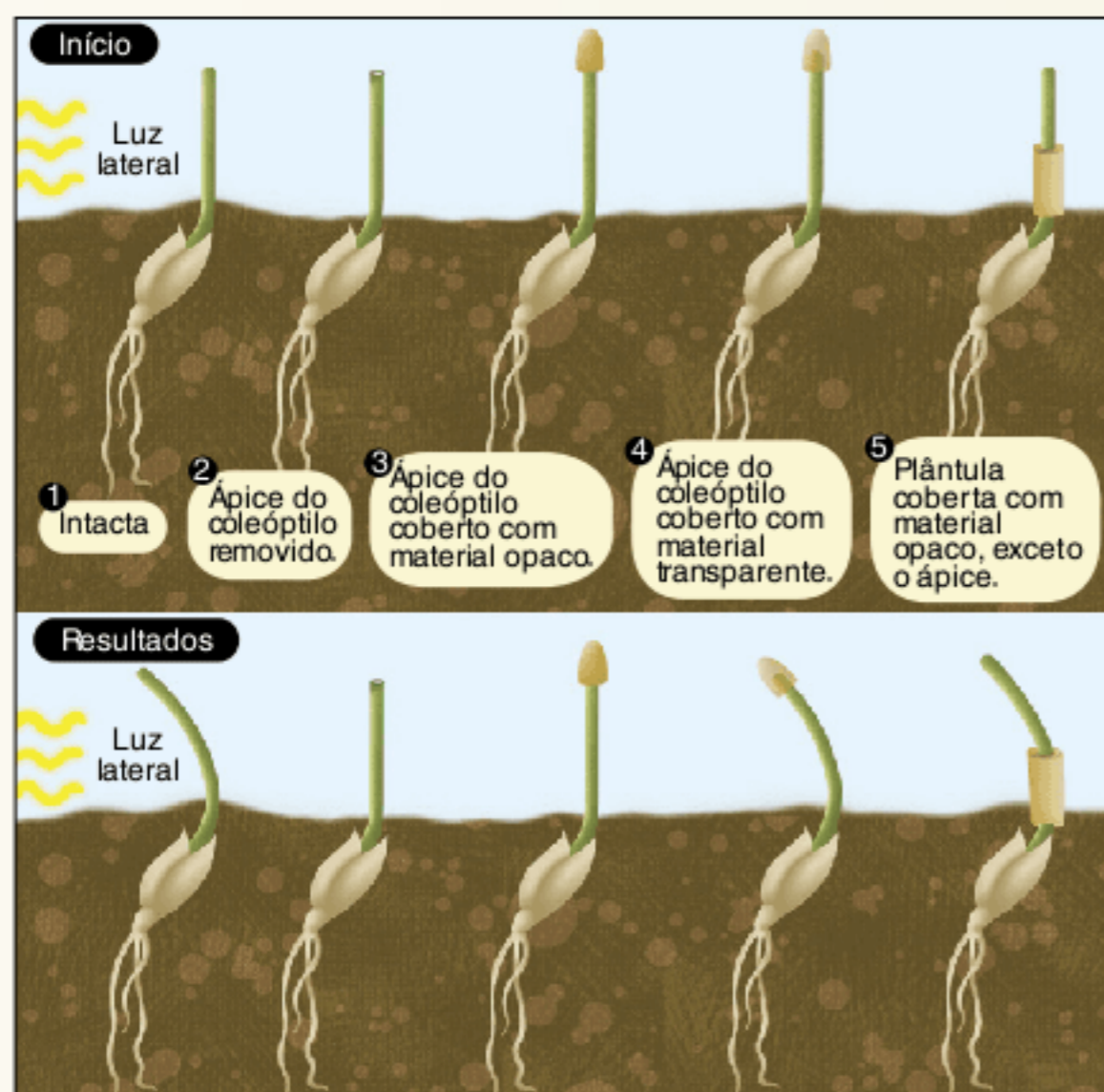
O trabalho de Went

O holandês Fritz Went trabalhava com **coleóptilos de aveia**. Coleóptilo é um tubo de alguns centímetros formado na germinação de uma gramínea e apresenta crescimento bastante rápido.



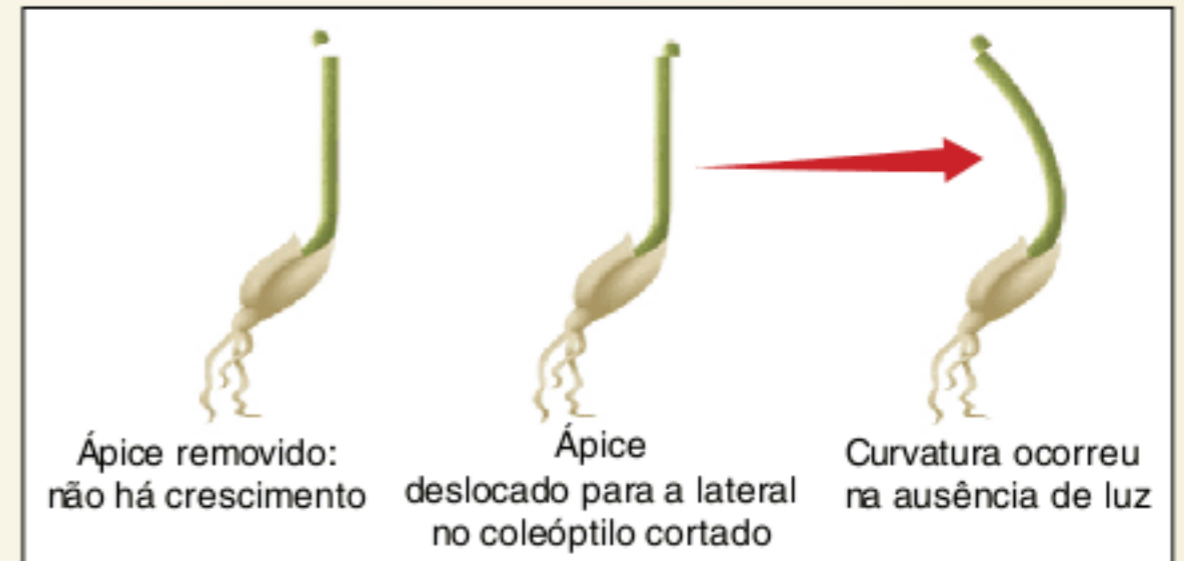
Estrutura de um coleóptilo.

Charles Darwin já havia trabalhado com coleóptilos de aveia em meados de 1880 e escreveu um livro sobre movimentos vegetais (*The Power of Movement in Plants – O poder do movimento em plantas*, em português). Darwin compreendeu que o ápice do coleóptilo era sensível à luz e, quando exposto à luz lateral, determinava a curvatura da planta na sua direção. No entanto, Darwin não tinha concluído a natureza exata dessa sensibilidade do ápice do coleóptilo à luz.



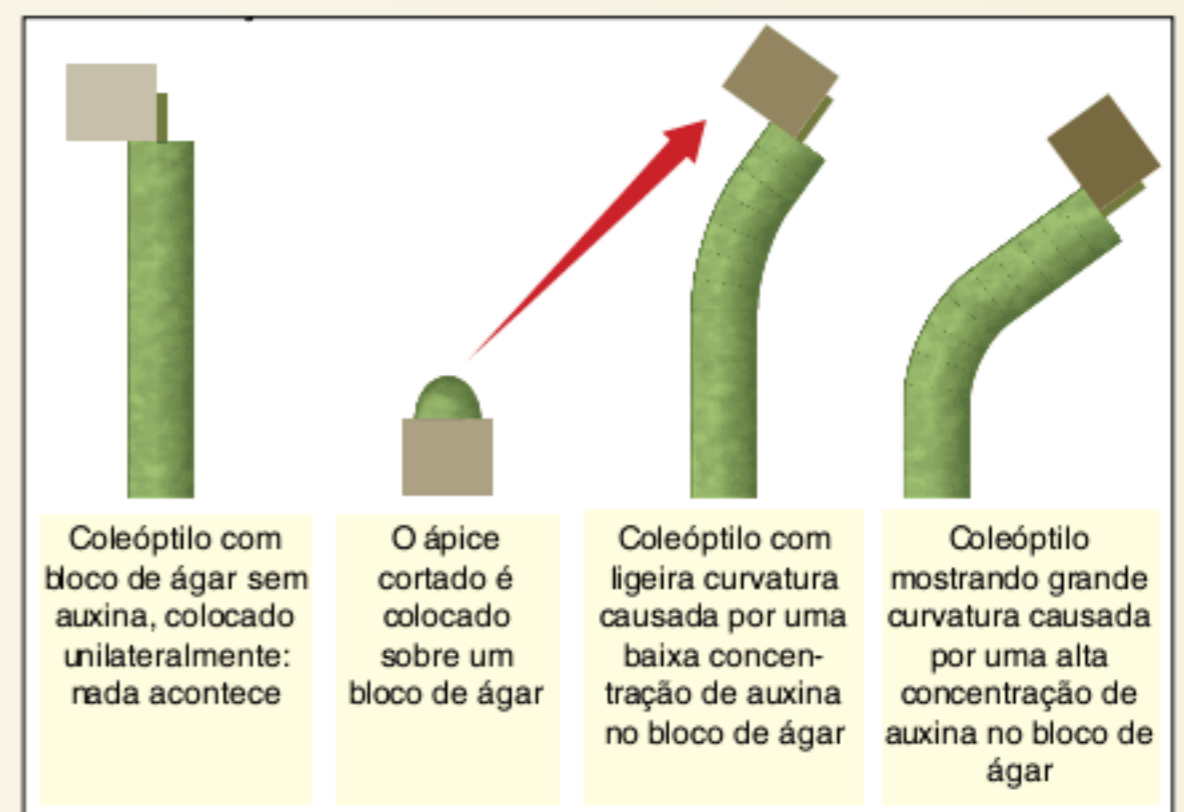
Experimentos de Darwin.

Went realizou um experimento pelo qual estabeleceu a natureza química da resposta dos coleóptilos ao estímulo luminoso.



Experimentos de Went.

Para determinar a maneira pela qual o ápice provocava o crescimento, Went cortou vários coleóptilos e deixou seus ápices sobre um bloco de ágar. Depois colocou um pedaço desse ágar na extremidade de um coleóptilo seccionado; o bloco foi deslocado para uma das laterais e o resultado foi o crescimento acentuado dessa parte da planta, que se encurvou para o lado oposto. Com isso, Went concluiu que o ápice produz uma **substância indutora de crescimento** (um hormônio), que se difundiu para o ágar e deste para o coleóptilo, provocando seu crescimento. Essa substância foi denominada **auxina**, que em grego significa “crescer”.

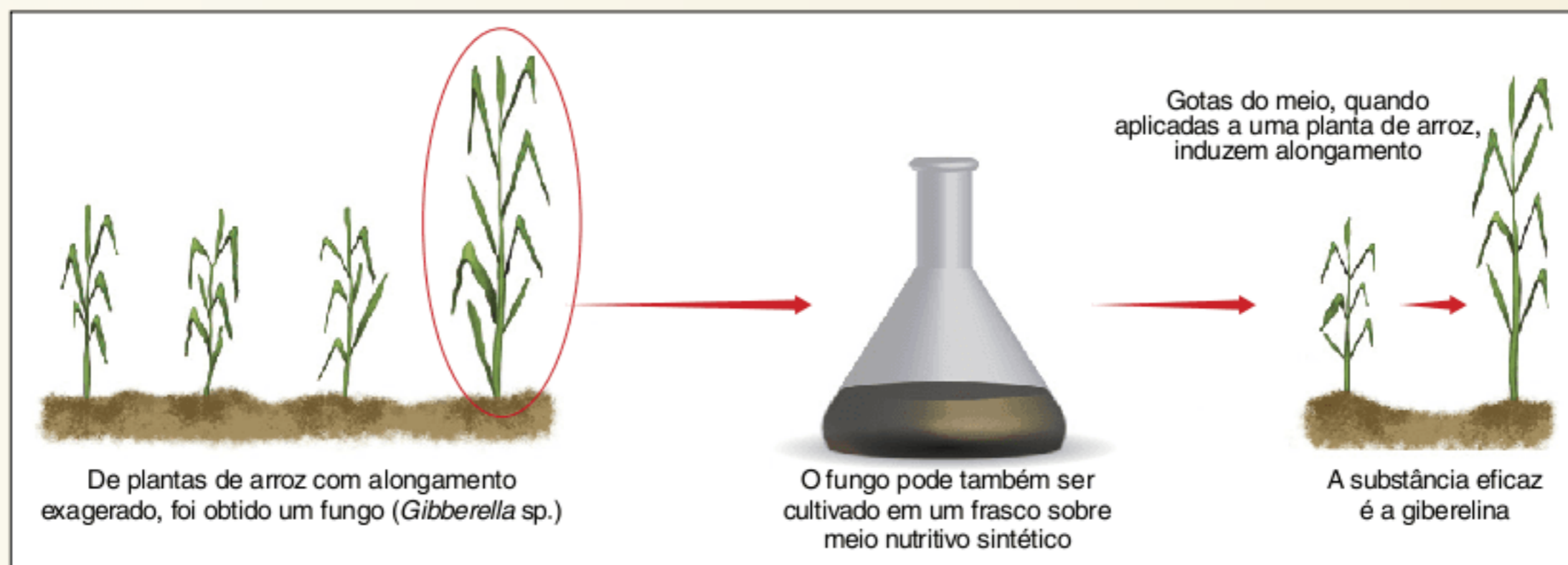


Atuação da auxina como indutor de crescimento.

O trabalho de Kurosawa

Outra descoberta importante ocorreu no início do século passado, quando muitos agricultores japoneses enfrentavam um problema em plantações de arroz. Algumas das plantas apresentavam crescimento exagerado e ficavam mais frágeis, dobrando e quebrando-se com o vento: acabavam morrendo. O cientista japonês E. Kurosawa investigou o problema e descobriu que as plantas com crescimento anormal estavam sendo atacadas pelo fungo *Gibberella fujikuroi*. Para comprovar, Kurosawa cultivou esse fungo em laboratório e depois transferiu o meio de cultura

para pés de arroz normais: observou que essas plantas realmente passaram a crescer exageradamente. Com isso, o cientista concluiu que o fungo liberava uma **substância química indutora de crescimento**. Era um hormônio de crescimento, que recebeu a denominação de **giberelina**. Posteriormente, outros cientistas descobriram que as plantas produzem giberelinas (ácido giberélico) naturalmente e que esse hormônio tem importante papel no desenvolvimento vegetal.



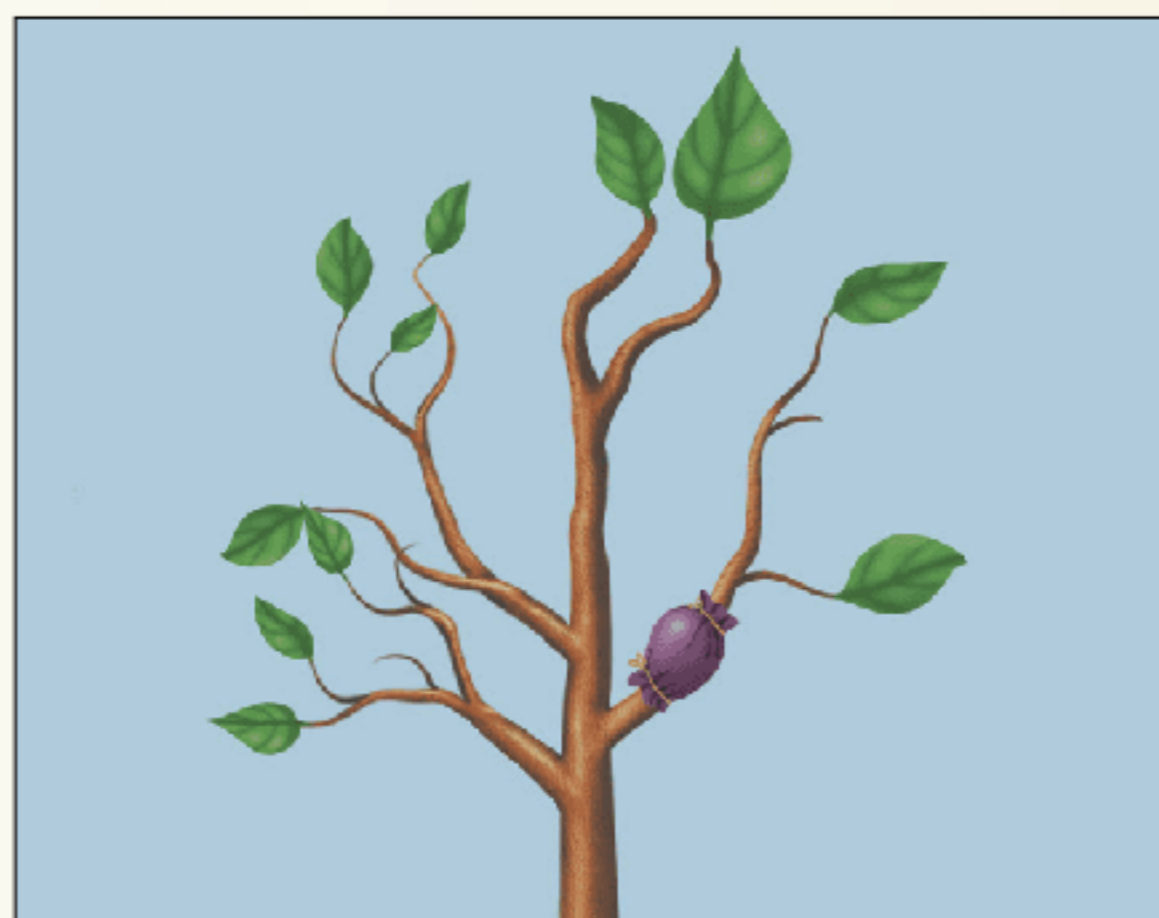
Experimento de Kurosawa com giberelina.

Técnicas de reprodução assexuada em plantas

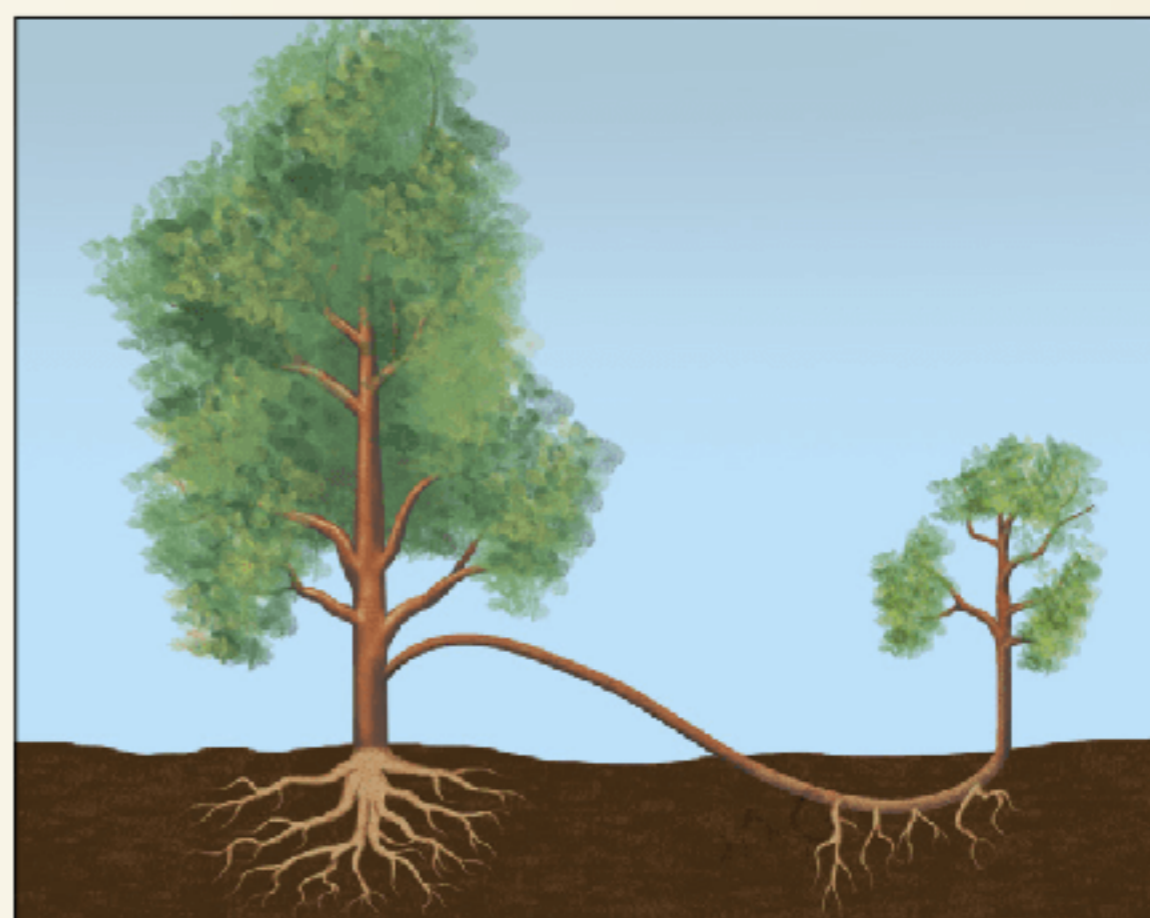
Há muitas técnicas agrícolas de **propagação vegetativa de plantas**, realizadas por meio de processos assexuados. Isso permite obter plantas geneticamente idênticas à planta-mãe, conservando características que se deseja preservar na descendência. Outra vantagem desse tipo de procedimento é a rapidez do processo, capaz de gerar muitos descendentes em um curto intervalo de tempo. Por outro lado, esses processos não geram variabilidade e produzem uma descendência que pode ser mais vulnerável ao ataque de pragas. Há quatro processos principais de propagação vegetativa: **estaquia**, **alporquia**, **mergulhia** e **enxertia**. A estaquia já foi discutida na formação de raízes adventícias, com o emprego de auxinas.

A **alporquia** consiste em envolver um ramo de planta com um plástico contendo terra. Com o tempo, ocorre a formação de raízes adventícias originadas do ramo. Quando isso acontecer, o ramo é cortado e plantado no solo, dando origem a uma nova planta.

A **mergulhia** é um processo em que um ramo flexível de uma planta é encurvado, ficando com uma parte dentro do solo e sua extremidade emergindo da terra. Com o tempo, haverá a formação de raízes adventícias na parte do ramo que ficou dentro da terra. Faz-se então um corte, separando o ramo da planta-mãe; o ramo passa a constituir um novo indivíduo.



Alporquia.



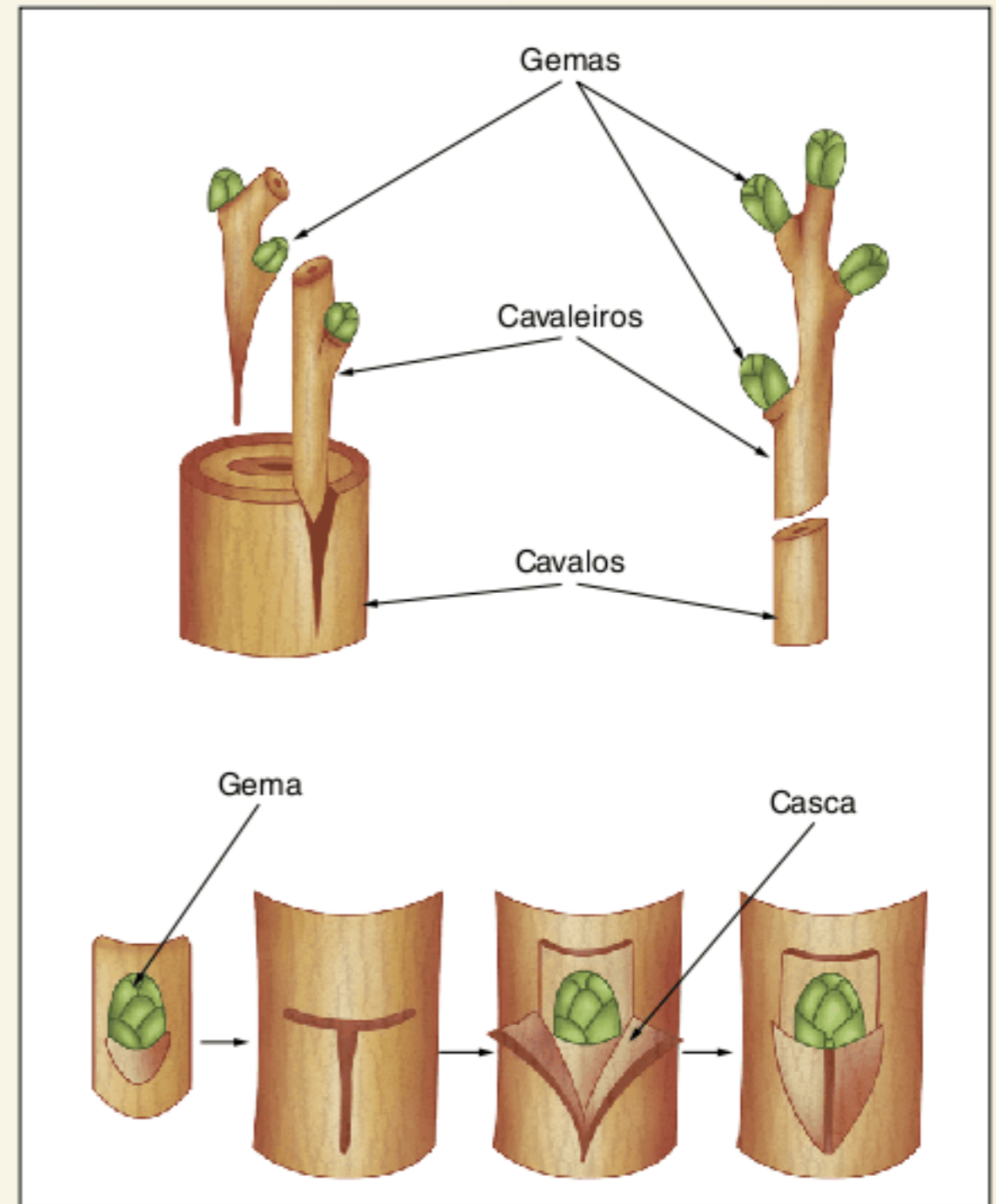
Mergulhia.

A **enxertia** consiste em juntar duas plantas diferentes em uma só, e pode ser utilizada para gerar mudas de espécies de difícil reprodução ou para aproveitar características das duas espécies. Nesse processo, uma planta é denominada “**cavalo**” e a outra corresponde ao “**cavaleiro**”.

Um caso famoso é o que se emprega como cavalo o limão-bravo e como cavaleiro a laranja-da-baía. Aproveitam-se as raízes e o caule do cavalo, sendo enxertadas partes do cavaleiro, como ramos ou gemas. Um dos ramos do cavaleiro pode ser cortado e inserido no caule do cavalo, que foi previamente cortado de maneira adequada para ocorrer um ajuste entre as duas plantas. O conjunto é amarrado e com o tempo estabelece-se o fluxo de seiva entre os vasos condutores das duas plantas.

Outra forma de enxertia é realizada quando gemas laterais retiradas do cavaleiro são inseridas em uma parte do caule do cavalo, cuja casca foi levantada para abrigar a gema; posteriormente, a casca é colocada em sua posição inicial, recobrendo a gema enxertada. Com o tempo, a gema cresce e origina um ramo de cavaleiro.

Com a enxertia, formam-se flores e depois frutos com as características do cavaleiro (frutos de laranja-da-baía, no caso citado); o cavalo contribui com um sistema radicular eficiente e resistente a fatores de risco, como pragas presentes na região. No entanto, o processo de enxertia não corresponde a uma fusão de material genético entre as duas plantas envolvidas.



Enxertia realizada com galhos e com gemas.

Compensação indesejada

Mais um efeito danoso do aumento da poluição acaba de ser destacado em um novo estudo. A pesquisa indica que, à medida que aumentam os níveis de dióxido de carbono, as plantas se tornam mais vulneráveis ao ataque de insetos

Segundo pesquisa desenvolvida por cientistas argentinos e norte-americanos, a elevação do dióxido de carbono afeta um componente importante no sistema de defesa das plantas. Os autores ressaltam que a combinação entre deflorestamento e queima de combustíveis fósseis promoveu grande aumento nos níveis de dióxido de carbono desde a segunda metade do século 18.

Antes da Revolução Industrial, por pelo menos 600 mil anos e provavelmente por muitos milhões de anos mais, as concentrações de CO₂ na atmosfera eram de 280 partes por milhão. Atualmente, essas concentrações estão em cerca de 380 partes por milhão, segundo o chefe do Departamento de Biologia de Plantas da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign e um dos autores do estudo; juntamente com pesquisadores da Faculdade de Agronomia da Universidade de Buenos Aires.

O autor lembra que as atuais previsões são de que os níveis de CO₂ chegarão a 550 partes por milhão até 2050 – ou até antes, dependendo da aceleração da industrialização de países em desenvolvimento, como China e Índia.

Para a obtenção dos resultados, o estudo usou as instalações do Soybean Free Air Concentration Enrichment, em Illinois, espécie de laboratório ao ar livre que permite expor plantas a diferentes níveis de dióxido de carbono ou ozônio sem ter que isolá-las de

outras influências ambientais, como chuva, luz solar ou insetos.

Sabe-se que níveis atmosféricos elevados de CO₂ contribuem para acelerar a taxa de fotossíntese e aumentar a proporção de carboidratos relacionados ao nitrogênio nas folhas, ou seja, em teoria, estimulariam um maior crescimento nas plantas. O problema é que a alteração da proporção normal entre carbono e nitrogênio faz com que os insetos comam mais folhas. No estudo, feito em soja, as plantas na área de teste exibiram mais sinais de danos causados por diversas espécies de insetos em suas folhas do que em outras áreas.

Os pesquisadores verificaram ainda que insetos que parasitavam plantas de soja submetidas a maiores níveis de dióxido de carbono viveram mais e, como consequência, se reproduziram mais. O mesmo não ocorreu com insetos submetidos à dieta com mais açúcar, usados pelos autores como comparação.

O grupo responsável pelo estudo voltou a atenção para os caminhos de sinalização hormonal das plantas, especialmente para os componentes químicos específicos que elas produzem para evitar o ataque de insetos.

Quando insetos comem folhas, algumas plantas como a soja produzem ácido jasmônico, um hormônio que inicia uma cadeia de reações químicas nas folhas que aumenta a sua capacidade de defesa. Normalmente, essa sequência de efeitos leva à produção de altos níveis de um composto chamado de inibidor de protease, uma enzima que, ao ser ingerida por um inseto, inibe a sua capacidade de digerir folhas.

“Descobrimos que as folhas que crescem sob altos níveis de CO₂ perdem a capacidade de produzir ácido jasmônico. O caminho de seu sistema defensivo se desliga e as folhas não conseguem mais se defender adequadamente”, disse o autor.

“Os resultados indicam que eventuais aumentos na produtividade da soja devido à elevação dos níveis de CO₂ podem ser

reduzidos pelo aumento à suscetibilidade a pragas”, destacaram os autores no artigo.

[...]

Agência FAPESP, 25 mar 2008. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/8602>>. (Adapt.).

RESUMINDO

O desenvolvimento dos vegetais é determinado por fatores como a sua **carga genética** e as **condições ambientais**, bem como por **hormônios**, substâncias essas que controlam inúmeros processos do desenvolvimento e respostas fisiológicas das plantas.

Hormônios de crescimento

O crescimento é verificado em diversos momentos da vida de uma planta: na **germinação da semente**, no **crescimento do caule**, da **raiz** e dos **ramos** e no **do ovário**. O crescimento é determinado por mitoses e pelo aumento do volume das células (processo de **distensão** ou **alongação**). Alguns hormônios estão envolvidos no processo de crescimento das plantas, entre eles:

- **Citocinina**: sua produção ocorre no **meristema da extremidade da raiz** e é distribuída pelo vegetal através do xilema. É responsável pelo **estímulo das mitoses**, o que contribui com o desenvolvimento dos meristemas primários. Assim, há estímulo para o **crescimento longitudinal do caule** (agindo na gema apical), dos **ramos** (agindo nas gemas laterais) e das próprias **raízes**. É também responsável pela conversão de gemas em flores, de ovários em frutos e pelo retardo do processo de envelhecimento (senescência) das folhas.
- **Giberelina**: produzida em **gemas ativas** e em **sementes**. Promove a **distensão celular** (estimulando o **crescimento de raízes, caules** e suas **ramificações**), a **germinação de sementes** e o **desenvolvimento do fruto** originado do ovário. Durante a germinação, o embrião produz giberelina, que estimula a camada de aleurona (camada de células da periferia do endosperma) a produzir amilase; essa enzima hidrolisa o amido acumulado na semente. Dessa maneira, há fornecimento de carboidratos e, conseqüentemente, energia para o embrião, necessários para a germinação.
- **Auxina**: é produzida por **embriões de sementes** e por **gemas ativas**. Estimula a **distensão celular**. Há dois tipos de auxinas: **natural** e **sintética**.
 - Na sua forma **natural**, é também chamada de **ácido indolacético (AIA)** e é produzida após a fecundação. Com o desenvolvimento da semente, cessa a produção de AIA, que será produzido novamente quando é iniciada a germinação. Diz-se que o transporte de auxina é **polarizado**, pois o AIA produzido na **gema apical ativa** do caule é transportado em direção ao ápice da raiz, com diminuição da concentração desse hormônio nesse percurso. Dessa maneira, as gemas laterais mais próximas ao ápice do

caule recebem auxina em maior concentração do que as gemas situadas mais distantes do ápice.

- Na sua forma **sintética**, são encontrados vários tipos, chamados de reguladores de crescimento. Como exemplos podem ser citados o **2,4D (glifosato)** e o **ANA**.

As diferentes partes da planta têm níveis distintos de sensibilidade à auxina:

- **Ápice do caule**: é pouco sensível (estimulada por elevadas concentrações do hormônio).
- **Gemas laterais**: têm sensibilidade média (estimuladas por concentrações intermediárias).
- **Extremidade da raiz**: é muito sensível (estimulada por pequenas concentrações).

As auxinas têm grande importância prática, destacando-se os seguintes aspectos:

- **Dominância apical**: a concentração de auxina elevada na gema apical causa **inibição das gemas laterais**.
- **Efeito herbicida**: o glifosato (2,4D) é componente de um herbicida que, quando aplicado em alta concentração sobre uma erva invasora, provoca sua morte. É utilizado no controle seletivo de ervas daninhas (**dicotiledôneas**). Em geral, as **monocotiledôneas** são geneticamente resistentes a esse produto. Os herbicidas atuam como **mimetizadores de auxinas**.
- **Formação de raízes adventícias**: estimula a formação de maior quantidade de raízes adventícias.
- **Formação de frutos sem sementes (partenocárpicos)**: a auxina estimula o desenvolvimento do ovário; caso não ocorra fecundação, forma-se um fruto sem sementes.
- **Abscisão de folhas e de frutos**: redução na concentração de auxinas na folha senescente em relação à concentração de auxina presente no caule ocasiona queda foliar, ou abscisão. Esse processo acontece com a formação de um **tecido meristemático** no pecíolo cujas células não estão firmemente unidas. O mesmo processo de abscisão ocorre com o fruto quando este está maduro.

Hormônio de redução da atividade metabólica

- **Ácido abscísico**: também chamado de **ABA**, é produzido em **alguns parênquimas** (como o de folhas e o de frutos). Tem como função **promover redução de atividade metabólica**; nos frutos, impede a **germinação das sementes**. A lavagem das sementes

retira o hormônio da sua superfície, permitindo o seu desenvolvimento. Nas folhas, a produção de ABA acontece em condições de escassez de água, o que reduz a atividade metabólica das células da folha e provoca o **fechamento dos estômatos**.

Hormônio de maturação

- **Etileno:** corresponde ao **gás eteno** (C_2H_4) e é formado no fruto anteriormente ao amadurecimento, atuando nesse processo. O etileno estimula a degradação de clorofila (e síntese de outros pigmentos) e a degradação de amido (e formação

de glicose e frutose), até o amadurecimento completo, o que confere ao fruto colorações diferenciadas e sabor mais adocicado, tornando-o mais atrativo e saboroso para muitos animais que realizam a dispersão de sementes. O gás eteno é liberado no ar pelo fruto, podendo estimular o amadurecimento de outros frutos.

Esse hormônio provoca também a aceleração no processo de **senescência** de folhas, que diminuem a produção de AIA; isso desencadeia a abscisão da folha. Há plantas cuja floração é estimulada pela presença de etileno.

■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Câncer em plantas. Colunista mostra como surgem os tecidos tumorais em vegetais, também chamados de galhas. <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/por-dentro-das-celulas/cancer-em-plantas/?searchterm=vegetais>>.

Exercícios complementares

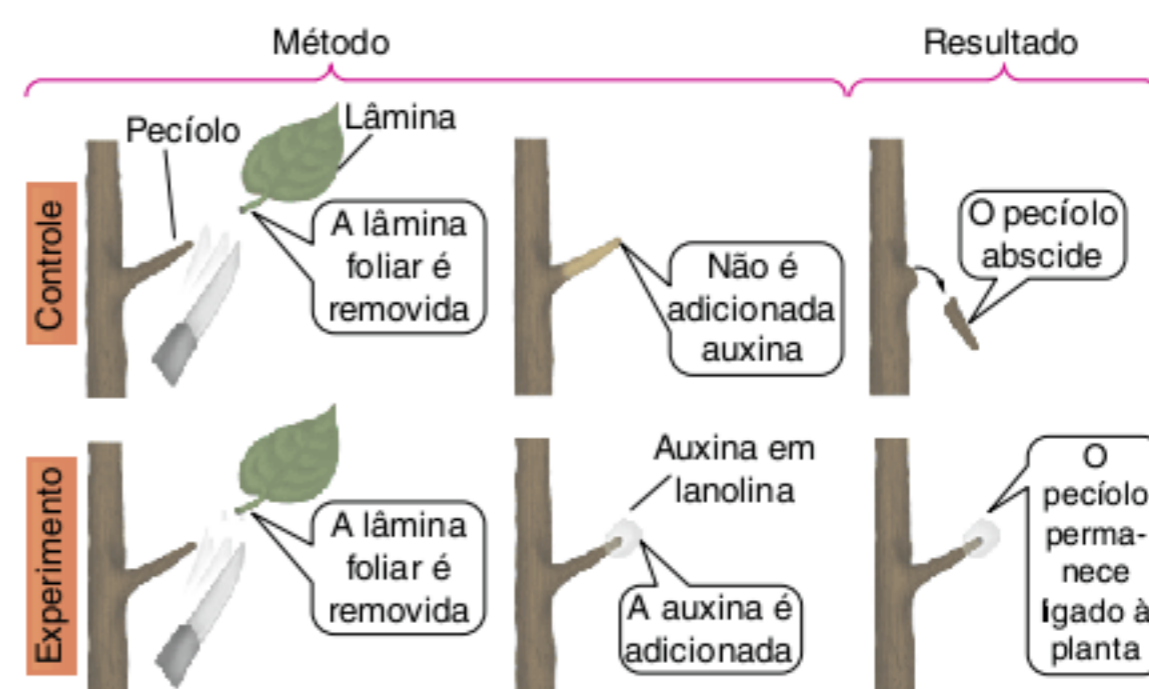
1 UFRJ As flores não polinizadas que são pulverizadas com os hormônios auxinas e giberelinas podem produzir frutos sem sementes (partenocárpicos), como, por exemplo, as uvas sem sementes.

- Identifique a estrutura da flor sobre a qual esses hormônios atuam.
- Explique por que a pulverização com auxinas e giberelinas pode levar à formação de frutos sem sementes.

2 PUC-MG 2006 Por meio de estudos com cultura de tecidos em plantas, os botânicos descobriram substâncias com grande poder de estimular a divisão celular em tecidos vegetais. Essas substâncias foram denominadas citocininas. As citocininas formam-se primeiramente nas raízes e movem-se para outras partes da planta. São efeitos das citocininas, exceto:

- estimular o crescimento de gemas laterais, que se transformam em ramos.
- estimular o processo de senescência de folhas, acelerando a abscisão foliar.
- aumentar a expansão de pedaços cortados de folha.
- provocar a germinação de certas sementes que exigem luz quando essas são mantidas no escuro constante.

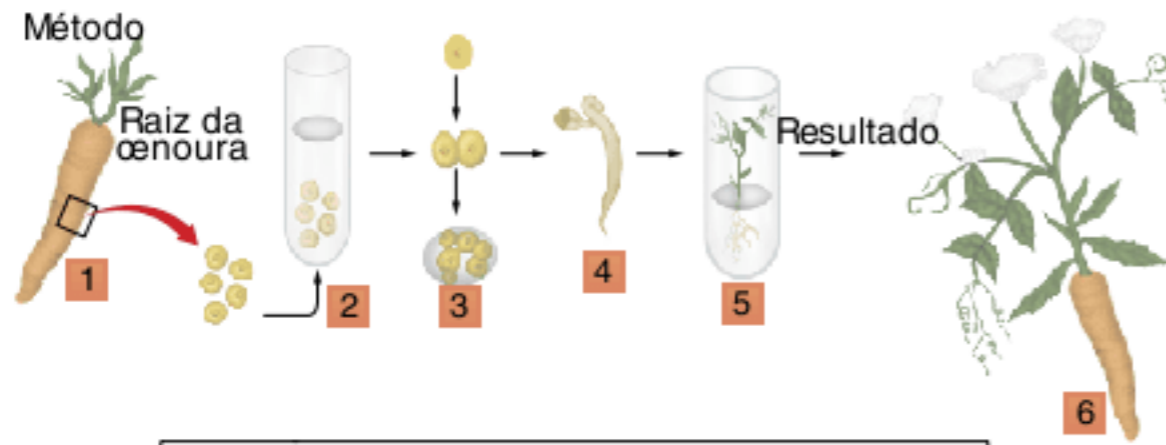
3 PUC-MG 2005 O experimento a seguir mostra a ação de fitormônio que ocorre nos vegetais.



Analisando o experimento de acordo com seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- a auxina é substância inibidora da fotossíntese.
- a produção de hormônio que evita a abscisão é produzida na folha.
- quanto mais velha é a folha, maior será a produção de auxina em sua superfície.
- apenas plantas decíduas são capazes de produzir auxina nas folhas jovens.

4 PUC-MG 2005 O experimento mostra a produção de nova planta a partir da retirada de células somáticas da raiz de cenoura.



Legenda

- 1 - Aglomerados de células diferenciadas são removidas da raiz.
- 2 - As células diferenciadas são cultivadas em um meio nutricional e se desdiferenciam; células individuais se separam.
- 3 - As células individuais se dividem...
- 4 - ...e um embrião se desenvolve.
- 5 - O embrião é plantado em um tubo de ensaio como meio de cultivo.
- 6 - Uma nova planta é produzida.

É correto afirmar, exceto:

- (a) A célula diferenciada da raiz de cenoura contém o genoma inteiro da cenoura.
- (b) A nova planta produzida é um clone da inicial.
- (c) As células diferenciadas da raiz de cenoura ainda guardam o poder de ser totipotentes.
- (d) O poder de desdiferenciar que ocorre durante o experimento é resultado da recombinação gênica.

5 UEG 2005 Os hormônios vegetais controlam o crescimento e o desenvolvimento das plantas ao interferir na divisão, no alongamento e na diferenciação das células. A remoção da gema apical de uma planta promove o desenvolvimento das gemas laterais.

Sobre esse assunto, faça o que se pede.

- a) Qual o fenômeno responsável pela inibição do desenvolvimento das gemas laterais causada pela presença da gema apical?
- b) Qual o hormônio vegetal envolvido nessa inibição?

6 UFG 2006 O proprietário de um viveiro de plantas deseja incrementar seu lucro com o aumento da produção de mudas provenientes de brotação. Para tanto, solicitou a orientação de um especialista que recomendou o tratamento com o hormônio vegetal:

- (a) ácido abscísico, para propiciar o fechamento estomático.
- (b) auxina, para promover o enraizamento de estacas.
- (c) citocinina, para estimular a germinação.
- (d) etileno, para intensificar a maturação dos frutos.
- (e) giberelina, para induzir a partenocarpia.

7 Uerj 2006 Fitormônios são substâncias que desempenham importantes funções na regulação do metabolismo vegetal. Os frutos sem sementes, denominados partenocárpico, por exemplo, são produzidos artificialmente por meio da aplicação dos fitormônios denominados auxinas.

- a) Descreva a atuação das auxinas na produção artificial de frutos sem sementes.
- b) Cite um fitormônio que influencie o mecanismo iônico de abertura e fechamento dos estômatos foliares e explique sua atuação nesse mecanismo.

8 Fatec 2006 Um pesquisador, a fim de demonstrar a influência de hormônios no crescimento vegetal, realizou uma experiência com plantas de mandioca tratadas com diferentes concentrações de soluções aquosas de auxinas A e B. Os resultados obtidos estão representados na tabela a seguir.

Condições da experiência	Crescimento da raiz	Crescimento do caule
Somente com água	•	•
Concentração baixa de auxina A	+	•
Concentração baixa de auxina B	•	•
Concentração alta de auxina A	-	+
Concentração alta de auxina B	•	-

Legenda:

Crescimento	Sinal
acelerado	+
lento	-
normal	•

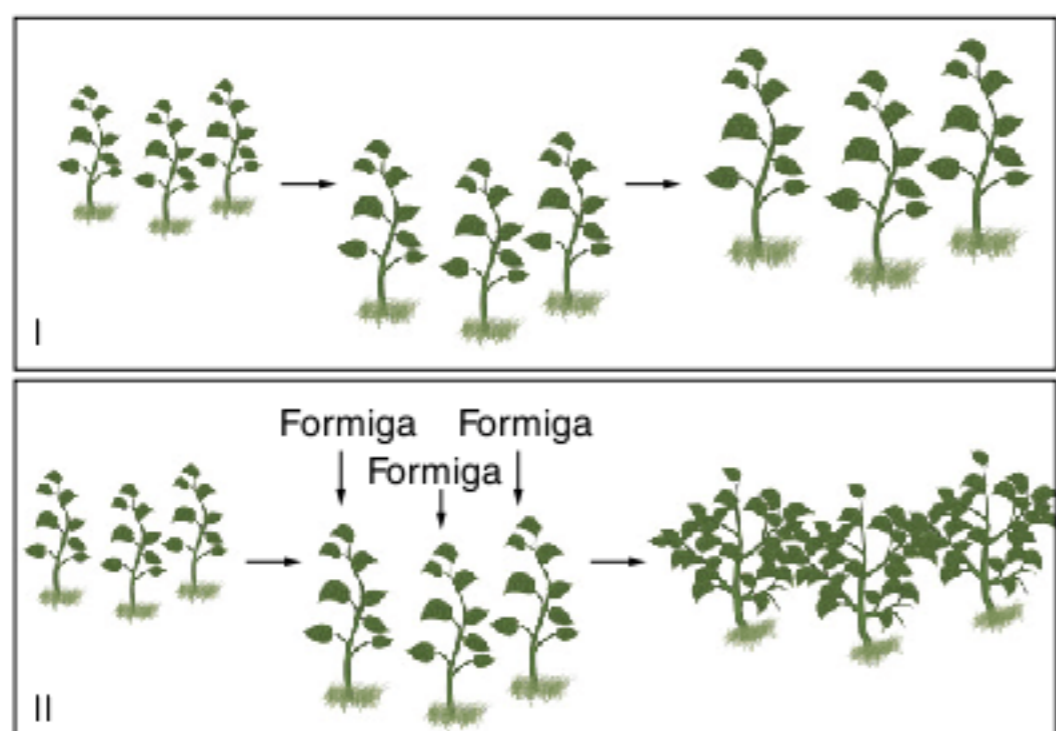
Observando os resultados, o pesquisador chegou à seguinte conclusão:

- (a) o efeito das auxinas A e B depende do órgão em que atuam.
- (b) a ação da auxina é diretamente proporcional à concentração de auxina usada.
- (c) a ação da auxina depende da espécie vegetal considerada na experiência.
- (d) os resultados obtidos independem do tipo de auxina utilizada.
- (e) os resultados obtidos com a auxina B são os mesmos que foram obtidos apenas com água.

9 UFJF 2006 O malte, um dos componentes mais importantes na fabricação da cerveja, é produzido durante o processo de germinação das sementes de cevada. Qual hormônio vegetal pode interferir diretamente no rendimento do processo de produção do malte?

- (a) Auxina.
- (b) Citocinina.
- (c) Giberelina.
- (d) Etileno.
- (e) Ácido abscísico.

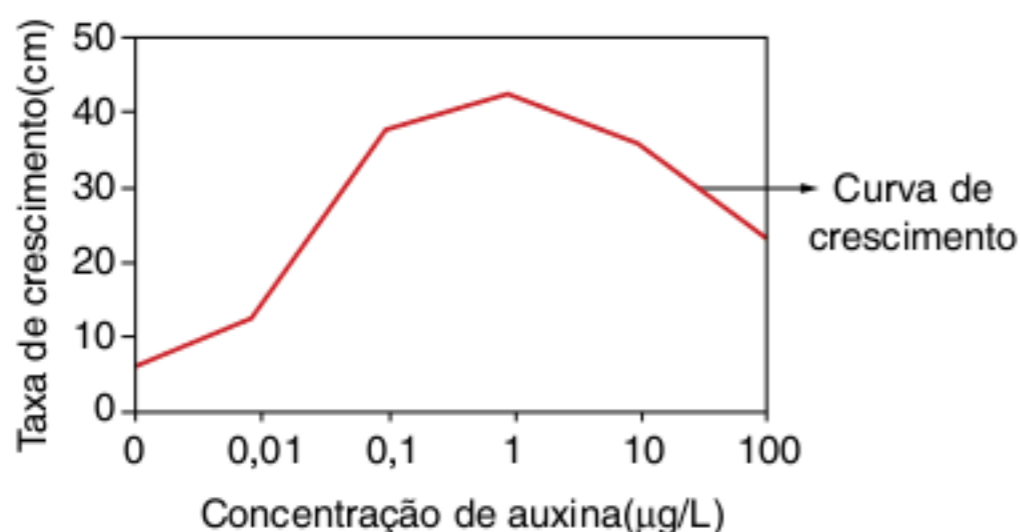
10 UFMG 2006 Analise os esquemas I e II, em que estão representadas diferentes situações de crescimento de uma mesma espécie vegetal.



A partir dessa análise, é correto afirmar que a mudança observada nas plantas do esquema II decorre de:

- (a) redirecionamento dos hormônios de crescimento.
- (b) aumento da concentração dos hormônios de dormência.
- (c) estimulação dos hormônios de envelhecimento.
- (d) produção de hormônios de amadurecimento.

11 UFSC 2006 Os vegetais possuem seu crescimento influenciado por substâncias denominadas fitormônios, ou hormônios vegetais. Entre essas substâncias destacamos as auxinas. O gráfico a seguir representa a curva de crescimento (em centímetros) de plantas que receberam concentrações diferentes (em microgramas por litro) de uma determinada auxina.

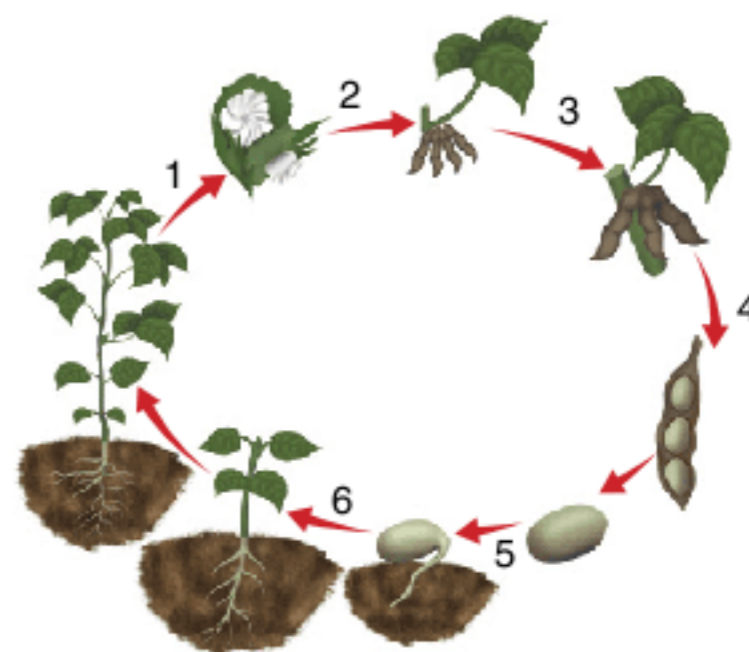


Pela análise do gráfico, é correto afirmar que:

- 01 quanto maior a concentração do hormônio, maior será o desenvolvimento vegetal.
- 02 acima da concentração 1 µg/L, há acentuado crescimento vegetal.
- 04 concentrações entre 0,1 µg/L e cem vezes esta concentração são consideradas ideais para quem quiser obter plantas em torno de 40 cm.
- 08 0,01 µg/L é a concentração em que ocorre melhor desenvolvimento do vegetal.
- 16 um centésimo de 1 µg/L dessa auxina é suficiente para fazer com que o vegetal atinja pouco mais de 20 centímetros.
- 32 o conhecimento das concentrações ótimas das auxinas é valioso na produção de espécies vegetais comercialmente vantajosas.

Soma =

12 UFPE 2006 Analise as proposições a seguir, que correlacionam certos fitormônios a diferentes fases do desenvolvimento de um vegetal, como ilustrado na figura.



- A floração (1) é estimulada por giberelinas, como o ácido giberélico.
- A planta libera o etileno, que atua, principalmente, no crescimento de frutos (2 e 3) e na indução de partenocarpia.
- O ácido abscísico é importante na determinação da dormência de sementes (4) e de gemas.
- As giberelinas têm, como função, entre outras, a quebra da dormência de sementes (5) e de gemas.
- As sementes em desenvolvimento (6) produzem auxinas, fitormônios que promovem o crescimento e a distensão celular.

13 FGV 2007 Uma muda de laranjeira crescia vistosa no quintal da casa. Contudo, uma das folhas fora seriamente danificada por insetos que dela se alimentaram. Restou não mais que um quarto da folha original, presa a um ramo com inúmeras folhas íntegras.

Considerando a ação do hormônio auxina na abscisão foliar, espera-se que a folha danificada:

- (a) desprenda-se do galho em razão de a lesão induzir uma maior produção de auxina. Concentrações elevadas de auxina na folha danificada, em relação à concentração no ramo, determinarão a abscisão foliar.
- (b) desprenda-se do galho em razão de a lesão reduzir a produção de auxina. Concentrações mais baixas de auxina na folha danificada, em relação à concentração no ramo, determinarão a abscisão foliar.
- (c) permaneça presa ao ramo em razão de a lesão reduzir a produção de auxina. Concentrações mais baixas de auxina na folha danificada, em relação à concentração no ramo, inibem a formação da zona de abscisão.
- (d) permaneça presa ao ramo em razão de a lesão induzir uma maior produção de auxina. Concentrações elevadas de auxina na folha danificada, em relação à concentração no ramo, inibem a formação da zona de abscisão.
- (e) permaneça presa ao ramo em razão de a auxina produzida pelas folhas íntegras ser levada pelos vasos condutores até o pecíolo da folha danificada, favorecendo a formação da zona de abscisão.

20

FRENTE 2

Movimentos vegetais e fotoperiodismo

RUBENS/IMMEDIA COMMONS



A queda das folhas e a floração são fenômenos que ocorrem com grande regularidade em algumas plantas, como as paineiras. Essas mudanças periódicas são reguladas pelas estações do ano.

Movimentos vegetais

Plantas e algas apresentam movimentos em algumas de suas estruturas. Esses movimentos podem ser desencadeados por estímulos ambientais e permitem que o organismo se adapte de acordo com determinada situação. Dentre os movimentos vegetais, podem ser citadas a **natação do anterozoide** de uma samambaia em direção à oosfera – relacionada ao processo de reprodução, que assegura a continuidade da espécie – e a **inclinação de uma planta em direção à luz** – que possibilita maior eficácia na realização de fotossíntese.

Há três tipos fundamentais de movimentos vegetais: **tactismo**, **tropismo** e **natismo**, os quais serão analisados a seguir.

Tactismo

Tactismo corresponde ao **deslocamento do organismo (ou de alguma estrutura) em meio líquido**. É o caso do anterozoide, que nada orientado por substâncias químicas desprendidas pela oosfera; é o que se denomina **quimiotactismo**. Já quando uma alga unicelular nada em direção à luz, ocorre o chamado **fototactismo** (Fig. 1).

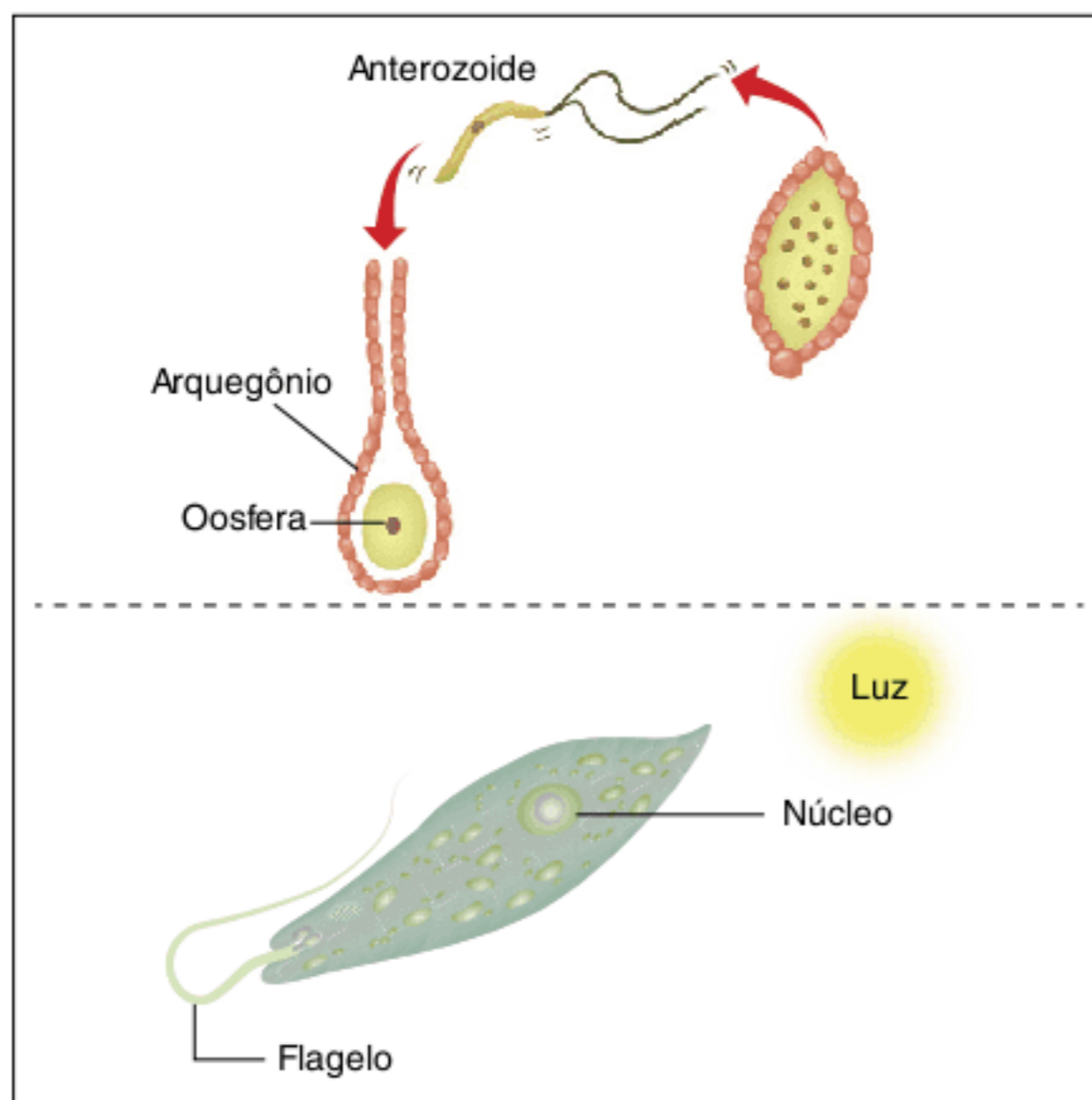


Fig. 1 Tactismos. No alto, quimiotactismo: anterozoide deslocando-se em direção à oosfera. Em baixo, fototactismo: alga deslocando-se em direção à luz.

Tropismo

Tropismo é um **movimento irreversível** que depende da origem do estímulo e que envolve o **crescimento de uma estrutura**. Há quatro tipos principais de tropismos, classificados em função do estímulo que desencadeia sua ocorrência.

• Quimiotropismo

É desencadeado por **estímulo químico**, como o que ocorre quando raízes crescem em busca de água ou de nutrientes minerais no solo. Também ocorre quando o tubo polínico cresce até o óvulo. Ele alonga-se em direção ao óvulo, estimulado por substâncias químicas, sem sofrer retração posteriormente (Fig. 2).

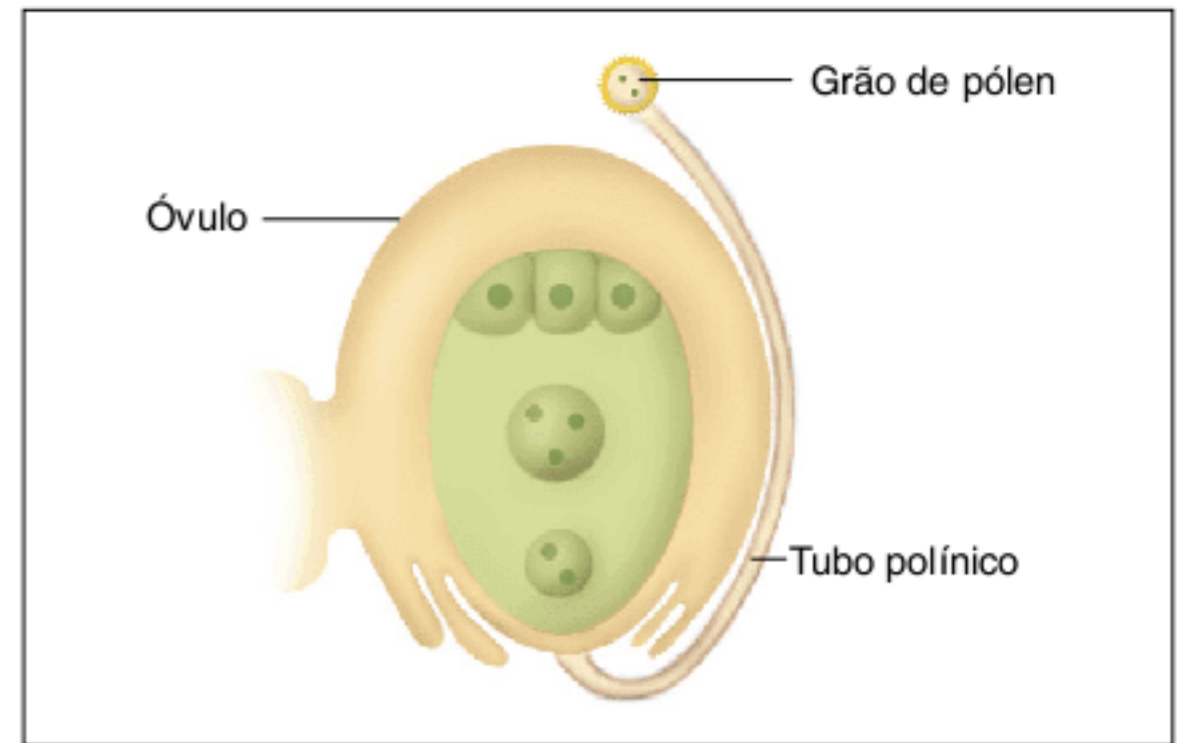


Fig. 2 Quimiotropismo: tubo polínico crescendo em direção ao óvulo.

• Tigmotropismo

É determinado por **estímulos mecânicos**, como o que ocorre em uma trepadeira, estimulada pelo contato com um suporte no qual enrola seu caule. Algumas plantas têm também gavinhas, como o maracujazeiro, a videira e o chuchuzeiro (Fig. 3); essas estruturas provenientes de folhas modificadas enrolam-se em um suporte, o que permite a sustentação da planta nele.



Fig. 3 Tigmotropismo: trepadeiras e gavinhas se enrolando em suportes.

• Gravitropismo

Esse movimento também é conhecido como geotropismo e se relaciona com o **estímulo da gravidade sobre as plantas**. Uma planta jovem, colocada horizontalmente em um ambiente escuro, apresentará curvatura da raiz para baixo e do caule para cima. A **raiz tem gravitropismo positivo**, isto é, cresce no mesmo sentido da gravidade; o **caule apresenta gravitropismo negativo**, tendo crescimento em sentido contrário ao da gravidade.

O gravitropismo é **determinado pela distribuição de auxina**, transportada do ápice do caule em direção ao ápice da raiz. No entanto, quando a planta é mantida em posição horizontal, ocorre acúmulo de auxina em sua face inferior. No caule, a elevada concentração de auxina estimula o crescimento, fazendo com que o caule apresente curvatura para cima. Na raiz, a concentração alta de auxina provoca inibição naquele local; assim, é a face oposta (superior) que apresenta maior crescimento, fazendo com que a raiz cresça para baixo (Fig. 4).

Se uma planta for colocada horizontalmente, mas sendo mantida em rotação, não apresentará curvatura para cima nem para baixo. A rotação não permite que ocorra distribuição desigual de auxina, não se observando nenhum gravitropismo.

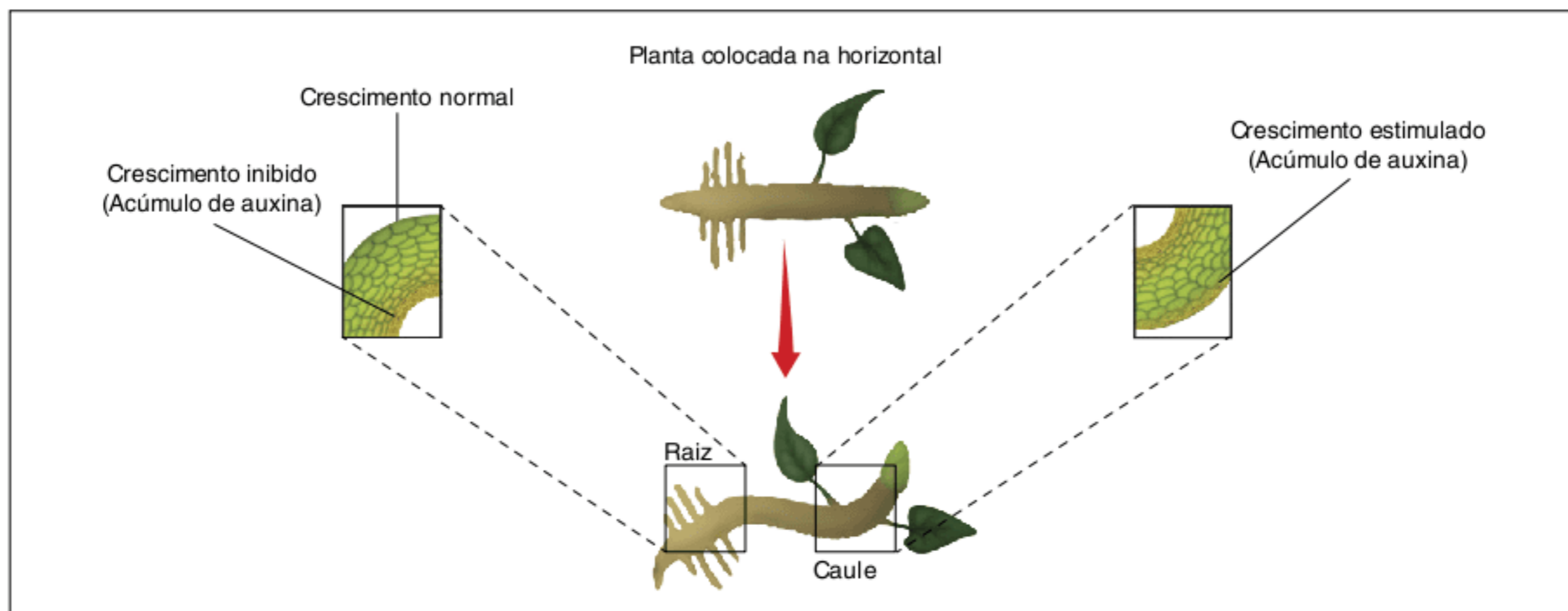


Fig. 4 Geotropismo ou gravitropismo. Uma planta na posição horizontal tem auxina acumulada em sua face inferior; o caule volta-se para cima (gravitropismo negativo), e a raiz volta-se para baixo (gravitropismo positivo).

• Fototropismo

Quando o caule e a raiz são expostos à iluminação em uma das faces, há crescimento do caule em direção à luz (**fototropismo positivo**) e da raiz na direção oposta (**fototropismo negativo**). No caso do caule, a curvatura é determinada pelo maior crescimento da parte não iluminada; na raiz, é a parte iluminada que mais cresce. O movimento desses órgãos envolve o **fluxo de auxina**, que é sintetizada na extremidade do caule. Com a exposição do ápice do caule à luz, ocorre desvio de auxina para o lado oposto (para a face não iluminada) e o hormônio permanece nessa face até atingir a extremidade da raiz. No caule, a elevada concentração de auxina estimula o crescimento, e ele tem curvatura em direção à luz. Na raiz, a concentração alta de auxina provoca inibição; é a face oposta (iluminada) que apresenta maior crescimento, e a raiz cresce com afastamento da luz.

O ápice do caule é a região que apresenta sensibilidade à luz e na qual se dá o desvio de auxina; caules cuja ponta foi encoberta ou removida não têm desvio de auxina e não apresentam curvatura (Fig. 5).

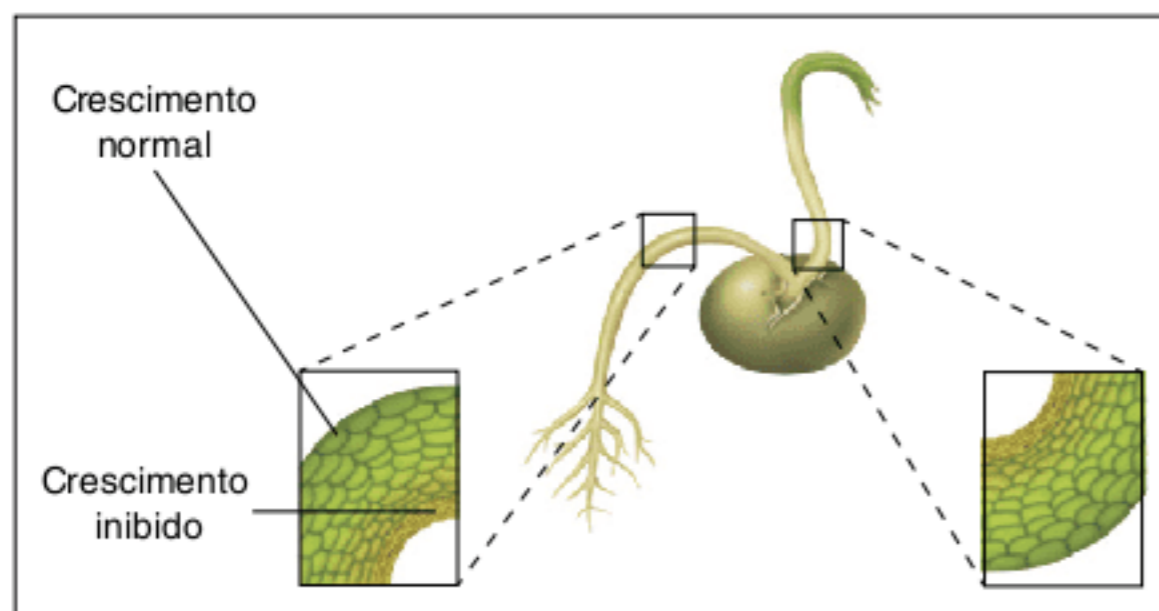


Fig. 5 Fototropismo. Em uma planta iluminada em uma das faces, a luz promove deslocamento de auxina para o lado não iluminado. O caule inclina-se para a luz (fototropismo positivo), e a raiz afasta-se da luz (fototropismo negativo).

Vale salientar o exemplo de movimentação do girassol (*Helianthus sp.*). Essa planta tem um movimento muito complexo, denominado **heliotropismo**, um tipo de fototropismo, no qual ela movimenta sua inflorescência acompanhando a movimentação do Sol.

Nastismo

Nastismo, também denominado **nastia**, é um **movimento reversível** que não envolve deslocamento e que **não depende da origem do estímulo**. A abertura e o fechamento dos estômatos ilustra bem esse tipo de movimento. Acontece a abertura da estrutura quando uma planta tem boa disponibilidade de água no solo e há presença de luz; seu fechamento ocorre no escuro. A questão é que a abertura do estômato depende da presença de luz, não importando de onde ela vem, ou seja, é estimulado pela claridade. Esse movimento é denominado **fotonastismo** (Fig. 6).

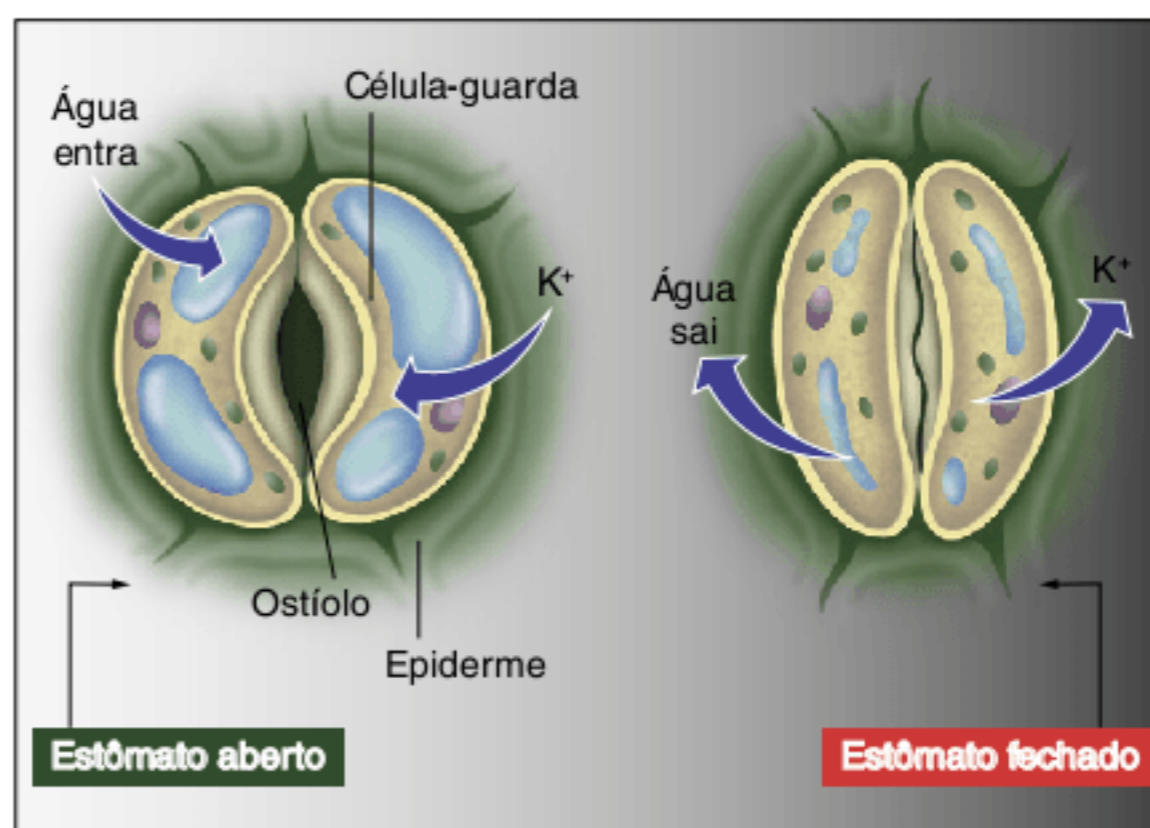


Fig. 6 Fotonastismo em estômatos; a luz favorece a abertura do estômato, e a falta de luz promove seu fechamento.

Outro caso de nastismo ocorre com a planta conhecida como **onze-horas**, que abre suas flores nas horas mais iluminadas do dia e as fecha quando a luz se torna mais fraca.

Muitas **leguminosas** também apresentam nastismo. As folhas de um pé de feijão, por exemplo, ficam levantadas durante o dia e abaixadas durante a noite (Fig. 7). Na base de seus pecíolos estão localizados os **pulvinos**, estruturas que contêm células com teor variável de água. A estrutura de um pulvino é complexa: quando sua parte inferior ganha água (fica túrgida), provoca a elevação das folhas; ao perder água, desencadeia o abaixamento da folha. O ganho de água é determinado pela entrada de íons K^+ por transporte ativo, elevando sua pressão osmótica. Os ciclos de repetição, envolvendo dia e noite, são responsáveis por esse tipo de movimento, conhecido como **nictinastismo**.



Fig. 7 Nictinastismo: as folhas de leguminosas ficam elevadas durante o dia e abaixadas durante a noite.

A planta conhecida como **dormideira**, ou sensitiva (*Mimosa pudica*), é dotada de folhas constituídas por vários folíolos; há pulvinos na base da folha e na base de cada um de seus folíolos. Variações na turgescência dessas estruturas permitem sua elevação ou seu abaixamento (Fig. 8). Um grande abalo em um ramo de sensitiva pode provocar o fechamento de vários folíolos. É chamado de **seismonastismo** o movimento que ocorre longe do ponto de origem do estímulo.



Fig. 8 Seismonastismo em dormideira. Um estímulo aplicado em uma parte da planta (como no ápice da folha) provoca efeito em um ponto distante (como na base da folha).

A planta carnívora *Dionaea sp.* tem folhas com capacidade de abertura e de fechamento, possibilitando a captura de pequenos animais (Fig. 9). Esse movimento, estimulado pelo contato com o animal, é denominado **tigmonastismo**.



Fig. 9 Tigmonastismo em planta carnívora. O contato de um animal desencadeia o fechamento das folhas da planta.

Fotoperiodismo

Ocorrem muitas alterações no ambiente de acordo com as estações do ano; entre elas, a umidade, a temperatura e a duração do dia (**horas de claridade**). As plantas podem apresentar modificações diante das mudanças das estações, como a queda das folhas, a produção de flores, a formação de frutos etc.

Um dos estímulos mais importantes para as plantas nas mudanças das estações é a **variação no fotoperíodo**, isto é, a quantidade de horas diárias de iluminação. Outono e inverno têm **fotoperíodos curtos**, com dias curtos e noites longas. Primavera e verão têm **fotoperíodos longos**, com dias longos e noites curtas (Fig. 10).

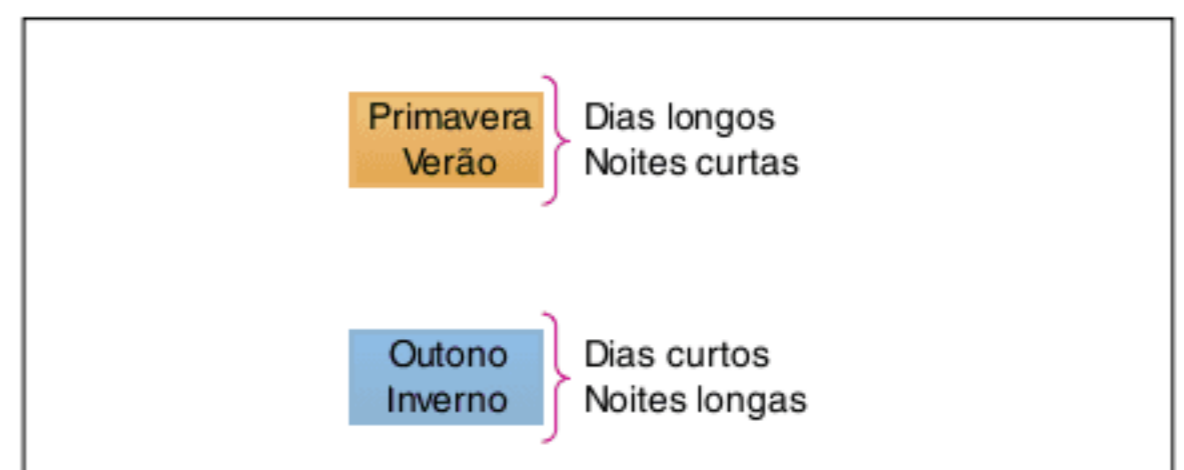


Fig. 10 Variação do fotoperíodo nas estações.

O **fotoperiodismo** representa a resposta fisiológica dos organismos a determinados fotoperíodos, como a **floração** e a **abscisão** de folhas.

A floração é o processo que converte gemas em flores. Em muitas plantas, a floração é estimulada por fotoperíodos específicos. Há plantas que são estimuladas a florescer na primavera ou no verão, quando os dias são mais longos; são denominadas **plantas de dia longo (PDL)**, como o espinafre e o cravo. Outras plantas têm floração estimulada no outono ou no inverno, estações que apresentam dias mais curtos; são **plantas de dia curto (PDC)**, como o morango e o café. Outras plantas produzem flores em qualquer época do ano, de maneira independente do fotoperíodo; são as **plantas indiferentes**, como o tomateiro, o milho e o arroz (Fig. 11).

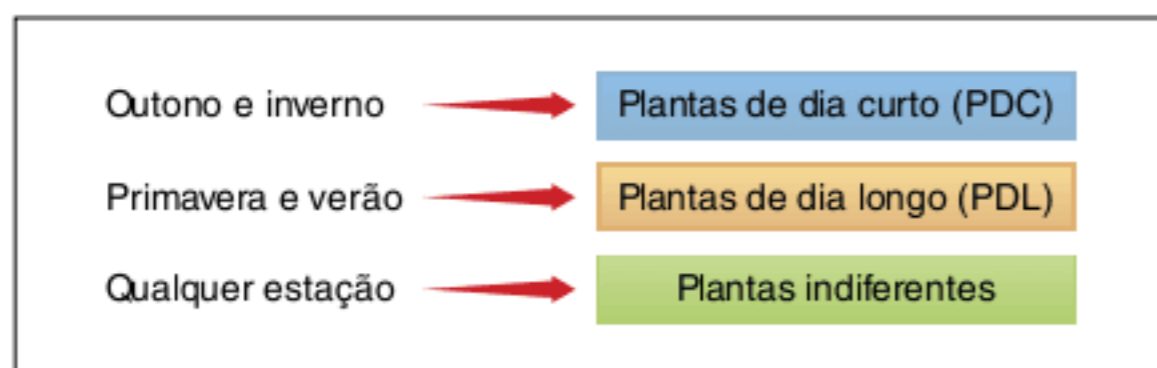


Fig. 11 Classificação das plantas quanto ao fotoperíodo.

Fitocromos e floração

O **estímulo para a floração** em PDC e PDL consiste no encurtamento ou no prolongamento dos dias, respectivamente. As folhas são sensíveis ao fotoperíodo e sua sensibilidade é determinada pela presença de **fitocromos**, pigmentos azulados, de natureza proteica e presentes em pequenas quantidades nas plantas. Esse pigmento é estimulado pela presença de luz vermelha, comprimento de onda altamente absorvido pelo pigmento azulado. O fitocromo pode provocar alterações metabólicas que provocam a formação de flores; ele também pode desencadear a germinação de sementes. Algumas plantas, como as paineiras, florescem quando estão sem folhas; no entanto, a indução à floração ocorreu antes da abscisão foliar; as folhas caíram posteriormente.

Um experimento clássico mostra a natureza química do processo de floração. Utilizam-se alguns vasos, cada qual contendo uma planta. São feitos cortes superficiais em alguns ramos de cada planta. Os ramos de plantas diferentes são ligados. Todas as plantas são encobertas e apenas uma delas é exposta a um fotoperíodo indutor de floração. O resultado é que todas as plantas florescem; isso significa que substâncias químicas indutoras de floração passaram da primeira planta para as demais.

Determinação do tipo de planta: PDC ou PDL?

Para determinar o tipo de planta em relação à floração (PDC ou PDL), é realizado o seguinte experimento: utilizam-se 24 plantas de uma mesma espécie, cada qual em um vaso próprio e recebendo um fotoperíodo específico. Uma planta, por exemplo, é exposta à luminosidade durante uma hora, outra recebe duas horas diárias de iluminação e assim sucessivamente, a última planta será iluminada por 24 horas, diariamente. Em condições experimentais, pode-se utilizar iluminação artificial para se obter um fotoperíodo mais prolongado (Fig. 12).

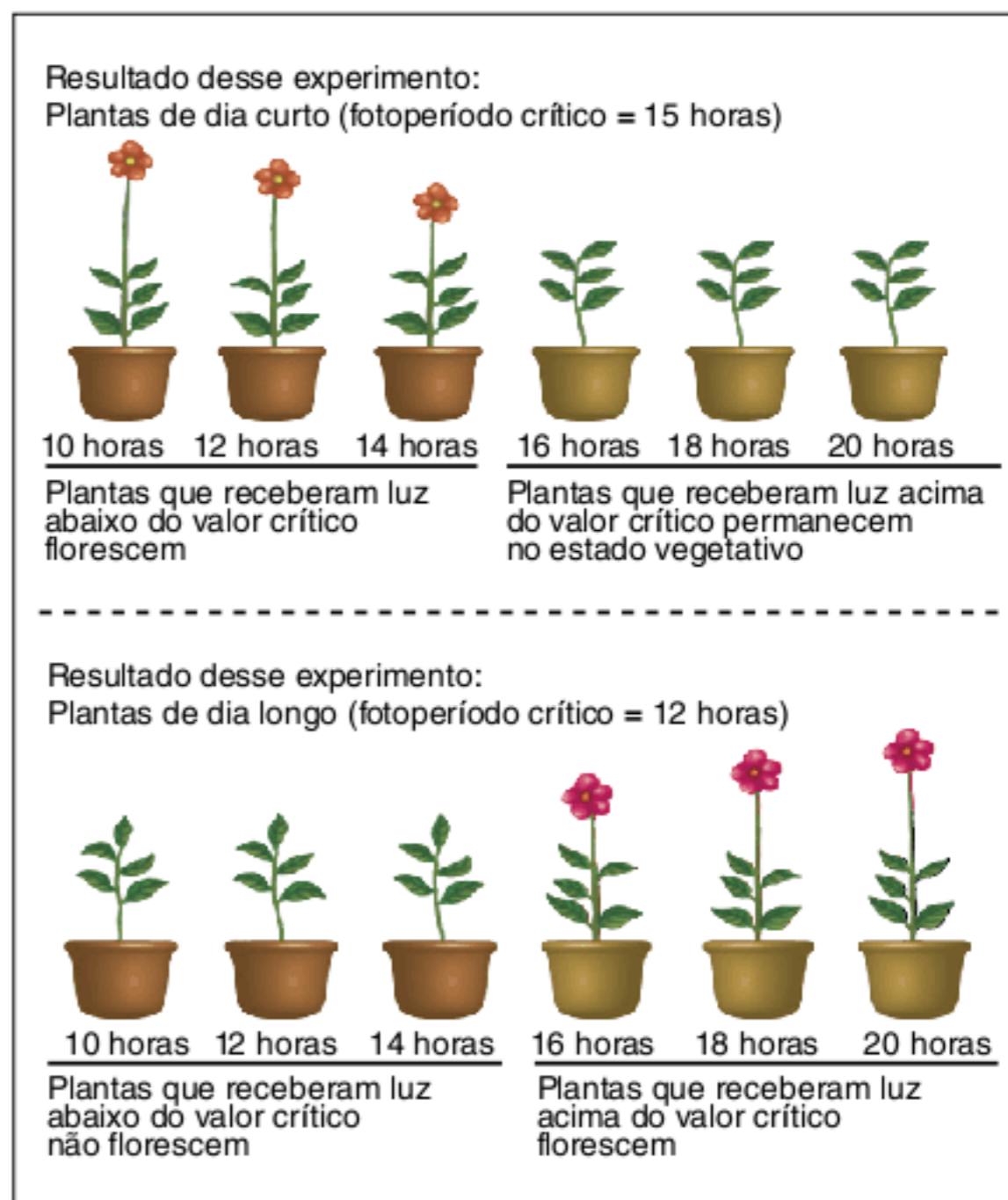


Fig. 12 Experimento de determinação do tipo de planta quanto ao fotoperíodo.

O resultado será que um grupo floresce e o outro não. O **fotoperíodo crítico** corresponde ao valor inicial (em horas de iluminação) a partir do qual estão presentes as plantas que floresceram.

Há duas situações: com **PDC**, nas quais ocorre floração no **fotoperíodo crítico** ou abaixo dele (em **fotoperíodos menores**); e com **PDL**, nas quais a floração ocorre no **fotoperíodo crítico** e também em **fotoperíodos de maior duração** (Fig. 13).

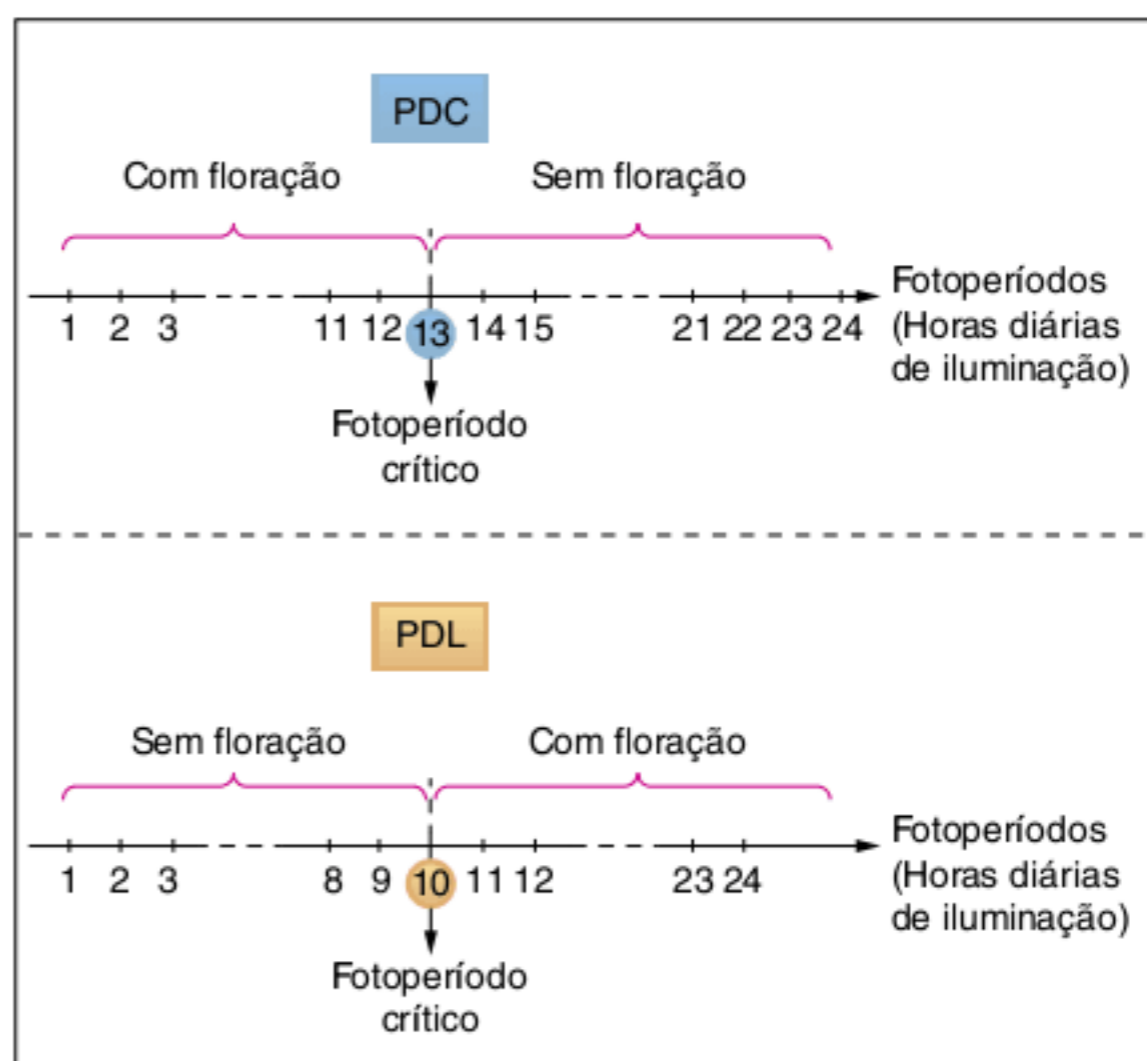


Fig. 13 Determinação do fotoperíodo crítico. Plantas de dia curto florescem no fotoperíodo crítico e abaixo dele. Plantas de dia longo florescem no fotoperíodo crítico e acima dele.

O fotoperíodo crítico só pode ser obtido experimentalmente, e o seu valor isolado não permite identificar o tipo de planta (PDC ou PDL).

A escuridão como indutor de floração

Os cientistas descobriram posteriormente que o estímulo para a floração é o tempo que a planta fica exposta à escuridão, e não à claridade. Assim, foram renomeadas as modalidades de plantas. As **plantas de dia curto**, na realidade, correspondem às **plantas de noite longa**, ou seja, elas precisam de uma longa exposição diária à escuridão para estimular a floração. **Plantas de dia longo** passaram a ser chamadas de **plantas de noite curta**, pois elas necessitam de um curto período de tempo expostas à escuridão para que sejam induzidas a florir (Fig. 14).

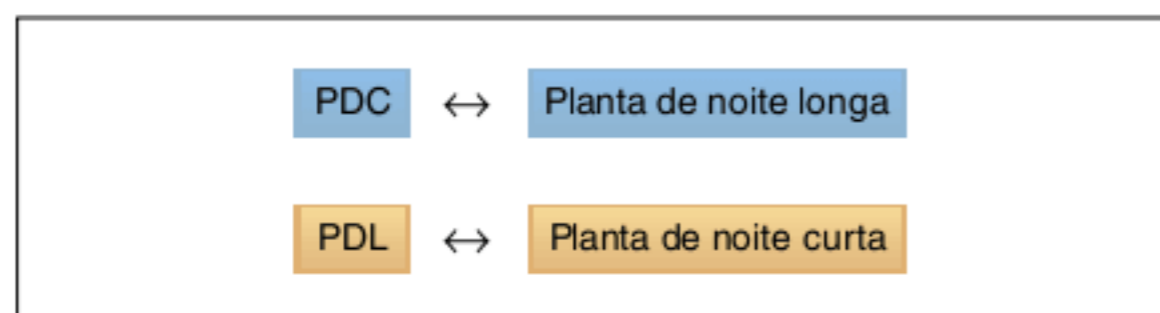


Fig. 14 Equivalência entre plantas de noite longa (PDC) e plantas de noite curta (PDL).

No que diz respeito à continuidade dos períodos de iluminação, nas **plantas de noite longa** (PDC), a floração deixa de ser estimulada se o tempo em que elas ficam no escuro for

interrompido com iluminação, mesmo que por alguns minutos. Por outro lado, **plantas de noite curta** (PDL) não deixam de ser estimuladas caso haja interrupção do período em que elas ficam no escuro, com algum tempo de iluminação. Já a interrupção de períodos claros, com momentos de exposição ao escuro, não ocasiona quebra do estímulo de floração em nenhum dos tipos de planta (PDC e PDL) (Fig. 15).

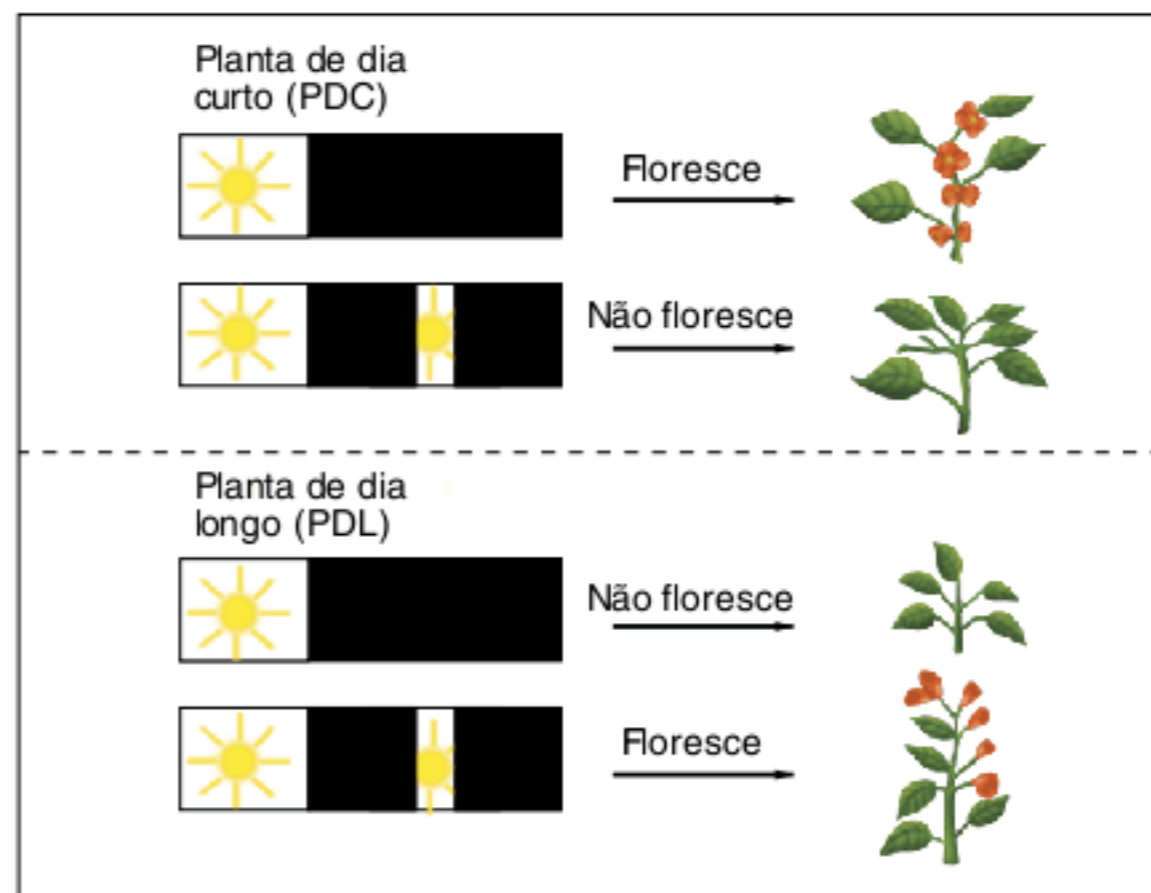


Fig. 15 Escuro como indutor de floração. A interrupção do período de escuridão impede a floração em plantas de noite longa (PDC). Isso não ocorre com plantas de noite curta (PDL).

Revisando

1 Que tipos principais de movimento uma planta pode apresentar? Como eles funcionam?

2 Qual o mecanismo específico de movimentação utilizado por um anterozoide? Quais as características desse mecanismo?

3 Do que se trata o fototactismo? Cite um exemplo de situação em que ele ocorre.

4 Cite os tipos existentes de tropismo.

5 Como a auxina influencia o gravitropismo e o fototropismo?

6 Explique o funcionamento do quimiotropismo e cite um exemplo de situação em que ele ocorre.

7 Explique o funcionamento do tigmotropismo e cite um exemplo de situação em que ele ocorre.

8 O que é nastia? Cite um exemplo.

9 Qual o mecanismo de funcionamento dos pulvinos? Eles estão relacionados com que tipo de movimento vegetal?

10 Qual o mecanismo de movimentação presente nas plantas carnívoras? Como ele funciona?

11 O que é fotoperíodo? Como ele afeta a vida dos organismos?

12 Qual a diferença observada no fotoperíodo das estações?

13 O que é o fotoperíodo crítico?

14 Considerando diferentes fotoperíodos, como as plantas podem ser classificadas quanto à floração?

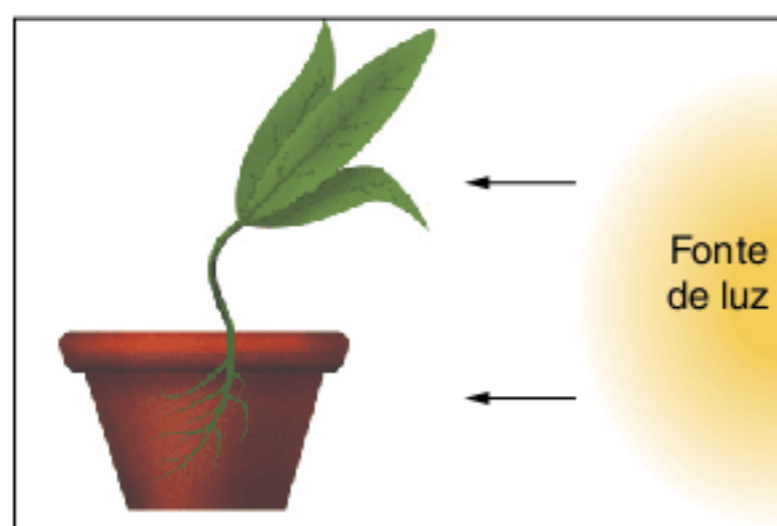
15 O que são fitocromos?

16 Qual a atuação dos períodos do dia em que a planta passa no escuro?

17 Que interferências podem ser observadas em cada tipo de planta, caso os períodos de escuro sejam interrompidos por claridade?

Exercícios propostos

1 Unesp 2008 A figura reproduz um experimento em que uma planta, colocada em um vaso transparente, recebe luz lateralmente, no caule e nas raízes, conforme indicam as setas. Após alguns dias, o caule apresenta-se voltado para a fonte de luz e as raízes encontram-se orientadas em sentido oposto. Isso se deve à ação das auxinas, hormônio vegetal que atua no controle do crescimento de caules e raízes, promovendo o alongamento das células.



Podemos afirmar corretamente que, no caule, as auxinas promoveram o crescimento do lado:

- (a) não iluminado da planta, enquanto nas raízes promoveram o crescimento do lado iluminado. A inclinação do caule e da raiz deve-se à maior concentração de auxina no lado não iluminado da planta.
- (b) iluminado da planta, enquanto nas raízes promoveram o crescimento do lado não iluminado. A inclinação do caule e da raiz deve-se à maior concentração de auxina no lado iluminado da planta.
- (c) não iluminado da planta, assim como o fizeram nas raízes. A inclinação do caule e da raiz deve-se à maior concentração de auxina no lado iluminado da planta.
- (d) iluminado da planta, assim como o fizeram nas raízes. A inclinação do caule e da raiz deve-se à maior concentração de auxina no lado iluminado da planta.
- (e) não iluminado da planta, enquanto nas raízes promoveram o crescimento do lado iluminado. A inclinação do caule deve-se à maior concentração de auxina no lado iluminado, enquanto a inclinação da raiz deve-se à maior concentração de auxina no lado não iluminado.

2 UEM 2004 Fatores endógenos e ambientais, como a água, a luz e a temperatura, interagem exercendo influência acentuada sobre as plantas, afetando suas funções, seu metabolismo e seus padrões de desenvolvimento, podendo ocorrer estímulo, modificação ou neutralização de qualquer um deles. Sobre os resultados dessas interações, assinale o que for correto.

- 01 O fototropismo é uma reação de crescimento das plantas em direção à luz, relacionada com a produção e a distribuição das auxinas.
- 02 Geotropismo é uma resposta da planta à ação da gravidade, regulada pelas auxinas, pelas giberelinas e pelo ácido abscísico.
- 04 Na maioria das plantas, os estômatos normalmente estão abertos durante o dia e fechados durante a noite.

Entretanto, não ocorre influência da energia luminosa em processos celulares envolvidos nos mecanismos de abertura e de fechamento do poro estomático.

- 08 Transpiração, fotossíntese e respiração são processos fisiológicos controlados por hormônios, cuja produção sofre influência da luz.
- 16 O efeito da temperatura sobre a atividade de enzimas específicas afeta reações relacionadas com a fotossíntese, a respiração e a absorção de minerais.
- 32 O ácido abscísico produzido em células parenquimáticas das folhas supera o estímulo de abertura dos estômatos provocado pela luz, garantindo o fechamento estomático quando as plantas se encontram na iminência de desidratação.

Soma =

3 UFU 2005 Os vegetais apresentam movimentos diversos, em resposta aos estímulos externos. Considerando os movimentos realizados pelos vegetais, em resposta a esses estímulos, associe as características apresentadas na coluna 1 com os movimentos citados na coluna 2.

Coluna 1

- 1. Fechamento de folhas cujos folíolos fecham-se rapidamente quando tocados.
- 2. Crescimento das raízes em direção ao centro da Terra.
- 3. Crescimento do tubo polínico em direção ao óvulo.
- 4. Enrolamento das gavinhas ao redor de um suporte.

Coluna 2

- I. Quimiotropismo positivo.
- II. Tigmotropismo.
- III. Nastismo.
- IV. Geotropismo positivo.

Marque a alternativa que apresenta a associação correta.

- (a) 1 – II; 2 – III; 3 – I; 4 – IV.
- (b) 1 – III; 2 – II; 3 – I; 4 – IV.
- (c) 1 – I; 2 – IV; 3 – III; 4 – II.
- (d) 1 – III; 2 – IV; 3 – I; 4 – II.

4 Puccamp 2005 Leia o texto a seguir.

Na época de Colombo, a batata era cultivada nas terras altas da América do Sul e se tornou um dos mais importantes alimentos da Europa durante dois séculos, fornecendo mais do que duas vezes a quantidade de calorias por hectare do que o trigo.

Atualmente, se o convidarem para saborear um belo cozido português, certamente a última coisa que experimentará entre as iguarias do prato será a batata, pois ao ser colocada na boca sempre parecerá mais quente. ... Mas será que ela está sempre mais quente, uma vez que todos os componentes do prato foram cozidos juntos e saíram ao mesmo tempo da panela?

P. H. Raven et al. *Biologia vegetal*. Guanabara: Koogan-2001 e Anibal Figueiredo e Maurício Pietrocola. *Física – um outro lado – Calor e temperatura*. São Paulo: FTD, 1997. (Adapt.).

Em diversas espécies vegetais, a formação de tubérculos é influenciada pela luz. Em certa variedade de batatas, por exemplo, se a planta ficar exposta a 18 horas de luz, não forma tubérculos, mas produz bom número deles se for iluminada durante 10 horas apenas. Isso significa que a tuberização está sujeita:

- (a) à fotossíntese.
- (b) à fotonastia.
- (c) à fotoindução.
- (d) ao fotoperiodismo.
- (e) ao fototropismo.

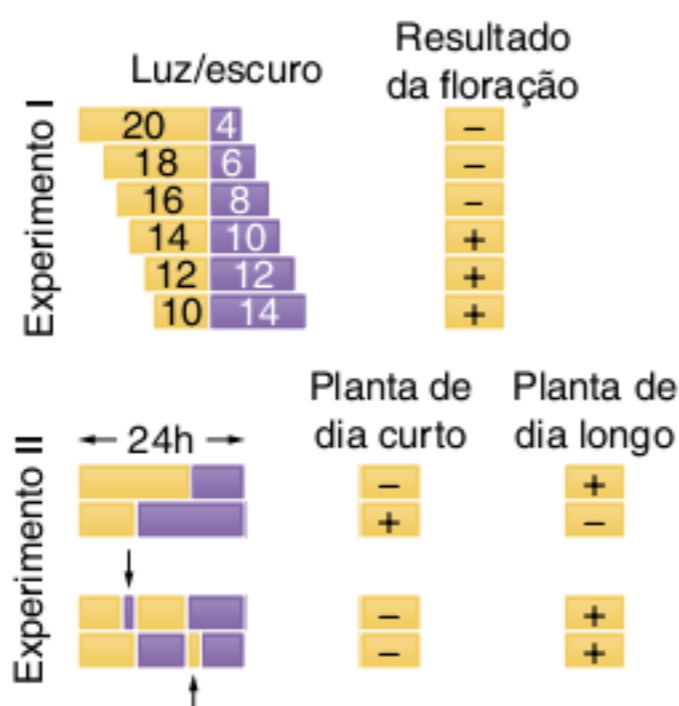
5 Fatec 2007 Grupos de angiospermas das espécies I, II e III foram submetidos a tratamentos fotoperiódicos, manifestando os resultados descritos a seguir.

- Quando receberam diariamente 3 horas de luz e 21 de escuro, I não floresceu, mas II e III floresceram.
- Quando foram expostos a 10 horas diárias de luz e 14 de escuro, I e II floresceram, porém III não floresceu.

Com base nesses dados, pode-se concluir acertadamente que I, II e III são, respectivamente, plantas:

- (a) de dia curto, neutras e de dia longo.
- (b) de dia curto, de dia longo e neutras.
- (c) neutras, de dia curto e de dia longo.
- (d) de dia longo, neutras e de dia curto.
- (e) de dia longo, de dia curto e neutras.

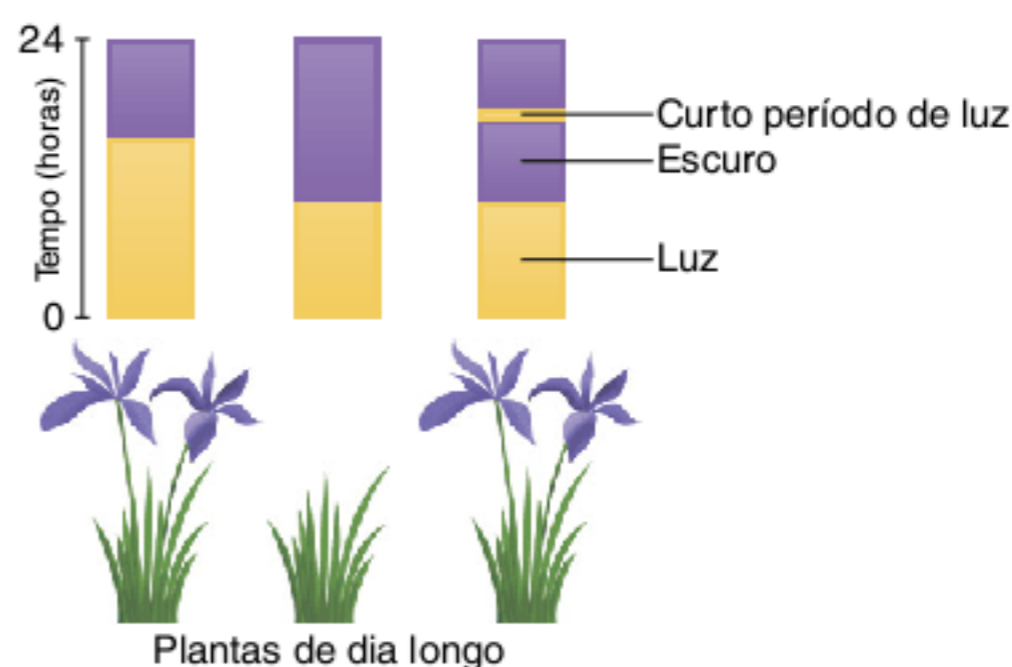
6 Unesp 2005 Foram feitos experimentos em laboratório, variando artificialmente os períodos em horas, de exposição à luz e ao escuro, com o objetivo de observar em que condições de luminosidade (luz ou escuro) determinadas plantas floresciam ou não. No experimento I, exemplares de uma planta de dia curto foram submetidos a condições diferentes de exposição à luz e ao escuro. Já no experimento II, plantas de duas outras espécies foram também submetidas a períodos de exposição à luz (ilustrados em amarelo) e ao escuro (destacados em roxo). Em duas situações, houve pequenas interrupções (destacadas por setas) nesses períodos de exposição. Os sinais positivos indicam que houve floração, e os negativos que não houve, para todos os experimentos.



- a) Interprete os resultados do experimento I, considerando as exigências de exposição à luz e ao escuro para que ocorra a floração dessa planta.

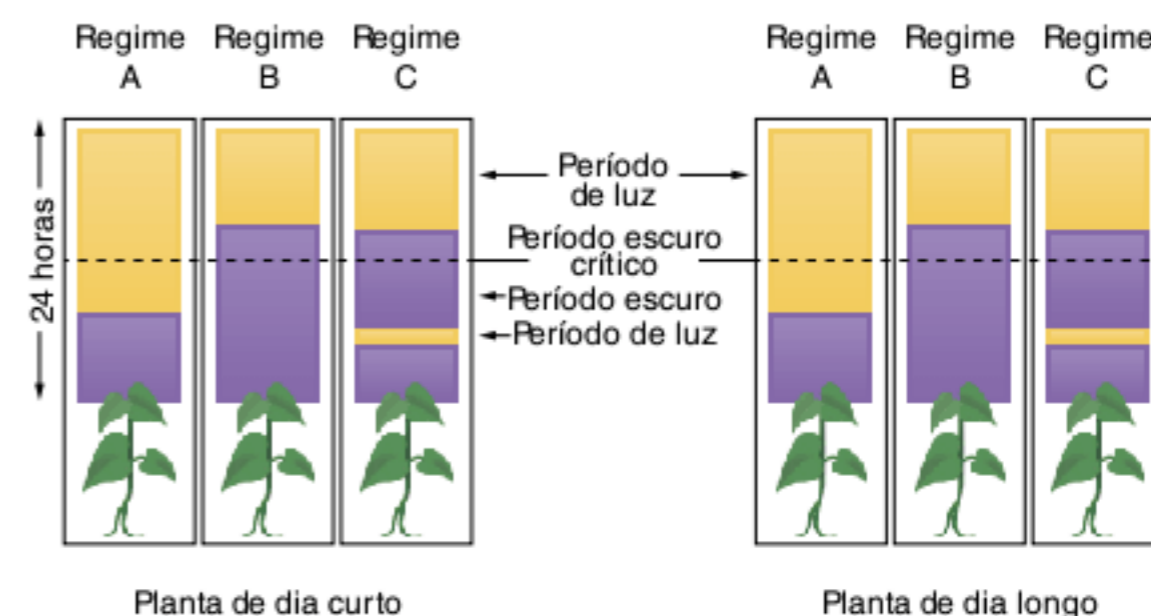
- b) Considerando o experimento II, qual das interrupções – a que ocorreu durante o período de exposição à luz ou ao escuro – interferiu no processo de floração? Qual é o nome da proteína relacionada à capacidade das plantas responderem ao fotoperíodo?

7 Ufal 2006 Plantas que florescem no verão são chamadas "plantas de dia longo". Para saber se a floração de uma espécie "de dia longo" é determinada pela duração do dia ou da noite, os pesquisadores mantiveram plantas em 3 condições. O experimento e os resultados estão esquematizados a seguir.



De acordo com os resultados, explique o que determina a floração nessa espécie.

8 UFSCar 2006 Fotoperiodismo é a influência exercida pelo período de luz incidente sobre certos fenômenos fisiológicos, como a floração. Plantas de dia longo e plantas de dia curto foram submetidas a três diferentes regimes de luz, como representado no esquema.



- Pode-se dizer que as plantas de dia curto floresceram:
- (a) no regime A e as de dia longo no regime C, apenas.
 - (b) no regime B e as de dia longo nos regimes A e C, apenas.
 - (c) nos regimes B e C e as de dia longo no regime A, apenas.
 - (d) nos regimes B e C e as de dia longo no regime B, apenas.
 - (e) no regime C e as de dia longo no regime C, apenas.

TEXTO COMPLEMENTAR

A atuação do fitocromo

Há duas formas de **fitocromo**: **ativo** e **inativo**. Quando o fitocromo inativo é exposto à **luz vermelha** (presente durante o dia) converte-se em fitocromo ativo, predominando durante o dia.

O **fitocromo ativo** pode ser novamente convertido em **fitocromo inativo**, com exposição prolongada à escuridão ou a uma faixa de luz vermelha com maior comprimento de onda (o chamado **vermelho longo**). Assim, durante a noite, acaba predominando o fitocromo inativo. O fitocromo ativo é denominado **fitocromo R** (do inglês *red*, que significa vermelho), e o fitocromo inativo é também conhecido como **fitocromo F** (de *far red*, termo da língua inglesa empregado para designar vermelho com comprimento de onda mais longo).

Condição do fitocromo	Período do dia
Ativo (R)	Claro
Inativo (F)	Escuro

Formas de fitocromos e sua relação com o período do dia.

O fitocromo ativo tem efeito diferente, conforme o tipo de planta na qual está presente: em **plantas de dia longo estimula a floração** e em **plantas de dia curto inibe a floração**.

Em períodos do ano que apresentam **dias longos e noites curtas**, a quantidade de **fitocromo ativo é maior** do que a de fitocromo inativo; nesse período, a floração em plantas de dia longo é estimulada, e a floração em plantas de dia curto é inibida.

Nas estações com **dias curtos e noites longas**, a quantidade de **fitocromo ativo é menor** do que a de inativo; dessa maneira, as plantas de dia curto não têm a floração inibida (florescem) e as plantas de dia longo não têm estímulo para a floração (não florescem). No entanto, caso haja a interrupção da escuridão em plantas de dia curto e noite longa, forma-se mais fitocromo ativo e é inibida a floração.

Estação	Quantidade de fitocromo ativo (atuante durante o dia)	Tipo de planta	Floração
Dias longos/ noites curtas	Maior	PDL	Estimulada
	Maior	PDC	Inibida
Dias curtos/ noites longas	Menor	PDL	Inibida
	Menor	PDC	Estimulada

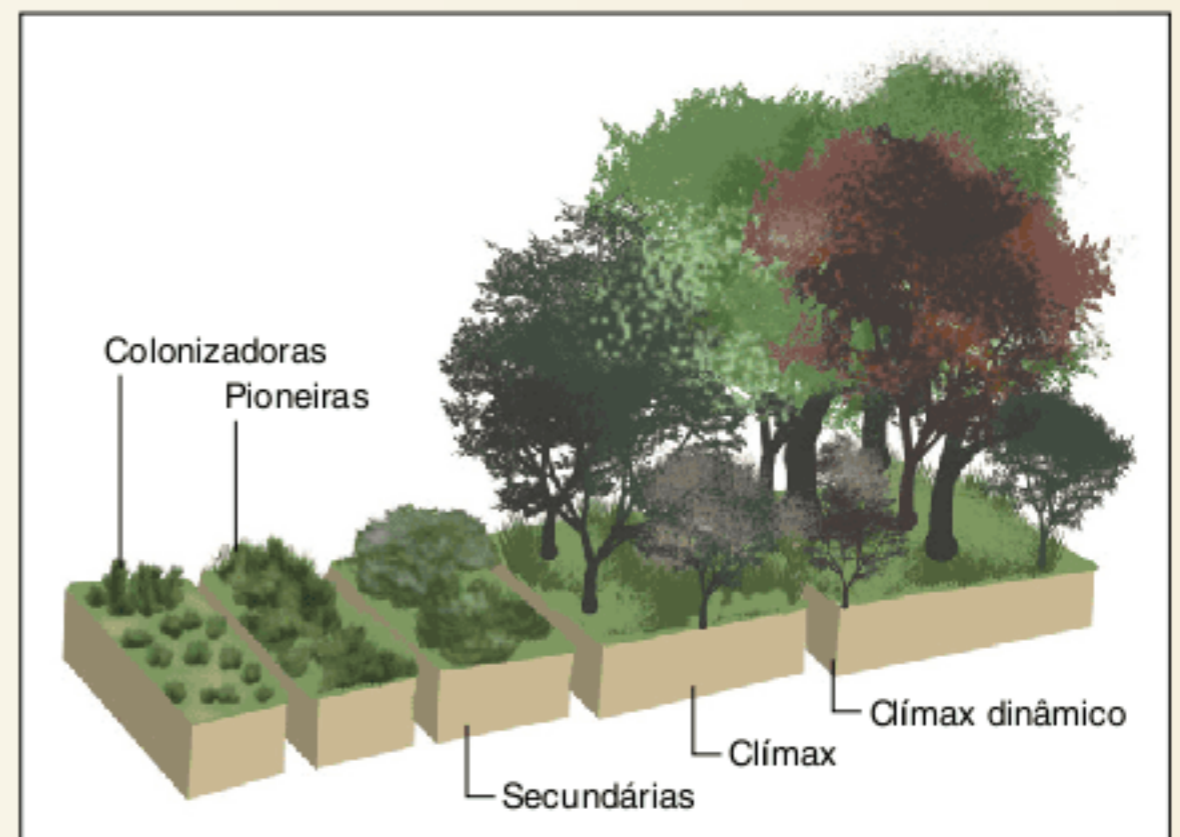
Aspectos envolvidos entre estações do ano, fitocromos e floração.

Fotoblastismo e vernalização

Fotoblastismo é o **efeito da luz sobre a germinação** de sementes. **Fotoblastismo positivo** é a germinação de sementes estimuladas pela luz; espécies que têm **fotoblastismo negativo** são as que apresentam a germinação inibida pela luz. O fotoblastismo

também está relacionado à atuação de fitocromos. Essas duas modalidades têm grande importância na adaptação de plantas a ambientes específicos. Em florestas densas, chega pouca ou nenhuma luz ao solo; muitas das plantas apresentam fotoblastismo negativo. Já em pradarias, as sementes de gramíneas ficam expostas ao sol e se desenvolvem, pois têm fotoblastismo positivo. Assim, caso uma floresta seja derrubada, ocorre inicialmente o desenvolvimento de gramíneas, cujas sementes são adaptadas à presença de luz.

Para a recuperação da vegetação florestal, há a necessidade do crescimento de **plantas pioneiras** (mais adaptadas à claridade), que irão sombrear o solo e permitir a germinação de plantas adaptadas à menor exposição ao sol, chamadas **secundárias** e **plantas de clímax**. Nesse momento, há uma heterogeneidade maior na vegetação, já que vários tipos de hábitat foram criados. A complexidade de comunidades vegetais pode ser observada nos diversos biomas do planeta, cada qual com suas peculiaridades.

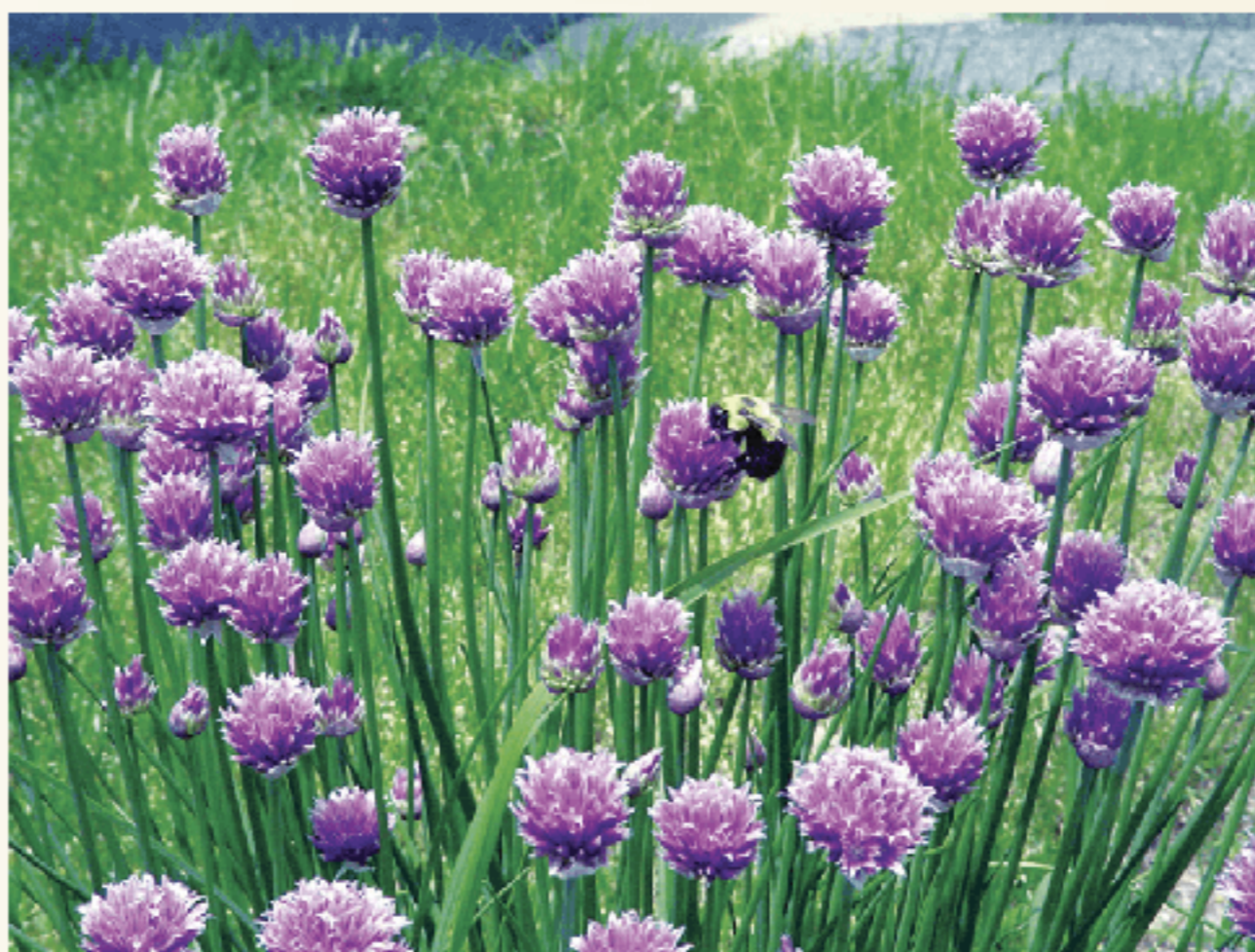


Etapas da sucessão ecológica.



Floresta tropical, ambiente com baixa intensidade luminosa no solo, e pradaria, com grande incidência solar.

Vernalização é a indução de germinação ou floração por temperaturas baixas. Isso é adaptativo para plantas de regiões de clima temperado, com a primavera sucedendo o inverno rigoroso. Sem o estímulo da baixa temperatura, muitas plantas não florescem ou não apresentam germinação de suas sementes. A indução de sementes por baixas temperaturas pode ser realizada artificialmente, permitindo o cultivo de plantas procedentes de áreas de clima temperado em locais onde o inverno não é tão frio. Com isso, não só o cultivo torna-se possível, mas também é aumentada a produtividade. É comum usar esse tipo de técnica com plantas de alho.



Planta de alho, típica de clima frio.

RESUMINDO

Movimentos vegetais

Plantas apresentam três tipos fundamentais de movimentos realizados ao longo do seu desenvolvimento. Esses movimentos podem ser desencadeados por estímulos ambientais e permitem que o organismo se adapte de acordo com determinada situação. Dentre os movimentos vegetais, podem ser citados:

- **Tactismo:** corresponde ao **deslocamento do organismo (ou de alguma estrutura) em meio líquido**. Pode ser realizado segundo estímulos diferentes, como o **quimiotactismo**, que depende de substâncias químicas para ocorrer (caso do anterozoide que nada em direção à oosfera), e o **fototactismo**, quando o estímulo é a luz (caso de algas unicelulares que nadam em direção à luz).
- **Tropismo:** é um **movimento irreversível** que depende da origem do estímulo e que **envolve o crescimento de uma estrutura**. Há quatro tipos principais de tropismos, classificados em função do estímulo que desencadeia sua ocorrência.
 - **Quimiotropismo:** desencadeado por **estímulo químico**. Exemplos: raízes, que crescem em busca de água ou de nutrientes minerais no solo; tubo polínico, que cresce até o óvulo.
 - **Tigmotropismo:** determinado por **estímulos mecânicos**. Exemplos: trepadeira, estimulada pelo contato com um suporte no qual enrola seu caule; gavinhas, que enrolam-se em um suporte, permitindo a sustentação da planta.
 - **Gravitropismo:** também é conhecido como **geotropismo**; se relaciona com o **estímulo da gravidade** sobre as plantas. É **determinado pela distribuição de auxina**, transportada do ápice do caule em direção ao ápice da raiz. Pode ser observado quando uma planta é colocada para se desenvolver deitada. Pode ocorrer de duas formas:
 - **Gravitropismo positivo:** observado nas raízes, que crescem no mesmo sentido da gravidade. A concentração elevada de auxina inibe o crescimento, e a raiz cresce para baixo.
 - **Gravitropismo negativo:** observado no caule, que tem crescimento em sentido contrário ao da gravidade. A concentração elevada de auxina estimula o crescimento, e o caule cresce para cima.
 - **Fototropismo:** ocorre com o estímulo luminoso. É determinado pelo **fluxo de auxina** no caule e na raiz. O hormônio se desloca no sentido contrário à presença de luz. Pode ocorrer de duas formas:
 - **Fototropismo positivo:** observado no caule, que cresce em direção à luz, sendo que a curvatura formada é determinada pelo maior crescimento da parte não iluminada (onde a auxina acumula).
 - **Fototropismo negativo:** observado na raiz, que cresce na direção oposta à luz, sendo que a curvatura formada é determinada pelo maior crescimento da parte iluminada.

Há ainda o **heliotropismo**, que tem como exemplo o girasol. Essa planta movimenta sua inflorescência acompanhando a movimentação do Sol.

- **Nastismo**: também chamado de **nastia**, é um **movimento reversível** que não envolve deslocamento e que **não depende da origem do estímulo**. Podem ser descritas várias situações em que ocorre esse tipo de movimento, como:
 - **Fotonastismo**: ocorre no **processo de abertura e fechamento dos estômatos**, que envolve a disponibilidade de água no solo e a presença de claridade (independentemente do local de fonte). Acontece também durante a **movimentação das pétalas da flor onze-horas**, que abre suas flores nas horas mais iluminadas do dia e as fecha quando a luz se torna mais fraca.
 - **Nictinastismo**: tipo de movimento que envolve ciclos de repetição diários; acontece durante a **movimentação das folhas de leguminosas**, como o feijão. Elas ficam levantadas durante o dia e abaixadas durante a noite, em decorrência do teor de água presente nos **pulvinos** (estruturas com teor variável de água, localizadas abaixo das folhas); quando as células da parte inferior dessa estrutura ganham água pela entrada de íons K^+ (ficam túrgidas) e, provocam a elevação das folhas; ao perder água, desencadeiam o abaixamento delas.
 - **Seismonastismo**: movimento que ocorre longe do ponto de origem do estímulo. Como exemplo, pode ser citada a planta conhecida como **domideira**, ou sensitiva. Ela é dotada de folhas constituídas por vários folíolos, com **pulvinos** na base da folha e na base de cada um de seus folíolos. Variações na turgescência dessas estruturas permitem sua elevação ou seu abaixamento, sendo que um grande abalo em um ramo da planta pode provocar o fechamento de vários folíolos.
 - **Tigmonastismo**: movimento estimulado pelo contato com um animal, que possibilita a sua captura. Pode ser observado em plantas carnívoras como a *Dionaea* sp., que tem folhas com capacidade de abertura e de fechamento.

Fotoperiodismo

Os seres vivos podem apresentar modificações diante das mudanças das estações. O **fotoperiodismo** representa a resposta fisiológica dos organismos a determinados fotoperíodos; para as plantas, um dos estímulos mais importantes nas mudanças das estações é a **variação no fotoperíodo** (quantidade de horas diárias de iluminação):

- Outono e inverno têm **fotoperíodos curtos** – dias curtos e noites longas.
- Primavera e verão têm **fotoperíodos longos** – dias longos e noites curtas.

Em muitas plantas, a floração (processo que converte gemas em flores) é estimulada por fotoperíodos específicos, sendo observados tipos de plantas diferentes em cada caso:

- **Plantas de dia longo (PDL)**: são estimuladas a florescer na **primavera** ou no **verão**, quando os dias são mais longos.

Exemplos: espinafre e cravo.

- **Plantas de dia curto (PDC)**: são estimuladas a florescer no **outono** ou no **inverno**, estações com dias mais curtos. Exemplos: morango e café.
- **Plantas indiferentes**: produzem flores em **qualquer época do ano**, independente do fotoperíodo. Exemplos: tomateiro, milho e arroz.

Determinação do tipo de planta em relação à floração

Para determinar o tipo de planta em relação à floração (PDC ou PDL), é realizado o seguinte experimento:

- 24 plantas de uma mesma espécie são expostas a fotoperíodos diferentes (cada uma ficará exposta à luminosidade por um número de horas distinto, de 1 a 24). Fotoperíodos mais prolongados podem ser obtidos com iluminação artificial em condições experimentais;
- Um grupo irá florescer, e o outro não;
- O valor do **fotoperíodo crítico** corresponde ao valor inicial (em horas de iluminação) a partir do qual estão presentes as plantas que floresceram. Seu valor só pode ser obtido experimentalmente; isoladamente, não permite identificar o tipo de planta;
- A floração nas plantas do experimento acontecerá em situações distintas, permitindo a determinação do tipo de planta:
 - Floração ocorre no **fotoperíodo crítico** ou em **fotoperíodos menores = PDC**;
 - Floração ocorre no **fotoperíodo crítico** e em **fotoperíodos de maior duração = PDL**.

Atuação de fitocromos na floração

- **Fitocromos**:
 - São pigmentos azulados (de natureza proteica) presentes em pequenas quantidades nas plantas.
 - É estimulado pela presença de luz vermelha, presente durante o dia.

Condição do fitocromo	Período do dia
Ativo (R)	Claro
Inativo (F)	Escuro

- Pode provocar alterações metabólicas que favorecem a formação de flores de acordo com o tipo de planta.

Estação	Quantidade de fitocromo ativo (atuante durante o dia)	Tipo de planta	Floração
Dias longos/ noites curtas	Maior	PDL	Estimulada
	Maior	PDC	Inibida
Dias curtos/ noites longas	Menor	PDL	Inibida
	Menor	PDC	Estimulada

Atuação da escuridão como indutora de floração

O estímulo para a floração é o tempo que a planta fica exposta à escuridão. Assim, as plantas podem seguir as modalidades:

Plantas de dia curto = plantas de noite longa	Precisam de longa exposição diária à escuridão para serem estimuladas à floração.
Plantas de dia longo = plantas de noite curta	Precisam de curto período de tempo expostas à escuridão para serem estimuladas à floração.

A interrupção de períodos claros com momentos de exposição ao escuro não ocasiona a quebra do estímulo de floração nas plantas, mas a continuidade dos períodos de escuro influenciam na indução ao florescimento, dependendo do tipo de planta:

- **Plantas de noite longa (PDC):** floração depende de longos períodos de escuro que não sejam interrompidos com claridade, mesmo que por alguns minutos.
- **Plantas de noite curta (PDL):** floração acontece mesmo que o período de escuro seja interrompido com iluminação.

■ QUER SABER MAIS?

SITES

- Vídeo que faz uma demonstração de como as plantas respondem aos estímulos ambientais, considerando os aspectos do fototropismo. <www.youtube.com/watch?v=cdp77-kPmOA>.
- Vídeo que apresenta o crescimento de plântulas, mostrando o geotropismo das raízes e o fototropismo do caule. <www.youtube.com/watch?v=d26AhcKeEbE&NR=1>.

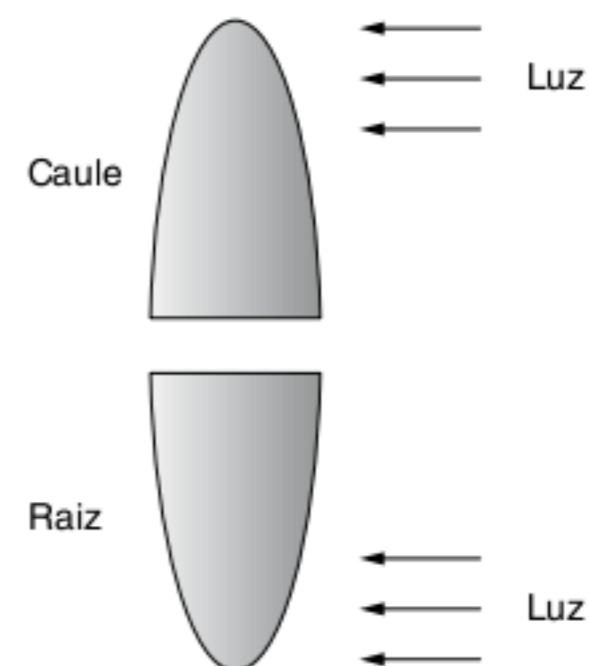
Exercícios complementares

1 Cesgranrio Com base na análise do esquema a seguir, assinale a opção que apresenta os fenômenos que estão ocorrendo, respectivamente, no caule e na raiz.



- Fototactismo positivo e fototactismo negativo.
- Fototactismo negativo e fototactismo positivo.
- Geotropismo positivo e geotropismo negativo.
- Geotropismo negativo e geotropismo positivo.
- Fototropismo negativo e fototropismo positivo.

2 UEL Considere o esquema a seguir.



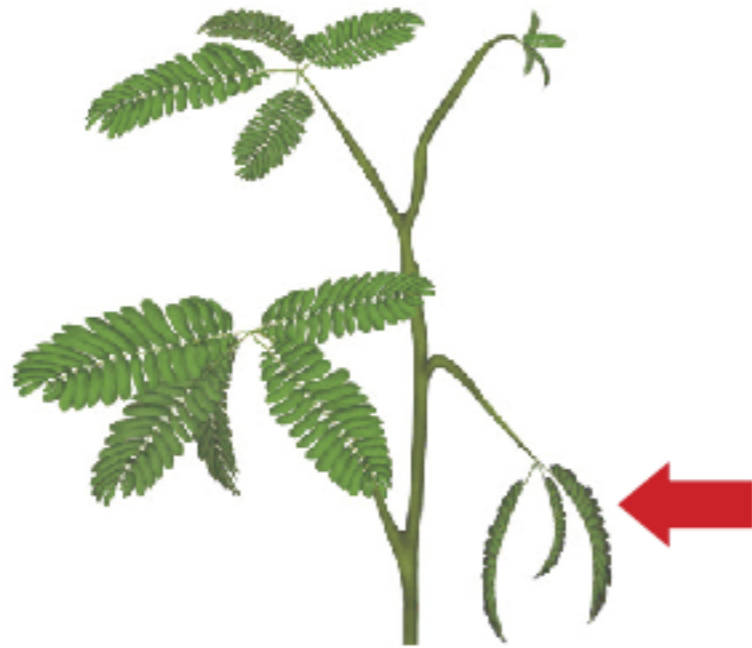
Considere também as seguintes afirmações.

- A auxina migra do lado iluminado para o não iluminado, tanto no caule como na raiz.
- O caule passará a apresentar fototropismo positivo porque a maior concentração de auxina no lado não iluminado faz com que nele ocorra distensão celular.
- A raiz passará a apresentar fototropismo negativo porque a maior concentração de auxina no lado não iluminado inibe nele a distensão celular.

É correto o que se afirma em:

- I, somente.
- I e II, somente.
- I e III, somente.
- II e III, somente.
- I, II e III.

3 UFV A figura a seguir representa a espécie *Mimosa pudica*. Essa planta, conhecida popularmente como dormideira, reage ao toque com o movimento de fechamento das folhas, conforme indicado pela seta.



Esse exemplo de reação nas plantas é conhecido como:

- (a) geotropismo.
- (b) nictinastia.
- (c) fototropismo.
- (d) sismonastia.
- (e) tigmotropismo.

4 Ufal As proposições a seguir referem-se a movimentos nos vegetais.

- Os tropismos são movimentos orientados de crescimento que ocorrem em resposta a estímulos externos direcionados.
- Os nastismos são movimentos não orientados que ocorrem em resposta a estímulos externos, independentemente de sua direção.
- As plantas sensitivas, ou dormideiras, apresentam seismonastia.
- Os caules geralmente apresentam geotropismo positivo.
- As leguminosas, que fecham seus folíolos à noite, apresentam fototropismo negativo.

5 UFG 2009 Mesmo após o término da viagem, Darwin continuou intensamente seus estudos. Em um deles, juntamente com seu filho Francis, observou o crescimento de plantas jovens em direção a um estímulo luminoso, sugerindo, então, a existência de um agente regulador do crescimento. Os relatos feitos por Darwin a esse respeito colaboraram para a base de estudos que culminou em suporte para o desenvolvimento biotecnológico de:

- (a) animais transgênicos.
- (b) clonagem animal.
- (c) fertilização *in vitro*.
- (d) cultura de tecidos vegetais.
- (e) frutos partenocárpicos.

6 PUC-MG 2007 No pastejo, o consumo de partes das plantas, sem matá-las, mantém nelas o potencial de crescimento. Muitos herbívoros e plantas evoluíram conjuntamente, cada qual atuando sobre o outro como agente de seleção natural. Pode ocorrer no pastejo, exceto:

- (a) aumento da produção fotossintética nas folhas remanescentes.
- (b) maior disponibilidade de luz para as folhas mais jovens, oriundas da base do caule.
- (c) maior rebrota de caules com maior produção de frutos nas plantas pastejadas em relação às não pastejadas.
- (d) menor densidade de ramificações em arbustos e árvores decorrente da remoção das gemas apicais.

7 PUC-PR Observando a planta no vaso, conclui-se que se trata de um caso de:

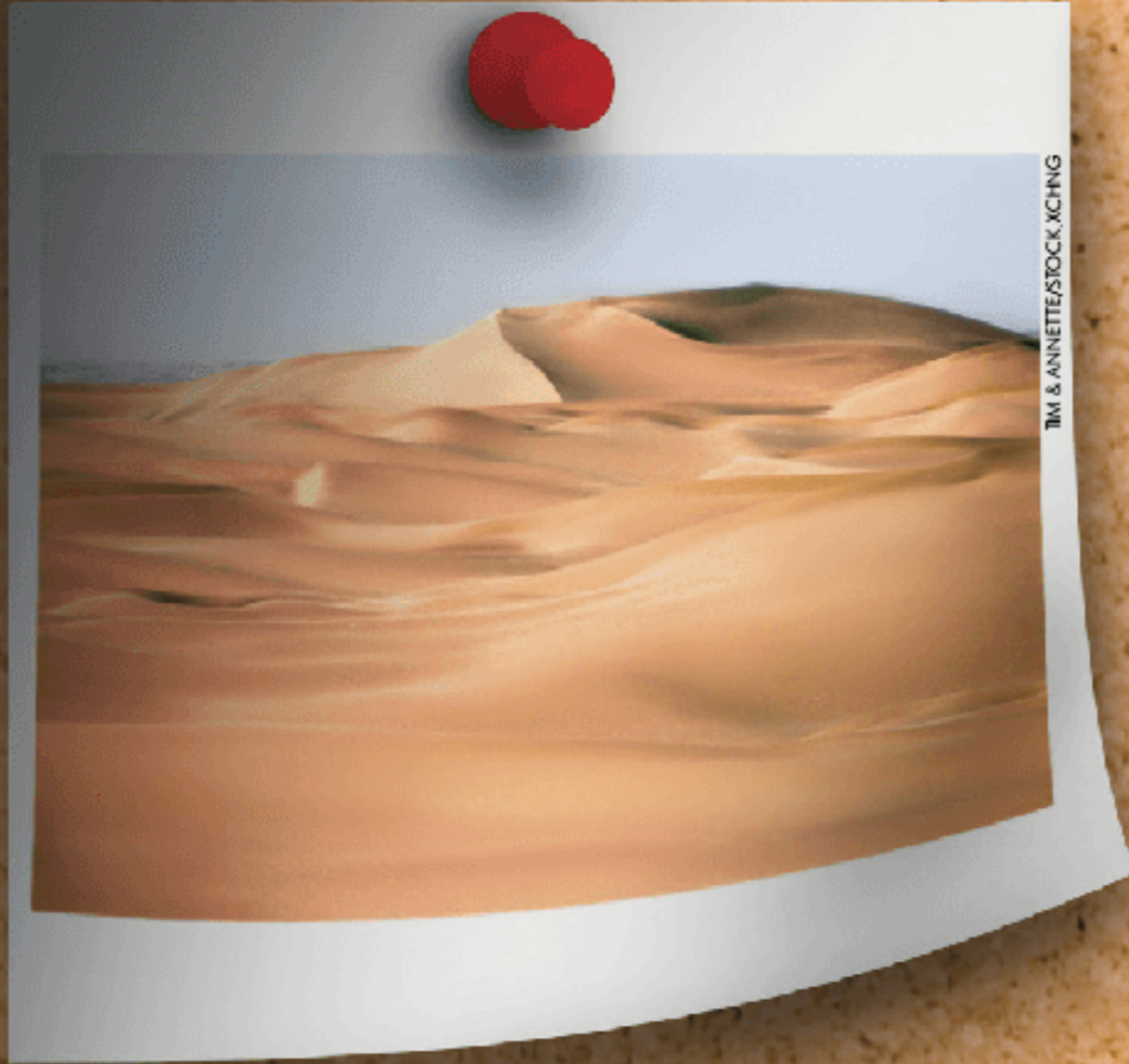


- (a) fototropismo negativo.
- (b) quimiotropismo.
- (c) geotropismo positivo.
- (d) geotropismo negativo.
- (e) fototropismo positivo.

Plantas e ambiente

21

FRENTE 2



TIM & ANNETTE/STOCK.XCHNG

As condições físicas e químicas nas diferentes regiões do planeta interferem na biodiversidade de cada ambiente.



ALEX GUERREIRO/UCR

Introdução

Biomass e classificação biológica

Classificar e separar coisas por tipos são características intrínsecas do ser humano. Nesta frente, pudemos ver que os seres vivos, sempre que possível, foram classificados em Reinos, Classes, Ordens, Famílias, Gêneros e Espécies, de acordo com as características de sua morfologia e anatomia. Isso ocorre com animais, plantas, microrganismos e até vírus. De um ponto de vista mais amplo, as **espécies** em conjunto são classificadas como **populações**; e as populações de espécies distintas, como **comunidades**. As comunidades, juntamente com os fatores abióticos do meio, constituem os **ecossistemas**. Assim, é possível observar que determinadas comunidades de espécies podem ocorrer em ambientes físicos particulares ou em regiões geográficas típicas. Esses ambientes particulares correspondem a **biomas**, os quais apresentam uma **fitofisionomia** característica, ou seja, a composição da flora é restrita àquele tipo de ambiente, e, subsequentemente, a composição da flora está intimamente relacionada aos padrões climáticos observados em determinadas regiões.

Conceito de biomas

A classificação dos grandes biomas terrestres partiu do pressuposto de que os biomas seriam **ecossistemas típicos de determinados padrões climáticos que apresentariam flora e fauna semelhantes**. Um bioma possui uma comunidade biológica que atingiu o estágio de clímax.

Biomas semelhantes podem estar presentes em regiões distantes do planeta que apresentem clima similar. Isso é possível porque há semelhança na composição da fauna e flora, o que não garante que as espécies sejam as mesmas. Esse padrão de semelhança remete a outros conteúdos abordados anteriormente, como o de convergência adaptativa. A convergência acontece quando o hábitat de espécies diferentes são semelhantes. Com a semelhança do hábitat, muitas espécies podem, como consequência de processos seletivos, desempenhar papéis parecidos na comunidade e apresentar morfologia e fisiologia semelhantes.

Biomass e evolução

Durante a formação dos biomas, que estão em constante transformação (em um equilíbrio dinâmico), e também com a comparação entre biomas geograficamente próximos, podem ser observados muitos **conceitos de evolução**. Os processos de transformação dos biomas durante as eras geológicas (que intercalaram muitos períodos glaciais com períodos em que a temperatura era mais elevada) ocasionaram a **seleção de espécies mais adaptadas** e, muitas vezes, o **isolamento geográfico** de outras. Fatores assim contribuíram com os tipos de **especializações**, como as **simpátrica** e **alopátrica**.

Sucessão em biomas

Um bioma possui componentes abióticos e uma comunidade biológica que se encontram no estágio de clímax, ou seja, para as condições daquele ambiente naquele determinado período evolutivo, a comunidade apresenta a máxima biodiversidade e também a maior biomassa possíveis. No estágio de

clímax, a produtividade líquida tende a zero, isto é, toda a matéria orgânica gerada na fotossíntese é utilizada pelos membros da comunidade e isso contribui para sua estabilidade.

Classificação de biomass e fatores abióticos

Os biomass apresentam fatores abióticos que interagem com a comunidade do local; atuam como **agentes de seleção natural**, podendo permitir ou não a sobrevivência e a reprodução de organismos de acordo com as condições físicas e químicas do meio. Entre os fatores abióticos destacam-se **água, temperatura, luz** (insolação), **gás carbônico, gás oxigênio** e **nutrientes minerais**. No solo, a **decomposição** de matéria orgânica é fundamental para a disponibilização de sais minerais e compostos nitrogenados, que podem ser empregados pelas plantas.

Os solos são formados sobre uma rocha matriz e constituídos por camadas horizontais (ou horizontes). Cada tipo de solo tem um padrão de disposição dessas camadas, correspondendo ao chamado **perfil do solo**.

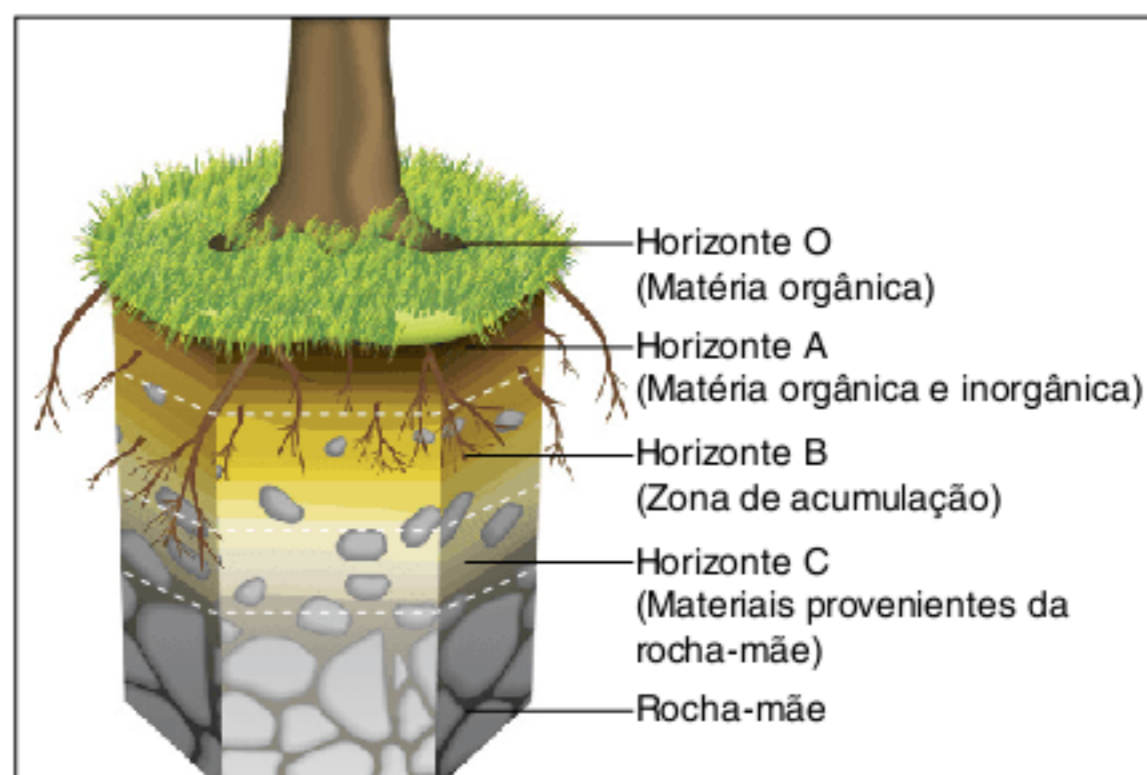


Fig. 1 Os horizontes do solo são genericamente divididos em O, A, B e C.

O horizonte O corresponde à camada superficial e é formado predominantemente por matéria orgânica. Esta forma o **húmus**, constituído pela decomposição de vegetais, animais e excrementos. O húmus é fundamental para o solo, pois fornece nutrientes minerais e contribui para a retenção destes, dificultando a lixiviação. O horizonte A geralmente tem cor mais escura, decorrente da grande quantidade de húmus. Apresenta minerais oriundos da decomposição da rocha. O horizonte B normalmente tem maior extensão e é constituído por rocha bastante desagregada; deposita materiais provenientes do horizonte A. O horizonte C apoia-se na rocha-matriz e tem grandes fragmentos de rocha, que foi pouco desagregada.

Há três tipos de partículas no solo: argila, silte e areia. As partículas de argila são as de menor tamanho e as de areia com maior tamanho; as de silte têm tamanho intermediário. Isso interfere na porosidade do solo e, consequentemente, em sua permeabilidade. Solos argilosos são mais compactos e neles há menos espaços entre as partículas; solos arenosos apresentam mais espaços entre as partículas e são mais permeáveis. Solos menos compactados permitem maior arejamento, com fornecimento de gás oxigênio para as raízes.

Muitos dos fatores abióticos são fundamentais para a realização de fotossíntese, processo que requer gás carbônico, luz, água, sais minerais e temperatura adequada. A fotossíntese, por sua vez, produz matéria orgânica a partir de matéria inorgânica: elevada atividade fotossintética significa alta produtividade primária bruta e elevada biomassa.

A fotossíntese é realizada pelo nível trófico dos **produtores**, que representam a base da cadeia alimentar e dão sustentabilidade à biodiversidade do ambiente. Assim, no estudo dos biomas é necessário conhecer as condições abióticas para entender a estrutura da comunidade que se desenvolve.

Os fatores abióticos locais são fortes determinantes da sua fitofisionomia, mas fatores climáticos regionais também interferem nas características de uma vegetação, fazendo com que diferentes tipos de vegetação possam ser observados no planeta (Fig. 2).

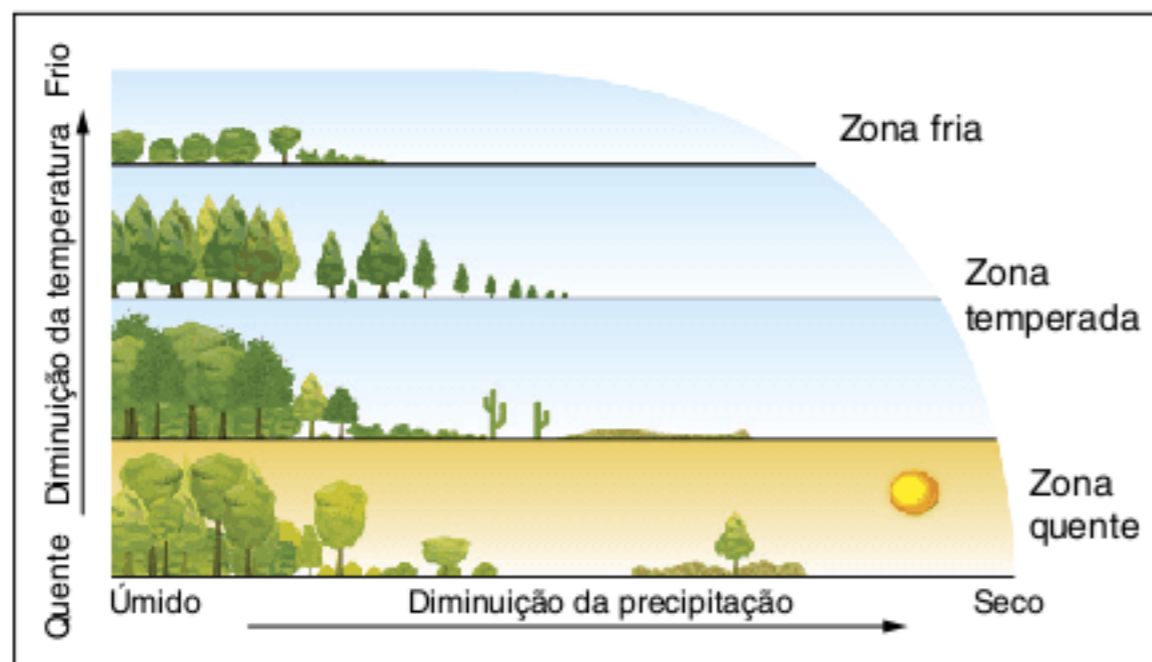


Fig. 2 Variação da cobertura vegetal de acordo com a temperatura e a umidade. A vegetação é mais exuberante em locais com maior insolação, temperaturas mais elevadas e alta umidade.

Alguns padrões gerais na Terra

A seguir são apresentadas características gerais da vegetação de biomas e, ao longo do capítulo, serão acrescentados mais detalhes.

- **Tundra:** predomínio de vegetação herbácea, constituída por plantas de pequeno porte e tenras, como é o caso de gramíneas; há também vegetação arbustiva, formada por plantas de médio porte.

- **Pradaria:** predomínio de vegetação herbácea.
- **Savana:** vegetação herbácea e vegetação arbórea, ou seja, constituída por árvores, as quais apresentam grande porte e têm ramos abundantes; nas savanas as árvores são mais esparsas.
- **Florestas:** vegetação arbórea, com outros tipos de plantas associadas, como arbustos, trepadeiras, epífitas etc.

Em termos de biodiversidade, a taiga é a mais pobre e as florestas pluviais são as mais ricas; a floresta caducifolia (o típico bosque europeu) tem biodiversidade intermediária.

Dois fatores são essenciais para a determinação do perfil de uma comunidade vegetal: a **insolação** e a **temperatura**. Tais condições podem ser definidas pela combinação entre a **latitude** e a **altitude** que determinada área apresenta. Em baixas latitudes, ou seja, nas proximidades da linha do Equador, há alta insolação e elevada temperatura; em latitudes mais elevadas, há um decréscimo da insolação e da temperatura. Locais de elevada altitude também apresentam declínio de temperatura.

Outro fator fundamental na determinação da composição da vegetação de uma região é a **disponibilidade de água**, pois, de um modo geral, o aumento da umidade no ambiente permite o desenvolvimento de vegetação mais exuberante.

Considerando os fatores **latitude** e **disponibilidade de água** conjuntamente, padrões globais podem ser definidos:

- Áreas situadas em **baixas latitudes** e com elevação na disponibilidade de água, determinam a presença dos seguintes tipos de biomas: **deserto, pradaria, savana e floresta pluvial**, respectivamente.
- Áreas situadas em **latitudes médias** com elevação da umidade determinam os seguintes tipos de biomas: **deserto, pradaria e floresta pluvial**.

No hemisfério Norte, há um notável efeito da altitude sobre o tipo de vegetação. Em uma região montanhosa, com o aumento da altitude, há um declínio da temperatura, e isso determina o tipo de vegetação com que se depara gradualmente quando se desloca da base para o topo das montanhas. Quando a altitude sofre elevação gradual, com diminuição das temperaturas, pode-se notar um gradiente de vegetações: **floresta caducifolia, taiga, tundra e pico com neve e gelo** (Fig. 3).

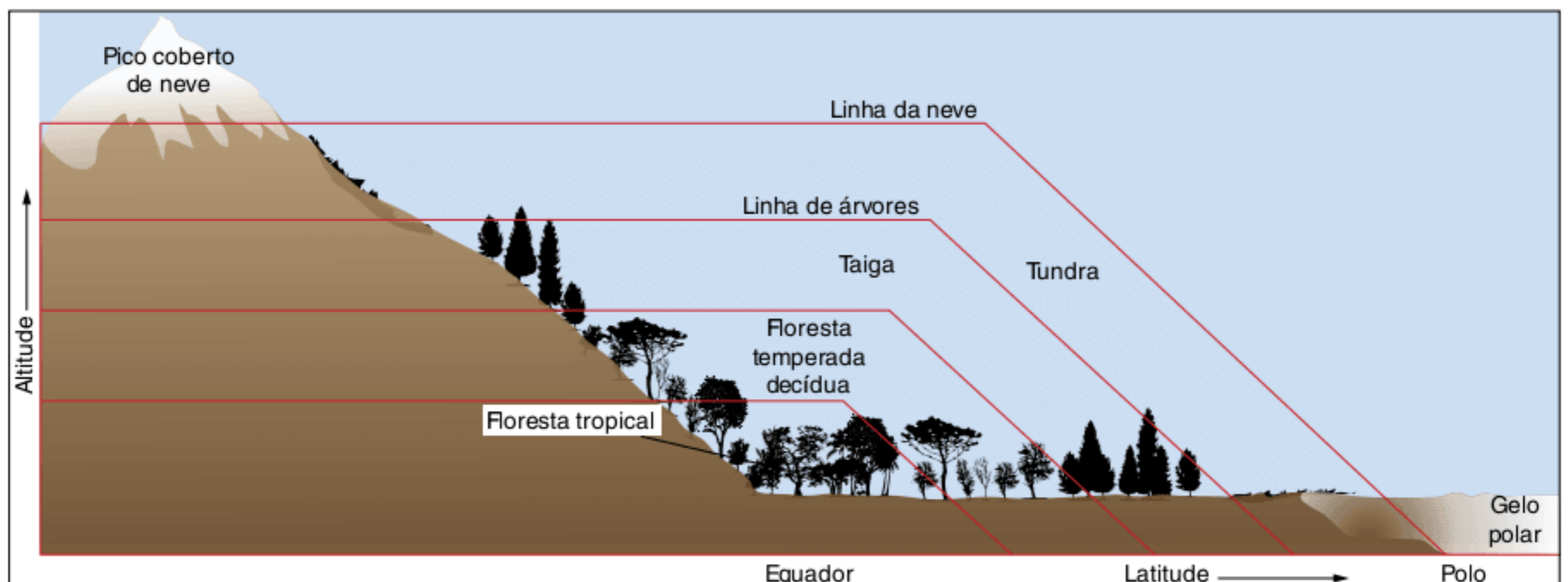


Fig. 3 Variação da cobertura vegetal de acordo com a latitude e a altitude. No hemisfério Norte, há uma correspondência entre aumento de altitude e aumento de latitude; o tipo de cobertura vegetal tem similaridade.

Descrição dos biomas

No geral, algumas formas principais de vegetação são consideradas: desertos, savanas, pradarias, matas e florestas. Considerando esses tipos de vegetação, podem ser observados diferentes biomas, que, de acordo com a combinação dos inúmeros fatores bióticos e abióticos, podem ser classificados.

As classificações dos biomas são bastante diversificadas. Os principais tipos de biomas do planeta são: **tundra**, **taiga (floresta de coníferas, ou floresta boreal)**, **pradarias**, **floresta pluvial (latifoliada)**, **floresta caducifólia (ou decídua)**; **savanas** e **desertos** (Fig. 4).

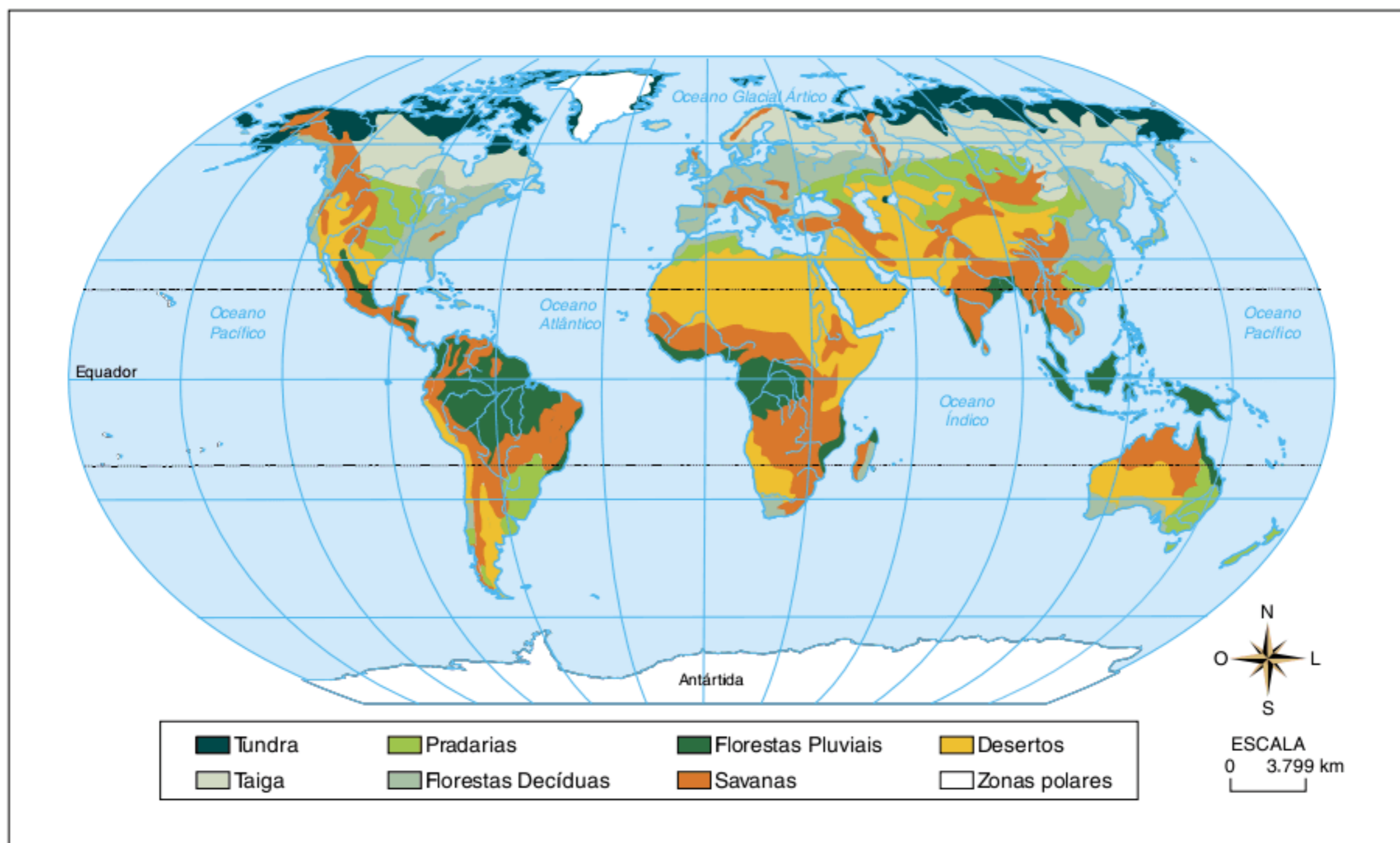


Fig. 4 Grandes biomas terrestres e sua distribuição no planeta.

Tundra

A tundra tem como condições ambientais características as temperaturas bastante baixas, que se mantêm abaixo dos níveis de congelamento durante quase todo o ano. Nas regiões em que esse bioma está presente, o verão é curto (cerca de oito semanas) e o inverno é longo. Durante o inverno, as noites são extremamente longas, com poucas horas de luminosidade diária.

Chuvas são menos frequentes na tundra do que em desertos, mas o solo é extremamente pobre em nutrientes e altamente saturado de água, em função dos baixos níveis de evaporação. Há a presença de *permafrost*, camada de gelo impermeável no solo, que tem profundidade de quase 1 metro abaixo da superfície. Com raro degelo, formam-se lagoas rasas, que servem como fonte de água.

Em condições ambientais estressantes, há o predomínio de vegetação herbácea, constituída por plantas tenras e de porte muito reduzido, como é o caso de gramíneas e musgos, e também de líquens. Pode haver vegetação arbustiva, formada por plantas de pequeno porte, mas não há árvores (Fig. 5).



Fig. 5 Tundra. A vegetação de pequeno porte é uma das características do bioma.

Esse bioma está presente nas regiões Antártica, Ártica e Alpina, situando-se entre as florestas boreais (taiga) e as calotas polares, onde somente se encontra gelo.

A fauna presente nesse tipo de ambiente tão inóspito é predominantemente de animais nômades, que se alimentam da vegetação no curto período do verão, onde a produtividade é um pouco maior, mas pequenos mamíferos, como ratos silvestres, conseguem habitar e sobreviver nesses ambientes realizando complexas interações com a vegetação.

Como maior impacto que a tundra pode sofrer, está a exploração de petróleo, que pode destruir o *permafrost* e, assim, quebrar os ciclos desse delicado ambiente.

Taiga

O clima da taiga, também denominada floresta de coníferas ou floresta boreal, é tipicamente frio; apresenta invernos rigorosos e longos.

Em função das baixas temperaturas, as taxas de decomposição do solo são muito baixas, fazendo com que haja acúmulo de turfa e ácidos húmicos, o que faz com que os muitos nutrientes presentes no solo se tornem indisponíveis para as plantas.

As baixas temperaturas e a acidez do solo permitem que apenas espécies vegetais capazes de sobreviver à essas condições permaneçam e culminem em uma produtividade bruta baixa.

A vegetação é formada por poucas espécies, predominantemente por gimnospermas coníferas, bastante robustas e resistentes, e poucas angiospermas. As coníferas possuem folhas acículas, adaptadas à neve por não armazenarem gelo na sua superfície. As folhas não caem no inverno, mas, por causa das baixas temperaturas, é comum a ocorrência de seca fisiológica (Fig. 6).



Fig. 6 Taiga: predomínio de gimnospermas.

Esse tipo de bioma é encontrado em ampla região da América do Norte, da Europa e da Ásia, e na região Subártica; também pode ser observado em latitudes menores, quando em altitudes elevadas, onde o clima também é frio.

Pradaria

As pradarias, também chamadas de pampas ou estepes, estão em regiões que apresentam clima com características intermediárias entre o de florestas temperadas e o de desertos. O clima é sazonal, com duas estações bastante marcadas: períodos muito quentes e secos e outros muito frios e chuvosos.

Nos períodos secos, é comum a ocorrência de incêndios que impedem o estabelecimento de vegetação de maior porte, assim como as pastagens que também exercem pressões competitivas, impedindo o crescimento de vegetação de maior porte.

O solo das pradarias é profundo, rico em nutrientes e fértil. As queimadas contribuem com a manutenção das gramíneas, plantas que apresentam crescimento próximo ao solo e que suportam a perda das folhas queimadas.

As matas de galeria, com estrato arbóreo próximo a cursos-d'água, também podem ser encontradas, mas o predomínio é de vegetação herbácea, com rica biodiversidade de gramíneas (Fig. 7).



Fig. 7 Pradaria. Predomínio de vegetação herbácea; vegetação de maior porte junto de cursos-d'água (mata ciliar).

Estão presentes em quase todos os continentes, com maior ocorrência na América do Norte.

O solo rico em nutrientes favorece a permanência de uma rica fauna de microrganismos decompositores, invertebrados e vertebrados escavadores e pastadores.

Em virtude do solo profundo e fértil, as pradarias são cobiçadas para a agricultura e pecuária, o que pode produzir arenização.

Florestas

Florestas são compostas de vegetação arbórea com cobertura contínua. Outros tipos de plantas podem estar associados, como arbustos, trepadeiras, epífitas etc. Em termos de biodiversidade, florestas de clima mais temperado, como a taiga, são mais pobres e florestas pluviais são mais ricas; a floresta caducifólia (o típico bosque europeu) tem biodiversidade intermediária.

Floresta caducifólia (decídua)

As florestas decíduas são biomas de latitudes com clima temperado, o qual apresenta as quatro estações bem definidas e umidade suficiente para a manutenção de árvores.

O solo é profundo e rico em nutrientes. As árvores perdem suas folhas que, ao acumularem no chão, constituem uma fonte de matéria orgânica em abundância e que contribuem para a manutenção da umidade (Fig. 8). A umidade do solo faz com que essas florestas sejam menos propensas a incêndios.



Fig. 8 Floresta decídua. Elevada variedade de espécies de angiospermas; presença de gimnospermas, briófitas, pteridófitas.

A abscisão é uma resposta ao fotoperíodo mais curto do outono, e constitui uma adaptação à diminuição de temperatura do inverno que se aproxima. Outra adaptação, observada em muitas angiospermas, é a inversão do fluxo de seiva elaborada da raiz para a parte aérea na primavera, o que contribui para o desenvolvimento de folhas e de flores nessa estação.

Na vegetação das florestas caducifólias há predomínio de árvores angiospermas, mas estão presentes briófitas, pteridófitas e gimnospermas. O sub-bosque pode ser desenvolvido principalmente durante a primavera.

Esse tipo de floresta está presente na região Oeste da Europa e no Leste da América do Norte e da Ásia.

A maior biodiversidade vegetal e as condições climáticas mais amenas em períodos maiores do ano garantem morada para inúmeras espécies da fauna, incluindo grandes mamíferos, como lince e ursos, que, por serem carnívoros, requerem maior complexidade da cadeia alimentar, com maior acúmulo de energia.

As árvores das florestas temperadas, entre elas as nogueiras e os carvalhos, têm crescimento bastante lento, e a exploração da sua madeira, atividade exercida nos últimos séculos, ocasiona grande impacto para tais biomas.

Floresta pluvial perenifólia latifoliada

As florestas pluviais, como o nome sugere, estão localizadas em regiões com alta pluviosidade e clima quente. São encontradas em baixas latitudes, próximas à linha do Equador, o que faz com que as variações de temperatura sejam muito pequenas durante o ano.

O solo dessas florestas é naturalmente pobre e pouco espesso; é rico em húmus, proveniente da própria vegetação. As altas temperaturas e a grande umidade contribuem para a decomposição da matéria orgânica que forma essa camada de húmus.

As florestas pluviais possuem vários estratos de vegetação, como o arbóreo, arbustivo, herbáceo, com a presença de epífitas e lianas (Fig. 9). A vegetação é a mais biodiversa do planeta e com arquitetura e morfologia extremamente diversificada; muitas plantas têm folhas largas (latifoliadas) e a maioria é perene

– razão para a nomenclatura dessas florestas. As árvores apresentam, frequentemente, bases largas (com raízes tabulares) e longos troncos, que podem alcançar muitos metros de altura. Vários níveis de sub-bosques podem estar presentes e o gradiente de luminosidade, crescente do solo à copa, faz com que plantas epífitas e lianas (cipós) busquem claridade, adaptando-se à sobrevivência a muitos metros do chão. Dessa maneira, com a vegetação arbórea muito desenvolvida e pouca luz atingindo o solo, plantas anuais (como as típicas de plantações) são praticamente ausentes.

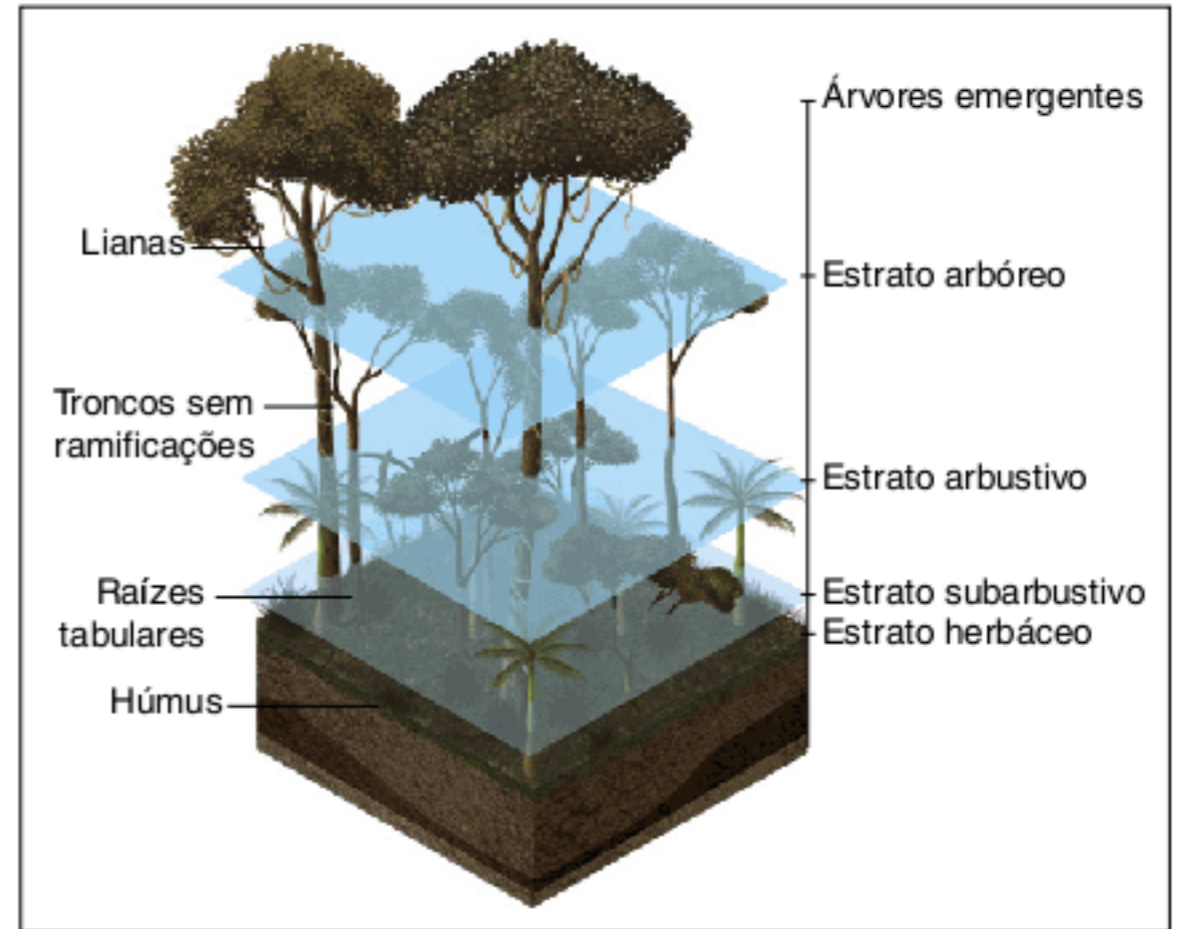


Fig. 9 Estratificação de floresta pluvial.

As florestas pluviais estão presentes nas regiões tropicais do planeta, que se estendem em torno da linha do Equador. Na África Equatorial, em regiões da Índia, do Sudeste da Ásia, do Norte da América do Sul e da América Central, do Leste da Indonésia e da Nova Guiné, do Norte da Austrália e nas ilhas tropicais do Oceano Pacífico, podem ser observadas florestas pluviais. Uma das florestas mais exuberantes desse tipo de bioma é a Floresta Amazônica, que cobre países da América do Sul, principalmente o Brasil.

A grande diversidade na vegetação reflete em alta riqueza de espécies animais, que estão intimamente relacionados com seu hábitat e apresentam forte endemismo (Fig. 10).



Fig. 10 Florestas pluviais são caracterizadas pela grande biodiversidade.

O desmatamento e as extrações ilegais de madeira ou de animais silvestres, sem manejo adequado, são os maiores impactos que essas florestas sofrem. A retirada da cobertura de vegetação ocasiona a interrupção do fluxo de nutrientes da floresta com o solo; com o tempo, o solo não mais possui matéria orgânica, salientando sua pobreza de nutrientes, não tendo mais utilidade para a agricultura ou mesmo para a pecuária.

Savana

As savanas possuem climas levemente variáveis, em função de estarem presentes em latitudes intertropicais. Como característica típica, apresentam notável sazonalidade de precipitações, com períodos chuvosos seguidos de seca intensa. Nos períodos secos, há frequente ocorrência de incêndios, que fazem parte das dinâmicas ecológicas desse tipo de bioma. A extensa faixa espacial que as savanas ocupam na Terra as fazem ser influenciadas por inúmeros fatores climáticos e regionais, que tomam esse bioma um dos mais heterogêneos do planeta.

Os solos, quando expostos à chuva, ficam sujeitos ao processo de lixiviação. O lençol freático é profundo e há espécies vegetais adaptadas à obtenção de água nos períodos secos.

A vegetação das savanas apresenta uma extensão quase contínua de gramíneas, com arbustos e árvores bastante esparsos. As árvores são tortuosas e apresentam grande porte e ramos abundantes. As plantas apresentam adaptações ao fogo, com súber mais espesso nas árvores (escleromorfismo), e parte subterrânea bastante desenvolvida, o que também permite acesso à água (Fig. 11).



Fig. 11 Savana. Vegetação com predomínio de gramíneas e de árvores tortuosas esparsamente distribuídas.

Savanas podem ser observadas na África Central, onde está a comunidade mais diversificada e abundante de grandes mamíferos pastadores e carnívoros do mundo. Está presente também na América do Sul, sendo localmente chamada de cerrado brasileiro.

As savanas fazem parte da história da humanidade, considerando que os primeiros hominídeos partiram desse tipo de ambiente seguindo as migrações animais para a busca de alimento. Hoje em dia, são exploradas para a produção de carvão a partir de suas árvores e para a produção agrícola, aproveitando suas terras.

Deserto

O clima típico dos desertos é determinado por altas temperaturas durante o dia e com queda acentuada de temperatura à noite. Há baixa pluviosidade, com chuvas reduzidas e imprevisíveis, e há elevada insolação, determinando alto potencial de evaporação. Estão presentes em latitudes subtropicais, entre 30 e 35 graus, regiões que recebem pouca precipitação em função dos ventos suaves.

O solo desértico é exposto, apresenta pouca ou nenhuma matéria orgânica e é extremamente seco; a água pode se acumular em fendas ou sob rochas quando ocorrem as esparsas chuvas.

A vegetação dominante consiste em poucos e esparsos arbustos e plantas suculentas. A vegetação é tipicamente xeromórfica, isto é, adaptada à escassez de água. As plantas possuem cutícula espessa e impermeável, poucos estômatos, folhas convertidas em espinhos e água acumulada no parênquima aquífero. Há muitas plantas do grupo das crassuláceas (cactos) que abrem estômatos apenas à noite; é comum a distribuição de estômatos em cavidades denominadas criptas. O ciclo de vida de muitas plantas é curto, sendo restrito ao período de chuva (Fig. 12).



Fig. 12 Deserto. Vegetação com adaptações à seca (xeromorfismo).

A fauna que habita desertos também é extremamente adaptada às condições inóspitas do ambiente, apresentando fisiologia e habilidades típicas para a obtenção de água e alimento. Costumam ser noturnos ou mesmo ficar sazonalmente inativos, aguardando condições propícias para sua sobrevivência.

Como extensos desertos, podem ser citados os desertos do Saara e do Kalahari na África, o Deserto do Atacama no Chile, o Deserto do Sudoeste dos Estados Unidos e do Norte do México e o Deserto Australiano, no hemisfério Sul.

Desertos parecem ser ambientes inóspitos e rudes, mas são ecossistemas muito frágeis, com pouca resistência à impactos. Regiões de clima mais instável e que estejam localizadas em regiões de latitude subtropicais correm sérios riscos de sofrer processos de desertificação. Desvios de cursos-d'água e criação extensiva de grandes rebanhos podem acarretar nesse processo.

Biomias do Brasil

O Brasil abrange grande parte da América do Sul, possuindo terras com grande variação de latitude; é um país intercontinental, com grandes variações climáticas como consequência. Da sua região mais ao norte, no estado de Roraima, até o estado do Rio Grande do Sul, no extremo sul, as variações de temperatura e pluviosidade são muito elevadas. Tal heterogeneidade climática possibilita a presença de tipos vegetacionais distintos e, assim, biomas diferentes, sendo que a geografia do país, que dispõe de cadeias de montanhas e planícies em locais estratégicos, também contribui com a disposição dos biomas.

Os principais biomas brasileiros são: os **manguezais litorâneos**, a **Mata Atlântica**, a **Floresta Amazônica**, a **Mata de Araucárias**, o **cerrado**, a **caatinga**, os **pampas**, o **Pantanal** e a **Mata dos Cocais** (Fig. 13).



Fig. 13 Distribuição dos principais biomas brasileiros.

Manguezais

O Brasil apresenta cerca de oito mil quilômetros de costa com o Oceano Atlântico, a qual se estende por uma ampla faixa latitudinal. Isso resulta em uma heterogeneidade de ambientes costeiros que abrangem desde restingas (formação de vegetação rasteira que cresce na areia e que divide as praias do restante do continente) até os manguezais, que apresentam formações florestais típicas.

Os manguezais litorâneos encontram-se nas terras próximas dos estuários, onde os rios desembocam no mar. São considerados como um ecossistema de transição entre os ambientes terrestre e marinho. Durante a maré alta, o mar invade o rio, dificultando seu fluxo; a água invade as terras próximas ao rio e o solo fica encoberto; com a maré baixa, a água retorna ao leito do rio e o solo volta a ficar exposto ao ar.

Os pulsos diários ocasionam na deposição de material particulado da água do rio no solo adjacente, que é rico em matéria orgânica; mas a abundância em matéria orgânica favorece a atividade de bactérias aeróbias decompositoras que consomem o oxigênio disponível. Assim, bactérias anaeróbias também estão presentes, produzindo enxofre.

Isso resulta em um solo mole, rico em matéria orgânica em decomposição, pobre em oxigênio e relativamente ácido.

As condições físicas e químicas existentes limitam os seres vivos que habitam os manguezais. Há plantas adaptadas a essas condições, apresentando ramos de escora e raízes respiratórias (pneumatóforos) (Fig. 14).

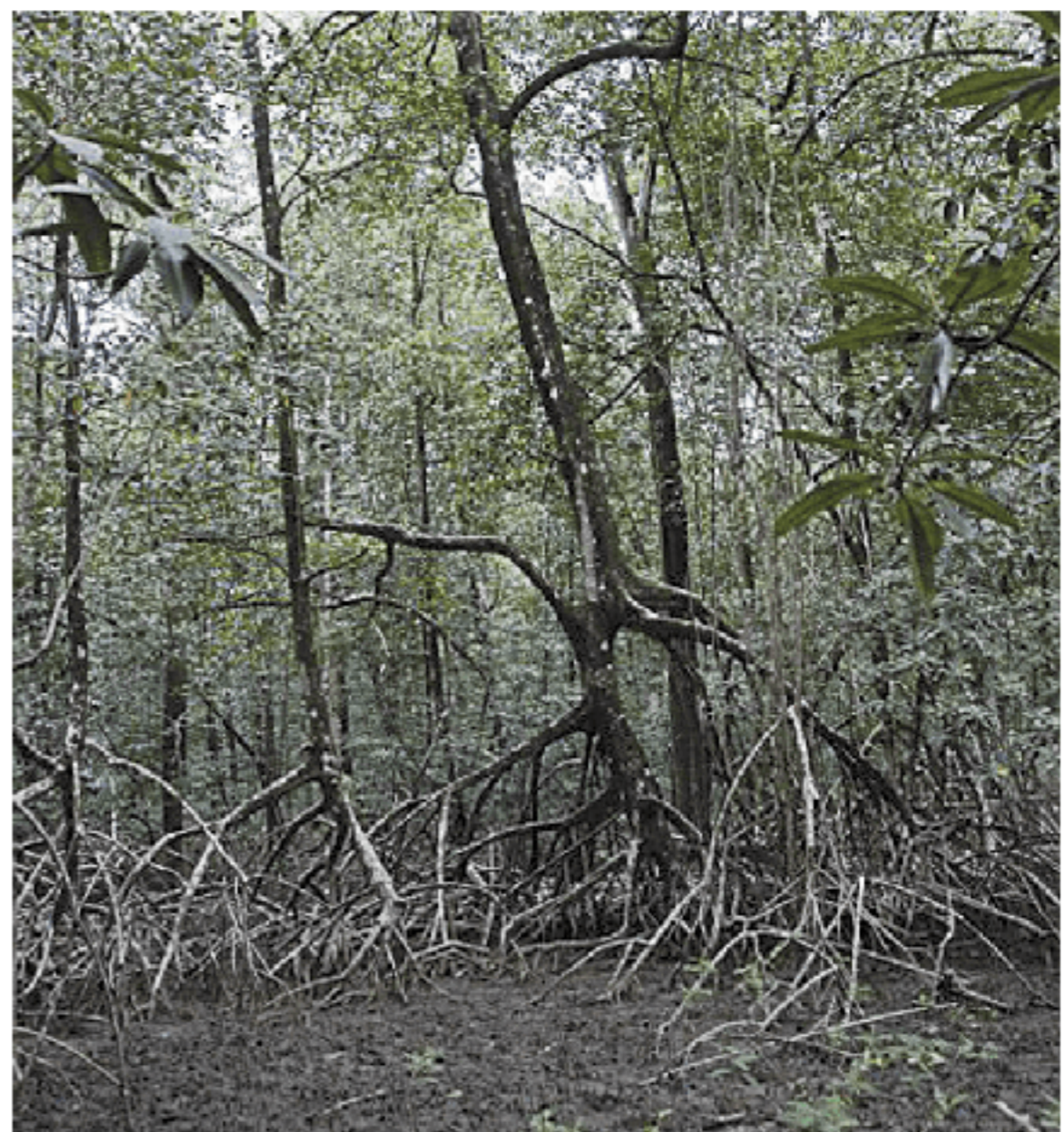


Fig. 14 Manguezais são considerados “berçários” da vida marinha; apresentam plantas com raízes respiratórias e ramos caulinários de escora.

Um fator importante que limita o desenvolvimento da vegetação nos manguezais é a temperatura. Na região Norte, as árvores podem alcançar até trinta metros; já na região Sul, elas apresentam altura reduzida. Assim, mesmo estando sob influência constante do mar, as diferenças de latitude influenciam fortemente esse tipo de ecossistema.

O manguezal é um “berçário” da vida marinha, pois muitas espécies oceânicas se reproduzem nessa região; os descendentes gerados encontram abrigo e alimento nesse ambiente, que é estruturalmente mais protegido, já que as raízes de árvores formam complexos emaranhados. Jacarés, guarás e muitas espécies de aves e crustáceos são alguns dos animais que vivem nesse trecho.

A exploração de manguezais, como, por exemplo, a retirada de caranguejos, é realizada como parte da cultura dos caiçaras (pessoas que vivem em regiões litorâneas). A importância econômica e social desse ecossistema é muito grande. A destruição gratuita, a poluição das águas e as alterações nos pulsos de inundação de rios são os grandes inimigos do manguezal.

Floresta Amazônica (ou Hileia)

É um tipo de floresta pluvial latifoliada, presente em área de clima quente e úmido. Possui a maior bacia hidrográfica do mundo, a Bacia do Rio Amazonas, que, por causa de pulsos de inundações sazonais, favorece a ocorrência de alterações drásticas no ambiente. Alterações sazonais favorecem a manutenção de espécies resistentes e também a diversificação de espécies, que foram selecionadas ao longo do tempo evolutivo.

Apesar de se pensar que a Floresta Amazônica seja um contínuo de florestas, há grande heterogeneidade de ambientes, com regiões de florestas de terra firme (não alagadas) e áreas alagadas de modo permanente (florestas de igapós) ou periodicamente (florestas de várzeas).

O solo dessa floresta é extremamente pobre em nutrientes, já carregados pela intensa pluviosidade que a região apresenta. A manutenção da mata se deve ao acúmulo de espessa camada de matéria orgânica, gerada pela própria floresta.

Nessa formação vegetacional são encontrados vários estratos, como o arbóreo, o arbustivo, o subarbustivo, as lianas e as epífitas. O porte das árvores atinge dezenas de metros de altura, e a densidade das copas do estrato superior mantém microclimas únicos mais abaixo, protegendo o interior da floresta do sol quente, típico da região equatorial (Fig. 15).



Fig. 15 Floresta Amazônica. Há maior retenção da luz pelo dossel das árvores, dotadas de folhas largas (latifoliadas).

Assim, com clima e condições ambientais favoráveis, a Floresta Amazônica e seu emaranhado de diversificados ambientes é detentora de cerca de um terço da biodiversidade do planeta.

Grande parte dessa floresta está contida no Brasil, mas Peru, Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia e Guiana Francesa também apresentam parte desse bioma. A Amazônia brasileira está presente nos estados do Acre, do Amapá, do Amazonas, do Mato Grosso, do Pará, de Rondônia, de Roraima, de Tocantins e de uma porção do Maranhão.

Como principais impactos que essa floresta sofre estão os constantes desmatamentos para a produção agrícola e pastoril. O resultado da retirada da vegetação nativa significa a perda da fonte de nutrientes, assim o solo logo fica pobre e inútil para plantações. Políticas nacionais vêm, cada vez mais, tentando defender esse bioma tão rico e ainda tão desconhecido pela ciência.

Mata Atlântica

A chamada Mata Atlântica é uma modalidade de floresta pluvial que tinha como área original boa parte do litoral brasileiro (com faixa de largura variável) e vastas áreas interioranas, que iam do Rio Grande do Sul até o Piauí; abrange várias bacias hidrográficas brasileiras, como a dos rios Paraná, Uruguai, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha e São Francisco. Esse bioma apresenta diferentes formas de relevo, paisagens e características climáticas, o que a faz possuir maior diversidade de espécies do que a Floresta Amazônica.

Sua vegetação é um conjunto de formações florestais que, nas regiões litorâneas, em função da proximidade com o oceano, recebem grande umidade e chuvas. Assim como na Amazônia, há grande estratificação vertical, com árvores de grande porte até herbáceas. Muitas epífitas e lianas se aproveitam da umidade do ar e assim se proliferam em abundância (Fig. 16). Esse tipo de floresta apresenta regiões de transição com mangues, áreas de cerrado, Mata de Araucária, entre outros biomas brasileiros.



Fig. 16 Mata Atlântica. Vegetação disposta em estratos, entre os quais lianas e epífitas.

Em decorrência de queimadas e ocupação humana, restaram cerca de 7% da cobertura original desse ecossistema no país. Com sua destruição, muitas espécies, endêmicas ou não, foram extintas.

Mata de Araucária

Com clima mais frio, típico do Sul do país, as Matas de Araucárias são florestas com menor biodiversidade do que as típicas florestas pluviais. Recebem chuvas durante todo o ano, mas a temperatura é bastante variável, com estações bem marcadas anualmente.

Esse tipo de mata apresenta como composição vegetacional várias espécies, mas sua espécie mais emblemática é o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) (Fig. 17).



Fig. 17 Mata de Araucárias. Predomínio do pinheiro-do-paraná, com presença de angiospermas e pteridófitas.

A fauna desse ecossistema é extremamente rica, com muitas espécies endêmicas e raras, já que o ambiente é tão peculiar.

Essas matas fazem parte do complexo conjunto de tipos de florestas da Mata Atlântica e também foram muito devastadas pela ocupação humana, sendo que sua distribuição original incluía áreas do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais, e hoje elas restringem-se praticamente a poucas manchas no Sul e no Sudeste do país.

Cerrado

O cerrado corresponde a uma modalidade de savana, chamada de savana brasileira. O clima é típico intertropical, com verão chuvoso e inverno bastante seco, que favorece a ocorrência de incêndios frequentes.

Os incêndios acabam expondo a superfície do solo, e a estação chuvosa, que vem logo em seguida, atua no processo de lixiviação. A água da chuva infiltra-se no solo, que é predominantemente arenoso, abastecendo o lençol e carregando partículas.

O solo é pobre, com pequenas taxas de matéria orgânica dificilmente decomposta nos períodos extremamente secos. Além disso, é ácido, em decorrência de grande quantidade de ferro e alumínio. A correção da acidez do solo do cerrado para o aproveitamento agrícola é feita com o emprego de calcário (processo denominado **calagem**) e adubos orgânicos ou fertilizantes químicos.

Podem ser classificados vários tipos de cerrado de acordo com a estrutura da vegetação, que pode apresentar desde afloramentos rochosos, predomínio de gramíneas, vegetação arbustiva esparsa, pequenas árvores, grandes árvores e até mesmo matas de galeria (matas ciliares, próximas a corpos-d'água). A grande diferença das árvores do cerrado com as de outras florestas é sua arquitetura e morfologia externa; muitas plantas têm cascas grossas, ramos bastante retorcidos, parte subterrânea desenvolvida (uma adaptação ao lençol bastante profundo), folhas com revestimento espesso (são coriáceas) e gemas recobertas por pelos (Fig. 18).

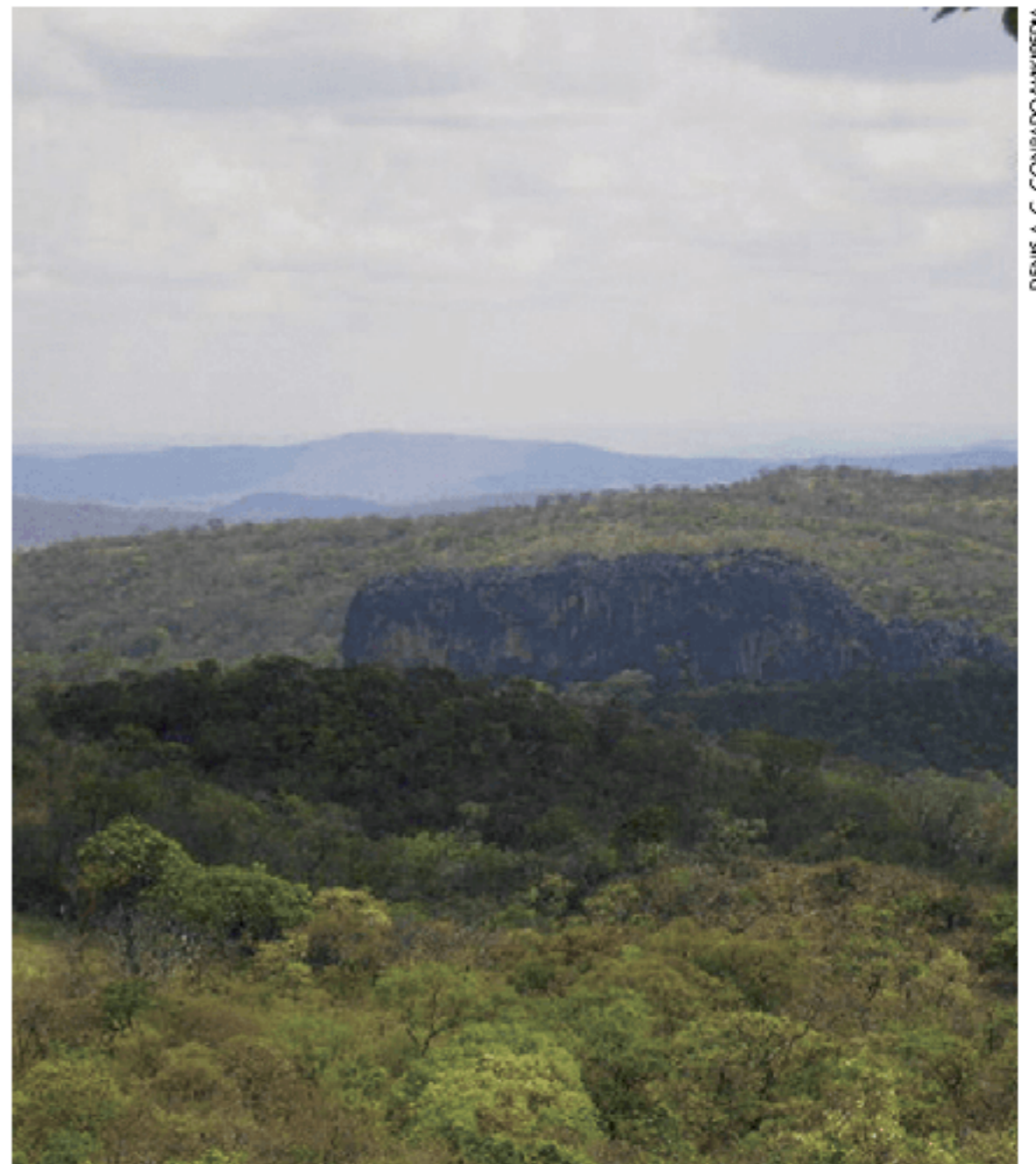


Fig. 18 Cerrado. Há vegetação herbácea, com arbustos e árvores esparsos; essas plantas têm ramos retorcidos e apresentam casca grossa.

O cerrado brasileiro se estende pela área central do país, abrangendo os estados de Minas Gerais, de Goiás, de Tocantins, da Bahia, do Maranhão, do Mato Grosso, do Mato Grosso do Sul, do Piauí e do Distrito Federal. Esse bioma apresenta regiões de transição com a Mata Atlântica, a Floresta Amazônica, a caatinga e o Pantanal.

A savana brasileira apresenta grande diversidade de espécies, muitas delas endêmicas e altamente adaptadas às condições climáticas tão ímpares desse bioma. No cerrado são observadas espécies ameaçadas de extinção, como o tamanduá-bandeira, o tatu-canastra e o lobo-guará.

Fortes pressões ocasionadas pela expansão urbana e também pelos desmatamento para agricultura e mineração (para a extração de ferro) nas regiões de cerrado são causas de destruição dos habitats dessas espécies e de desequilíbrio desse ecossistema tão biodiverso.

Pradaria

As pradarias, também conhecidas como pampas gaúchos, estão contidas na região Sul do país, localizadas no Rio Grande do Sul. O clima é temperado, as chuvas são distribuídas regularmente ao longo do ano e as baixas temperaturas reduzem os níveis de evaporação.

As condições climáticas não favorecem o crescimento de árvores; assim, os pampas têm predomínio de vegetação herbácea, apresentando também locais com matas de galerias próximas a corpos-d'água. O relevo pouco ondulado apresenta predomínio de gramíneas com arbustos espalhados nas áreas mais planas, enquanto nas áreas de encosta a vegetação é mais diversificada (Fig. 19).



Fig. 19 Pampa gaúcho. Predomínio de vegetação herbácea com arbustos esparsos.

Nas áreas de baixadas, são formados alagados que favorecem a presença de rica comunidade de aves, incluindo garças, marrecos, e também lontras, capivaras e onças.

Bombeamentos da água desses banhados são impactos que podem desequilibrar seriamente esses ecossistemas.

Caatinga

A caatinga é um bioma distribuído em estados do Nordeste brasileiro com clima semiárido caracterizado por temperaturas elevadas. O verão é a estação mais seca e o inverno é a estação chuvosa; no entanto, a região pode apresentar períodos secos muito prolongados. As chuvas, quando ocorrem, são torrenciais. Por causa do clima sazonal e imprevisível, há rios intermitentes, que podem secar totalmente por longos períodos e com a estação chuvosa podem transbordar.

Os solos da caatinga são pouco lixiviados, pedregosos e relativamente ricos em nutrientes, mas, em função da escassez de água, são pouco aproveitados.

A caatinga pode ser dividida em duas macrorregiões com clima e vegetação relativamente diferentes: o agreste e o sertão. O agreste está localizado mais próximo ao litoral e com maior umidade; se assemelha a uma floresta, mas com menor exuberância do que a da Mata Atlântica. O sertão é mais interno no continente e tem como característica o clima extremamente seco e a vegetação esparsa e xeromórfica. Próximo às serras, onde há maior umidade em decorrência do acúmulo de nuvens de chuva, há ainda regiões alagadiças, chamadas de brejos ou brejos de altitude; são ilhas de umidade que, em função do solo fértil, apresentam maior produtividade.

A vegetação da caatinga, portanto, apresenta estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. Há xeromorfismo, ou seja, as plantas apresentam adaptações ao clima seco, com escassez de água. Muitas plantas armazenam água, com parênquimas aquíferos desenvolvidos; folhas transformadas em espinhos, por exemplo, são finas ou inexistentes; a cutícula é impermeável e os estômatos localizados em criptas; há crassuláceas que só abrem estômatos à noite. Outras plantas apresentam raízes superficiais ao solo visando absorver o máximo das chuvas (Fig. 20).



Fig. 20 Caatinga. Cutícula impermeável e folhas convertidas em espinhos são algumas das características da vegetação xeromórfica.

A caatinga abrange os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, de Alagoas, da Bahia, Sul e Leste do Piauí e Norte de Minas Gerais.

Na caatinga, apesar do clima tão árido, a fauna é bastante diversa e adaptada a essas condições. Nesse bioma vivem espécies como o famoso sapo-cururu, a asa-branca, cotias, preás, gambás, veados-catingueiros, tatupebas, alguns primatas etc.

A sazonalidade faz com que a fauna, incluindo a população humana, acompanhe a disponibilidade de alimento, que é oferecido pela vegetação com fartura nos períodos chuvosos, mas permanece escasso durante boa parte do ano.

A forte exploração extrativista da vegetação vem sendo uma importante forma de impacto, que gera como consequência o desequilíbrio desse ecossistema e a destruição de habitats para a fauna. Muitos estudos indicam que a caatinga brasileira é um dos ecossistemas menos preservados no país e um dos mais degradados.

Mata dos Cocais

As chamadas Matas dos Cocais compreendem uma região de transição entre os biomas da Floresta Amazônica e da caatinga. O clima é relativamente mais úmido do que nas áreas de caatinga, apresentando maior umidade à medida que avança para o oeste, onde está a floresta.

O solo desse bioma é rico em minérios e com boa reserva de nutrientes.

A Mata dos Cocais recebeu esse nome em função da grande diversidade de palmeiras que possui, dentre elas o buriti, a carnaúba, o açaí e o babaçu. O estrato arbóreo contínuo, com vegetação mais exuberante, pode ser observado à medida em que se aproxima das formações florestais amazônicas (Fig. 21).



RAFAEL DRAKE/WIKIPEDIA

Fig. 21 Mata dos Cocais. Predomínio de estipes, como a carnaúba, o buriti e o babaçu.

Esse ecossistema está presente nos estados do Maranhão, Piauí, Pará e no Norte do Tocantins.

A fauna é diversa, mas a comunidade está em processo de recuperação. A região sofreu fortes impactos com exploração indevida de minérios, de madeira e também com aumento populacional, ocasionando maior fragilidade do bioma.

Pantanal mato-grossense

O Pantanal é uma grande planície inundável, com clima quente e úmido e quedas pouco expressivas de temperatura no inverno. A umidade é constante, mesmo nos períodos em que não há chuva, devido ao acúmulo de água no solo durante o período em que ele ficou coberto de água. A maior parte dos solos do Pantanal é arenosa, com nutrientes depositados superficialmente a cada ciclo de inundação.

No período das chuvas, ocorre o transbordamento dos rios, que alagam grande parte do bioma (cerca de dois terços). Na seca, são mantidas lagoas, por algum tempo. No entanto, para entender a dinâmica das águas no Pantanal,   importante que não são a planície alagável, mas a bacia hidrográfica como um todo, seja levada em conta. As cheias periódicas, que resultam no equilíbrio dinâmico e em todos os processos ecológicos do Pantanal, são determinadas pelos eventos que ocorrem nas partes altas da bacia hidrográfica. O rio que corta o Pantanal   o Paraguai;   ele e seus afluentes que servem de base para tal equilíbrio.

No Pantanal, há uma heterogeneidade espacial e temporal de vegeta o, com áreas de transi o com o cerrado, com a caatinga, com a Floresta Amazônica e com diversos campos. Assim, a vegeta o   caracterizada de acordo com a altitude (que influencia no alagamento). Extensas áreas de campos com gramíneas são salpicadas com os cap es (ilhas de vegeta o florestal com características de cerrado) e as matas de galeria, que se mant m em locais mais altos e secos durante o extravasamento de água dos rios (Fig. 22).



KRISTEN KAROCK/ISTOCKPHOTO

Fig. 22 Pantanal. As planícies inundadas e a presença de diversas áreas de transi o com outros biomas são algumas de suas características marcantes.

A vegeta o aquática também   muito importante, pois dá suporte   fauna, proporcionando prote o, abrigo e alimento. Como adapta o, as plantas apresentam fisiologia que suporta o alagamento periódico e, no caso das plantas aquáticas, apresentam adapta es, como aerênquima, estômatos na face superior das folhas, entre outras.

O bioma pantaneiro está situado no sul do estado do Mato Grosso e no noroeste do Mato Grosso do Sul; possui uma imensa biodiversidade de espécies com densidade muito elevada.

Como atividade principal exercida na região, está a pecuária, que faz parte da tradi o pantaneira, juntamente com a pesca de subsistência, principal fonte de proteína da popula o. Outras atividades, como o turismo ecológico e a pesca esportiva, movimentam a economia regional, alavancando novas possibilidades que não são a extra o e a pecuária.

Biomas e aspectos ecológicos

Em um bioma, em fun o da grande complexidade e elevada **biodiversidade** que pode apresentar, podem ser observadas **rela es inter e intraespecíficas**, muitas vezes essenciais para que o bioma em questão se mantenha íntegro e funcional. A quebra dessas rela es pode acarretar em **desequilíbrios ecológicos** sérios, que desestabilizam a rede formada pelos seres vivos daquele local. Isso   notado quando um ecossistema constituinte de determinado bioma sofre **impactos**: espécies nativas são extintas, espécies exóticas são introduzidas, o meio físico   afetado por polui o ou erosão, e também quando a área de vida das espécies   reduzida. Fatores como esses ocasionam a quebra das teias alimentares, e subsequente ruptura dos fluxos de energia e biomassa. Assim, toda interven o humana em qualquer área, seja ela urbana ou rural, deve ser feita com planejamento e, acima de tudo, com a consciência de que todos os seres vivos estão interligados e dependem uns dos outros, incluindo o ser humano.

Revisando

1 Conceitue bioma em termos ecológicos.

2 Caracterize a comunidade dos biomas em relação à biodiversidade, à biomassa e à produtividade primária líquida.

3 Cite os principais fatores abióticos de um bioma. Qual é a relação entre decomposição e fatores abióticos?

4 Caracterize os horizontes que compõem o solo.

5 De que maneira a fotossíntese contribui para estabelecer o perfil de um bioma?

6 Relacione temperatura e insolação com latitude.

7 Relacione altitude com temperatura.

8 Considerando baixas latitudes, indique os tipos de biomas encontrados com o gradual aumento de disponibilidade de água.

9 Considerando latitudes médias, indique os tipos de biomas encontrados com o gradual aumento de disponibilidade de água.

10 No hemisfério Norte, cite os tipos de vegetação encontrados em uma montanha quando se desloca da base para o ápice.

Para as questões de 11 a 17, considere os biomas: tundra, taiga (floresta de coníferas, ou floresta boreal), pradarias, floresta caducifolia (ou decídua), floresta pluvial (latifoliada); savanas e deserto. Caracterize os biomas citados em relação aos aspectos principais do clima, solo e vegetação.

11 Tundra: _____

12 Taiga: _____

13 Pradaria: _____

14 Floresta caducifolia: _____

15 Floresta pluvial: _____

16 Savana: _____

17 Deserto: _____

18 Cite adaptações de plantas às condições do manguezal.

19 Por que os manguezais são considerados os “berçários” da vida marinha?

20 Quais são os estratos presentes nas florestas pluviais?

21 Quais são as três faixas da Floresta Amazônica em relação à inundação?

22 Caracterize a vegetação do cerrado.

23 Cite aspectos da vegetação da caatinga.

Exercícios propostos

1 **UFRGS** O bioma caracterizado como campos cerrados ocupa, aproximadamente, 25% do território nacional e vem sendo estudado por muitos pesquisadores brasileiros. Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, referentes a esse bioma.

- O aspecto xeromórfico apresentado pelas plantas é causado pela escassez de água.
- A vegetação é composta de árvores e arbustos de pequeno porte, que apresentam caules retorcidos e com casca grossa.
- Os solos são ácidos, pobres em nutrientes minerais e ricos em alumínio.
- O fogo, que ocorre naturalmente nesse tipo de bioma, provoca inibição das florações.
- Alguns representantes característicos da fauna do cerrado são a ema, a anta, o lobo-guará, o tucano e o veado-campeiro.

A sequência correta de preenchimento, de cima para baixo, é:

- (a) F – F – V – V – F
- (b) F – V – V – F – V
- (c) V – F – F – V – V
- (d) V – F – V – F – F
- (e) F – V – F – V – V

2 **Fatec** Nos estuários brasileiros desenvolve-se um ecossistema que apresenta plantas típicas como *Rhizophora sp.* com raízes escoras e *Avicennia sp.* como pneumatóforos, características que lhes permitem melhor fixação e obtenção de O_2 no solo lodoso desse ambiente.

O texto se refere à(ao):

- (a) cerrado.
- (b) caatinga.
- (c) mangue.
- (d) Floresta Atlântica.
- (e) floresta de araucária.

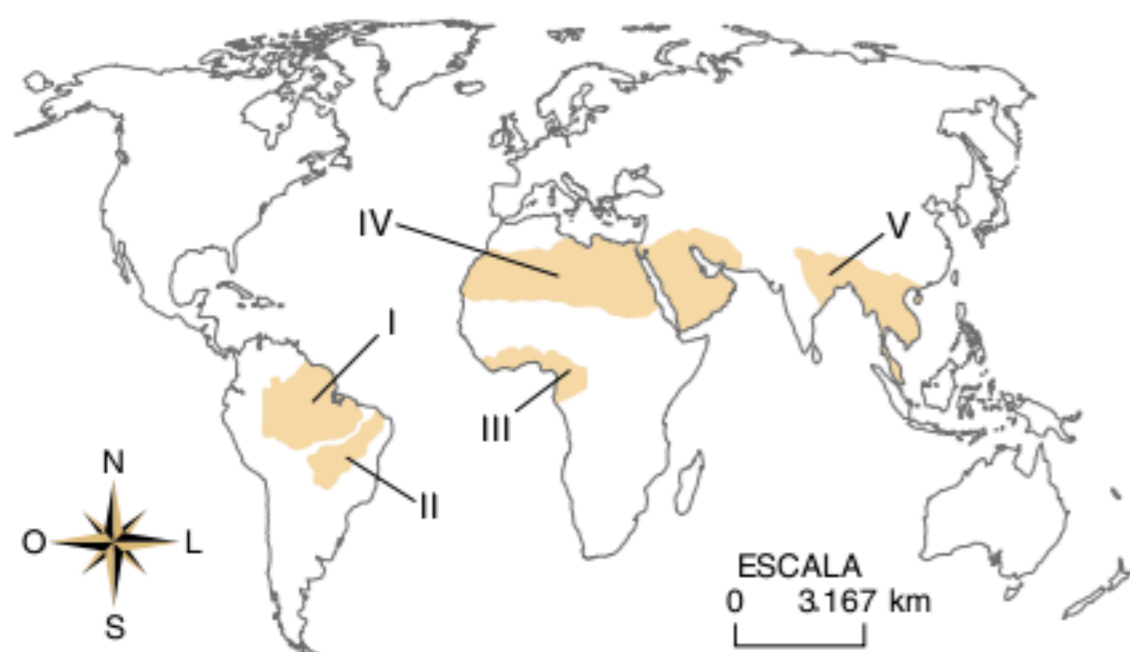
3 Unifesp O jornal *Folha de S. Paulo* (28 jul. 2004) noticiou que o aumento do dióxido de carbono (CO_2) atmosférico pode induzir árvores da Amazônia a crescerem mais rapidamente. O aumento do CO_2 é global e, no entanto, o fenômeno é verificado na Amazônia e não nas florestas temperadas da Europa. Para explicar tal fenômeno, quatro afirmações foram feitas.

- I. O aumento do CO_2 promove aquecimento, porém bloqueia parte dos raios solares que chegam ao solo. Esse bloqueio, associado às noites mais longas, faz com que as florestas temperadas sejam menos eficientes na fotossíntese.
- II. As florestas temperadas estão sujeitas a um inverno mais longo e, portanto, a menor quantidade de luz. Como as plantas fazem fotossíntese de dia e respiram à noite, a taxa de respiração é maior que a de fotossíntese.
- III. A maior quantidade de CO_2 disponível, associada às altas temperaturas presentes na Amazônia, permite uma elevação da taxa fotossintética, o que promove maior crescimento das plantas.
- IV. As temperaturas mais baixas, a menor biomassa por área e a menor incidência de luz nas florestas temperadas fazem com que, ali, o fenômeno seja menos evidente que na Amazônia.

Entre as quatro afirmações apresentadas, estão corretas somente:

- (a) I e II.
- (b) I e III.
- (c) II e III.
- (d) II e IV.
- (e) III e IV.

4 Fuvest Qual das alternativas indica corretamente o tipo de bioma que prevalece nas regiões assinaladas?



- (a) Floresta tropical em I, III e IV.
- (b) Floresta tropical em I, III e V.
- (c) Savana em I, III e IV.
- (d) Savana em II, III e IV.
- (e) Savana em II, IV e V.

5 UFPI Considere o texto a seguir.

São encontrados(as) desde o Amapá até Santa Catarina, nos estuários de vários rios, apresentando solos alagados e instáveis, ricos em matéria orgânica e pouco oxigenados e são áreas de reprodução de diversas espécies marinhas.

O texto refere-se:

- (a) às florestas tropicais.
- (b) às florestas temperadas.
- (c) aos cerrados.
- (d) aos manguezais.
- (e) às Matas de Araucária.

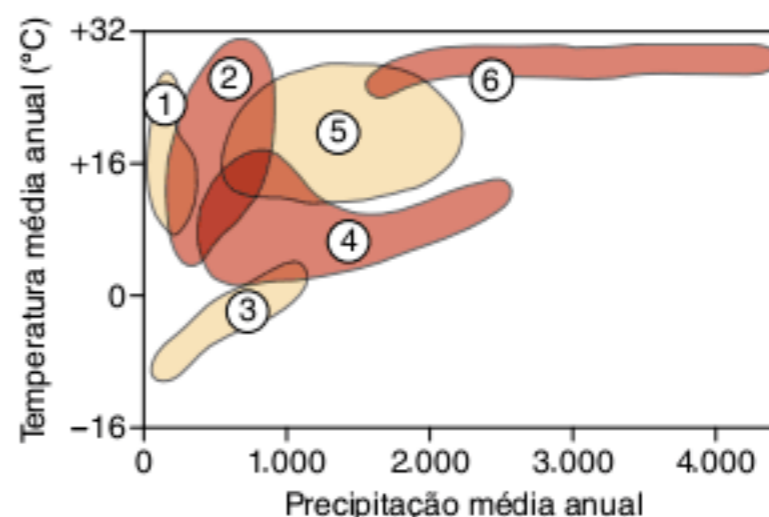
6 UFMG Observe mapa a seguir, em que estão demarcados alguns dos tipos de biomas do Brasil.



Cada um dos biomas demarcados apresenta vegetação característica, relacionada com o ambiente onde é encontrada. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que a vegetação característica de grande parte dos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás consiste em:

- (a) árvores muito espaçadas; ervas com caules subterrâneos, raízes superficiais e folhas estreitas.
- (b) árvores baixas, espaçadas e com raízes profundas; arbustos com raízes armazenadoras e folhas grandes e duras.
- (c) árvores em número reduzido, com caules lenhosos e grossos; arbustos suculentos, com folhas reduzidas.
- (d) árvores com troncos finos e pouco ramificados; e outras com raízes suporte e folhas grandes, de pontas afiladas.

7 UFRGS A figura a seguir representa gráficos climáticos que relacionam a temperatura média anual e a precipitação média anual dos principais biomas terrestres, numerados de 1 a 6.



E. P. Odum. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1988. (Adapt.).

Os biomas assinalados com os números 3 e 6 correspondem, respectivamente, a:

- (a) campo e taiga.
- (b) floresta tropical e deserto.
- (c) deserto e tundra.
- (d) taiga e floresta decídua temperada.
- (e) tundra e floresta tropical.

8 PUC-Rio O estado do Rio de Janeiro apresenta diversos ecossistemas, em função da grande variabilidade de suas paisagens. Dentre as características listadas a seguir, destaque a alternativa errada.

- (a) A Mata Atlântica é a formação dominante do Rio de Janeiro.
- (b) As restingas se desenvolvem sobre solos arenosos e constituem o ecossistema mais ameaçado de todos os demais.
- (c) Os campos de altitude estão localizados principalmente nas serras dos Órgãos e Itatiaia e apresentam grande número de endemismos.
- (d) A Mata Atlântica é constituída por florestas secundárias na maior parte do trecho fluminense.
- (e) Os manguezais estão ligados à existência de um ciclo de marés e apresentam alta diversidade de espécies vegetais.

9 UPE Analise o bioma cujo número está destacado por um círculo. Assinale a alternativa que apresenta a denominação correta do bioma analisado e um representante da sua flora e da sua fauna.



- (a) Pampa – gramínea – seriemas.
- (b) Pantanal – ipê-roxo – capivara.
- (c) Floresta Amazônica – seringueira – peixe-boi.
- (d) Caatinga – mandacaru – cascavel.
- (e) Cerrado – pequizeiro – lobo-guará.

10 UFC A vegetação do ecossistema manguezal do rio Cocó está ficando seca, [...] as árvores predominantes, com altura entre 10 e 12 metros, estão perdendo a folhagem e a tendência é que morram [...] a causa principal da situação degradante é a própria existência da avenida [...] que intercepta as trocas laterais do mangue, cuja dinâmica é imposta pela ação das marés.

Jornal O Povo, 22 ago. 2003.

A partir da leitura do texto, analise as assertivas adiante e, a seguir, assinale a alternativa correta.

- I. As marés, quando entram no estuário, fornecem os nutrientes que alimentam o manguezal.
 - II. A perda da folhagem não influenciará a diversidade das espécies animais ocorrentes no mangue.
 - III. As espécies vegetais com raízes aéreas não são afetadas pela interrupção do fluxo das marés.
- (a) Somente I é verdadeira.
 - (b) Somente II é verdadeira.
 - (c) Somente I e II são verdadeiras.
 - (d) Somente I e III são verdadeiras.
 - (e) Somente II e III são verdadeiras.

11 Ufes (Adapt.) Um dos assuntos mais veiculados nos jornais e revistas no final do século XX é a falta de água no mundo. Um professor de Biologia, para chamar a atenção dos seus alunos sobre o assunto, apresentou no início de sua aula a charge adiante.



Fonte: <www.terra.com.br/radicci/radcha_25.htm>.

Em seguida, fez um longo discurso sobre a mata ciliar, citando inicialmente o seguinte texto.

[...] A vegetação que margeia os rios ou que contorna os lagos, nascentes e açudes é denominada mata ciliar, [...] sua presença é de vital importância para a conservação e funcionamento da bacia hidrográfica, porque atua na regularização dos fluxos de água e de sedimentos, na manutenção da qualidade da água [...]

Garcia e Moraes, 1999.

Na história anterior, pode parecer uma contradição: a despreocupação de ontem com o corte das árvores, o desperdício de água do dia a dia e a conservação das matas ciliares. No entanto, existe uma forte correlação entre esses aspectos. Assinale a afirmativa que não destaca essa correlação.

- (a) O sistema radicular e as copas das árvores da mata ciliar constituem a proteção mais eficiente do revestimento do solo, evitando seu esgotamento e o assoreamento dos rios.
- (b) A eliminação da mata ciliar nas nascentes dos rios pode comprometer o volume de água de uma bacia hidrográfica.
- (c) A capacidade respiratória dos seres vivos pode ser aumentada quando se evita o fenômeno da inversão térmica com o controle da derrubada de árvores.
- (d) A substituição das matas ciliares por uma agricultura predatória contribui para que milhões de toneladas de solo sejam arrastados para o leito dos rios, causando o assoreamento.
- (e) A destruição de grandes áreas de mata ciliar pode alterar o regime de chuvas da região, interferindo, assim, no volume de água dos rios.

12 Unesp Observe o mapa, onde estão delimitadas as áreas de distribuição de três importantes ecossistemas brasileiros I, II e III.



Leia os três textos seguintes, 1, 2 e 3, que descrevem características de ecossistemas diferentes.

1. Vegetação composta de árvores de pequeno porte e arbustos esparsos, tortuosos e de casca grossa, e de plantas herbáceas, com predominância de gramíneas. Fauna representada por alguns animais, como o lobo-guará, a ema, o tatu-canastra e o tamanduá-bandeira.
2. Vegetação densa, predominantemente composta de árvores de grande porte, medindo até 20 m de altura, com presença marcante de pteridófitas no sub-bosque. Fauna representada por alguns animais, como o mono-carvoeiro, a jaguatirica, os micos-leões-dourados e da-cara-preta, e a jacutinga.
3. Vegetação composta de árvores baixas e esparsamente distribuídas, arbustos tortuosos com muitos espinhos e presença marcante de cactáceas. Fauna representada por pequenos roedores, como o preá e o mocó, e aves, como as avoantes.

A alternativa que relaciona corretamente o nome dos ecossistemas representados no mapa pelos algarismos I, II e III, respectivamente, com as características apresentadas em 1, 2 e 3 é:

- (a) cerrados, 2; manguezais, 3; caatinga, 1.
- (b) cerrados, 1; Mata Atlântica, 2; caatinga, 3.
- (c) caatinga, 1; Mata Atlântica, 2; cerrados, 3.
- (d) caatinga, 1; manguezais, 2; cerrados, 3.
- (e) Pantanal, 1; Mata Atlântica, 2; caatinga, 3.

13 PUC-PR Os animais e vegetais apresentam, geralmente, adaptações morfofisiológicas, a fim de sobreviverem num determinado biociclo terrestre (epinociclo). Analise as características abaixo enunciadas.

- Vegetais: redução da superfície foliar, estômatos com ação mais rápida e capacidade de armazenamento de água.
- Animais: formação de urina e fezes concentradas, escassez ou ausência de glândulas sudoríparas e capacidade de utilização de água metabólica.

As adaptações descritas são características dos vegetais e animais que habitam:

- (a) as florestas temperadas decíduas.
- (b) a taiga.
- (c) as florestas tropicais.
- (d) as tundras.
- (e) os desertos.

14 UFF A fotossíntese é o processo biológico predominante para a produção do oxigênio encontrado na atmosfera. Aproximadamente, 30% do nosso planeta são constituídos por terra, onde se encontram grandes florestas, e 70% por água, onde vive o fitoplâncton. Considerando-se essas informações e o ciclo biogeoquímico do oxigênio, pode-se afirmar que:

- (a) as florestas temperadas e a Floresta Amazônica produzem a maior parte do oxigênio da Terra.
- (b) a Floresta Amazônica é a principal responsável pelo fornecimento de oxigênio da Terra.

- (c) as algas microscópicas são as principais fornecedoras de oxigênio do planeta.
- (d) a Mata Atlântica é a maior fonte de oxigênio do Brasil.
- (e) as manguezais produzem a maior parte do oxigênio da atmosfera.

15 Fatec Apresenta vegetação arbórea esparsa, com arbustos e pequenas árvores, que têm, em geral, casca grossa e troncos retorcidos. O solo, na estação chuvosa, é relativamente quente, com média anual por volta de 26 °C e índices pluviométrico entre 1.100 e 2.000 mm por ano. Entre as espécies mais comuns, estão o ipê, a peroba-de-campo e a caviúna.

O texto descreve a seguinte formação fitogeográfica brasileira:

- (a) Mata de Araucárias.
- (b) Mata Atlântica.
- (c) cerrado.
- (d) caatinga.
- (e) Pantanal.

16 Puccamp Chegariam a uma terra desconhecida e civilizada, ficariam presos nela. E o sertão continuaria a mandar gente para lá. O sertão mandaria para cidade homens fortes, brutos, como Fabiano, Sinhá Vitória e os dois meninos.

Graciliano Ramos. *Vidas secas*.

A caatinga, adaptada às condições naturais sertanejas, é uma vegetação que apresenta:

- (a) árvores de caules retilíneos, folhas perenes e raízes pouco profundas.
- (b) queda das folhas na estiagem, espinhos e raízes profundas.
- (c) espinhos e raízes aéreas para absorver a umidade do ar.
- (d) folhas perenes, espinhos e raízes tabulares.
- (e) grandes arbustos, com folhas largas e poucos galhos.

17 UFMG Plantas xerófitas ocorrem, geralmente, em regiões desérticas, assim como em caatinga e cerrado. Essas plantas estão intimamente relacionadas com fatores externos importantes ao seu desenvolvimento e que correspondem essencialmente a:

- (a) baixo teor de água e condições atmosféricas que ocasionam rápida perda de água.
- (b) alto teor de água que evapora pelo alto grau de insolação térmica.
- (c) baixo teor de nutrientes inorgânicos no solo, ocasionado pela deficiência de chuvas.
- (d) solo superficialmente bastante arenoso, com embasamento de rochas impermeáveis.
- (e) alto teor de água em grandes profundidades em solos deficientes de nutrientes orgânicos.

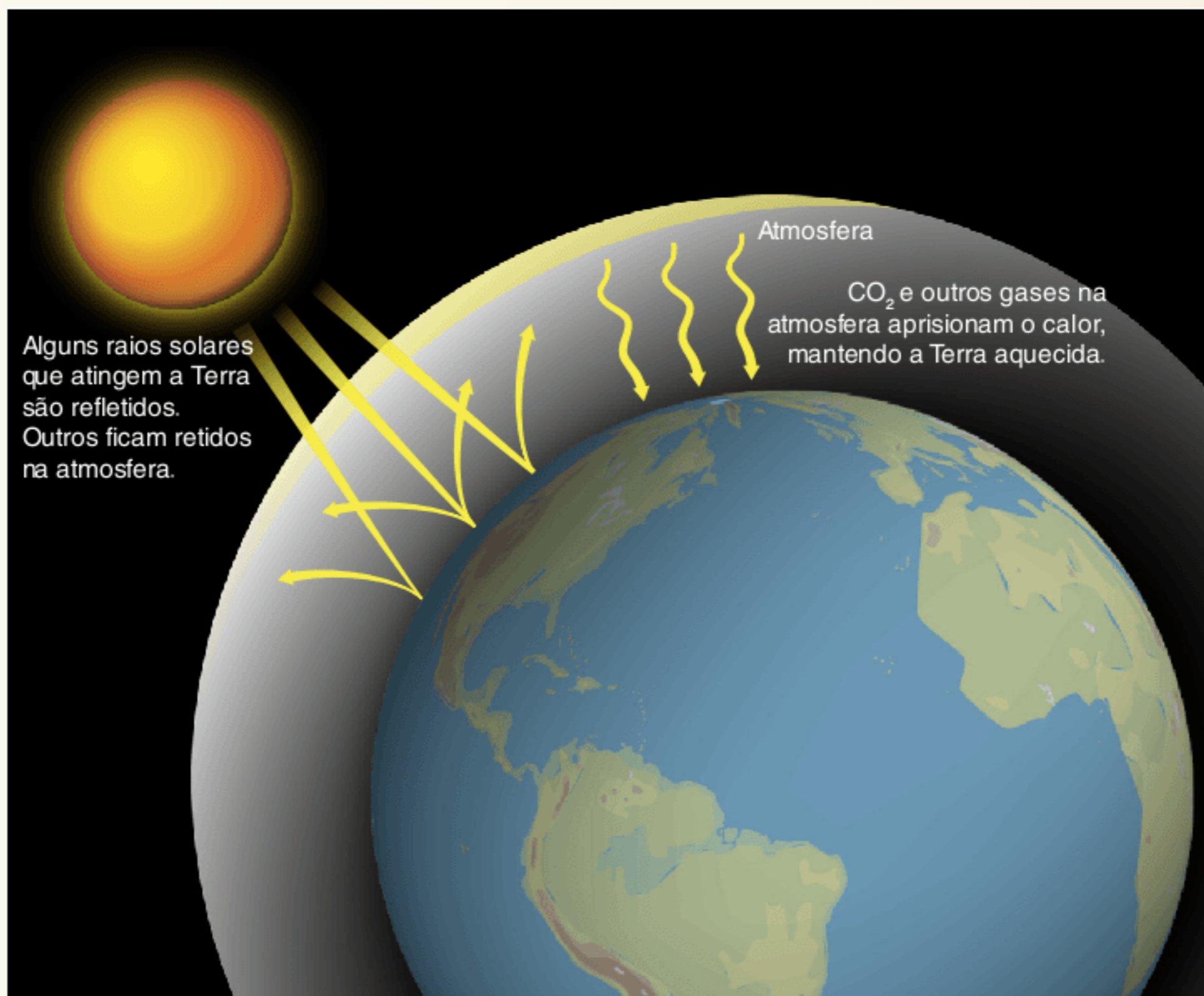
TEXTO COMPLEMENTAR

Aquecimento global e alterações climáticas – Qual a relação com os biomas?

É bastante claro que todas as características da flora e da fauna dos biomas são dependentes dos fatores climáticos das regiões em que se encontram. Sabe-se que o planeta Terra apresenta ciclos geológicos que compreendem eras glaciais intercaladas por períodos mais quentes, e que esses ciclos foram responsáveis pela formação dos atuais biomas. Mas, segundo estudos de agências ambientais (veja o vídeo *Uma verdade inconveniente*, de Al Gore), o processo gradual de aquecimento típico da era em que vivemos está bastante acentuado; e os possíveis culpados somos nós: seres humanos.

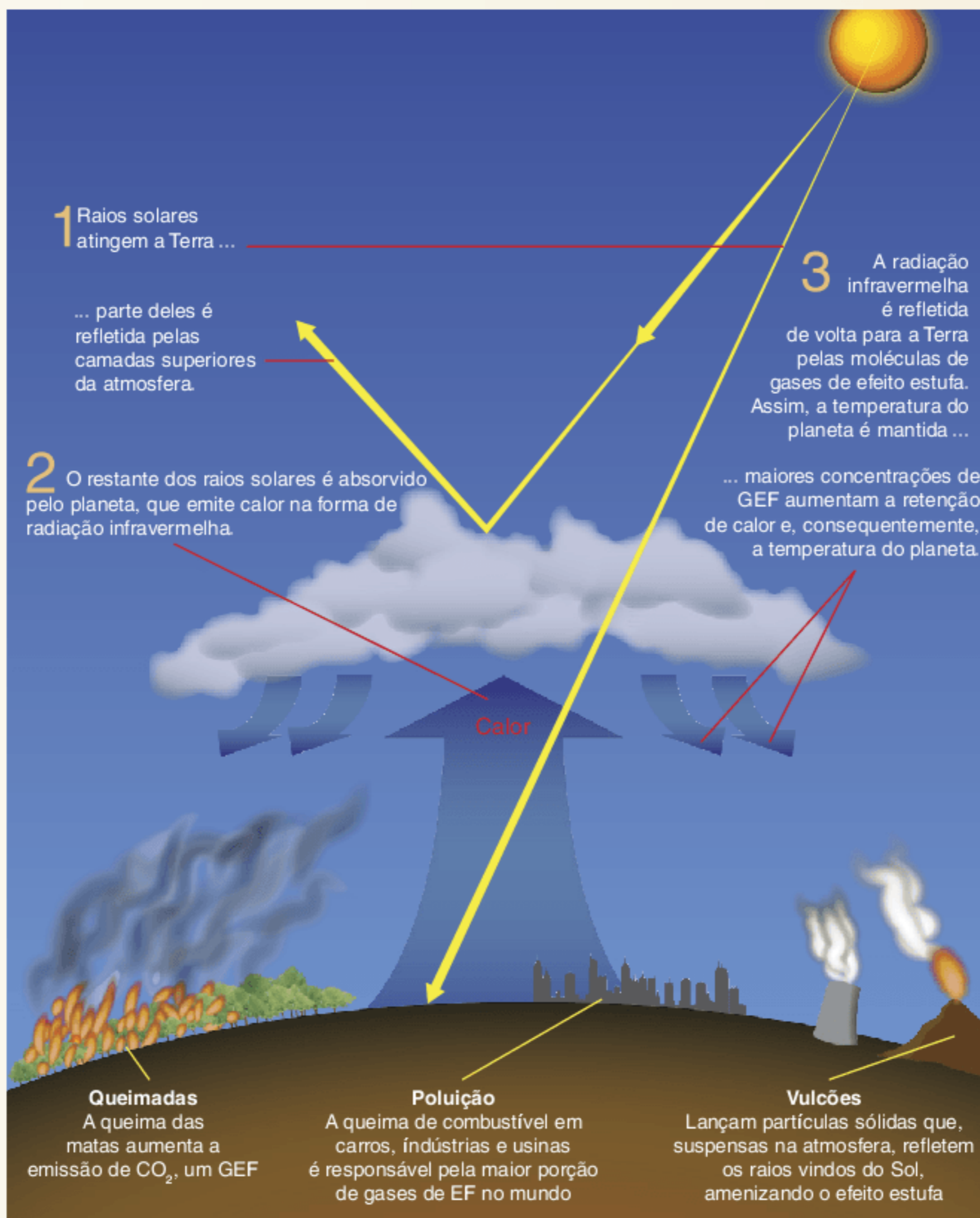
Atividades desenvolvidas pelo homem, principalmente as que envolveram o processo de industrialização e urbanização a partir da Revolução Industrial, liberam na atmosfera muito mais gases de efeito estufa do que já se havia observado antes.

O efeito estufa é um processo natural que ocorre quando uma parte da radiação infravermelha proveniente do Sol, refletida pela superfície terrestre, é detida por determinados gases presentes na atmosfera. Como consequência, a radiação (e o calor) fica retida, não retornando para o espaço; o processo mantém a temperatura do planeta estável e é de vital importância, pois garante a manutenção da vida.



Processo do efeito estufa – os gases presentes na atmosfera retêm calor no planeta, mantendo a temperatura estável.

O aumento da quantidade dos gases que retêm calor na atmosfera – gases de efeito estufa: dióxido de carbono, metano, clorofluorcarbonetos (CFCs) e óxidos de azoto – é que gera problema. Calor demais é mantido no planeta, ocasionando alterações climáticas severas.



Efeito estufa: razões para a elevação da temperatura do planeta.

Algumas previsões a respeito das alterações que poderão ocorrer com o clima em decorrência do processo de aquecimento global podem ser encontradas no livro *O aquecimento global*, de Fred Pearce.

Leia a seguir os trechos do livro que trazem um alerta sobre as alterações climáticas e sobre as conseqüências do efeito estufa, dos danos à camada de ozônio e do fenômeno *El Niño*.

Mudança do clima

O clima, na maioria dos lugares, se tornará mais quente; em alguns lugares, no entanto, a temperatura será mais fria. No Canadá, na Rússia e na Escandinávia, por exemplo, devem ocorrer processos mais rápidos de aquecimento. Isso se deve, em parte, ao feedback positivo causado pelo degelo, que será mais intenso. A boa notícia é que plantações e árvores crescerão melhor. A má é que grande parte das áreas da superfície, da mais quente à mais fria, devem se aquecer mais do que a média. O aquecimento será mais intenso no interior dos continentes, porque a circulação dos oceanos terá influência moderadora sobre as áreas costeiras.

Costa fria

Os oceanos vão retirar o calor da superfície nas áreas costeiras ou, pelo menos, daquelas que restarem depois que o nível dos mares subir.

O quente fica mais quente

Algumas das regiões mais quentes devem sofrer algumas das maiores elevações de temperatura. Grande parte da Ásia, do oeste da China até a Arábia Saudita, que regularmente enfrenta temperaturas acima de 40 °C, deve sofrer elevações de 7 °C até o ano 2100. O norte da África e o sul da Europa também devem passar por grande aquecimento. Países com forte influência do mar e clima equilibrado hoje, como Irlanda, Nova Zelândia e Chile, sofrerão menores mudanças. Outras tendências no planeta, muitas já evidentes, apontam aquecimento maior à noite durante o inverno. Isso sugere menos neve e mais chuva, além de estações de cultivo sem geadas prolongadas nas latitudes medianas.

Europa resfriada

A Corrente do Golfo, parte de um sistema de circulação do oceano no Atlântico Norte, é movida pela formação de gelo no Ártico. Banha o oeste da Europa com águas quentes, especialmente no inverno, e mantém temperaturas mais altas do que em outros pontos de mesma latitude. Cientistas do Instituto para Pesquisa do Impacto Climático em Potsdam, na Alemanha, preveem o possível colapso da Corrente do Golfo por causa do aquecimento global. Como resultado, boa parte da Europa irá esfriar.

Fluxo de água quente

A imagem do oceano mostra que a água congelada deixa para trás água salina densa, que desce até o fundo e abre espaço para um fluxo de água quente dos trópicos.

Mudanças de rota

Estudos científicos revelam que menos gelo irá se formar por causa do aquecimento do mundo. Essa previsão, associada ao maior fluxo de água doce no Ártico, poderia encerrar o mecanismo de formação de água profunda, que cria a Corrente do Golfo. No início de 2001, pesquisas norueguesas forneceram evidências de que as correntes da região na direção norte diminuíram em 20% desde 1950.

Diferenças na hidrologia

A temperatura não será a única mudança no próximo século. Em muitos lugares, haverá alterações no ciclo hidrológico, ou seja, a circulação de água entre o mar, a atmosfera e a superfície da Terra e, portanto, nos padrões de chuva, enchentes e seca, no fluxo dos rios e na vegetação.

A água irá desaparecer de lugares onde é esperada e necessária e reaparecerá onde é inesperada, ou simplesmente se tornará imprevisível. Como o aquecimento torna a atmosfera mais energética, as taxas de evaporação, formação de nuvens e tempestades deverão aumentar, embora os efeitos dessas mudanças possam variar conforme a localização.

Nem uma gota

A falta de chuva está esvaziando as torneiras e os canais de irrigação do norte da África e Ásia Central até o sul da Europa.

Mais seca

A maior evaporação poderá secar o interior dos continentes durante o próximo século. Desertos irão aumentar; oásis, morrer; e fluxo de rios, diminuir, algumas vezes com resultados catastróficos. Ninguém pode prever com precisão o futuro dos rios, mas um estudo sugere declínio de 40% no fluxo do Rio Indo, a única fonte de água do Paquistão e um dos maiores sistemas de irrigação do mundo. A mesma pesquisa estima perda de 30% no fluxo do Rio Niger, que banha cinco países áridos no oeste da África, e queda de 10% no Nilo, a água vital do Egito e do Sudão.

A Ásia Central pode esperar declínio ainda mais drástico nos rios que escoam no Mar de Aral, que já está virtualmente secando por causa da irrigação. Outros mares em risco incluem o Cáspio, o Grande Lago Salgado, nos Estados Unidos, e os lagos Chade, Tanganica e Malauí, na África. Modelos climáticos indicam também a probabilidade de ocorrer mais secas na Europa, na América do Norte, no centro e no oeste da Austrália. Alguns rios australianos poderiam perder metade de seu fluxo, enquanto o outback (sertão australiano) se tornaria mais seco.

Atualmente, 1,7 bilhão de pessoas vive em países que os hidrologistas descrevem como sob estresse hídrico, porque usam mais de 1/5 de toda a água teoricamente disponível. Estima-se que esse número irá subir para 5 bilhões em 2025. Esse cenário aumenta o espectro da guerra pela obtenção de água. Os países irão lutar para controlar o mais precioso de todos os recursos.

A areia se espalha

Com a diminuição da chuva na maior parte do oeste da África, o Deserto do Saara está se expandindo.

O deserto que era verde

Pinturas em rochas mostram que, no passado, o Saara foi uma região de criação de gado. Pólen fossilizado também revela que existiam florestas, rios e lagos. O Saara se transformou em deserto em poucas décadas, há cerca de 5.500 anos, e poderia voltar ao seu estado original rapidamente, segundo alguns pesquisadores. A região está em uma situação-limite, porque sua vegetação depende dos feedbacks de

reforço entre a atmosfera e a vegetação. O estado atual, com pouca vegetação, produz chuvas escassas. Pequeno aumento na quantidade dessas chuvas (causado pelo aquecimento global) e até na vegetação seria suficiente para fazer o Saara voltar a ser uma selva.

Como o Saara é hoje

A paisagem atual é árida e contém pouca umidade. Há, portanto, pouca evaporação e nenhuma chuva. A maior parte dos modelos climáticos sugere que o Saara ficará ainda mais seco e acarretará a desertificação de áreas próximas.

Como seria amanhã

Caso o Saara fosse coberto pela vegetação, a terra iria absorver mais umidade. Resultado: mais chuvas e maior evaporação.

Aumento das enchentes

Evaporação mais rápida proporciona aumento da umidade no ar. O calor extra e a umidade irão gerar tempestades tropicais mais intensas. Haverá mais chuva nas regiões costeiras, particularmente, e ao longo das rotas das tempestades. A média anual de chuvas aumentou em 10% durante o século XX. Alguns modelos presumem que tempestades inesperadas na várzea do Mississippi, por exemplo, tendem a deixar esse rio ainda mais propenso a enchentes.

O Caribe, o sudeste da Ásia e outras regiões já suscetíveis a furacões e ciclones passam a ter ventos ainda mais fortes, chuvas mais pesadas e enchentes relâmpagos. Partes do sistema de monções da Ásia podem ser ainda mais intensas. Mas a monção também será menos previsível e até mais frequente. Com maior quantidade de calor na atmosfera tropical e no oceano, o El Niño tem condições de se tornar um evento quase permanente.

O mar encolheu

O Mar de Aral já foi o quarto maior mar interno do mundo. Mas sistemas de irrigação acabaram reduzindo-o imensamente. A salinidade triplicou, a pesca acabou. E o aquecimento global pode fazer esse cenário ficar ainda pior.

Doenças

Um mundo mais quente permitirá que mosquitos levem doenças, como malária e dengue, a países fora dos trópicos.

O que é o El Niño?

É o fenômeno natural cuja existência foi rastreada durante milhares de anos, é a reversão periódica dos ventos e das correntes oceânicas na área tropical do Oceano Pacífico, que dura entre nove meses e um ano. Esse processo drena os sistemas pluviais da Ásia e provoca secas em áreas úmidas, como Indonésia e Austrália. Enquanto isso, as ilhas dos Mares do Sul, normalmente plácidas, e a costa do Pacífico nas Américas, muito seca, sofrem com tempestades.

Fred Pearce. O aquecimento global: causas e efeitos de um mundo mais quente. São Paulo: Publifolha, 2002. (Adapt.).

RESUMINDO

Biomias

É possível observar que determinadas comunidades de espécies podem ocorrer em ambientes físicos particulares ou regiões geográficas típicas. Esses ambientes particulares correspondem a **biomas**, os quais apresentam uma **fitofisionomia** característica.

- Biomas são **ecossistemas típicos de determinados padrões climáticos que apresentam flora e fauna semelhantes** (o que não garante que as espécies sejam as mesmas).
- Um bioma possui uma comunidade biológica que atingiu o estágio de clímax:
 - A comunidade apresenta a máxima biodiversidade;
 - Maior biomassa possível;
 - A produtividade líquida tende a zero.
- Biomas estão em um equilíbrio dinâmico.
- Biomas são ambientes semelhantes que podem estar presentes em regiões distantes do planeta que apresentem clima similar.

Classificação de biomas e fatores abióticos

Os biomas apresentam fatores abióticos que interagem com a comunidade do local e atuam como **agentes de seleção natural**. Entre eles destacam-se: **água, temperatura, luz** (insolação), **gás carbônico, gás oxigênio, nutrientes minerais** e **características do solo**.

Os fatores abióticos locais são fortes determinantes da fitofisionomia dos biomas, os fatores climáticos regionais interferem nas características da vegetação, selecionando diferentes tipos de vegetação no planeta.

Padrões gerais na Terra

Dois fatores são essenciais para a determinação do perfil de uma comunidade vegetal: **a insolação e a temperatura**, definidas pela combinação entre a **latitude** e a **altitude**.

- Em baixas latitudes, há alta insolação e elevada temperatura.
- Em latitudes mais elevadas, há um decréscimo da insolação e da temperatura.
- Locais de elevada altitude apresentam declínio de temperatura.

Outro fator fundamental na determinação da composição da vegetação de uma região é a **disponibilidade de água**, pois, de um modo geral, o aumento da umidade no ambiente permite o desenvolvimento de vegetação mais exuberante.

- Em **baixas latitudes** e com elevação na disponibilidade de água, estão presentes os biomas: **deserto, pradaria, savana e floresta pluvial**, respectivamente.
- Em **latitudes médias** com elevação da umidade, estão presentes os biomas: **deserto, pradaria e floresta pluvial**.
- Com a elevação da altitude e diminuição das temperaturas, nota-se um gradiente de vegetações: **floresta caducifolia, taiga, tundra e pico com neve e gelo**.

Descrição dos biomas

Considerando a combinação dos inúmeros fatores bióticos e abióticos, podem ser observados diferentes biomas, sendo os principais tipos de biomas do planeta: **tundra, taiga (floresta de coníferas, ou floresta boreal), pradarias, floresta pluvial (latifoliada), floresta caducifolia (ou decídua); savanas e desertos**.

Tundra

- Apresenta temperaturas bastante baixas durante quase todo o ano: o verão é curto e o inverno é longo.
- O solo é extremamente pobre em nutrientes e altamente saturado de água (há baixos níveis de evaporação):
 - Há a presença de *permafrost* (camada de gelo impermeável no solo, que tem profundidade de quase 1 metro abaixo da superfície).
- Há o predomínio de vegetação herbácea, constituída por plantas tenras e de porte muito reduzido: gramíneas e musgos, e também líquens. Pode haver vegetação arbustiva, formada por plantas de pequeno porte, mas não há árvores.
- Bioma presente nas regiões antártica, ártica e alpina, situando-se entre as florestas boreais (taiga) e as calotas polares, onde somente se encontra gelo.

Taiga (florestas de coníferas, ou florestas boreais)

- Clima tipicamente frio, com invernos rigorosos e longos.
- As taxas de decomposição do solo são muito baixas (resultado do frio): há acúmulo de turfa e ácidos húmicos (muitos nutrientes no solo se tornam indisponíveis para as plantas).
- Produtividade bruta é baixa.
- Vegetação é formada por poucas espécies:
 - Predomínio de gimnospermas coníferas (são robustas, resistentes e possuem folhas acículas adaptadas à neve);
 - É comum a ocorrência de seca fisiológica.
- Bioma encontrado em ampla região da América do Norte, Europa e Ásia, e na região subártica.

Pradaria (pampas, ou estepes)

- Clima com características intermediárias entre o de florestas temperadas e o de desertos: sazonal, com duas estações bastante marcadas, que apresentam períodos muito quentes e secos e outros muito frios e chuvosos.
- É comum a ocorrência de incêndios nos períodos secos (o que impede o estabelecimento de vegetação de maior porte).
- Solo profundo, rico em nutrientes e fértil.
- Predomínio de vegetação herbácea, com rica biodiversidade de gramíneas:
 - Pastagens exercem pressões competitivas, impedindo o crescimento de vegetação de maior porte;
 - Matas de galeria com estrato arbóreo podem ser encontradas próximas a cursos-d'água.
- Estão presentes em quase todos os continentes, com maior ocorrência na América do Norte.

Floresta caducifolia (decídua)

- Clima temperado, com as quatro estações bem definidas e umidade suficiente para a manutenção de árvores.
- Solo profundo e rico em nutrientes: as árvores perdem suas folhas, que, ao acumularem no chão, constituem importante fonte de matéria orgânica e umidade.
- Vegetação com predomínio de árvores angiospermas, mas também há briófitas, pteridófitas e gimnospermas. O sub-bosque pode ser desenvolvido durante a primavera:
 - A abscisão é uma adaptação à diminuição de temperatura do inverno que se aproxima: é desencadeada pelo fotoperíodo curto de outono;

- Inversão do fluxo de seiva elaborada da raiz para a parte aérea na primavera contribui para o desenvolvimento de folhas e de flores nessa estação.
- Bioma presente na região oeste da Europa e no leste da América do Norte e da Ásia.

Floresta pluvial perenifólia latifoliada

- Clima quente, com alta pluviosidade: localizadas em baixas latitudes (variações de temperatura muito pequenas durante o ano).
- Solo naturalmente pobre e pouco espesso:
 - É rico em húmus proveniente da vegetação; as altas temperaturas e a umidade contribuem para a decomposição da matéria orgânica que forma o húmus.
- Possuem vários estratos de vegetação, com a presença inclusive de epífitas e lianas.
 - É a vegetação mais biodiversa do planeta e com arquitetura e morfologia extremamente diversificada;
 - Árvores podem apresentar bases largas (com raízes tabulares), longos troncos e alcançar muitos metros de altura.
- Bioma presente nas regiões tropicais do planeta: África Equatorial, regiões da Índia, sudeste da Ásia, norte da América do Sul e América Central, leste da Indonésia e Nova Guiné, norte da Austrália e nas ilhas tropicais do Oceano Pacífico. Uma das florestas mais exuberantes desse tipo de bioma é a Floresta Amazônica, que cobre países da América do Sul, principalmente o Brasil.

Savana

- Clima levemente variável (localizadas em latitudes intertropicais) com característica típica de períodos chuvosos seguidos de seca intensa, com ocorrência de incêndios.
- Solo novo, contendo nutrientes ainda não carregados pela água das chuvas, com lençol freático profundo: pode ocorrer lixiviação de nutrientes.
- Vegetação apresenta extensão quase contínua de gramíneas, com arbustos e árvores bastante esparsos:
 - árvores tortuosas, de grande porte e ramos abundantes;
 - plantas com adaptações ao fogo: súber mais espesso e parte subterrânea bastante desenvolvida.
- Bioma presente na África Central e na América do Sul (cerrado brasileiro).

Deserto

- Clima típico de altas temperaturas durante o dia com queda acentuada à noite, chuvas reduzidas e imprevisíveis, e elevada insolação (alta evaporação).
- Solo desértico exposto, seco e com pouca ou nenhuma matéria orgânica.
- Vegetação tipicamente xeromórfica, com poucos e esparsos arbustos e plantas suculentas:
 - Plantas possuem cutícula espessa e impermeável, poucos estômatos, folhas convertidas em espinhos, água acumulada no parênquima aquífero e distribuição de estômatos em criptas.
- Bioma típico dos desertos do Saara e do Kalahari na África, do Atacama no Chile, do sudoeste dos Estados Unidos, do norte do México, e do australiano no hemisfério Sul.

Biomias do Brasil

O Brasil abrange grande parte da América do Sul, possuindo terras com grande variação de latitude e grandes variações climáticas. A heterogeneidade climática possibilita a presença de biomas diferentes. Os principais biomas brasileiros são: os **manguezais litorâneos**, a **Mata Atlântica**, a **Floresta Amazônica**, a **Mata de Araucárias**, o **cerrado**, a **caatinga**, os **pampas**, o **Pantanal** e a **Mata dos Cocais**.

Manguezais

- Ambientes costeiros que abrangem desde restingas (formação de vegetação rasteira que cresce na areia e que divide as praias do restante do continente) até os manguezais (formações florestais típicas):
 - Encontram-se nas terras próximas dos estuários (desembocadura de rios no mar).
- Considerados como ecossistema de transição entre os ambientes terrestre e marinho.
- Solo mole, rico em matéria orgânica (depositada com os pulsos diários de inundação), pobre em oxigênio (consumido por bactérias decompositoras) e relativamente ácido:
 - Plantas adaptadas às condições de solo mole e pobre em oxigênio: possuem ramos de escora e raízes respiratórias (pneumatóforos).
- Raízes de árvores formam complexos emaranhados. Temperatura limita o desenvolvimento da vegetação:
 - Região Norte: temperatura alta favorece crescimento – árvores mais altas;
 - Região Sul: temperatura mais baixa reduz o desenvolvimento das plantas – árvores com menor porte.
- Bioma presente em todo o litoral brasileiro.

Floresta Amazônica (ou hileia) – floresta pluvial latifoliada

- Presente em local com clima quente e úmido.
- Possui a maior bacia hidrográfica do mundo – Rio Amazonas.
- Pulsos de inundação sazonais favorecem alterações drásticas no ambiente.
- Solo extremamente pobre em nutrientes (lixiviado), mas com acúmulo de espessa camada de matéria orgânica, gerada pela própria floresta.
- Vegetação com vários estratos e árvores com porte elevado:
 - Formação de microclimas únicos em cada estrato;
 - Apresenta grande heterogeneidade de ambientes:
 - Florestas de terra firme: regiões não alagadas;
 - Florestas de igapó: áreas alagadas de modo permanente;
 - Florestas de várzea: áreas alagadas periodicamente.
- Bioma contido em grande parte no Brasil, nos estados do Acre, do Amapá, do Amazonas, do Mato Grosso, do Pará, de Rondônia, de Roraima, de Tocantins e de uma porção do Maranhão.
- Peru, Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia e Guiana Francesa também são cobertos por esse bioma.

Mata Atlântica (floresta pluvial)

- Apresenta diferentes características climáticas – possui maior diversidade de espécies do que a Floresta Amazônica.
- Abrange várias bacias hidrográficas brasileiras: dos rios Paraná, Uruguai, Paraíba do Sul, Doce, Jequitinhonha e São Francisco.
- Vegetação é conjunto de formações florestais com grande estratificação vertical:
 - Apresenta regiões de transição com mangues, áreas de cerrado, Mata de Araucária, entre outros biomas brasileiros.
- Bioma que tinha como área original boa parte do litoral brasileiro (com faixa de largura variável) e vastas áreas interioranas: do Rio Grande do Sul até o Piauí; hoje restam cerca de 7% da cobertura original desse bioma no país.

Mata de Araucária

- Clima mais frio, típico do Sul do país. Chuvas durante todo o ano, com temperatura bastante variável: estações bem marcadas anualmente.
- Floresta com menor biodiversidade do que florestas pluviais.
 - Composta de várias espécies, com maior abundância do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*).
- Faz parte do complexo de tipos de florestas da Mata Atlântica com distribuição original do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais:
 - Hoje restringe-se em poucas manchas no Sul e no Sudeste do país.

Cerrado

- Clima típico intertropical: verão chuvoso e inverno bastante seco, com ocorrência de incêndios frequentes.
- Solo bastante lixiviado, pobre, com pequenas taxas de matéria orgânica (não decomposta nos períodos de seca extrema) e ácido (grande quantidade de ferro e alumínio).
- Modalidade de savana:
 - Podem ser classificados vários tipos de cerrado de acordo com a estrutura da vegetação: apresenta afloramentos rochosos, predomínio de gramíneas, vegetação arbustiva esparsa, pequenas árvores, grandes árvores e matas de galeria;
 - Árvores com arquitetura e morfologia externa com cascas grossas, ramos bastante retorcidos; parte subterrânea desenvolvida e folhas coriáceas e gemas recobertas por pelos.
 - Apresenta regiões de transição com a Mata Atlântica, Floresta Amazônica, caatinga e Pantanal.
- Bioma que se estende pelos estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí e pelo Distrito Federal.

Pradaria (pampas gaúchos)

- Clima temperado, chuvas distribuídas regularmente ao longo do ano e baixas temperaturas (redução dos níveis de evaporação).
- Condições climáticas não favorecem o crescimento de árvores.
- Predomínio de vegetação herbácea, com predomínio de gramíneas com arbustos espalhados nas áreas mais planas:
 - Áreas de encosta com vegetação mais diversificada;
 - Locais com matas de galerias próximas a corpos-d'água;
 - Áreas de baixadas em que são formados alagados.
- Bioma contido na região Sul do país, no Rio Grande do Sul.

Caatinga

- Clima semiárido caracterizado por temperaturas elevadas: verão mais seco e inverno chuvoso:
 - Pode apresentar períodos secos muito prolongados;
 - As chuvas são torrenciais.
- Solos pouco lixiviados, pedregosos e ricos em nutrientes.
- Pode ser dividida em duas macrorregiões, com clima e vegetação diferentes:
 - Agreste: localizado mais próximo ao litoral e com maior umidade, se assemelha a uma floresta;
 - Sertão: mais interno no continente, tem como característica o clima extremamente seco e vegetação esparsa e xeromórfica;
 - Próximo às serras, onde há maior umidade, há regiões alagadiças, chamadas de brejos, com produtividade maior.
- Vegetação xeromórfica, com estratos arbóreo, arbustivo e o herbáceo:
 - Plantas adaptadas ao clima seco:
 - Armazenam água, com parênquimas aquíferos desenvolvidos, folhas transformadas em espinhos (finas ou inexistentes), cutícula impermeável, estômatos em criptas e raízes superficiais ao solo (possibilitam maior absorção de água da chuva).
- Bioma que abrange os estados do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, de Sergipe, de Alagoas, da Bahia, além do sul e do leste do Piauí e norte de Minas Gerais.

Mata dos Cocais

- Clima relativamente mais úmido do que na caatinga, com maior umidade à medida que avança em direção à Floresta Amazônica.
- Solo rico em minérios e com boa reserva de nutrientes.
- Região de transição entre a Floresta Amazônica e a caatinga:
 - Estrato arbóreo contínuo: vegetação mais exuberante é observada à medida que se aproxima da Floresta Amazônica;
 - Apresenta grande diversidade de palmeiras: buriti, carnaúba, açai e babaçu.
- Presente nos estados do Maranhão, do Piauí, do Pará e no norte do Tocantins.

Pantanal mato-grossense

- Clima quente e úmido e pequena queda de temperatura no inverno:
 - Umidade mantida constante por causa da água acumulada no solo.
- Solo arenoso, com nutrientes depositados com o ciclo de inundação.
- Cheias periódicas resultam no equilíbrio dinâmico e nos processos ecológicos; são determinadas pelos eventos que ocorrem nas partes altas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai:
 - Grande planície inundável:
 - Ocorre transbordamento dos rios no período chuvoso: alagam cerca de dois terços do bioma;
 - São mantidas lagoas na seca.
 - Há heterogeneidade espacial e temporal de vegetação:
 - Áreas de transição com o cerrado, com a caatinga, com a Floresta Amazônica e campos;
 - Vegetação é caracterizada de acordo com a altitude;
 - Extensas áreas de campos com gramíneas são salpicados com capões (ilhas de vegetação florestal com características de cerrado) e matas de galeria, que se mantêm em locais mais altos e secos;
 - A vegetação aquática é muito importante; apresenta adaptações que suportam o alagamento periódico.
- Bioma situado no sul do estado do Mato Grosso e no noroeste do Mato Grosso do Sul.

Biomias e aspectos ecológicos

Grande complexidade e elevada **biodiversidade** dos biomas permitem observar **relações inter e intraespecíficas** – essenciais para manutenção da integridade e da funcionalidade do bioma.

- Quebra das relações pode acarretar em **desequilíbrio ecológico**: desestabilização e quebra das teias alimentares, e subsequente ruptura dos fluxos de energia e biomassa.
- Notado quando bioma sofre **impactos**:
 - Espécies nativas extintas;
 - Espécies exóticas introduzidas;
 - Meio físico afetado por poluição ou erosão;
 - Área de vida das espécies é reduzida etc.
- Intervenções humanas devem ser feitas com planejamento e consciência de que todos os seres vivos estão interligados e dependem uns dos outros, incluindo o ser humano.

■ QUER SABER MAIS?



- Rico e diverso, o Pampa gaúcho é o bioma menos protegido do Brasil.
<<http://ecoviagem.uol.com.br/noticias/ambiente/agressoes-ambientais/rico-e-diverso-o-pampa-gaicho-e-o-bioma-menos-protegido-do-brasil-7312.asp>>.
- Bioma Cerrado. Fundação Oswaldo Cruz, com informações sobre a fauna, flora, clima e relevo do bioma Cerrado. Outros biomas brasileiros também podem ser acessados:
<www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=961&sid=2>.
- Um bioma a ser conhecido. Apesar da grande biodiversidade descoberta recentemente, o desmatamento ameaça a caatinga.
<<http://cienciahoje.uol.com.br/especiais/reuniao-anual-da-sbpc-2005/um-bioma-a-ser-conhecido/?searchterm=vegetais>>.
- O manguezal e sua fauna.
<<http://200.144.182.150/cbm/index.php/pt/entre-em-contato-28015/pesquisa/artigos-de-acesso-livre/76-o-manguezal-e-a-sua-fauna.html>>.

Exercícios complementares

1 Covest O Brasil é um país que apresenta elevada biodiversidade. Considerando apenas os biomas terrestres, destacamos: a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, o cerrado e a caatinga. Sobre esse tema, analise as proposições a seguir, relacionando-as com a distribuição apresentada no mapa.



- Entre as árvores de grande porte da Floresta Amazônica (A), cita-se a castanheira-do-pará e a seringueira. Do tronco desta última, extrai-se o látex, utilizado na fabricação de borracha natural.
- Extensas áreas da Mata Atlântica (B) foram totalmente destruídas e substituídas por plantações de cana-de-açúcar, cacau e banana, e exploradas para extração de palmito.
- O cerrado (C) tem uma fisionomia de deserto, com árvores baixas e arbustos que, em geral, perdem precocemente as folhas.
- A caatinga (D) apresenta vegetação arbórea esparsa com muitos arbustos. O solo, na época das chuvas, apresenta-se coberto por gramíneas.

Estão corretas apenas:

- (a) 1 e 2. (c) 1 e 4. (e) 2, 3 e 4.
(b) 3 e 4. (d) 1, 2 e 3.

2 Fuvest Analise as afirmativas a seguir.

- As florestas tropicais possuem maior diversidade biológica que as temperadas.
- As florestas tropicais possuem maior diversidade vegetal e menor diversidade animal que as savanas.
- As florestas temperadas possuem maior biomassa que a tundra.
- As savanas possuem maior biomassa que as florestas tropicais.

Está correto apenas o que se afirma em:

- (a) I e II. (c) I e IV. (e) III e IV.
(b) I e III. (d) II e III.

3 Osec-SP Das regiões fitogeográficas do Brasil, uma delas está situada no Ceará, em Pernambuco, na Bahia, em Sergipe, no Rio Grande do Norte e em outros estados, caracterizando-se por possuir árvores pequenas, arbustos e muitos cactos. Na época das secas, a vegetação é bem diferente da vegetação da época das chuvas, ficando com aspecto de mata espinhosa e agreste, à semelhança de um deserto. Lá cresce bem o juazeiro, a maniçoba, o mandacaru e o xique-xique. Estamos relatando alguns aspectos:

- (a) do cerrado. (c) da savana. (e) da estepe.
(b) do deserto. (d) da caatinga.

4 Covest Cada alternativa a seguir discorre sobre uma área específica do Brasil, identificada com a mesma letra da alternativa. Assinale a alternativa cuja associação e descrição estão corretas.



- (a) O desmatamento pode levar ao empobrecimento do solo, tornando-o inadequado para a agricultura, pois este solo não é rico em nutrientes, devido à rápida degradação e ao reaproveitamento da matéria orgânica que cai no solo, concentrando-se no corpo das plantas.
- (b) Ecossistema praticamente extinto devido à exploração descontrolada da madeira.
- (c) Região quente com solos ácidos, pobres em minerais e com grande quantidade de alumínio útil para agricultura, desde que fertilizado e corrigido em sua acidez pela adição de calcário.
- (d) Apesar de sua flora estar preservada, a fauna possui espécies em extinção como a ararinha-azul.
- (e) Denomina-se Mata dos Cocais onde o babaçu é explorado e a carnaúba produz cera.

5 PUC-Rio Apesar de sua exuberância, as florestas tropicais estão geralmente localizadas sobre solos pobres em nutrientes. Destaque a alternativa que esclareça esse aparente paradoxo.

- (a) Onde o solo é de baixa fertilidade, a biomassa vegetal e o número de espécies são sempre reduzidos.
- (b) O número de espécies vegetais está relacionado à pobreza do solo e à temperatura.
- (c) Uma taxa elevada de biodiversidade está ligada a solos ricos em nutrientes.
- (d) A maioria dos nutrientes da floresta encontra-se estocada na biomassa vegetal e não no solo.
- (e) As florestas sobre solos pobres sobrevivem por causa da taxa elevada de fotossíntese.

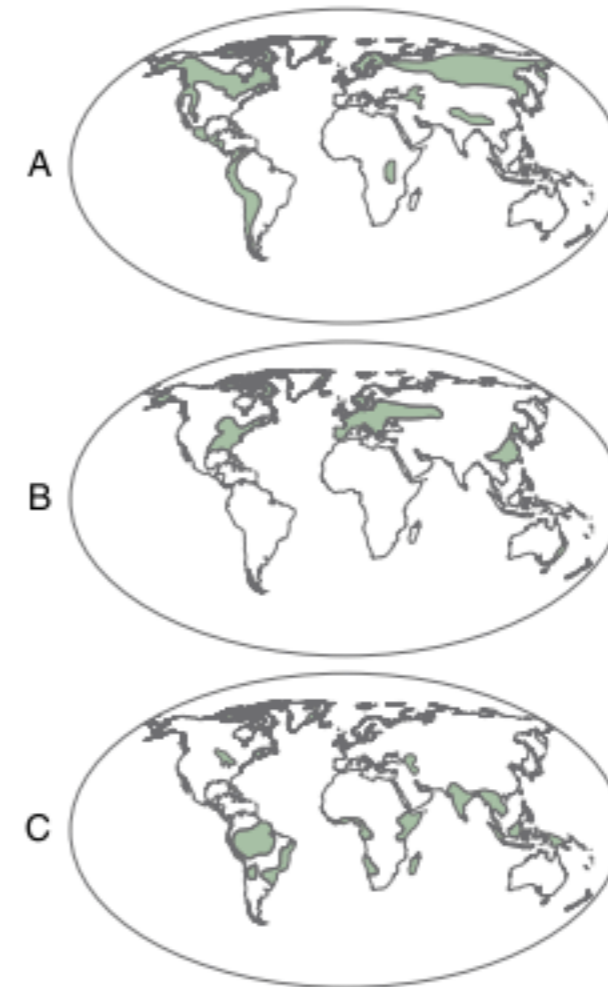
6 Ufes O manguezal é um ecossistema litorâneo, característico das regiões tropicais, que se localiza ao redor de ambiente aquático. Sobre esse ecossistema, analise as afirmativas a seguir.

- I. O solo lodoso e o mau cheiro que os manguezais muitas vezes exalam transformam-nos em ambientes inúteis, o que justifica seu aterro para construção de áreas residenciais.
- II. Nos manguezais, muitas espécies de animais encontram áreas para reprodução, desova, crescimento e alimentação.
- III. O manguezal, por ser coberto pelas águas na maré alta, é considerado uma área boa para depositar lixo e para lançar esgoto.
- IV. Muitos caranguejos, peixes e moluscos passam toda sua vida no manguezal.

Assinale:

- (a) se apenas I e IV estiverem corretas.
- (b) se apenas II e III estiverem corretas.
- (c) se apenas I e II estiverem corretas.
- (d) se apenas I e III estiverem corretas.
- (e) se apenas II e IV estiverem corretas.

7 UFPB As áreas em destaque nos mapas a seguir representam a distribuição mundial de diferentes biomas terrestres.

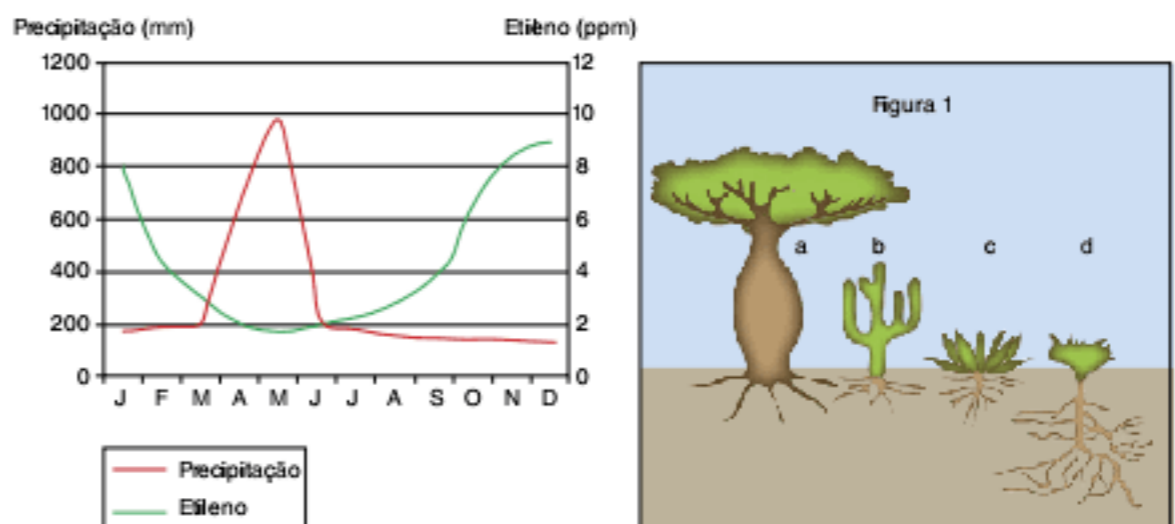


Entre esses biomas, um é caracterizado por apresentar densa cobertura vegetal disposta em estratos; rápido processo de decomposição de matéria orgânica e solo pobre; e desenvolver-se em clima de temperaturas elevadas e altos índices de precipitação. O bioma caracterizado é:

- (a) o manguezal, no mapa C.
- (b) a Mata dos Cocais, no mapa B.
- (c) a floresta temperada, no mapa B.
- (d) a floresta tropical, no mapa C.
- (e) taiga ou floresta de coníferas, no mapa A.

8 UFC No semiárido brasileiro, é comum a presença de uma vegetação caducifólia conhecida como caatinga. As perguntas a seguir estão relacionadas com as plantas que compõem esse tipo de vegetação.

O gráfico apresenta dados hipotéticos sobre a produção de etileno de uma dada planta e o índice pluviométrico da região onde vive essa planta, durante o período de um ano.



- a) Com base no gráfico apresentado, o que ocorrerá com as folhas e a taxa de fotossíntese da planta entre os meses de agosto e dezembro? Justifique sua resposta.
- b) Cite duas características morfológicas adaptativas das folhas de plantas de ambientes áridos.
- c) A figura 1 exemplifica plantas que vivem na caatinga. De acordo com a figura, cite uma estratégia apresentada pela planta b e uma apresentada pela planta d, que permitem a sua sobrevivência por longos períodos de seca.



Frente 3

Sistema endócrino

O "teste do pezinho" é feito com gotas de sangue colhidas do calcanhar do recém-nascido e tem como finalidade avaliar a ocorrência de dois distúrbios: a fenilcetonúria e o hipotireoidismo congênito. Caso a criança tenha fenilcetonúria, ela pode apresentar problemas motores e déficit de inteligência. Caso haja uma deficiência na quantidade de hormônios tireoidianos, a criança poderá ter nanismo e retardo mental. Esses problemas podem ser prevenidos com a identificação precoce da doença, possibilitando o tratamento da criança com uma dieta pobre em fenilalanina com o fornecimento dos hormônios tireoidianos.

Hormônios e glândulas endócrinas

O sistema endócrino está associado à **produção de hormônios**, que são substâncias produzidas por glândulas desse sistema e transportadas pelo sangue, atuando como mensageiros químicos em um órgão-alvo específico, contribuindo para regular sua atividade (Fig. 1).

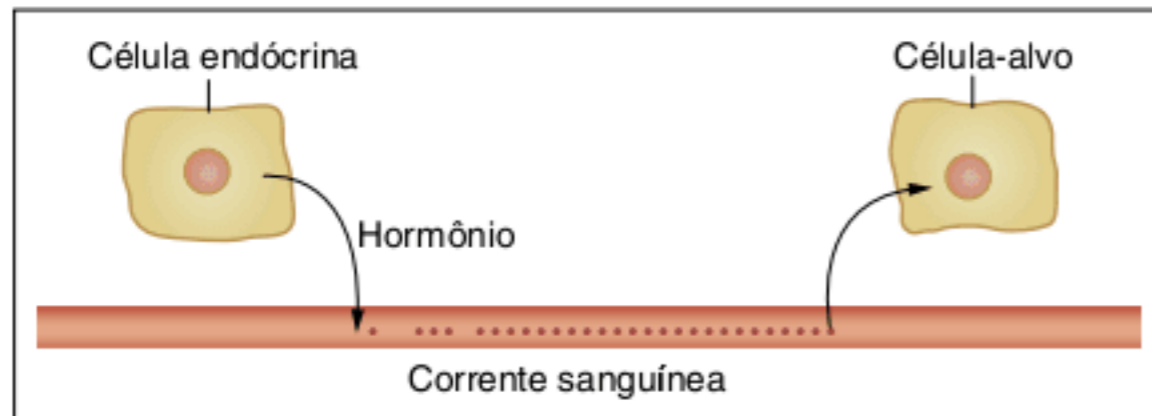


Fig. 1 Fluxo hormonal pelo sangue: da produção à célula-alvo.

As principais glândulas endócrinas são distribuídas em várias partes do organismo. São elas: **hipófise, paratireoides, tireoide, adrenais, pâncreas, ovários e testículos** (Fig. 2).

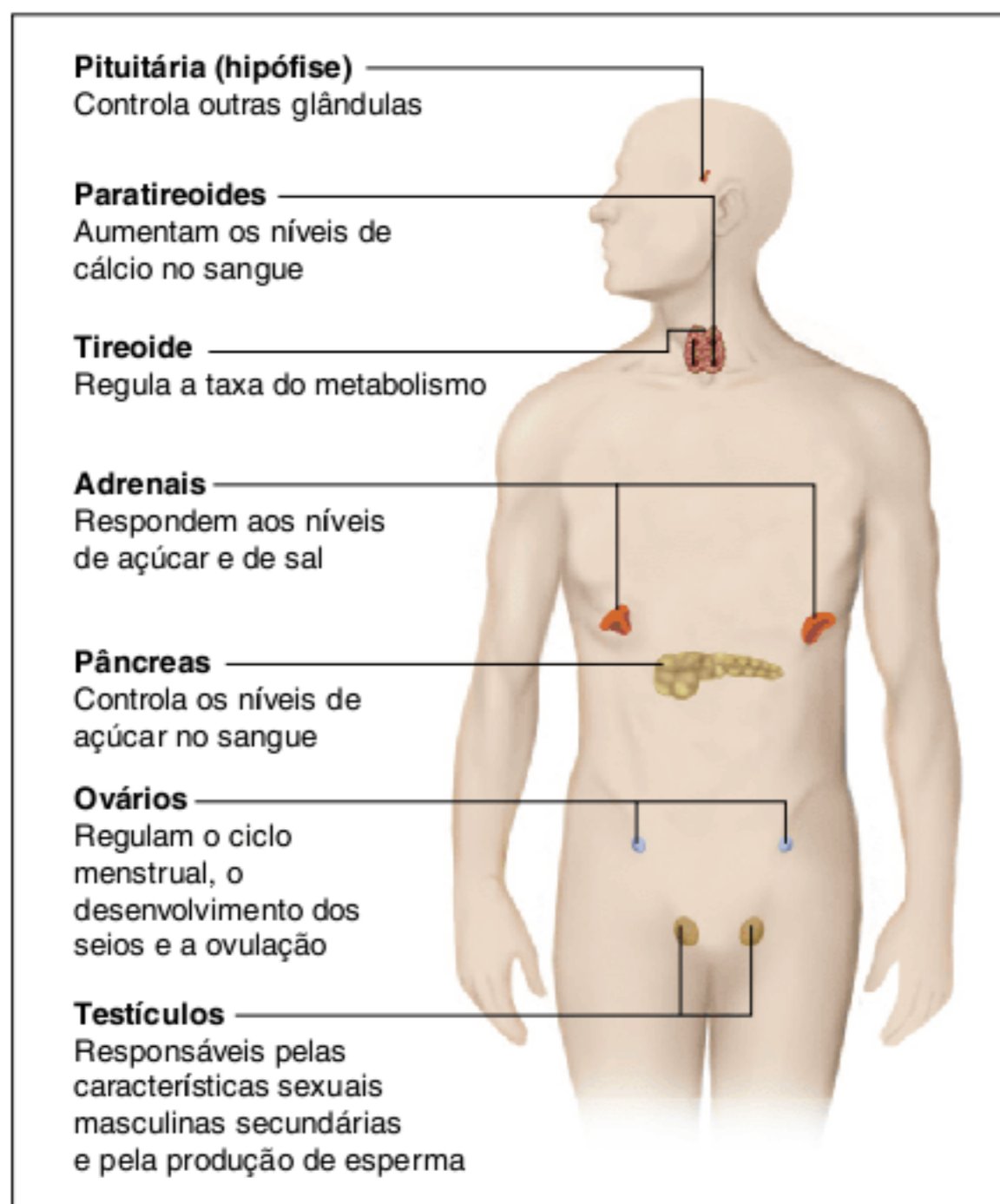


Fig. 2 Glândulas do sistema endócrino e suas principais funções.

Além dessas glândulas, outros órgãos produzem hormônios, como, por exemplo, os **rins, o coração, o estômago e o duodeno**.

A concentração de hormônios na corrente sanguínea é mantida em estado de **equilíbrio dinâmico (homeostase)**, apresentando pequenas variações. Quando uma glândula endócrina produz um hormônio e o libera na circulação, o excesso, de modos variados, inibe a continuidade da produção; com o tempo, a concentração de hormônio no sangue sofre redução, já que ele está sendo consumido pelo(s) órgão(s) alvo, assim, a glândula é estimulada a liberar mais hormônio para a corrente

sanguínea. Esse mecanismo de controle é conhecido como **“feedback negativo”** ou **retroindução negativa**.

No entanto, há casos de glândulas endócrinas cuja produção hormonal sai dos níveis de normalidade, gerando desequilíbrios. Em alguns casos, o hormônio promove aumento da atividade de uma estrutura, e em outros redução.

Em termos químicos, os hormônios são de três tipos principais: de **natureza peptídica** (como a insulina), **derivados de lipídeos** (hormônios esteroides, como a testosterona) e **derivados de aminoácidos** (como a adrenalina e os hormônios tireoídianos T3 e T4).

ATENÇÃO!

Feedback negativo é um mecanismo de controle pelo qual a produção ou a secreção de uma substância (como um hormônio, por exemplo) desencadeia a mudança de alguma atividade que, por sua vez, diminui a produção da substância considerada.

Hipófise

A **glândula hipófise**, também chamada de **pituitária**, está localizada na base do cérebro, tem o tamanho de uma ervilha e apresenta duas regiões distintas, a **hipófise anterior** (ou **adeno-hipófise**) e a **hipófise posterior** (ou **neuro-hipófise**), que podem ser consideradas como duas glândulas distintas, pois têm a sua origem em diferentes tipos de tecido (Fig. 3).

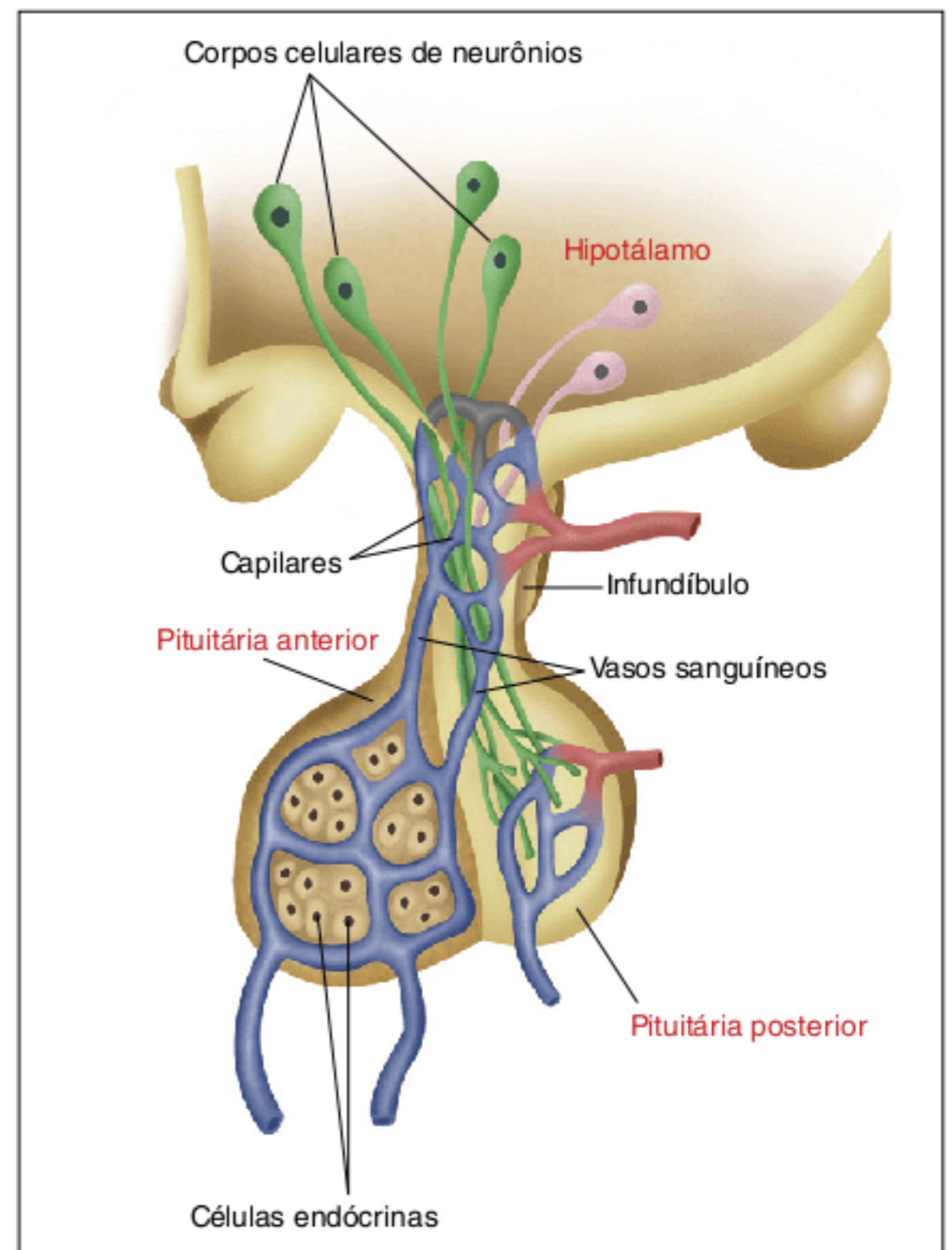


Fig. 3 As divisões da hipófise (pituitária) e sua relação com o hipotálamo.

A hipófise é responsável pela regulação da atividade de outras glândulas do corpo e de várias funções do organismo. Essa glândula é ligada ao hipotálamo por meio do infundíbulo. Terminações dos axônios do hipotálamo liberam hormônios na **hipófise posterior**, os quais ficam ali armazenados, sendo liberados para os vasos sanguíneos quando necessário.

Alguns dos hormônios liberados pelo **hipotálamo** passam para a hipófise anterior (**adeno-hipófise**) por meio de vasos sanguíneos; essas substâncias são **hormônios reguladores da adeno-hipófise**: os hormônios **RH** estimulam (*releasing hormone*) e os **IH** inibem (*inhibiting hormone*), especificamente, certas células a produzirem ou não outros hormônios.

No que diz respeito à atuação dessas glândulas, a **hipófise anterior** controla o crescimento, a maturação sexual, a atividade de outras glândulas endócrinas e a produção de leite nas glândulas mamárias. Já a **hipófise posterior** atua sobre a quantidade de urina eliminada pelos rins e sobre a expulsão do leite pelas glândulas mamárias (Fig. 4)

Hormônios da neuro-hipófise

A neuro-hipófise secreta dois hormônios: **ADH** e **ocitocina**.

- **Hormônio antidiurético – ADH (ou vasopressina): promove a reabsorção de água** nos rins (nos túbulos dos néfrons), ocasionando a formação de urina mais concentrada. Sua produção é estimulada quando o indivíduo fica um longo período sem ingerir água, funcionando como um

mecanismo poupador de água. A inibição de produção de ADH ocorre com a ingestão de água ou de bebida alcoólica, o que ocasiona a formação de uma urina mais diluída. Caso ocorra a interrupção prolongada na produção de ADH, o indivíduo elimina muitos litros de água pela urina, favorecendo também a perda de sais minerais e de glicose; esse quadro é denominado **diabetes insípido**, doença caracterizada por sede excessiva e pela excreção de grande quantidade de urina bastante diluída.

O ADH é também chamado de **vasopressina** porque induz a constrição moderada das arteríolas do corpo, elevando a pressão sanguínea.

- **Ocitocina:** determina a **contração da parede uterina**, promovendo as contrações fundamentais para a realização do parto. As contrações do útero estimulam a neuro-hipófise a secretar mais ocitocina, aumentando as contrações uterinas; esse mecanismo é denominado “**feedback positivo**”. A injeção de ocitocina é um recurso utilizado em alguns casos para induzir o parto. A ocitocina também estimula a contração involuntária da musculatura das glândulas mamárias, promovendo a ejeção do leite; o estímulo ocorre com o início da amamentação, quando o bebê suga o mamilo. Esse hormônio também apresenta elevação de concentração após o ato sexual.

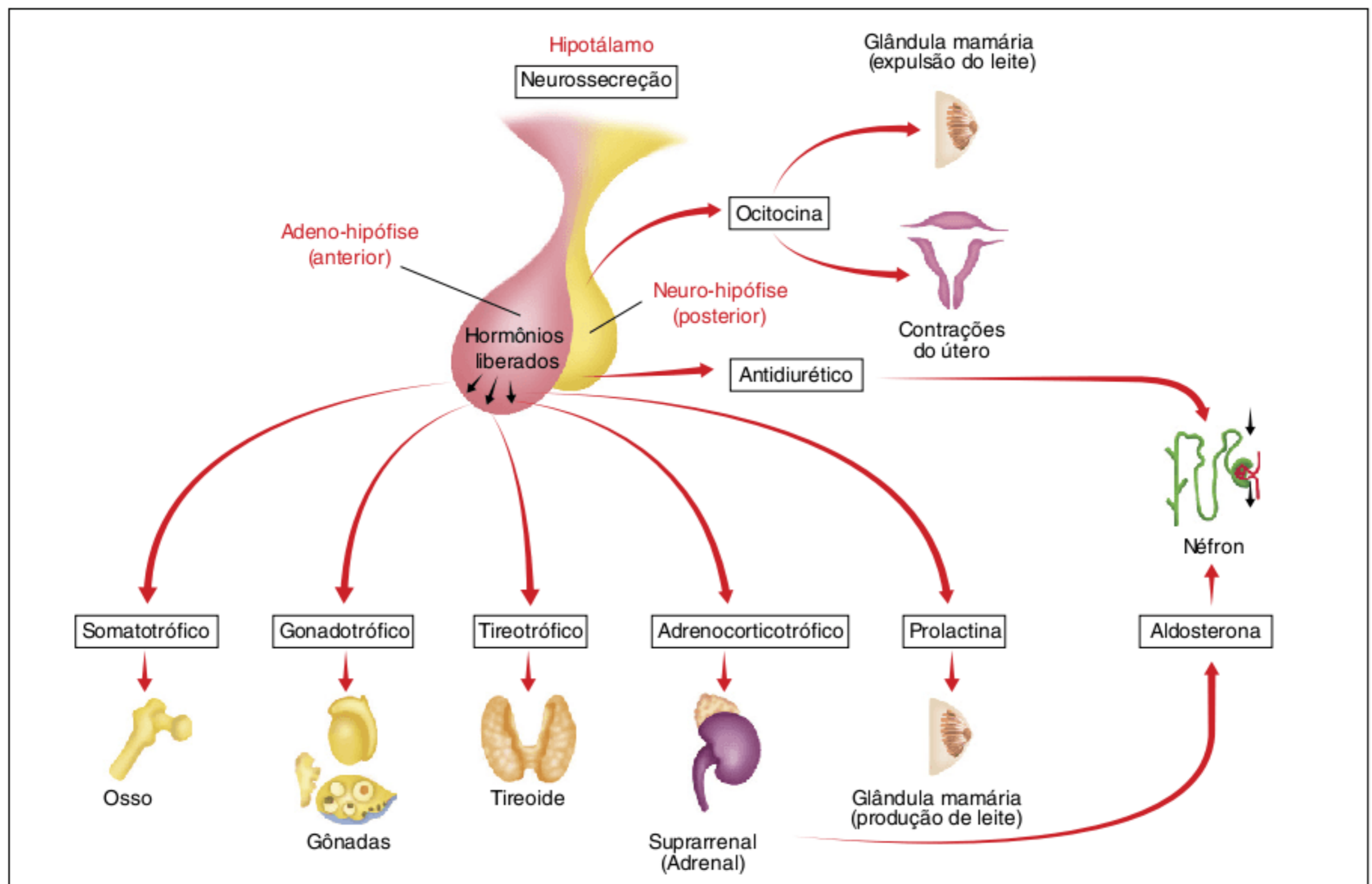


Fig. 4 Os hormônios hipofisários exercem controle da atividade de diversas estruturas do organismo.

Hormônios da adeno-hipófise

- **Hormônio lactogênico** (ou **prolactina**): estimula o aumento das mamas e a **produção de leite** pelas glândulas mamárias (a ocitocina promove a expulsão do leite).
- **Somatotrofina** (ou **hormônio somatotrófico – GH**): a sigla GH consiste na expressão *growth hormone*, em português, **hormônio do crescimento**. Esse hormônio promove a alongação dos ossos, estimula a divisão celular e a síntese de proteínas (em ossos e músculos).

A adeno-hipófise produz também os chamados **hormônios tróficos**, os quais exercem função **estimulante de outras glândulas endócrinas** (Fig. 4); são os seguintes:

- **Gonadotrofinas**: atuam sobre as gônadas (testículos e ovários), provocando efeitos fisiológicos nessas estruturas, como a síntese de outros hormônios. As gonadotrofinas são o **LH** (*luteinizing hormone* – em português, **hormônio luteinizante**, ou luteotrófico) e o **FSH** (*follicle stimulating hormone* – em português, **hormônio foliculestimulante**).
- **Tireotrofina** (ou **hormônio tireotrófico**) – **TSH**: a sigla TSH (*thyroid stimulating hormone*) significa hormônio estimulante da tireoide; seu papel é promover o estímulo da tireoide para a produção de hormônios, como a **tiroxina**.
- **Hormônio adrenocorticotrófico** – **ACTH** (*adrenocorticotropic hormone*): estimula a região superficial das adrenais (o córtex adrenal) a produzir hormônios, como o **cortisol**.

Ainda no que se refere ao hormônio GH, vale ressaltar que há situações em que o indivíduo apresenta problemas em sua produção, o que pode acontecer durante a infância ou na vida adulta. Na infância, a falta de GH promove o **nanismo**, enquanto seu excesso determina o **gigantismo**. No adulto, pode ocorrer produção excessiva de GH, resultando em um quadro de **acromegalia**, ou seja, há crescimento de algumas extremidades do organismo, como queixo, nariz e dedos (Fig. 5).

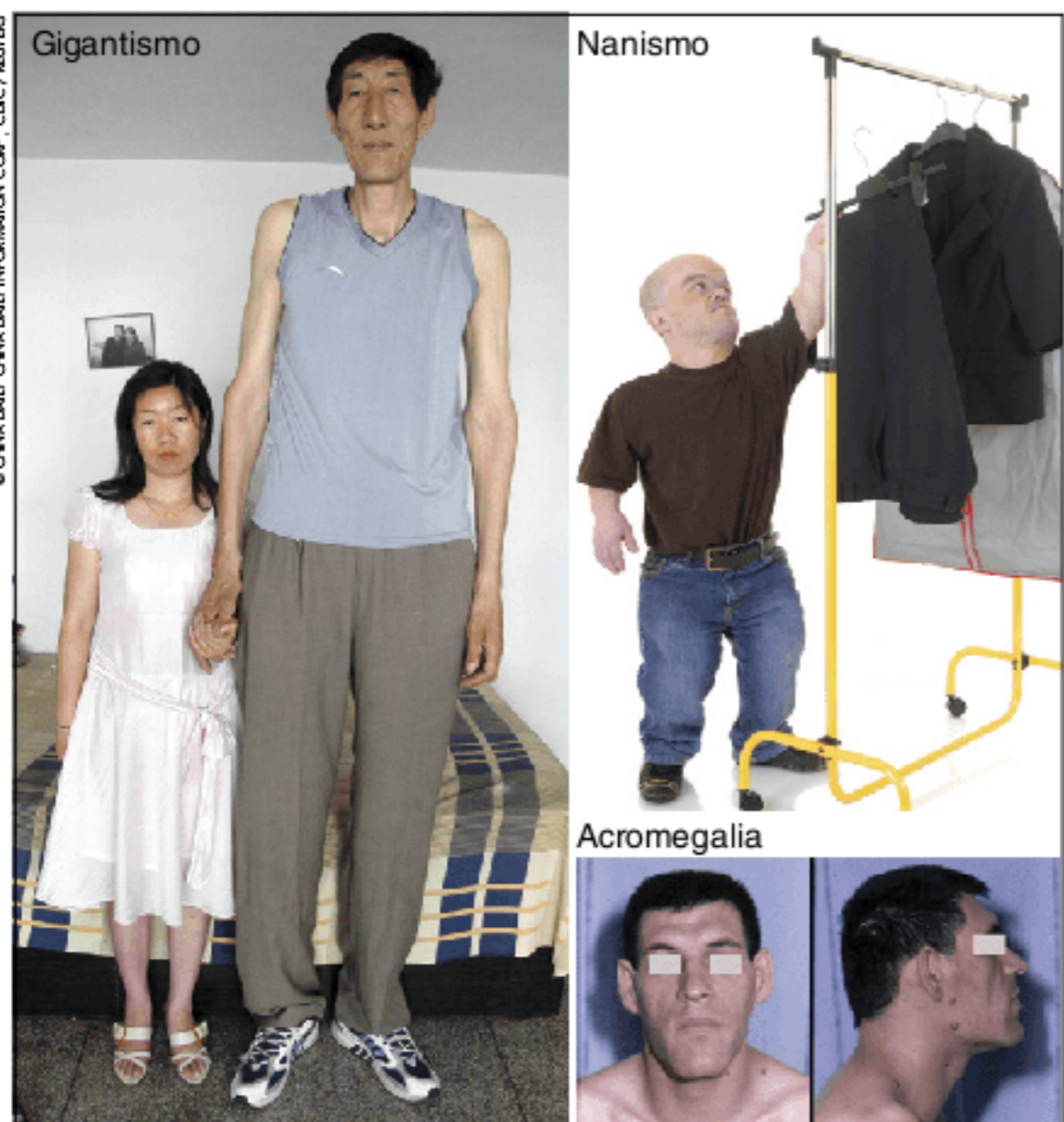


Fig. 5 Distúrbios na produção de hormônio de crescimento e suas consequências no fenótipo de pessoas afetadas.

Paratireoides

São **quatro pequenas glândulas** localizadas na parte posterior da tireoide, que está ligada à faringe e à traqueia (Fig. 6).

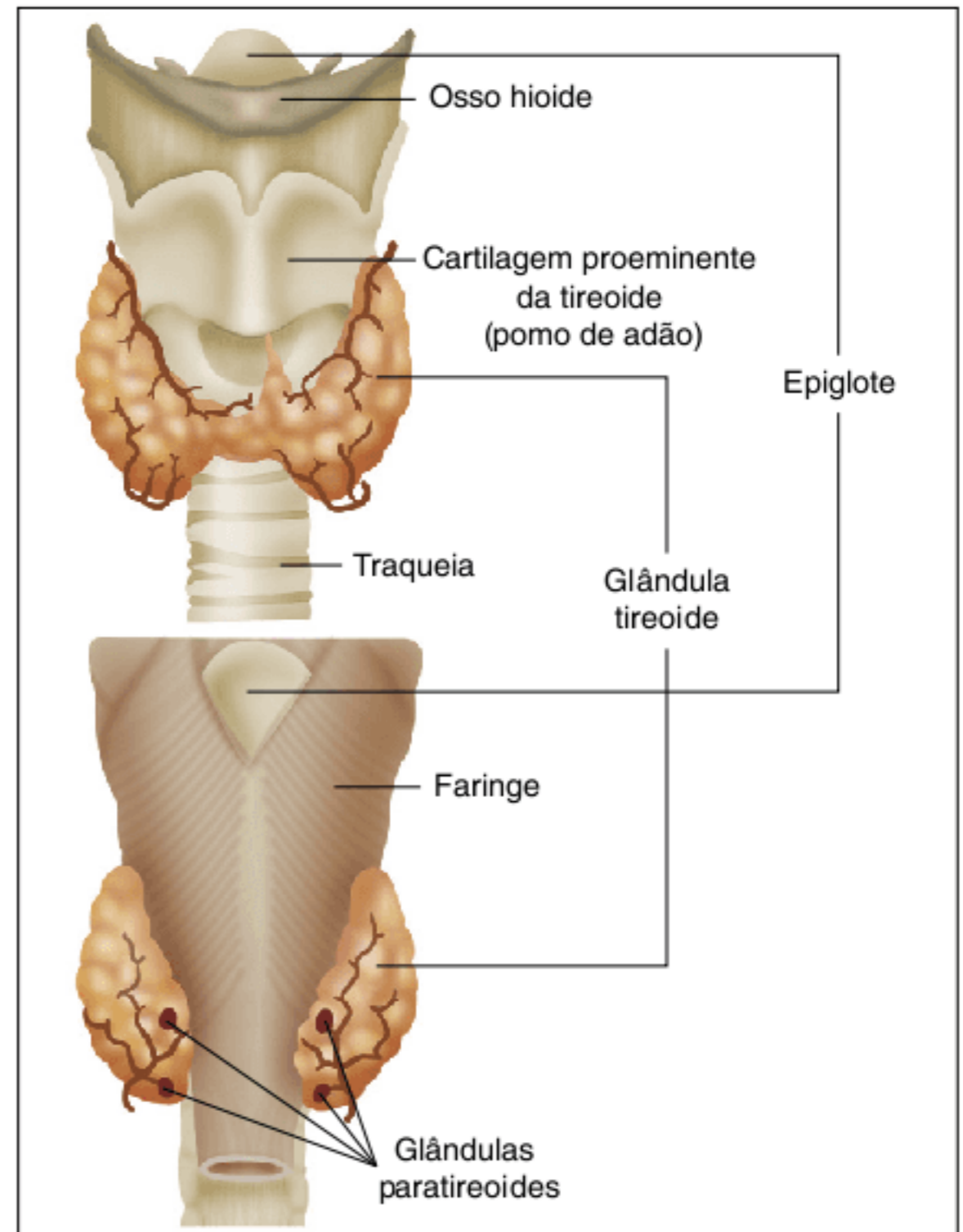


Fig. 6 Tireoide e sua relação anatômica com a laringe. No alto, vista anterior. Embaixo, vista posterior, com a presença das glândulas paratireoides.

As paratireoides produzem o **paratormônio (PTH)**, que tem como função **regular os níveis de cálcio** sanguíneo. O cálcio tem papel fundamental em vários processos, como a contração muscular e a coagulação sanguínea. O paratormônio é liberado quando há déficit de cálcio no sangue, promovendo a absorção do composto, proveniente da alimentação, no intestino. Uma dieta pobre em cálcio estimula a remoção de cálcio dos ossos, deixando-os mais frágeis.

Tireoide

A tireoide produz os hormônios **calcitonina**, **tiroxina (T4)** e **tri-iodotironina (T3)**.

A **calcitonina** contribui para a **regulação dos níveis de cálcio no sangue**, apresentando efeito contrário ao do paratormônio, ou seja, promovendo a transferência de cálcio do sangue para os ossos.

A **tiroxina**, também denominada **tetraiodotironina (T4)**, apresenta quatro átomos de iodo na molécula; é o hormônio produzido mais abundantemente pela tireoide, e é liberado juntamente com a **tri-iodotironina (T3)**. O T3 é assim chamado porque apresenta três átomos de iodo na molécula; ele tem maior atividade do que o T4. Esses hormônios tireoidianos estimulam a

atividade metabólica geral do organismo, elevando a ocorrência de processos como a síntese proteica e a respiração celular.

O controle dos níveis de T3 e T4 é exercido pela **adeno-hipófise**, que é controlada pelo **hipotálamo**. A adeno-hipófise, quando estimulada, produz TSH, hormônio transportado pelo sangue até a tireoide, na qual provoca a secreção de T3 e T4. No entanto, quando os níveis de T3 e T4 tornam-se altos, determinam a inibição da secreção de TSH pela hipófise (“*feedback negativo*”). Com a posterior redução dos níveis sanguíneos de T3 e T4, cessa a inibição da hipófise, que libera novamente TSH, estimulando a tireoide, em um equilíbrio contínuo (Fig. 7).

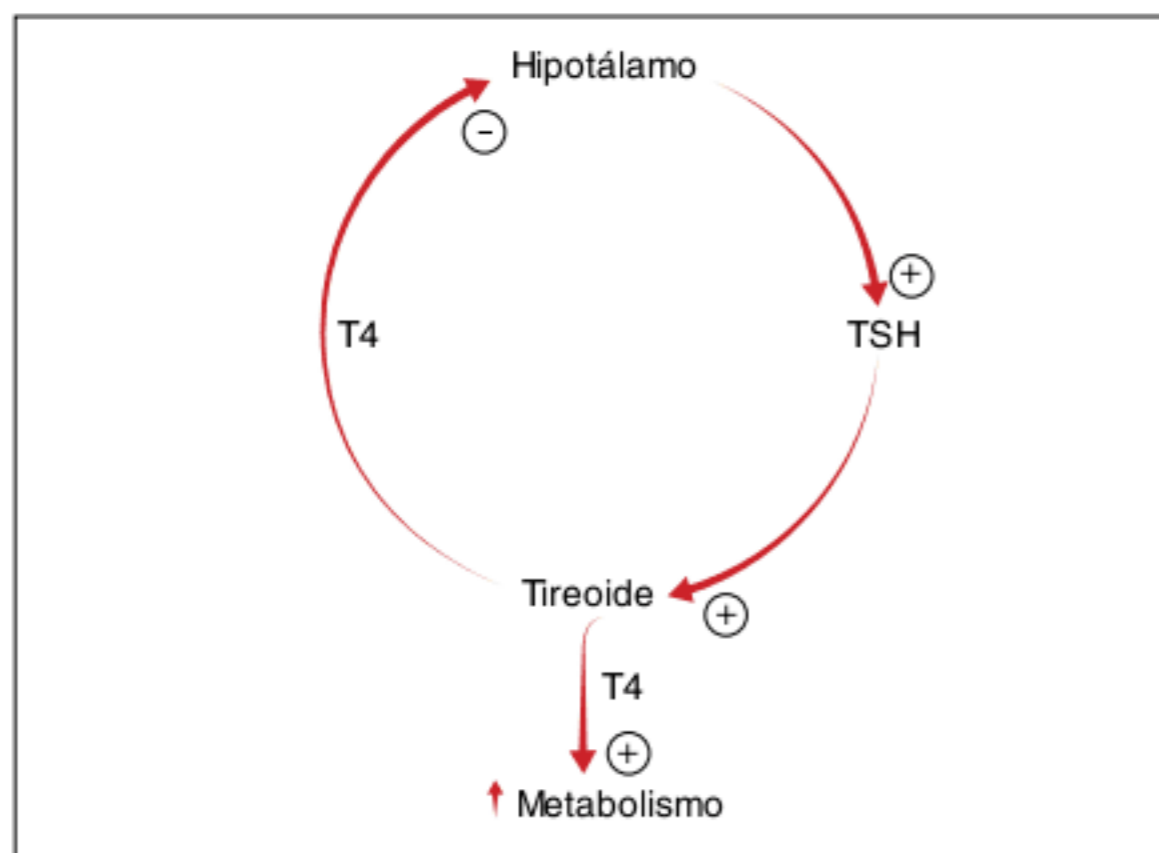


Fig. 7 Controle da produção de hormônios tireoidianos: o hipotálamo é o responsável por estimular a hipófise a produzir TSH, que estimula (+) a tireoide a produzir T4. Esse hormônio é estimulante (+) do metabolismo celular, mas concentrações elevadas de T4 inibem (-) o hipotálamo a desencadear a liberação de TSH.

A tireoide pode apresentar problemas relacionados à produção de T3 e T4, podendo ocorrer excesso (hipertireoidismo) ou redução (hipotireoidismo).

O **hipertireoidismo** eleva o metabolismo, provocando taquicardia, aumento da pressão arterial, diminuição de peso (mesmo com o aumento da ingestão de alimentos), agitação, nervosismo, distúrbios do sono, suor intenso, podendo ocorrer aumento do volume da tireoide (**bócio**) e do globo ocular (**exoftalmia**) (Fig. 8). O aumento do volume da tireoide, denominado bócio, pode ser provocado por produção excessiva de TSH ou pela falta de iodo na alimentação (neste caso, trata-se do chamado bócio endêmico). A prevenção do **bócio endêmico** é feita com o sal iodado.



Fig. 8 Paciente com hipertireoidismo; ao lado, uma das consequências da doença, a exoftalmia.

O **hipotireoidismo** acarreta redução de atividade metabólica, que, como consequências, ocasiona pele seca, intolerância ao frio, aumento de peso, indolência e tendência à depressão. Ocorre também edema, que é o acúmulo de líquido nos tecidos, processo resultante da má circulação sanguínea. Na infância, a falta dos hormônios pode acarretar nanismo e retardo mental (denominado cretinismo).

Adrenais

As adrenais, atualmente denominadas **suprarrenais**, recebem esse nome por serem glândulas situadas acima dos rins; apresentam uma região periférica, o **córtex**, e uma região mais interna, a **medula** (Fig. 9).

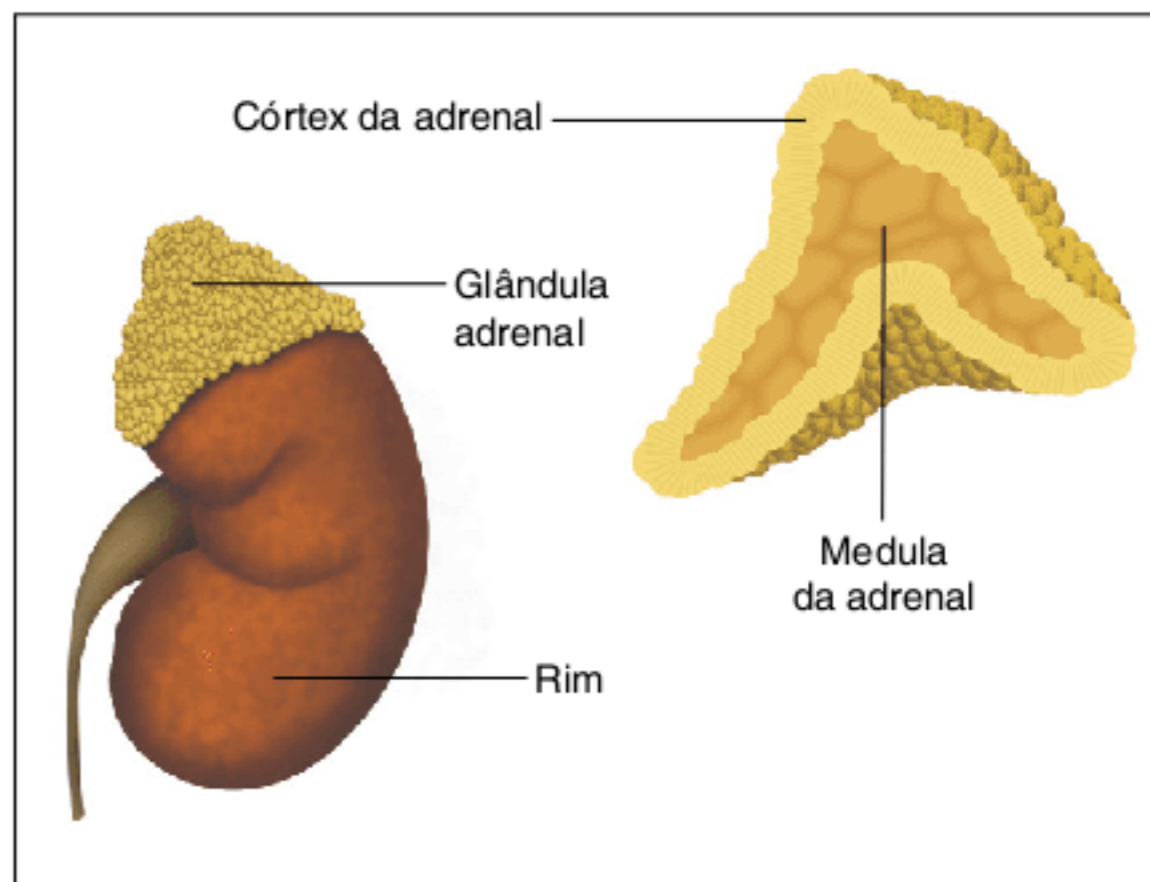


Fig. 9 Glândula adrenal (suprarrenal) e sua relação anatômica com o rim. No corte, o córtex e a medula.

A **medula** das suprarrenais é estimulada pelo **sistema nervoso simpático** (componente do sistema nervoso autônomo), e produz os hormônios **adrenalina** e **noradrenalina**. A adrenalina é responsável por estimular o organismo, preparando-o para situações de estresse; eleva os batimentos cardíacos, os níveis de açúcar e de ácidos graxos no sangue e direciona o fluxo sanguíneo para os músculos, deixando-os prontos para reações necessárias, como uma fuga ou luta, por exemplo. A noradrenalina atua junto com a adrenalina, sendo também responsável por reações do sistema nervoso simpático.

O **córtex** é estimulado pelo **hormônio hipofisário ACTH** e gera três tipos de hormônios: glicocorticoides, mineralocorticoides e androgênicos.

Glicocorticoides como o **cortisol** promovem a degradação de proteínas e a sua conversão em carboidratos. Já glicocorticoides como a **cortisona** inibem a resposta inflamatória, reduzindo a migração de células fagocitárias para tecidos lesados.

Mineralocorticoides, como a **aldosterona**, aumentam a reabsorção de sódio nos túbulos renais, resultando no aumento da pressão arterial.

O córtex também produz **hormônios androgênicos**, tanto no homem como na mulher, sendo responsáveis pelo estímulo e manutenção dos caracteres sexuais masculinos no homem. Hormônios androgênicos são produzidos em pequena quantidade nas adrenais e em grande quantidade nos testículos.

Em mulheres, tumores do córtex de adrenais podem promover a elevação da quantidade de androgênicos, fazendo com que a mulher desenvolva caracteres sexuais masculinos secundários, como pelos faciais em abundância e desenvolvimento muscular.

Pâncreas

O pâncreas é uma glândula de secreção mista, pois tem uma **parte exócrina**, que libera substâncias no duto ligado ao intestino, e uma **parte endócrina**, assim classificada por liberar substâncias (os hormônios) na corrente sanguínea. A região exócrina é constituída por estruturas denominadas **ácinos pancreáticos**, responsáveis pela produção de suco pancreático, rico em bicarbonato e em enzimas digestivas. A região endócrina é constituída pelas **ilhotas de Langerhans** (ou **ilhotas pancreáticas**), responsáveis pela produção de hormônios. Os principais hormônios pancreáticos são a **insulina** (gerada nas células beta) e o **glucagon** (produzido nas células alfa); esses dois hormônios são reguladores do nível de glicose no sangue (glicemia). As ilhotas pancreáticas têm também células delta, produtoras de **somatostatina**, que inibe a secreção tanto de insulina quanto de glucagon (Fig. 10).

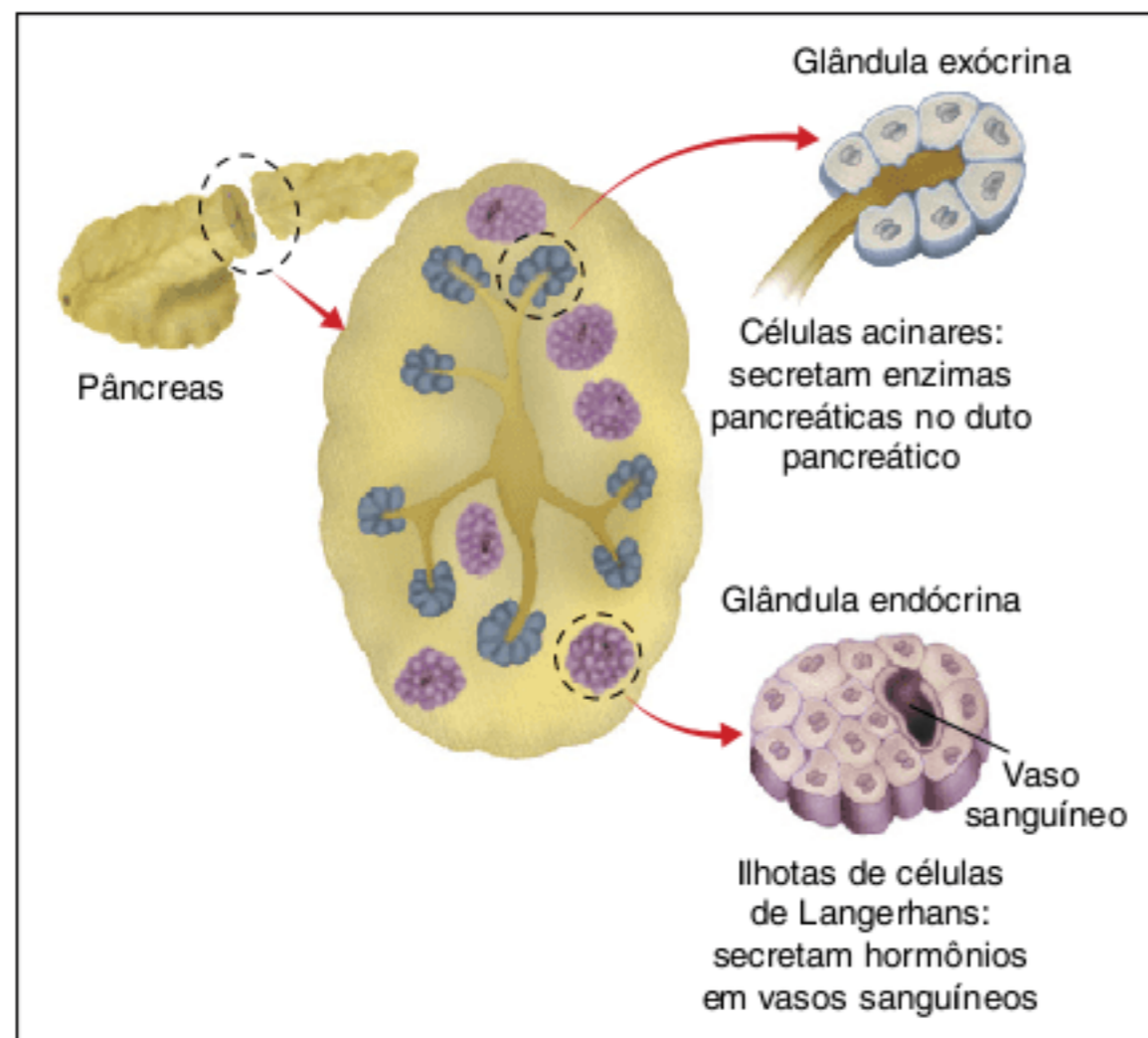


Fig. 10 Pâncreas e seus componentes exócrinos e endócrinos.

A liberação e o funcionamento desses hormônios são dependentes dos níveis de glicose presentes no sangue. Após uma refeição rica em carboidratos, por exemplo, o sangue recebe grande quantidade de glicose (estado de **hiperglicemia**). Isso estimula as **células beta** do pâncreas a liberarem **insulina**, hormônio que facilita a entrada de glicose nas células do organismo. Assim, a insulina exerce uma ação hipoglicemiante, isto é, diminui a glicemia. No fígado, a glicose é convertida e armazenada na forma de **glicogênio**.

Com o consumo da glicose pelas células dos tecidos, determinado tempo depois de uma refeição, ocorre uma diminuição da glicemia (**hipoglicemia**). Tal condição estimula as **células alfa** do pâncreas a liberarem **glucagon**, hormônio que desencadeia a degradação do glicogênio armazenado nas células hepáticas, gerando moléculas de glicose. Essas moléculas passarão

para o sangue, atendendo às necessidades dos tecidos. Dessa maneira, o glucagon tem um efeito hiperglicemiante (eleva a glicemia) (Fig. 11).

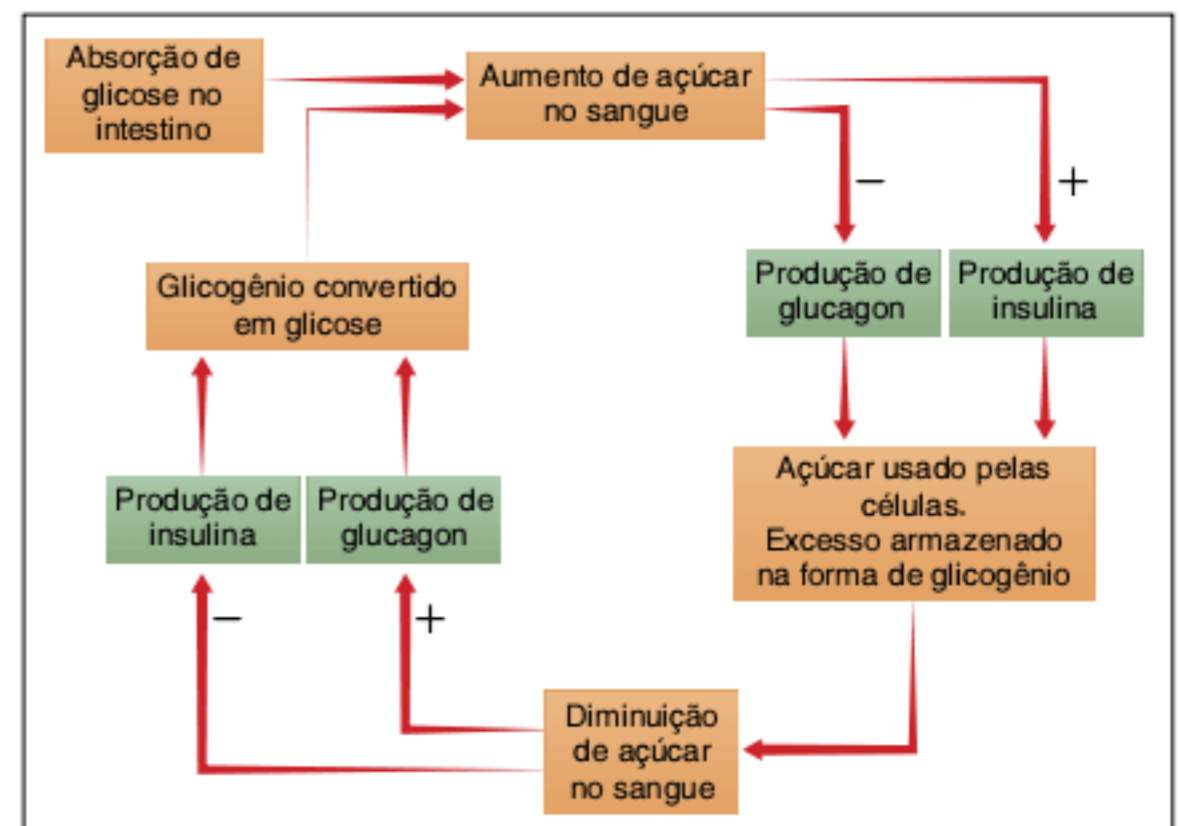


Fig. 11 Mecanismo do controle da glicemia, envolvendo a participação da insulina e do glucagon.

A **insulina** também promove a **formação de gorduras** (triglicerídeos) no tecido adiposo, por meio da absorção de ácidos graxos e glicerol, e **estimula a síntese proteica** em diversos tecidos.

A deficiência na produção de insulina pode produzir o quadro de **diabetes mellitus** (ou diabetes açucarado). Com isso, a glicose obtida nas refeições acumula-se no sangue e não é empregada pelas células. Pelo fato de a glicose não adentrar as células, o organismo passa a utilizar outras fontes de energia, por meio da degradação de proteínas e de gorduras, acarretando perda de peso. A degradação de gorduras produz como resíduos os **corpos cetônicos**, substâncias que aparecem na urina e que também podem ser notadas no hálito da pessoa.

O portador da diabetes, ao apresentar alta concentração de glicose sanguínea, tem esse excesso eliminado pela urina. A urina normal não deve apresentar glicose, devido à reabsorção da substância que ocorre nos néfrons dos rins. O diabético sem tratamento pode desenvolver diversos problemas, como, por exemplo, desequilíbrio no controle do pH sanguíneo, dificuldade de cicatrização, cegueira precoce, hipertensão etc. As complicações causadas pela diabetes devem-se ao excesso de glicose no sangue, o que diminui sua fluidez e, em decorrência de trombozes, coágulos, insuficiência renal e outras complicações agudas e crônicas, podem levar à morte. O tratamento consiste na obtenção do equilíbrio da glicemia, incluindo o uso de injeções de insulina e uma dieta adequada, podendo, dessa maneira, o portador da diabetes viver normalmente.

Ovários e testículos

Ovários e testículos são órgãos que atuam como gônadas, nas quais são produzidos, respectivamente, os gametas feminino e masculino, e como glândulas do sistema endócrino, sendo também responsáveis pela produção de hormônios. Essa produção é controlada pelos hormônios gonadotróficos produzidos pela pituitária anterior. Mais detalhes a respeito da atuação desses hormônios e dos produzidos pelos ovários e testículos serão discutidos com o estudo do sistema reprodutor.

Revisando

1 O que são hormônios?

2 Cite três tipos de hormônios segundo sua natureza química.

3 O que é *feedback* negativo?

4 Quais são as principais glândulas endócrinas no organismo? Cite outras estruturas que também produzem hormônios.

5 Quais são as duas principais divisões da hipófise?

6 Qual é a relação entre o hipotálamo e a hipófise?

7 Cite os dois hormônios secretados pela neuro-hipófise e indique a função principal de cada um.

8 Quais são as gonadotrofinas da hipófise? Qual é o seu papel genérico?

9 Quais são os hormônios secretados pela adeno-hipófise que estimulam outras glândulas endócrinas? Indique quais são as glândulas estimuladas.

10 Qual é a consequência da falta e do excesso de GH na criança? O que é acromegalia?

11 Qual é o hormônio secretado pelas paratireoides e seu papel fisiológico? Cite o hormônio tireoidiano que tem papel antagônico ao do hormônio produzido nas paratireoides.

12 Qual é o papel dos hormônios tireoidianos T3 e T4?

13 O que é hipertireoidismo? Quais são as suas consequências no organismo?

14 O que é hipotireoidismo? Quais são os distúrbios que podem provocar no desenvolvimento de uma criança?

15 Qual é a causa do bócio endêmico?

16 Quais são os hormônios secretados pela medula das adrenais?

17 Cite os três tipos de hormônios secretados no córtex das adrenais e exemplifique.

Exercícios propostos

1 UFU 2011 O hormônio chamado _____ controla o teor de açúcar no corpo dos mamíferos. Ele é produzido pelo _____ e sua deficiência pode provocar uma doença chamada _____. O hormônio responsável por estimular e manter os processos metabólicos recebe o nome de _____; é produzido pela glândula _____, e o aumento do volume dessa glândula por carência de iodo na dieta é chamado de _____.

A alternativa que completa corretamente as lacunas é:

- (a) insulina; pâncreas; diabetes; tiroxina; tireoide; bócio
- (b) tiroxina; fígado; bócio; insulina; tireoide; diabetes
- (c) insulina; fígado; diabetes; tiroxina; hipófise; bócio
- (d) tiroxina; pâncreas; bócio; insulina; hipófise; diabetes

2 Cesgranrio 2011 O metabolismo dos carboidratos é fundamental para o ser humano, pois, a partir dessas moléculas, obtém-se grande parte da energia para as funções vitais. Desequilíbrios nesse processo podem provocar hiperglicemia ou hipoglicemia.

A insulina, hormônio produzido no pâncreas, é responsável por facilitar a entrada da glicose na célula e estimular a glicogênese, síntese de glicogênio, macromolécula constituída por moléculas de glicose que estabelecem entre si ligações glicosídicas α -1,4.

A partir dessas informações, conclui-se que o(a):

- (a) principal papel da insulina é manter o nível de glicose suficientemente alto, evitando assim um quadro clínico de diabetes.
- (b) papel realizado pelas enzimas do metabolismo de glicogênio pode ser substituído pela insulina.
- (c) acúmulo de glicose no sangue é provocado pelo aumento da ação da insulina, levando o indivíduo a um quadro clínico de hiperglicemia.
- (d) diminuição de insulina circulante leva a um quadro clínico de hiperglicemia, com acúmulo de glicose no sangue.
- (e) insulina produzida pelo pâncreas é capaz de clivar as moléculas de açúcar.

3 UFPB 2011 A síndrome metabólica representa uma situação clínica caracterizada pelo comprometimento conjunto de diversas funções do organismo, entre elas: hipertensão arterial, dislipidemia (aumento da concentração de lipídios no sangue), obesidade visceral, disfunção endotelial e diabetes melito tipo 2. Com base no exposto e na literatura sobre fisiologia humana, é correto afirmar que:

- (a) a hipertensão arterial leva ao acúmulo de gordura visceral.
- (b) a diabetes melito tipo 2 ocorre devido à não produção do hormônio insulina.
- (c) a dislipidemia ocorre devido ao aumento da absorção de glicose pelo organismo.
- (d) a hipertensão arterial ocorre devido à baixa concentração de lipídios na corrente sanguínea.
- (e) a diabetes melito tipo 2 ocorre devido à diminuição da absorção de glicose, aumentando assim o metabolismo lipídico.

4 Udesc 2010 Assinale a alternativa incorreta quanto às glândulas endócrinas e aos seus hormônios.

- (a) Glândulas suprarrenais – adrenalina; glândula paratireoide – hormônio paratormônio.
- (b) Hipófise – hormônio luteinizante; glândula paratireoide – hormônio paratormônio.
- (c) Tireoide – hormônio do crescimento; hipófise – hormônio calcitonina.
- (d) Glândulas suprarrenais – adrenalina; hipófise – hormônio do crescimento.
- (e) Tireoide – tiroxina e tri-iodotironina; glândula paratireoide – hormônio paratormônio.

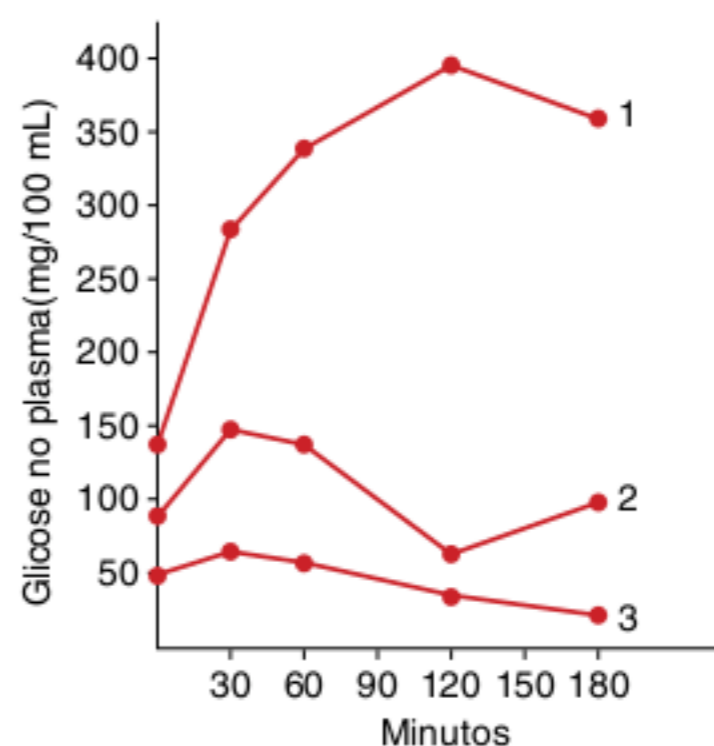
5 Uece 2010 Analise o texto.

“Eita! que cervejinha incômoda!” Exclamou Justina, que comentou com Juliana: “Veja quantas vezes o Juca foi ao banheiro, quando assistia à contenda final entre o Brasil e Irã. Também, o Brasil é o campeão da diplomacia! Ainda bem que a gente vai bem menos ao banheiro, porque só bebemos um bom suco.”

Podemos afirmar corretamente que o fato de Juca ter ido inúmeras vezes ao banheiro se deve a uma disfunção hormonal provocada pelo álcool da cerveja sobre o hormônio:

- (a) ACTH.
- (b) somatotrofina.
- (c) TSH.
- (d) ADH.

6 Mackenzie 2010 O gráfico mostra a variação da concentração de glicose no sangue de 3 pessoas, supondo que, após a primeira medida, cada pessoa ingeriu uma solução de glicose.



A respeito dos resultados expressos no gráfico, considere as afirmações I, II, III e IV.

- I. O indivíduo 1 apresenta funcionamento deficiente do pâncreas.
- II. A ingestão da solução de glicose provocou a liberação de insulina no indivíduo 2.
- III. O indivíduo 3 tem uma produção excessiva de insulina, tornando-o hipoglicêmico.
- IV. Injeções de insulina poderiam corrigir a curva do indivíduo 1.

Dessa forma, estão corretas:

- (a) I, II, III e IV.
- (b) I, II e IV, somente.
- (c) I e II, somente.
- (d) II, III e IV, somente.
- (e) I, II e III, somente.

7 Ufal 2010 O nível normal de glicose no sangue é mantido graças à ação conjunta de dois hormônios produzidos por células que constituem a parte endócrina do pâncreas, constituída por centenas de aglomerados celulares, as ilhotas de Langerhans, onde são encontradas células do tipo beta e do tipo alfa.

Com relação à regulação da concentração de glicose no sangue, é correto afirmar que:

- (a) o aumento no nível de glicose no sangue estimula as células alfa a secretarem o hormônio glucagon, o qual atua na permeabilidade da membrana plasmática, facilitando a entrada da glicose nas células.
- (b) sob a ação do hormônio glucagon, todas as células passam a absorver mais glicose, e a concentração desse açúcar no sangue diminui, havendo o retorno ao padrão normal de concentração.
- (c) se uma pessoa passa muitas horas sem se alimentar, a concentração de glicose no sangue diminui, fazendo com que as células alfa aumentem a secreção de insulina para estimular as células do fígado.
- (d) após muitas horas sem alimento, sob a ação do hormônio insulina, o fígado passa a armazenar energia em forma de glicose, e, assim, o organismo atinge o estado de equilíbrio bioquímico.
- (e) o aumento na concentração de glicose, no sangue, resultante da absorção de açúcar dos alimentos pelas células do intestino, estimula a secreção de insulina pelas células beta.

8 Unirio 2009 Leia o texto a seguir.

O mundo vai se vestir de azul: Monumentos receberão a cor azul para simbolizar a doença

Nesta sexta-feira, vários monumentos do mundo serão iluminados em azul para marcar o Dia Mundial do Diabetes. No Brasil estão confirmados 91 monumentos, entre eles o Cristo Redentor, no Rio de Janeiro, o Masp, em São Paulo, e o Elevador Lacerda, em Salvador.

Desde 2007, a data passou a fazer parte do calendário oficial das Nações Unidas, que reconheceu o diabetes como doença crônica que traz graves efeitos econômicos e sociais. [...]

A insulina foi descoberta há 87 anos, mesmo assim muitos doentes ainda não têm acesso a ela. O dia 14 de novembro foi escolhido para ser o Dia Mundial do Diabetes por ser o dia do nascimento do descobridor da insulina, Frederick Banting, em 1921, no Canadá.

O diagnóstico de diabetes em uma criança tem um peso muito grande para o dia a dia dela, pois obriga a mudanças de comportamento, injeções de insulina e controle dos níveis de açúcar no sangue.

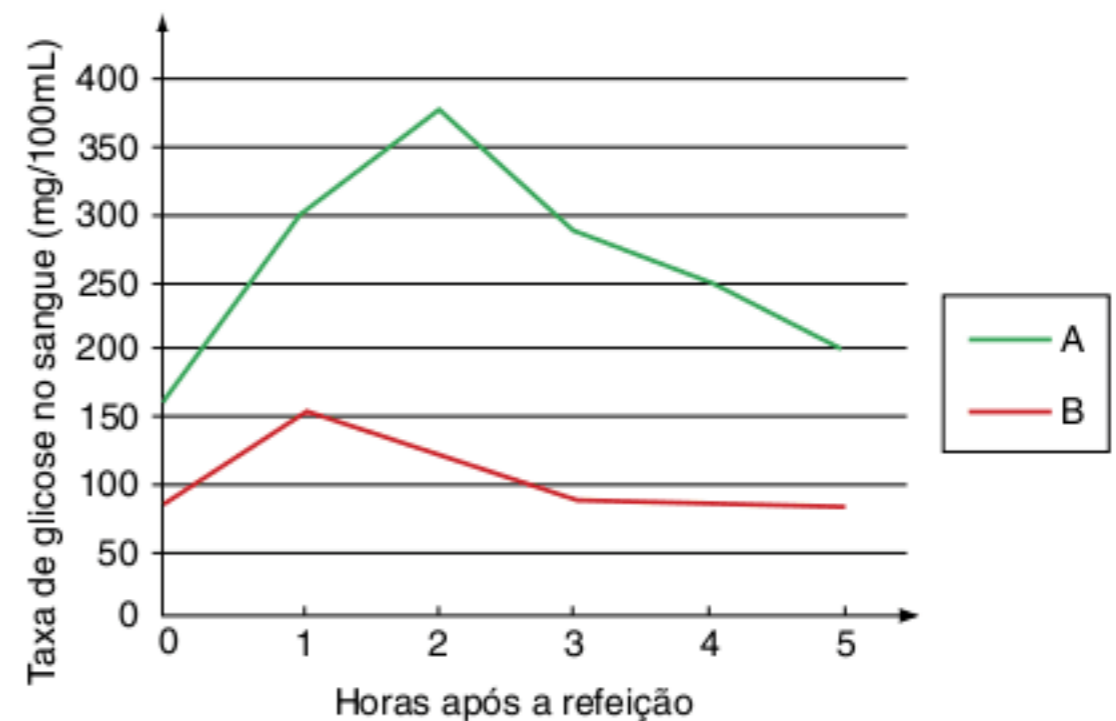
Participe, informe-se e ajude a divulgar as informações sobre o diabetes para que essa doença não avance mais no mundo.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia>>.

Que explicação você oferece a uma pessoa leiga, que o aborda e pergunta:

- a) O que é insulina?
- b) Onde ela é produzida?

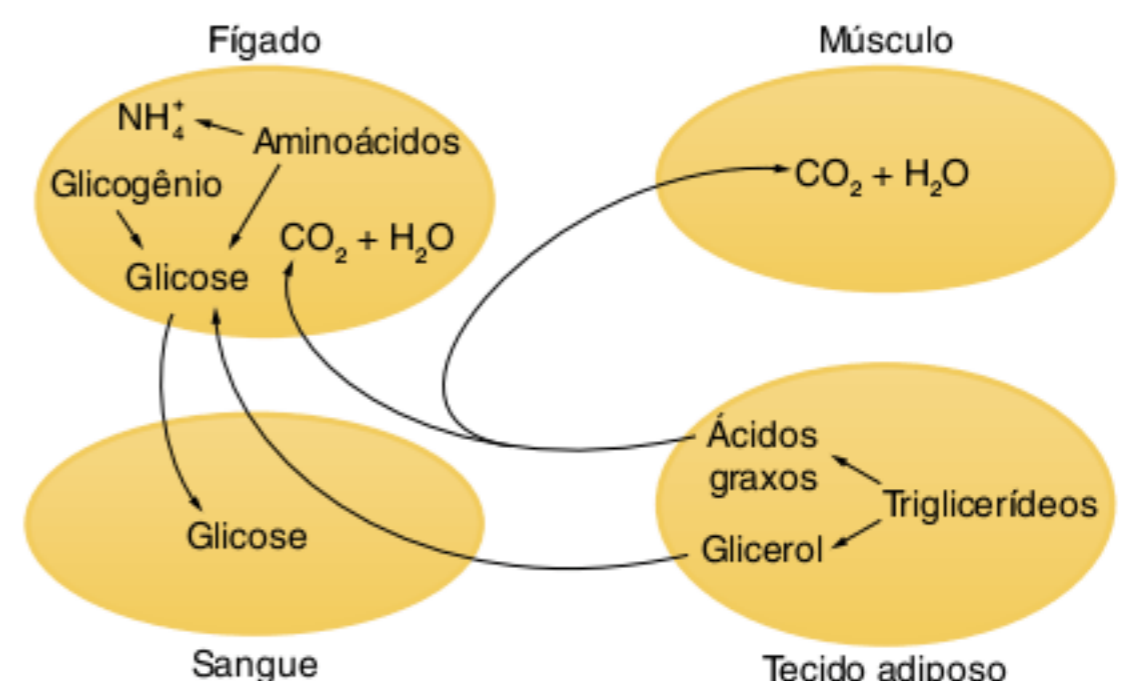
9 Fuvest 2009 O gráfico mostra os níveis de glicose medidos no sangue de duas pessoas, sendo uma saudável e outra com diabetes melito, imediatamente após uma refeição e nas cinco horas seguintes.



- a) Identifique a curva correspondente às medidas da pessoa diabética, justificando sua resposta.
- b) Como se explicam os níveis estáveis de glicose na curva B, após 3 horas da refeição?

10 Uerj 2009 O metabolismo energético do organismo varia em função dos níveis de hormônios na circulação sanguínea. Por sua vez, a produção hormonal está relacionada a fatores como existência de doenças, escolhas alimentares e estado de atividade ou de inatividade física.

O esquema a seguir mostra transformações metabólicas predominantes em determinada condição do organismo, envolvendo algumas substâncias em diferentes tecidos.



A condição representada pelo esquema é:

- (a) repouso.
- (b) diabetes melito.
- (c) hiperinsulinismo.
- (d) dieta hiperglicídica.

11 UFPA 2008 Calcula-se que existam em diversos países pobres do mundo cerca de 200 milhões de pessoas afetadas pelo bócio endêmico ou carencial. No Brasil, a adição obrigatória de iodo ao sal de cozinha comercializado fez com que o bócio deixasse de ser uma enfermidade endêmica. Sobre o assunto, responda às perguntas a seguir.

- Qual a glândula que tem sua produção de hormônios comprometida pela falta de iodo?
- Quais são os hormônios produzidos pela glândula a que se refere a pergunta "a" e qual a sua função no organismo humano?

12 UFRGS 2008 Na mesma semana, Pedrinho e seu avô foram diagnosticados como diabéticos. Para Pedrinho, foi indicado o uso de insulina; para o avô, não. Eles apresentam, então, diferentes tipos de diabetes melito, principal distúrbio envolvendo a insulina.

Considere as características a seguir, que se referem a diferentes tipos de diabetes.

- Produção de insulina pelo pâncreas.
- Dependência de insulina.
- Ausência de respostas dos órgãos-alvo à insulina.
- Obesidade e sedentarismo como fatores de risco.
- Morte das células beta das ilhotas do pâncreas.

Dessas características, as três que costumam estar associadas ao tipo de diabetes do avô são:

- (a) 1, 2 e 3. (c) 1, 3 e 4. (e) 3, 4 e 5.
(b) 1, 2 e 5. (d) 2, 4 e 5.

13 UFSCar 2008 Uma terapia experimental com células-tronco, projetada para reverter a evolução da diabetes tipo 1, permitiu aos portadores da doença se livrarem das injeções de insulina por meses e, em um caso, por três anos, revelou um estudo publicado [...] nos Estados Unidos.

UOL, 10 abr. 2007.

Em entrevistas concedidas à imprensa, os médicos responsáveis pela pesquisa afirmam que não se pode ainda falar em cura desse tipo de diabetes, mas se mostram otimistas com os resultados já obtidos. Explicando os procedimentos empregados no tratamento proposto, os médicos afirmam que, devido à natureza de doença autoimune do diabetes melito tipo 1, o tratamento prevê também a aplicação de quimioterapia com drogas imunossupressoras. Isso tem gerado sérias críticas ao trabalho por parte de cientistas americanos. Outro ponto também criticado é que a pesquisa foi desenvolvida sem um "grupo-controle".

- Qual a relação entre o pâncreas e a ocorrência do diabetes melito tipo 1?
- Por que a ausência de grupos-controle é uma das críticas dos cientistas aos resultados do estudo?

14 PUC-MG 2008

Porcos podem ser a salvação dos diabéticos

A maioria das pessoas provavelmente vê os porcos, na melhor das hipóteses, como uma fonte de subsistência ou, na pior, como

animais glutões. Mas parece que nossos amigos suínos podem também ser valiosos na luta contra o diabetes tipo 1. Pesquisadores estão realizando experiências com novas maneiras de colher células de ilhotas produtoras de insulina em porcos para transplantá-las em portadores do diabetes – na esperança de um dia reduzir a necessidade de doses diárias de insulina e até mesmo substituí-las por tratamentos com células de ilhotas duas vezes ao ano.

Scientific American Brasil – online. 5 mar. 2008.

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa incorreta.

- No diabetes tipo 1, o sistema imunológico ataca e destrói as células produtoras de insulina localizadas nas ilhotas pancreáticas.
- O pâncreas é uma glândula produtora dos hormônios insulina e glucagon, que atuam no controle da glicemia.
- A ação da insulina depende da circulação desse peptídeo pela corrente sanguínea e de sua ligação em receptores na superfície de células-alvo, como as hepáticas e musculares.
- Os indivíduos diabéticos apresentam normalmente altas concentrações de glicogênio hepático e muscular.

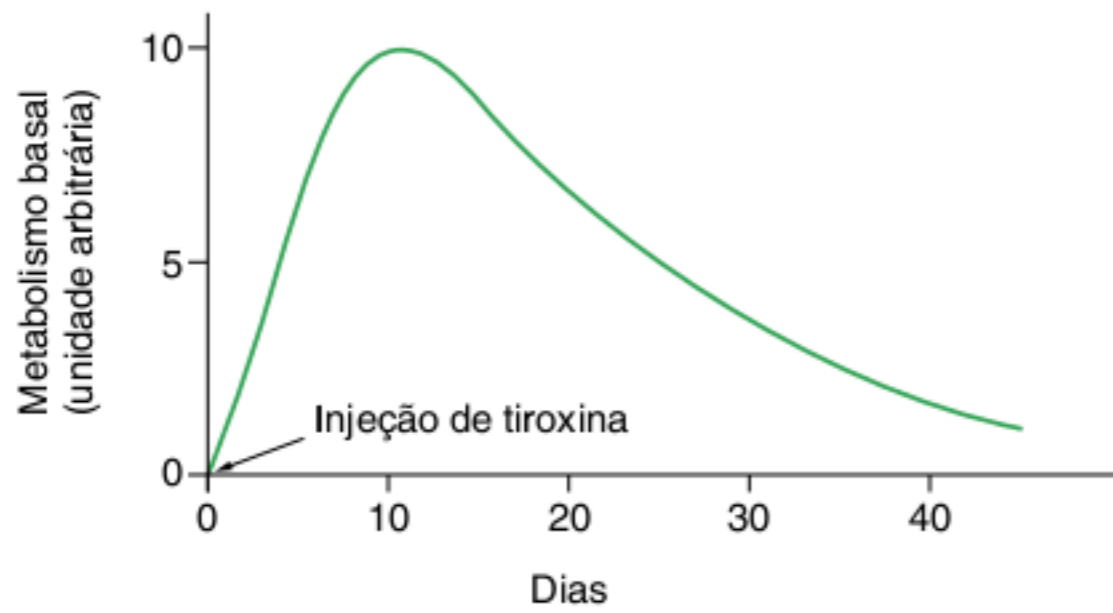
15 UFC 2008 O momento do vestibular, sem dúvida, causa nos candidatos uma mistura de sensações como prazer, por estar próxima a tão sonhada aprovação; emoção, por viver uma grande escolha, e medo de cometer um equívoco ao responder as questões. Essas sensações estimulam o sistema nervoso, ocasionando taquicardia e aumento da frequência respiratória. Assinale a alternativa que apresenta a glândula que foi estimulada e o hormônio produzido como consequência das sensações citadas no texto.

- Suprarrenal e adrenalina.
- Tireoide e adrenalina.
- Tireoide e calcitonina.
- Hipófise e adrenalina.
- Pineal e melatonina.

16 UFC 2007 Um amigo meu ficou sabendo que estava com câncer na tireoide e teria que se submeter a uma cirurgia para a retirada desse órgão. Ele foi informado de que, como consequência da cirurgia, teria que tomar medicamentos, pois a ausência dessa glândula:

- provocaria a ocorrência do aumento do volume do pescoço, caracterizando um quadro clínico conhecido como bócio endêmico.
- reduziria a produção do hormônio de crescimento, provocando a redução de cartilagens e ossos, fenômeno conhecido como nanismo.
- diminuiria a concentração de cálcio no sangue, levando à contração convulsiva das células musculares lisas, o que provocaria a tetania muscular.
- comprometeria a produção do hormônio antidiurético, aumentando a concentração de água no sangue e diminuindo o volume de urina excretado.
- levaria a uma queda generalizada na atividade metabólica, o que acarretaria, por exemplo, a diminuição da temperatura corporal.

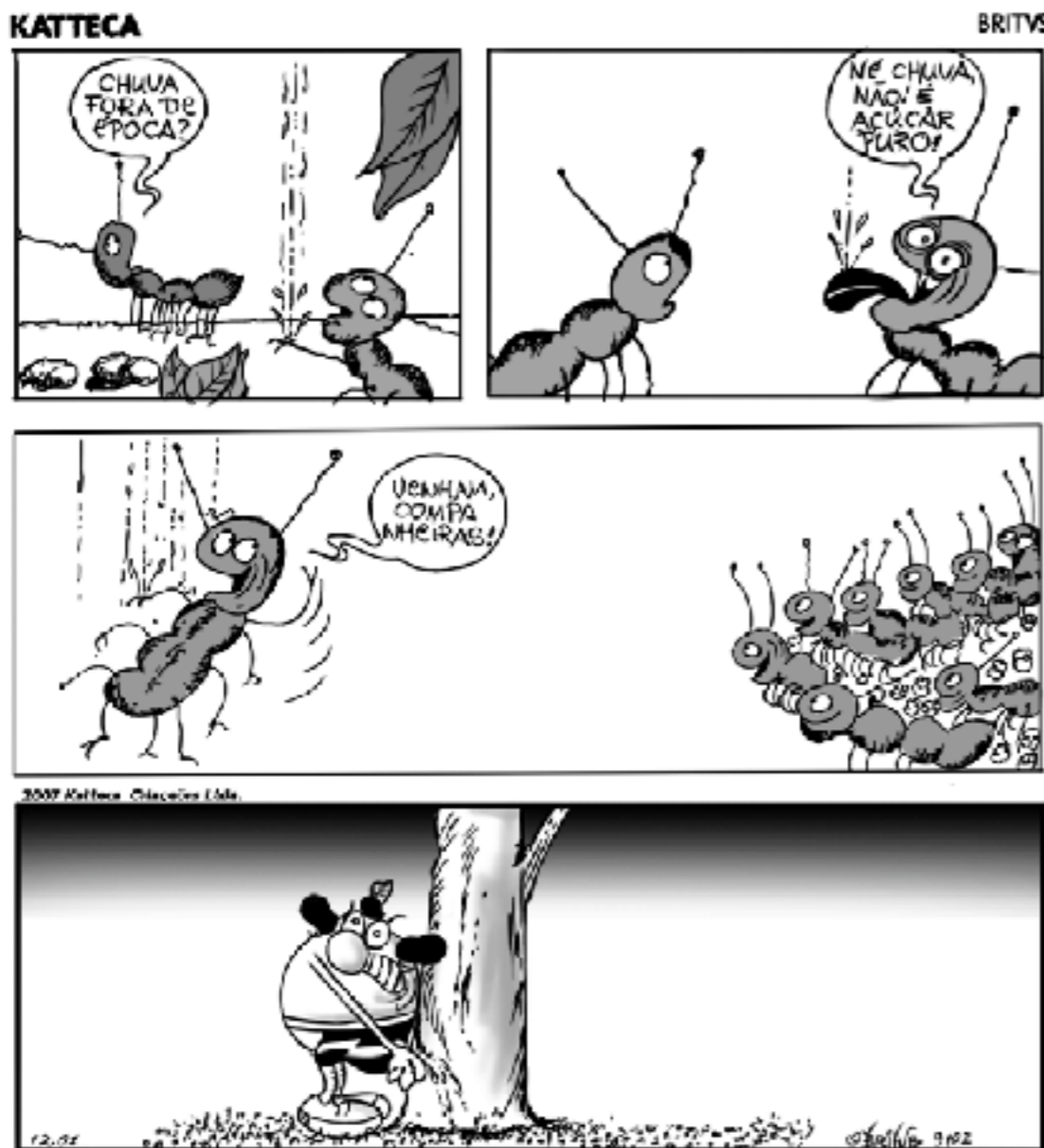
17 UFGM 2007 Analise este gráfico, em que está representado o efeito da tiroxina sobre o metabolismo basal.



Considerando-se as informações desse gráfico e outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que, na condição de hipotireoidismo, ocorre diminuição de:

- (a) lipólise no tecido adiposo.
- (b) peso corporal.
- (c) respiração celular.
- (d) síntese de proteínas.

18 UEG 2007 Leia a tira a seguir.

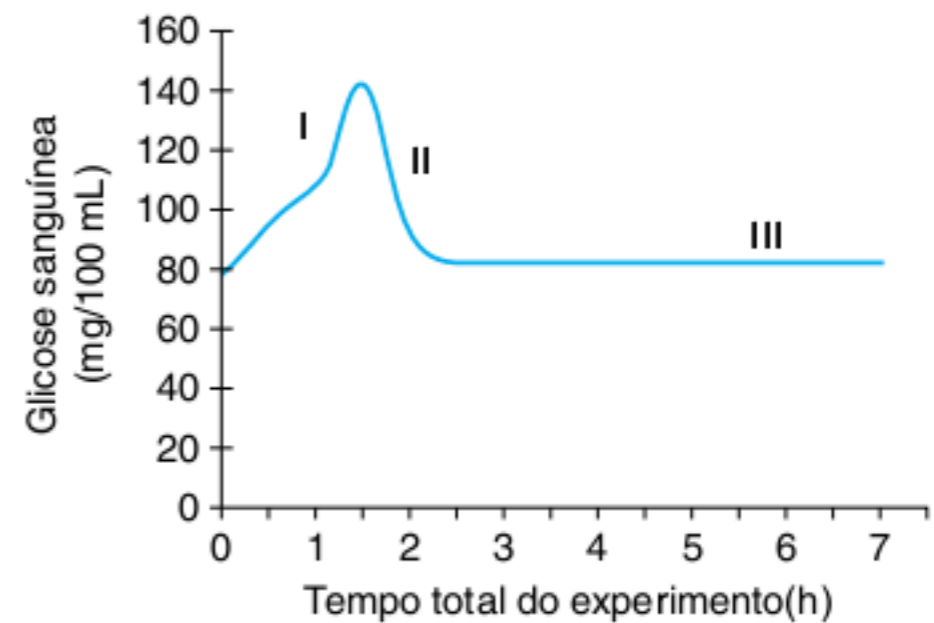


Na tira anterior, as formigas encontraram vestígios de carboidratos na urina da personagem Katteca.

Interpretando a tira, responda ao que se pede.

- a) De acordo com a sugestão da tira, de qual doença a personagem sofre?
- b) Cite três sintomas dessa doença.

19 Unicamp 2007 A figura a seguir apresenta os resultados obtidos durante um experimento que visou medir o nível de glicose no sangue de uma pessoa saudável após uma refeição rica em carboidratos. As dosagens de glicose no sangue foram obtidas a intervalos regulares de 30 minutos.



Fonte: M. R. M. P. Luz; A. T. Da Poian. "O ensino classificatório do metabolismo humano". *Cien. Cult.*, v.57, n. 4, p. 43-5, 2005.

- a) Explique os resultados obtidos nas etapas I e II mostradas na figura.
- b) Sabendo-se que a pessoa só foi se alimentar novamente após 7 horas do início do experimento, explique por que na etapa III o nível de glicose no sangue se manteve constante e em dosagens consideradas normais.

20 UFGM 2007 Na última década, um número crescente de pesquisas tem mostrado que a prática de exercício físico é uma atividade benéfica para a saúde humana.

Em uma dessas pesquisas, três grupos de indivíduos – I, II e III –, com diferentes distúrbios de saúde, foram submetidos a atividade física regular e supervisionada. Ao final do período de condicionamento físico, esses indivíduos apresentaram estes resultados:

- Grupo I: Redução da concentração de glicose no sangue.
 - Grupo II: Redução da pressão sanguínea.
 - Grupo III: Aumento de lipólise.
- a) Com base nessas informações e em outros conhecimentos sobre o assunto, cite o provável distúrbio que acomete os indivíduos de cada um desses grupos.
 - b) Considerando os três grupos de indivíduos pesquisados, cite o(s) órgão(s) ou o(s) tecido(s) associado(s) ao distúrbio específico indicado em cada um deles. Justifique sua resposta.
 - c) Considere esta hipótese:
A prática regular de exercício físico por indivíduos da terceira idade aprimora, neles, a capacidade de reter informação nova.
A partir dessa informação e de outros conhecimentos sobre o assunto, planeje um experimento que permita testar a hipótese proposta, atentando, sobretudo, para o comportamento ético do pesquisador e para a confiabilidade dos resultados.

21 Unicamp O locutor, ao narrar uma partida de futebol, faz com que o torcedor se alegre ou se desaponte com as informações que recebe sobre os gols feitos ou perdidos na partida. As reações que o torcedor apresenta ao ouvir as jogadas são geradas pela integração dos sistemas nervoso e endócrino.

a) A vibração do torcedor ao ouvir um gol é resultado da chegada dessa informação no cérebro através da interação entre os neurônios. Como se transmite a informação através de dois neurônios?

b) A raiva do torcedor, quando o time adversário marca um gol, muitas vezes é acompanhada por uma alteração do sistema cardiovascular resultante de respostas endócrinas e nervosas. Qual é a alteração cardiovascular mais comum nesse caso? Que fator endócrino é o responsável por essa alteração?

TEXTOS COMPLEMENTARES

Outras glândulas endócrinas

Os rins produzem **eritropoetina**, hormônio que estimula a medula óssea a produzir hemácias. Eles produzem também **renina**, que regula a filtração de sangue nos glomérulos renais em função do aumento ou da diminuição da pressão arterial. A renina está relacionada à formação do hormônio **angiotensina**, substância esta que estimula as adrenais a secretarem **aldosterona**. A aldosterona, por sua vez, eleva a reabsorção de sódio nos rins. Os três hormônios (renina, angiotensina e aldosterona) estão, portanto, intimamente ligados e envolvidos no controle da pressão arterial. Estão também relacionados com o ADH, realizando uma fina regulação da concentração de sais e de água no sangue.

O **estômago** secreta **gastrina**, que estimula a produção de suco gástrico. A parede do **duodeno** produz **secretina**, que inibe a produção de suco gástrico e estimula no pâncreas a secreção de bicarbonato e no fígado a produção de bile, o que ajuda a neutralizar a acidez do suco gástrico que sai do estômago e entra no duodeno. O duodeno produz também **colecistoquinina**, que é mais um estímulo ao fígado para a produção da bile e outro estímulo ao pâncreas para produzir enzimas digestivas.

O **coração** produz o hormônio conhecido como **fator natriurético** em células musculares do átrio direito, que recebe sangue venoso. Esse hormônio está relacionado à diminuição da pressão arterial, e sua secreção é estimulada quando o volume de sangue que passa pelo átrio é elevado; o hormônio atua inibindo a secreção de ADH e de aldosterona, o que se traduz na perda de água e de sódio pela urina e consequente diminuição da pressão arterial.

A atuação dos hormônios em nível celular

Em nível celular, os hormônios podem ter diferentes atuações: na **ativação de genes**, na **síntese de proteínas**, na **atividade de enzimas** e na **interação com membranas**. Para que os hormônios exerçam seus papéis nas células, devem interagir com receptores de natureza proteica, que podem estar localizados no citoplasma ou na membrana plasmática da célula-alvo.

Os **hormônios esteroides** são solúveis em lipídeos e, por essa razão, eles atravessam a membrana plasmática (1); interagem com receptores proteicos presentes no citoplasma (2), e o **complexo hormônio-receptor proteico** passa para o núcleo (3) e atua sobre o DNA (4).

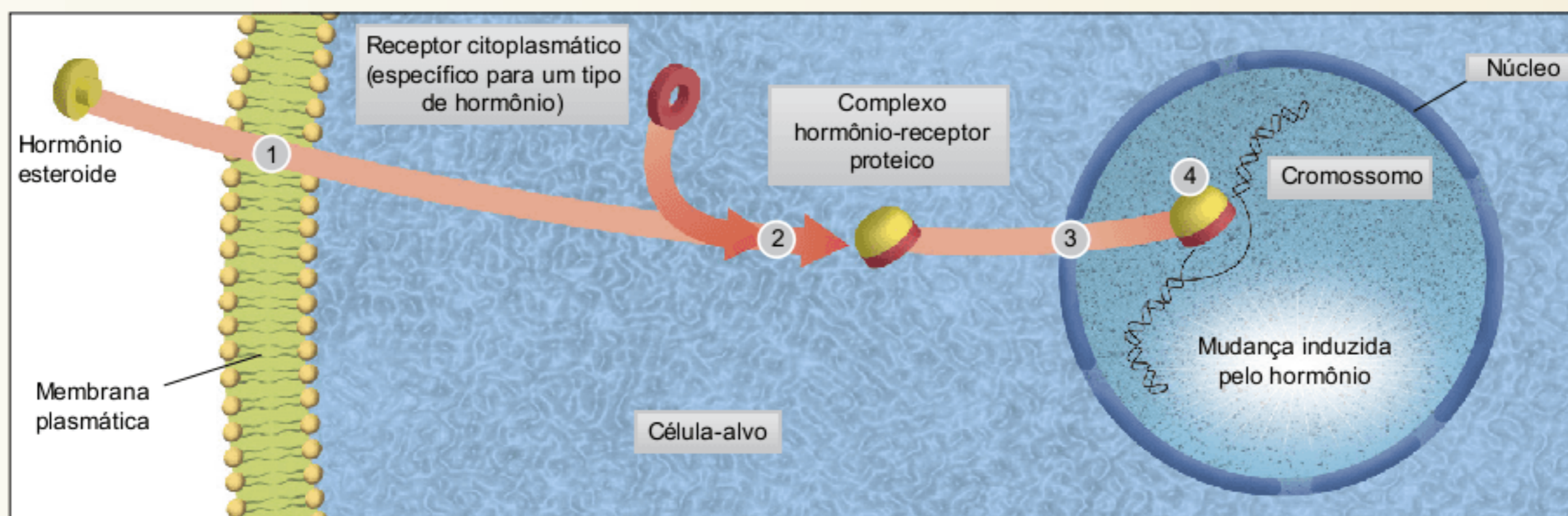


Fig. 12 Atuação de hormônio esteroide no metabolismo celular, no qual há a associação com receptores proteicos.

Os **hormônios de natureza peptídica** não são solúveis em lipídeos. Alguns se unem aos receptores específicos, localizados na membrana plasmática. O **glucagon**, por exemplo, é um hormônio proteico desse tipo. Uma de suas funções é converter glicogênio de células hepáticas em glicose, disponibilizando-a no sangue. No entanto, o glucagon não degrada glicogênio; quem faz isso é a enzima fosforilase, que é ativada indiretamente pelo glucagon, que atua como um mensageiro químico.

O complexo formado por glucagon-receptor de membrana ativa a enzima adenilciclase, que promove a conversão de ATP em AMP cíclico e fosfato. O AMP cíclico atua como mensageiro químico secundário, ativando outra enzima, que promove a degradação de glicogênio em glicose (figura ao lado). A adrenalina tem efeito similar ao do glucagon, promovendo a degradação de glicogênio em glicose, com efeito hiperglicemiante.

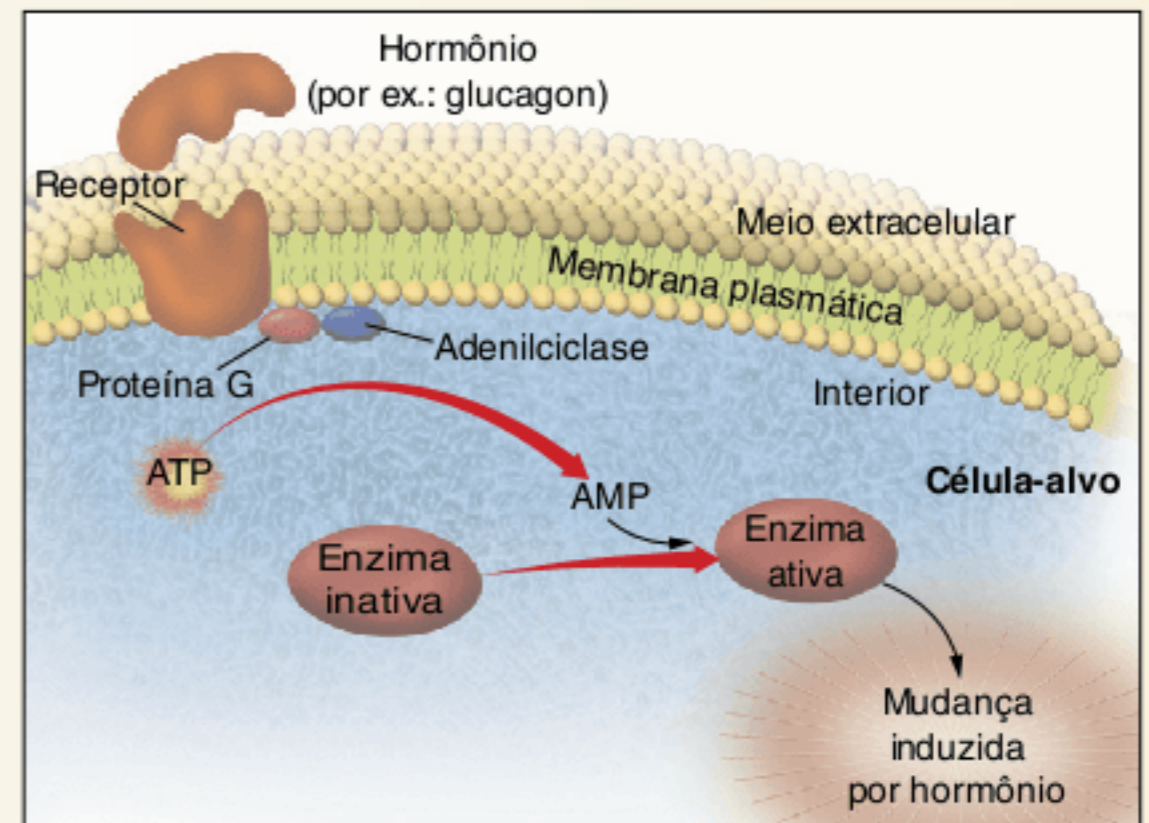


Fig. 13 Atuação de hormônio de natureza peptídica no metabolismo celular. Esses hormônios atravessam a membrana unindo-se a receptores específicos.

RESUMINDO

Hormônios e glândulas endócrinas

Hormônios são substâncias produzidas em glândulas endócrinas e transportadas pelo sangue. Atuam como mensageiros químicos em um órgão-alvo específico, contribuindo para regular sua atividade. Há hormônios de **natureza peptídica**, derivados de **lipídeos** e derivados de **aminoácidos**.

- **Controle hormonal:** o nível dos hormônios na corrente sanguínea é mantido em estado de equilíbrio dinâmico:
 - **Feedback negativo (retroindução negativa):** mecanismo de ajuste dos níveis de hormônios. A secreção de um hormônio desencadeia alguma atividade, que inibe a produção do hormônio.

- Há outros órgãos produtores de hormônios (como rins, coração, estômago e duodeno), mas as principais glândulas endócrinas são:
- **Hipófise (glândula pituitária):** está ligada ao hipotálamo pelo infundíbulo e apresenta duas regiões principais:
 - **Hipófise posterior (neuro-hipófise):** atua sobre a quantidade de urina eliminada pelos rins e sobre a expulsão do leite pelas glândulas mamárias. Ela secreta dois hormônios:
 - **Hormônio antidiurético – ADH (ou vasopressina):** promove a reabsorção de água nos túbulos dos néfrons, ocasionando a formação de urina mais concentrada. Induz também a constrição de arteríolas, elevando a pressão sanguínea;
 - **Ocitocina:** promove a ejeção do leite das glândulas mamárias e determina a contração da parede uterina para a realização do parto.
 - **Hipófise anterior (adeno-hipófise):** controla o crescimento, a maturação sexual, a atividade de outras glândulas endócrinas e a produção de leite nas glândulas mamárias. Ela secreta os hormônios:
 - **Hormônio lactogênico (ou prolactina):** estimula o aumento das mamas e a produção de leite pelas glândulas mamárias;
 - **Somatotrofina (GH):** promove a alongação dos ossos, estimula divisão celular e a síntese de proteínas (em ossos e músculos). Sua falta promove o **nanismo**; seu excesso determina **gigantismo** (na criança) ou **acromegalia** (no adulto);
 - **Gonadotrofinas:** atuam sobre as gônadas (testículos e ovários):
 - LH (hormônio luteinizante)
 - FSH (hormônio foliculestimulante)
 - **Tireotrofina (TSH):** estimula a tireoide a produzir hormônios;
 - **Hormônio adrenocorticotrófico (ACTH):** estimula a região superficial das adrenais (o córtex adrenal) a produzir hormônios.
- **Tireoide:** produz os hormônios que estimulam a atividade metabólica geral do organismo, como a síntese proteica e a respiração celular. Produz os hormônios:
 - **Calcitonina:** promove a transferência de cálcio do sangue para os ossos.
 - **Tiroxina (T4):** é o hormônio produzido mais abundantemente pela tireoide. Seus níveis são controlados pela adeno-hipófise pelo sistema de *feedback* negativo com o TSH.
 - **Tri-iodotironina (T3):** tem maior atividade do que o T4. Seus níveis são controlados pela adeno-hipófise pelo sistema de *feedback* negativo com o TSH.

Produção de T3 e T4 em níveis muito altos ou baixos podem causar:

- **Hipertireoidismo:** eleva o metabolismo, provocando taquicardia, aumento da pressão arterial, diminuição de peso, distúrbios do sono, podendo ocorrer também o aumento do volume da tireoide (bócio) e do globo ocular (exoftalmia). O bócio endêmico é determinado pela deficiência de iodo na alimentação.
 - **Hipotireoidismo:** acarreta redução de atividade metabólica. Ocasionalmente aumento de peso, sonolência e acúmulo de líquido nos tecidos, processo resultante da má circulação sanguínea.
- **Paratireoides: quatro pequenas glândulas** localizadas na parte posterior da tireoide. Produzem o hormônio:
 - **Paratormônio (PTH):** tem como função regular os níveis de cálcio sanguíneo, promovendo a absorção do composto, proveniente da alimentação, no intestino. É liberado quando há déficit de cálcio no sangue.
 - **Adrenais (glândulas suprarrenais):** apresentam duas regiões:
 - **Córtex:** região periférica, estimulado pelo hormônio hipofisário ACTH. Gera três tipos de hormônios:
 - **Glicocorticoides (cortisol e cortisona):** promovem a degradação de proteínas e a sua conversão em carboidratos;
 - **Mineralocorticoides (aldosterona):** aumentam a reabsorção de sódio nos túbulos renais (aumento da pressão arterial);
 - **Androgênicos:** responsáveis pelo estímulo e manutenção dos caracteres sexuais masculinos no homem.
 - **Medula:** região mais interna, estimulada pelo sistema nervoso simpático para produzir os hormônios:
 - **Adrenalina:** eleva os batimentos cardíacos, os níveis de açúcar e de ácidos graxos no sangue. Direciona o fluxo sanguíneo para os músculos, deixando-os prontos para reações de fuga ou luta, por exemplo;
 - **Noradrenalina:** tem função similar à da adrenalina.
 - **Pâncreas:** é uma glândula mista que apresenta duas partes:
 - **Parte exócrina:** constituída por **ácinos pancreáticos**, produtores de suco pancreático;
 - **Parte endócrina:** constituída pelas **ilhotas de Langerhans** (ou **ilhotas pancreáticas**), responsáveis pela produção dos hormônios:
 - **Insulina:** gerada nas **células beta**; facilita a entrada de glicose nas células do organismo e favorece a conversão de glicose em glicogênio no fígado. Ação hipoglicemiante (redução da glicose no sangue). A deficiência na sua produção pode causar a diabetes *mellitus*;
 - **Glucagon:** produzido nas **células alfa**; desencadeia a degradação do glicogênio armazenado nas células hepáticas, gerando moléculas de glicose. Ação hiperglicemiante (eleva a glicose no sangue);
 - **Somatostatina:** produzida nas **células delta**; inibe a secreção de insulina e de glucagon.

■ QUER SABER MAIS?



SITE

- Reportagem que apresenta a evolução da insulina e a revolução no tratamento do diabetes.
<www.revistavigor.com.br/2007/06/07/a-evolucao-da-insulina-e-a-revolucao-no-tratamento-do-diabetes/>.

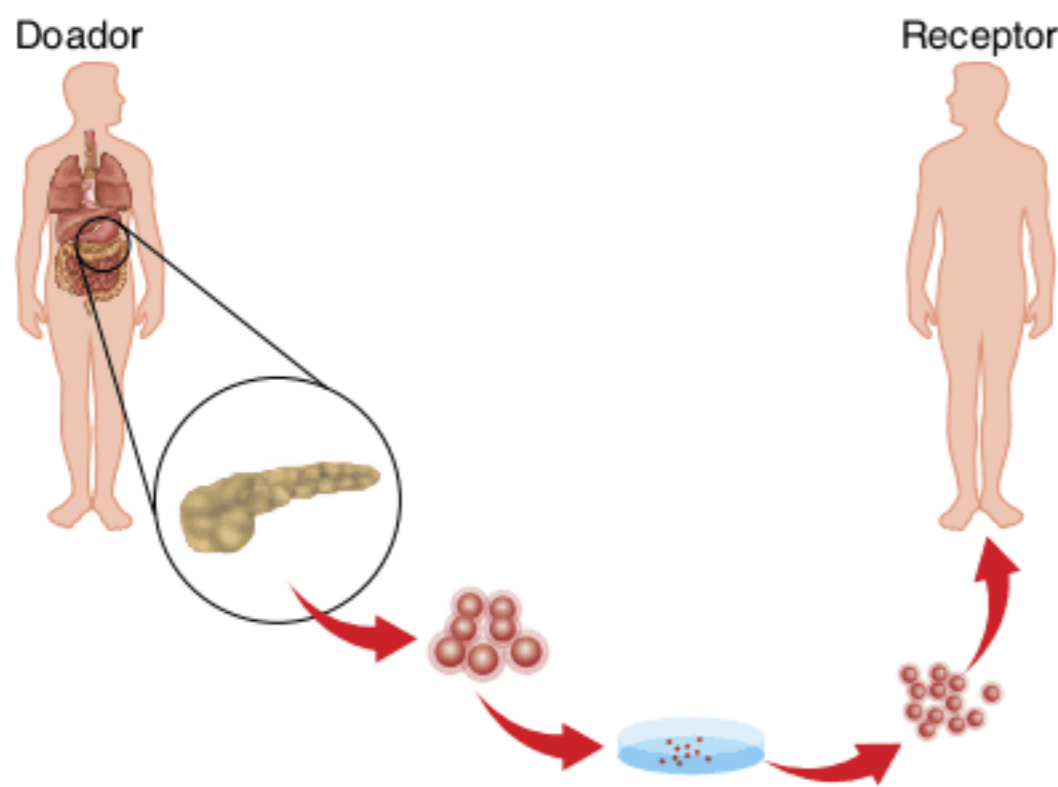
Exercícios complementares

1 UFPR 2007 O sistema endócrino, com suas várias glândulas e respectivos hormônios, opera de modo integrado com o sistema nervoso para a manutenção da homeostase dos seres vivos. Um distúrbio endócrino muito comum em humanos e animais é o “diabetes *mellitus*”, caracterizado pela perda do controle da concentração sanguínea de glicose, levando à hiperglicemia (concentração de glicose sanguínea acima do valor médio normal). Além da hiperglicemia, os sinais característicos dessa doença incluem a excreção diária de volume elevado de urina (poliúria) contendo teor de glicose acima do normal (glicosúria). Considerando a espécie humana, responda às questões a seguir.

- Qual é a glândula endócrina e qual é o hormônio principal no controle da glicemia?
- Explique por que a manutenção da glicemia dentro dos valores normais é considerada vital.
- Explique a seguinte afirmativa: “A hiperglicemia leva à glicosúria, que por sua vez leva à poliúria”.

2 UFMG 2006 Na atualidade, uma das doenças que mais frequentemente se detecta na população mundial é o diabetes melito. E, no tratamento dessa doença, vem-se utilizando, com relativo sucesso, o transplante de células.

Analise o esquema a seguir.



Considerando-se as informações contidas nesse esquema e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que, em tal situação, as células cultivadas são:

- (a) pancreáticas e possuem genes para a síntese de insulina.
- (b) hepáticas e geneticamente modificadas para sintetizar hormônios.
- (c) hepáticas e vão sintetizar glucagon, que reduz a taxa de glicose no sangue.
- (d) pancreáticas e capazes de captar insulina por meio de receptores.

3 PUC-MG 2006 As células de nosso organismo estão banhadas em uma solução rica em glicose. Todavia, a glicose não pode atravessar a membrana celular por difusão simples. A glicose só pode entrar na célula através de proteínas transportadoras de glicose presentes na membrana celular. Algumas células possuem essas moléculas transportadoras todo o tempo em suas membranas. Outras, porém, como as do tecido muscular e tecido adiposo, só colocam a molécula transportadora de glicose na membrana celular na presença de:

- (a) insulina.
- (b) heparina.
- (c) acetilcolina.
- (d) glicosidase.

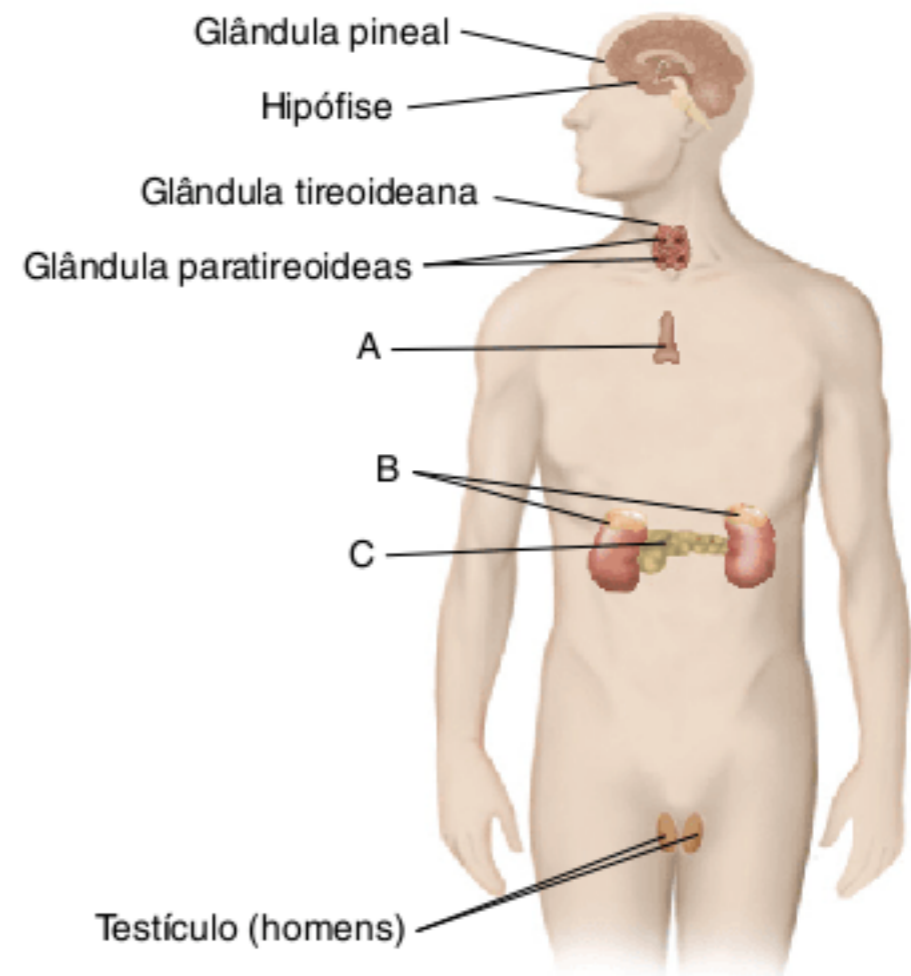
4 UFJF 2006 Leia os itens a seguir, que se referem às glândulas, e responda.

- a) Os hormônios, produzidos pelas glândulas endócrinas, atuam, especificamente, sobre alguns tipos de células, denominadas células-alvo. O glucagon e a adrenalina são hormônios que estimulam a quebra de glicogênio, respectivamente, no fígado e nos músculos cardíaco e esquelético. Embora esses hormônios estimulem a quebra de glicogênio, explique como eles são capazes de reconhecer as células-alvo específicas em órgãos e tecidos distintos.
- b) Quando uma pessoa vivencia uma situação de perigo, o sistema nervoso estimula as glândulas adrenais a liberarem adrenalina no sangue, que irá promover a quebra de glicogênio. Explique a importância da quebra do glicogênio para o organismo, numa situação de perigo.

- c) O pâncreas desempenha funções endócrina e exócrina. Justifique essa afirmativa.

5 UFPel 2006 O sistema endócrino é responsável pela produção de hormônios, mensageiros químicos que fazem a comunicação entre as células do organismo.

A figura a seguir indica algumas das principais glândulas de um homem.



Com base na figura e em seus conhecimentos, é incorreto fazer a seguinte afirmação.

- (a) O órgão C corresponde ao pâncreas, uma glândula mista. A parte endócrina produz dois hormônios: a insulina e o glucagon. A insulina aumenta o nível de glicose no sangue, e o glucagon o reduz.
- (b) Os testículos também são chamados de glândulas sexuais, pois eles produzem os gametas, além dos hormônios. O principal hormônio é a testosterona.
- (c) O órgão B corresponde às glândulas suprarrenais, que recebem esse nome devido à sua localização acima do rim. Um dos hormônios que elas produzem é a adrenalina, que provoca um rápido aumento na taxa metabólica basal.
- (d) Na tireoide, ocorre a produção de tri-iodotironina (T3) e tiroxina (T4). A falta desse hormônio causa o hipotireoidismo, e o excesso, o hipertireoidismo. Na infância, se o nível desses hormônios for baixo, pode ocorrer o cretinismo.
- (e) O órgão A corresponde ao timo. Ele, além de ser uma glândula endócrina, é um órgão linfóide, pois nele ocorre a formação dos linfócitos, células envolvidas na defesa do corpo.

6 CEFET-MG 2006 Os hormônios se caracterizam por agirem em _____ doses e serem produzidos nas glândulas, atuando _____ do local onde foram fabricados.

A opção correta que completa, respectivamente, as lacunas é:

- (a) grandes, distantes
- (b) grandes, próximos
- (c) pequenas, distantes
- (d) pequenas, próximos

7 CEFET-PR 2006 O hormônio insulina ajuda a glicose que está no sangue a entrar nas células, onde será utilizada como fonte de energia. Na falta desse hormônio, a glicose se acumula no sangue, provocando uma doença conhecida como diabetes melito. O hormônio insulina é produzido:

- (a) no fígado.
- (b) na tireoide.
- (c) na hipófise.
- (d) nas suprarrenais.
- (e) no pâncreas.

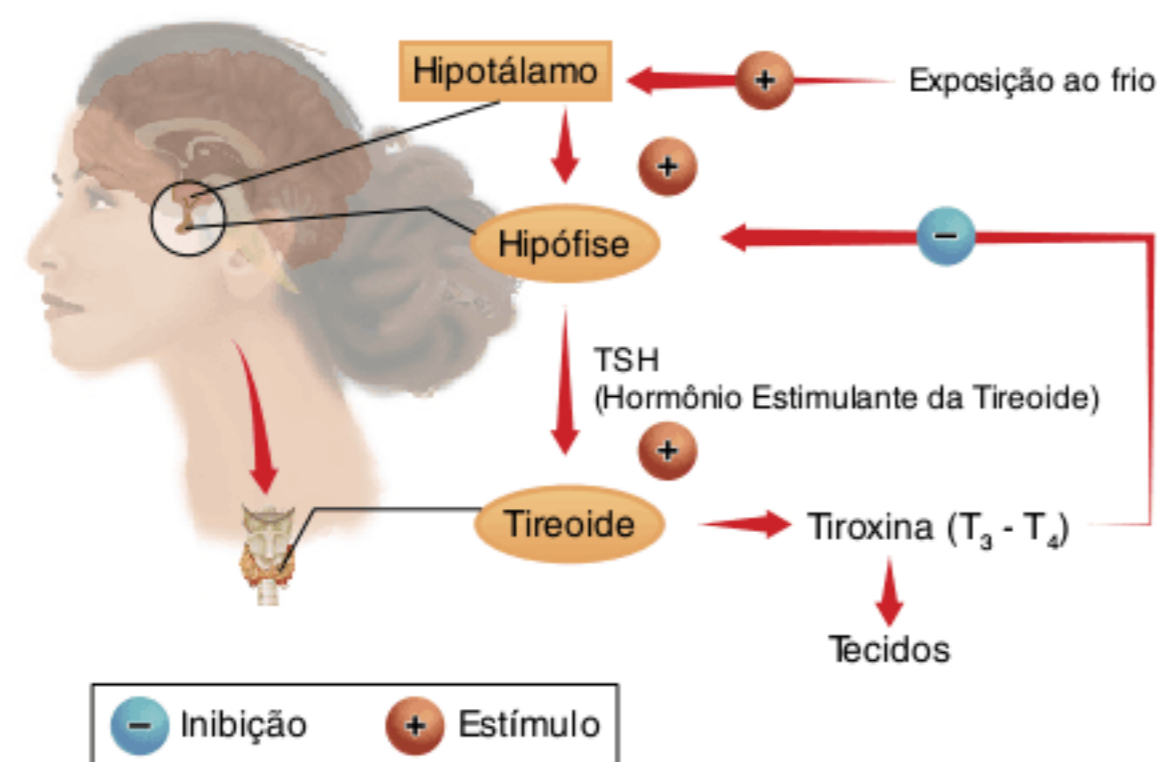
8 Unicamp 2005 O texto a seguir se refere ao relato de um viajante inglês que esteve em Minas Gerais entre 1873 e 1875.

O bócio é muito comum entre os camponeses mais pobres, mas raramente é visto nos fazendeiros mais prósperos. A presença de cal nas águas dos córregos e uma atmosfera úmida são consideradas as causas primárias do mal, mas hábitos indolentes e uma ausência de toda higiene e limpeza, seja na própria pessoa ou na casa, são sem dúvida grandes promotores da doença. Pode ser, e possivelmente é, hereditária, pois está principalmente confinada àqueles nascidos nas áreas afetadas, e os colonos vindos de outras localidades não são muito sujeitos a ela.

James W. Wells. *Explorando e viajando três mil milhas através do Brasil, do Rio de Janeiro ao Maranhão*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1995. v. 1. (Adapt.).

- a) Das causas mencionadas pelo autor, alguma é realmente responsável pelo aparecimento do bócio? Justifique.
- b) Qual a consequência do aparecimento do bócio para o organismo?
- c) Que medida foi tomada pelos órgãos de saúde brasileiros para combater o bócio endêmico?

9 PUC-MG 2005 O esquema a seguir representa um processo de regulação endócrina por fatores internos e externos ao organismo.



De acordo com o esquema e seus conhecimentos, é correto afirmar, exceto:

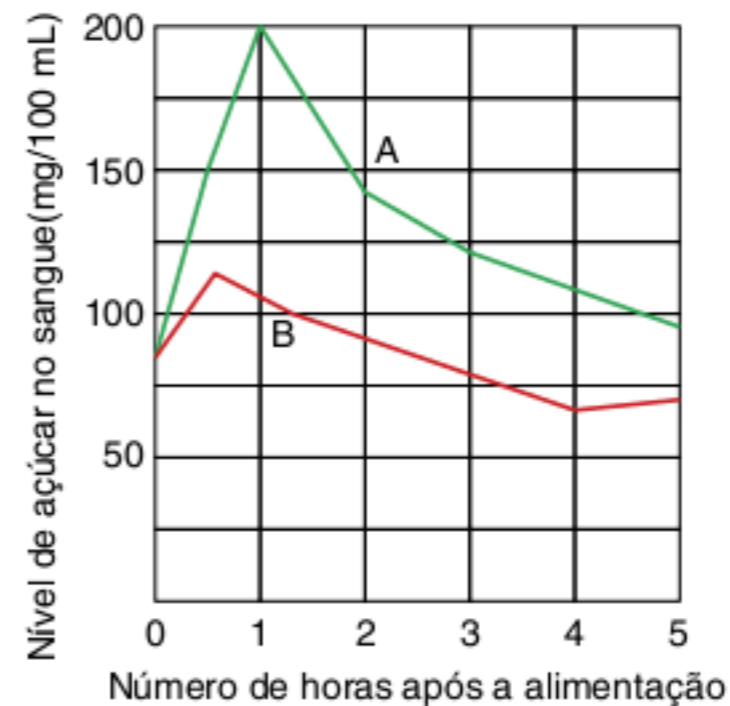
- (a) estímulo e inibição atuam coordenadamente opondo-se a grandes variações na concentração plasmática de tiroxina em indivíduos normais.
- (b) tiroxina pode atuar como hormônio que contribui para nos adaptarmos ao frio.

- (c) a redução nos níveis de TSH é sempre indicador de hipotireoidismo.
- (d) a carência nutricional de iodo pode determinar a redução na produção de tiroxina e o aumento de volume da tireoide.

10 PUC-SP 2005 Após o processo de digestão, moléculas de glicose são armazenadas no I na forma de glicogênio. Daí, a glicose é encaminhada para o sangue, sendo sua taxa controlada pela insulina, hormônio produzido no II . No trecho apresentado, as lacunas I e II devem ser preenchidas, correta e respectivamente, por:

- (a) fígado e duodeno.
- (b) fígado e pâncreas.
- (c) pâncreas e fígado.
- (d) pâncreas e duodeno.
- (e) duodeno e pâncreas.

11 Fuvest 2005 Analise o gráfico a seguir.

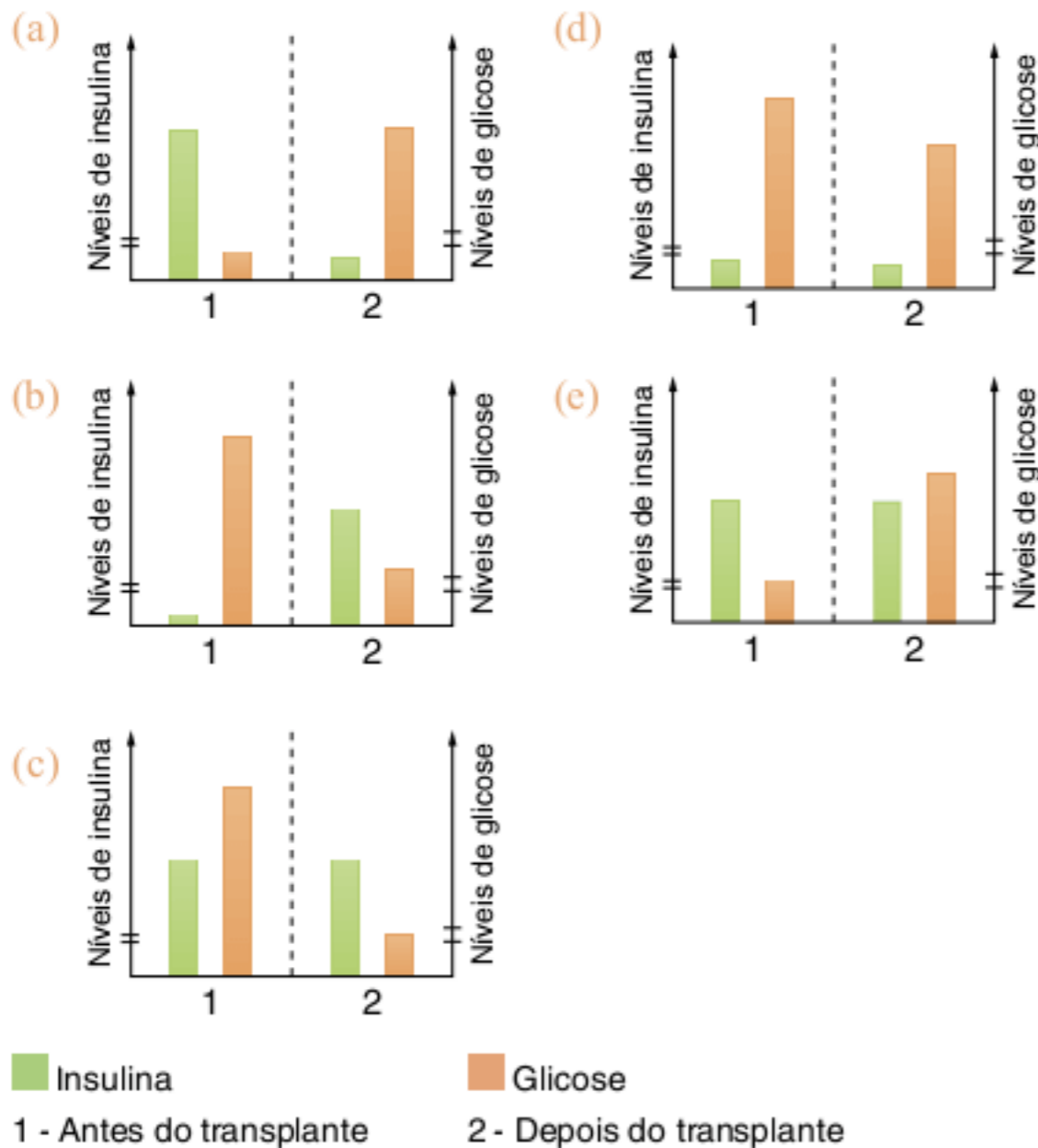


O gráfico mostra os níveis de glicose no sangue de duas pessoas (A e B) nas cinco horas seguintes após elas terem ingerido tipos e quantidades semelhantes de alimento. A pessoa A é portadora de um distúrbio hormonal que se manifesta, em geral, após os 40 anos de idade. A pessoa B é saudável. Qual das alternativas indica o hormônio alterado e a glândula produtora desse hormônio?

- (a) Insulina; pâncreas.
- (b) Insulina; fígado.
- (c) Insulina; hipófise.
- (d) Glucagon; fígado.
- (e) Glucagon; suprarrenal.

12 UFF 2005 O diabetes tipo I, ou “juvenil”, geralmente começa na infância ou na adolescência, provocado pela destruição autoimune das células β das ilhotas pancreáticas. Recentemente, o transplante de ilhotas pancreáticas tem mostrado resultados favoráveis nesses pacientes.

Assinale o gráfico a seguir que ilustra os níveis sanguíneos de insulina e glicose determinados uma hora após a ingestão de uma solução de glicose, em indivíduos com diabetes tipo I, antes e depois do transplante bem-sucedido de ilhotas pancreáticas. Observe que, nesses gráficos, os dois traços mostrados nas ordenadas representam as variações dos níveis de insulina e glicose esperadas em um indivíduo normal após 12 horas de jejum.



13 UFG 2005 Diabetes *mellitus* é uma disfunção do pâncreas. O indivíduo diabético pode apresentar vários sintomas, entre eles a fraqueza muscular, que é decorrente:

- (a) do excesso de glicose no sangue e do risco de desidratação.
- (b) da conversão de glicose em glicogênio e de seu armazenamento.
- (c) da redução de absorção de glicose e de seu consumo.
- (d) da formação de corpos cetônicos e da redução do pH no sangue.
- (e) da reabsorção do excesso de glicose pelos túbulos renais e da elevação do teor de açúcar no sangue.

14 CEFET-CE 2005 Em pessoas normais, a concentração de glicose é muito estável: cerca de 1 grama de glicose por litro de sangue. Logo após uma refeição rica em açúcar, a quantidade de glicose no sangue aumenta; depois de algumas horas, porém, volta à taxa aproximada de 1 g/L. O hormônio responsável por esse ajuste é o(a):

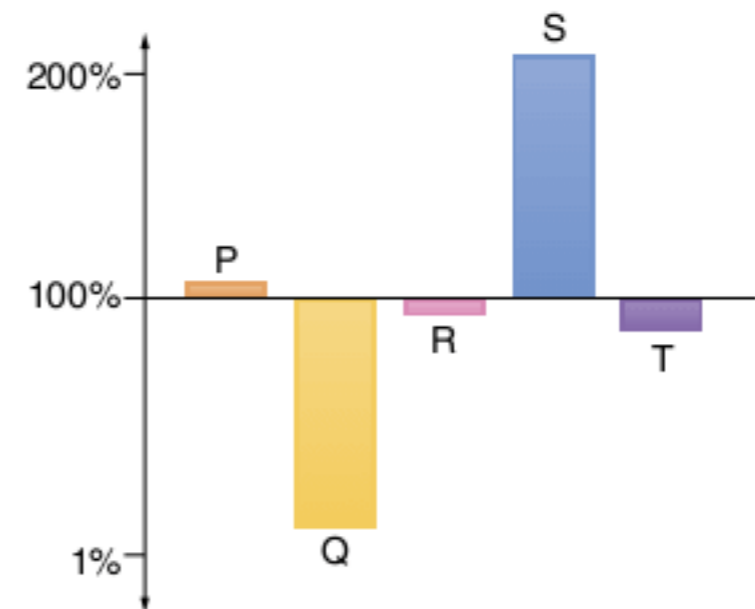
- (a) insulina.
- (b) tiroxina.
- (c) cortisona.
- (d) glucagon.
- (e) progesterona.

15 Cesgranrio A incrementação nutricional dos alimentos teve início em 1924, quando, nos EUA, o iodato de potássio foi adicionado ao sal de cozinha numa tentativa de inibir o bócio. Estudos científicos revelam que a carência de iodo na dieta produz uma hipofunção glandular que acarreta desordens metabólicas importantes, pois deixam de ser produzidos hormônios fundamentais na homeostase e no metabolismo celular em geral. Assinale a opção que relaciona corretamente os hormônios e a respectiva glândula que pode sofrer disfunção se houver carência de iodo.

- (a) Hormônio tireotrófico e adrenocorticotrófico – hipófise.
- (b) Hormônio tireotrófico e do crescimento – hipófise.

- (c) Tiroxina e calcitonina – tireoide.
- (d) Tri-iodotironina e tiroxina – tireoide.
- (e) Tri-iodotironina e calcitonina – tireoide.

16 UFF Ao se fazer a dosagem dos hormônios identificados como P, Q, R, S e T no sangue de um paciente portador de bócio endêmico, afecção caracterizada pela deficiência alimentar de iodo, obteve-se o resultado resumido no gráfico adiante. Foram representadas, nesse gráfico, as variações percentuais das concentrações plasmáticas desses hormônios do paciente em relação às médias de seus respectivos valores normais de referência (consideradas como 100%).



Indique os hormônios identificados como Q e S. Justifique sua resposta considerando o mecanismo fisiológico de ação desses dois hormônios.

- 17 Unicamp** No futuro, pacientes com deficiência na produção de hormônios poderão se beneficiar de novas técnicas de tratamento, atualmente em fase experimental, como é o caso do implante das células β (beta) das ilhas pancreáticas (ilhotas de Langerhans).
- a) Qual a consequência da deficiência do funcionamento das células β (beta) no homem? Explique.
 - b) Além das secreções de hormônios (endócrinas), o pâncreas apresenta também secreções exócrinas. Dê um exemplo de secreção pancreática exócrina e sua função.
 - c) Por que neste caso a secreção é chamada exócrina?

18 Fuvest O seguinte texto foi extraído do folheto “Você tem diabetes? Como identificar”, distribuído pela empresa Novo Nordisk.

A glicemia (glicose, ou açúcar no sangue) apresenta variações durante o dia, aumentando logo após a ingestão de alimentos e diminuindo depois de algum tempo sem comer. A elevação constante da glicose no sangue pode ser sinal de diabetes.

[...]

- a) Por que nos não diabéticos a glicemia aumenta logo após uma refeição e diminui entre as refeições?
- b) Explique por que uma pessoa com diabetes melito apresenta glicemia elevada constante.

19 UEL O hormônio responsável pelo aumento da concentração de glicose no sangue é:

- (a) a epinefrina.
- (b) a ocitocina.
- (c) a insulina.
- (d) a tiroxina.
- (e) o glucagon.

18

FRENTE 3

Sistema reprodutor

A vinda de uma criança ao mundo é produto de um processo fisiológico complexo do organismo de seus progenitores.



Sistema reprodutor masculino

O sistema reprodutor masculino está relacionado com a produção de hormônios masculinos, com a produção de gametas (espermatozoides) e também com a inoculação destes no organismo feminino durante o ato sexual, por meio do pênis, órgão copulador masculino.

Aspectos anatômicos e funções das estruturas

O aparelho reprodutor masculino é constituído por inúmeras estruturas, que exercem as funções de produzir os gametas e conduzi-los até o corpo feminino. Os **dois testículos**, envolvidos pela **bolsa escrotal**, são as gônadas masculinas e produzem os espermatozoides em pequenos canais, denominados **tubos seminíferos**. Os espermatozoides são transferidos para os **epidídimos**, estruturas arredondadas que os armazenam até que completem sua maturação (Fig. 1).

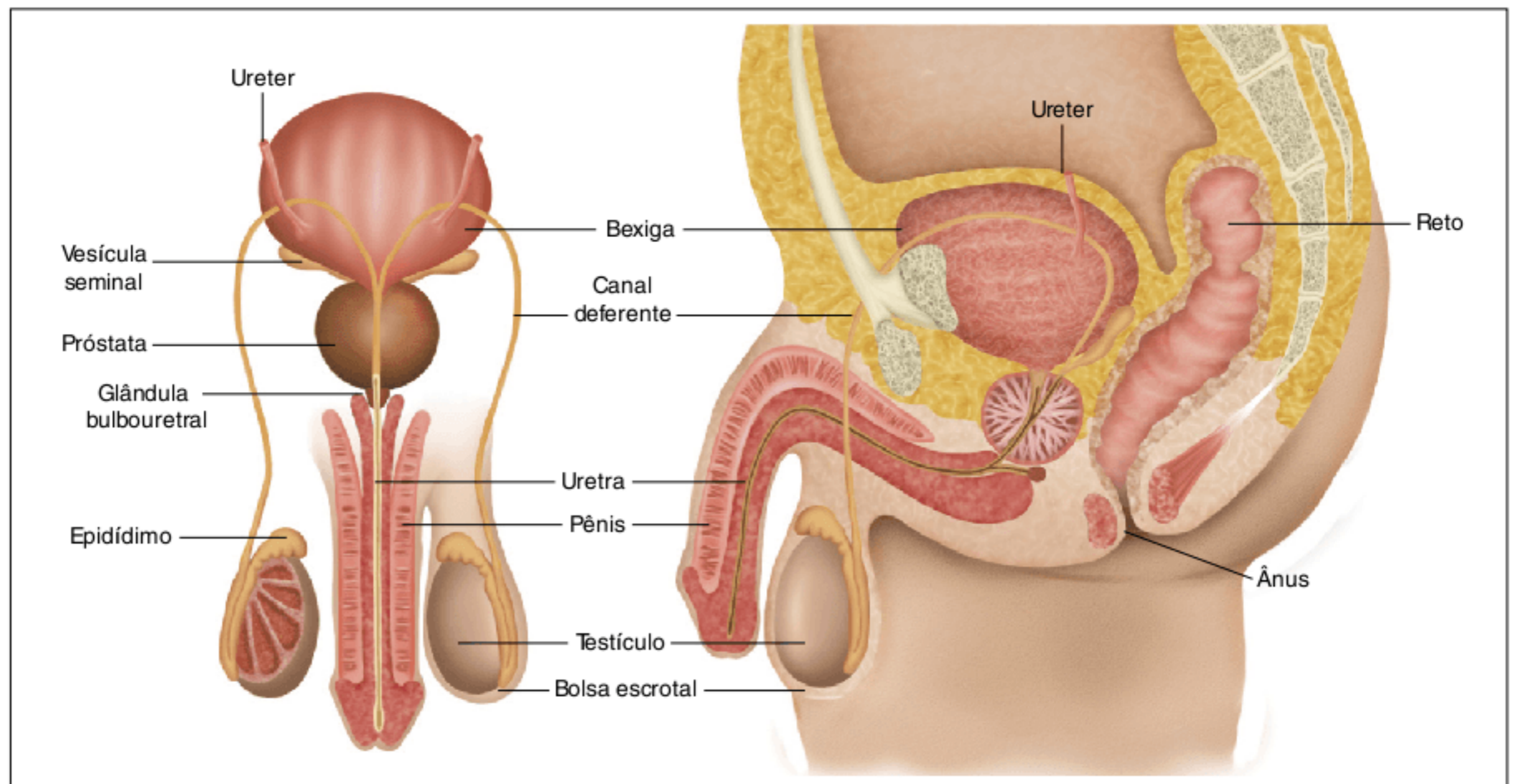


Fig. 1 O sistema reprodutor masculino tem íntima relação anatômica com o sistema urinário, compartilhando a uretra como canal de saída do sêmen e da urina.

Os epidídimos estão ligados aos **canais deferentes**, dois dutos que desembocam no canal da uretra. A **uretra** percorre o interior do pênis, sendo um canal também ligado à bexiga urinária e que, portanto, recebe tanto o sêmen quanto a urina. O **sêmen**, também chamado de **esperma**, é constituído pelos espermatozoides e por secreções produzidas pelas glândulas anexas do sistema: as **vesículas seminais**, a **próstata** e a **glândula bulbouretral**.

Durante a atividade sexual, os espermatozoides armazenados nos epidídimos são transferidos para os **canais deferentes**, dotados de musculatura involuntária, os quais conduzem os espermatozoides até a uretra, permitindo a sua liberação pela ejaculação. Antes disso, os espermatozoides recebem as secreções seminais.

A primeira secreção incorporada aos espermatozoides é produzida pela **vesícula seminal**, localizada atrás da bexiga urinária. O líquido produzido por essa glândula fornece aos espermatozoides nutrientes (como água, sais minerais, frutose e vitamina C), que permitem sua sobrevivência fora do corpo do homem durante determinado tempo. Essa glândula é responsável pela maior parte do líquido que constitui o sêmen.

Após a contribuição da vesícula seminal, a **próstata**, localizada na base da bexiga urinária, libera outra secreção, levemente alcalina, que auxilia na neutralização do pH vaginal; isso garante a sobrevivência dos espermatozoides no interior do corpo da mulher.

A **glândula bulbouretral** localiza-se na parte posterior da uretra e é responsável pela liberação do líquido pré-ejaculatório, que tem como função neutralizar a acidez da uretra, retirando resquícios de urina, além de lubrificar o canal da uretra e da vagina, facilitando a penetração.

A estrutura do pênis e dos testículos

No que diz respeito à sua estrutura, o pênis apresenta em sua extremidade a glândula, região ligada ao **prepúcio**, pele que a recobre. O interior do pênis é percorrido pela uretra, que é envolvida pelo **corpo esponjoso**, sobre o qual estão localizados **dois corpos cavernosos** (Fig. 2). Os corpos cavernosos e o corpo esponjoso podem receber maior quantidade de sangue, provocando o aumento de volume do pênis, processo conhecido como ereção.

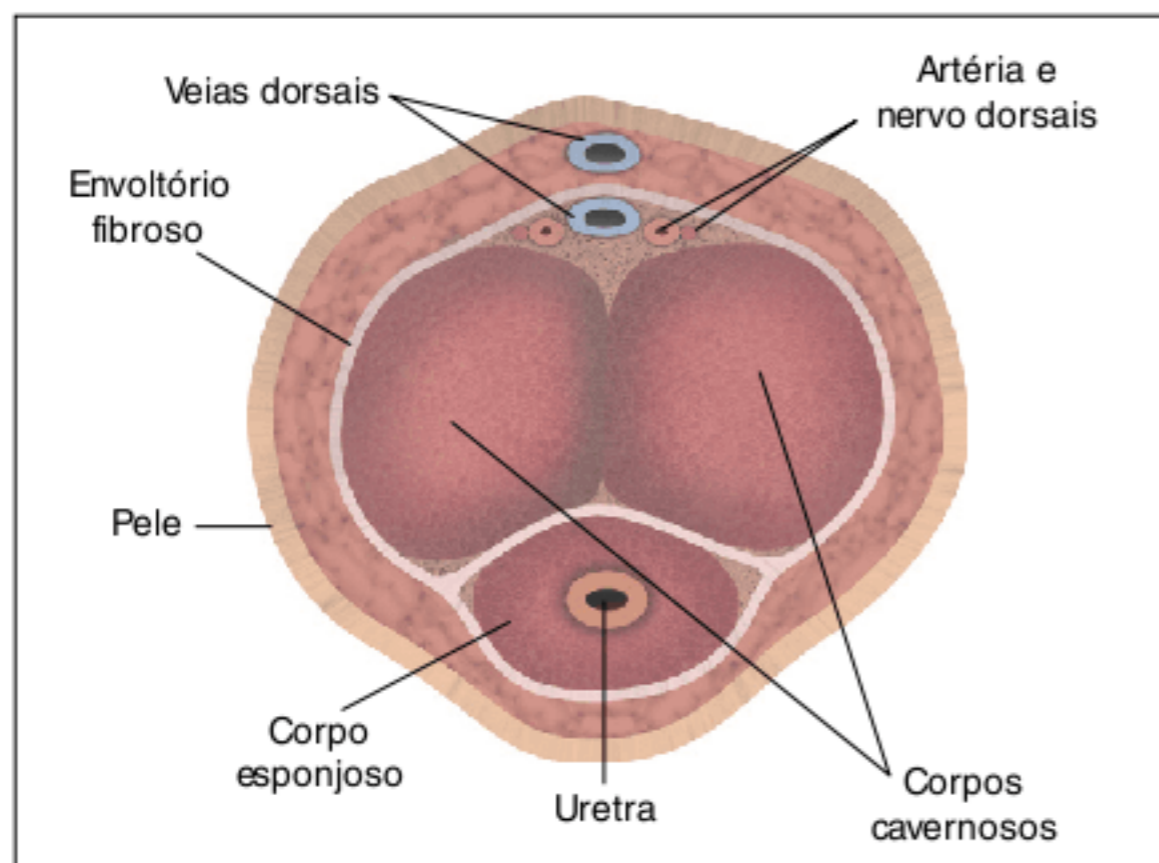


Fig. 2 No interior do pênis, passa a uretra, envolvida pelo corpo esponjoso. Também há dois corpos cavernosos, artérias e veias, responsáveis pelo processo de ereção.

Os **testículos** são responsáveis pela **produção de espermatozoides** (os gametas masculinos) e pela **síntese de testosterona (hormônio)**. O interior dos testículos tem uma vasta rede de canais, os **túbulos seminíferos**, em cujo interior ocorre a espermatogênese. A base dos canais seminíferos contém **espermatozônias**, que se multiplicam por mitose e, após sofrerem meiose, geram os **espermatozoides**. Junto à parede do testículo são observadas grandes **células sustentaculares (células de Sertoli)**, que servem de apoio, proteção e nutrição às espermatogônias e às outras células que elas geram por meio de mitoses.

Já entre os túbulos seminíferos, há **células intersticiais (células de Leydig)**, responsáveis pela síntese de testosterona (Fig. 3).

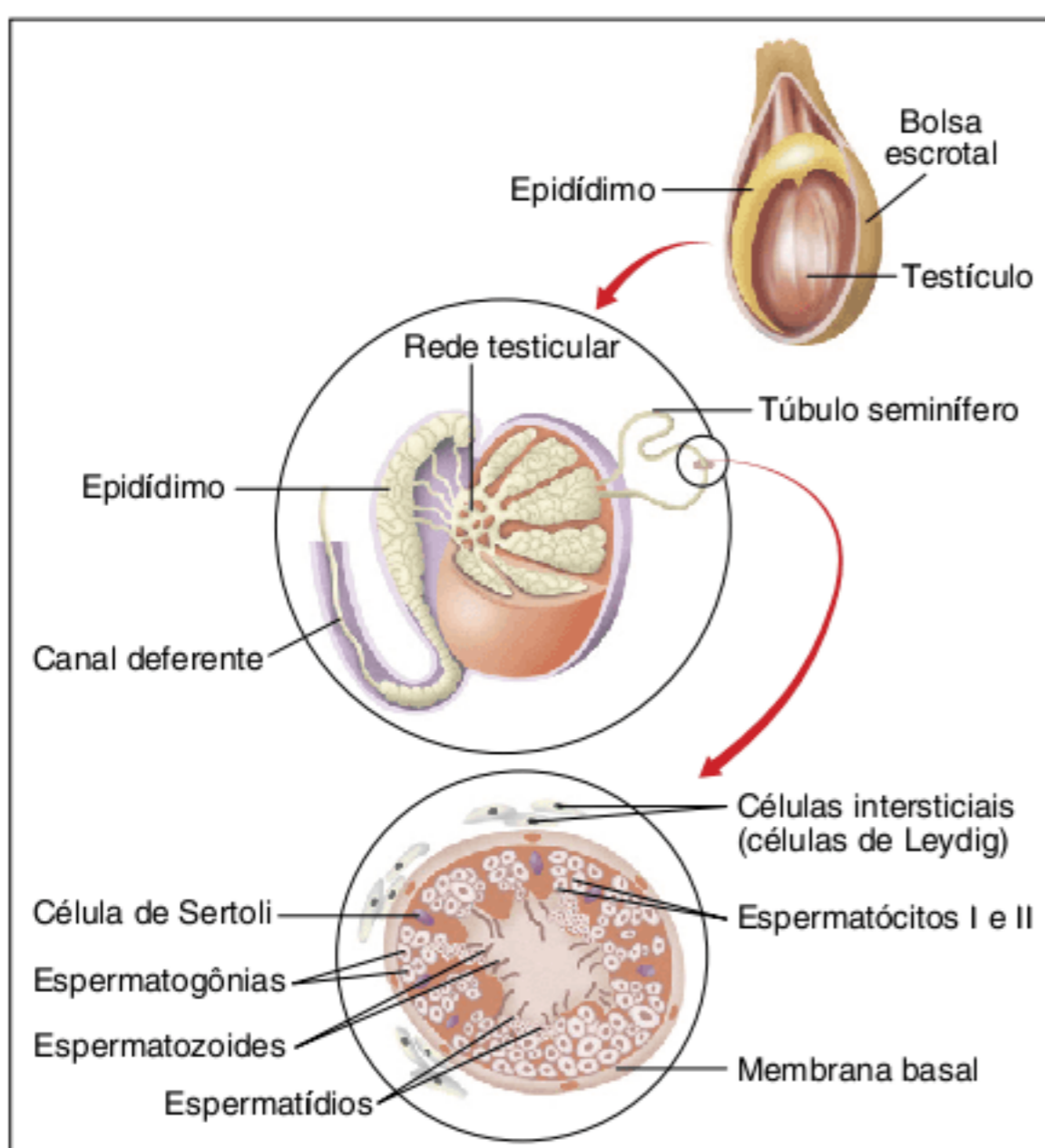


Fig. 3 Estrutura dos testículos e as células envolvidas na espermatogênese.

A **bolsa escrotal**, nos mamíferos, tem função primordial para a sobrevivência e melhor desenvolvimento dos espermatozoides. A localização dos testículos e dos epidídimos fora do corpo do macho é necessária para que seja mantida uma **temperatura ótima**. A musculatura da bolsa escrotal é responsável pela manutenção dessa temperatura, fazendo com que a bolsa se distancie ou se aproxime do corpo. A movimentação da bolsa pode ser notada pelo homem de acordo com a temperatura ambiente: em temperaturas mais baixas, o escroto fica mais próximo do corpo; em temperaturas mais altas, o distanciamento é maior.

O sistema reprodutor masculino e os hormônios

A **hipófise anterior** regula a atividade dos testículos por meio de duas gonadotrofinas: os hormônios FSH (hormônio foliculosestimulante) e LH (hormônio luteinizante). O FSH hipofisário **estimula a espermatogênese**, enquanto o LH estimula as células intersticiais a **produzirem testosterona**.

A testosterona é um hormônio esteroide, responsável pela determinação das **características sexuais secundárias masculinas**, como a voz mais grave, a típica distribuição de pelos pelo corpo, a maior massa muscular, a cartilagem da laringe mais proeminente (conhecida como pomo de adão) e a maturação sexual. A maior síntese de testosterona ocorre a partir da puberdade, provocando as modificações que transformam gradualmente o organismo e o torna capacitado para a reprodução.

Sistema reprodutor feminino

O sistema reprodutor feminino é desenvolvido para produzir gametas e hormônios e para abrigar o embrião, que se desenvolve formando o feto e gerando um novo indivíduo. Caso não ocorra a fecundação, ocorre a menstruação.

Aspectos anatômicos e funções das estruturas

Os componentes do sistema reprodutor feminino são: as estruturas internas, compostas pelos **ovários**, pelas **tubas uterinas**, pelo **útero** e pela **vagina**; e a genitália externa, que compreende a **vulva** (ou pudendo), constituída pelos **grandes e pequenos lábios** e pelo **clitóris** (Fig. 4).

Os **ovários** são as gônadas femininas, responsáveis pela **produção dos ovócitos** e dos **hormônios femininos (estrógeno e progesterona)**. A mulher tem dois ovários, que são órgãos pequenos dispostos paralelamente ao útero.

Os ovários se comunicam com o útero por meio das duas **tubas uterinas**, dispostas lateralmente a ele; cada tuba é um canal com interior constituído de células ciliadas, que impulsionam o ovócito do ovário em direção ao útero. Periodicamente, cada ovário elimina um **ovócito secundário** para a tuba uterina mais próxima.

O **útero** é um órgão com cavidade interna recoberta pelo **endométrio**, rico em glândulas e vasos sanguíneos. Sua parede tem musculatura de contração involuntária, importante para a expulsão do feto no momento do parto através do canal vaginal.

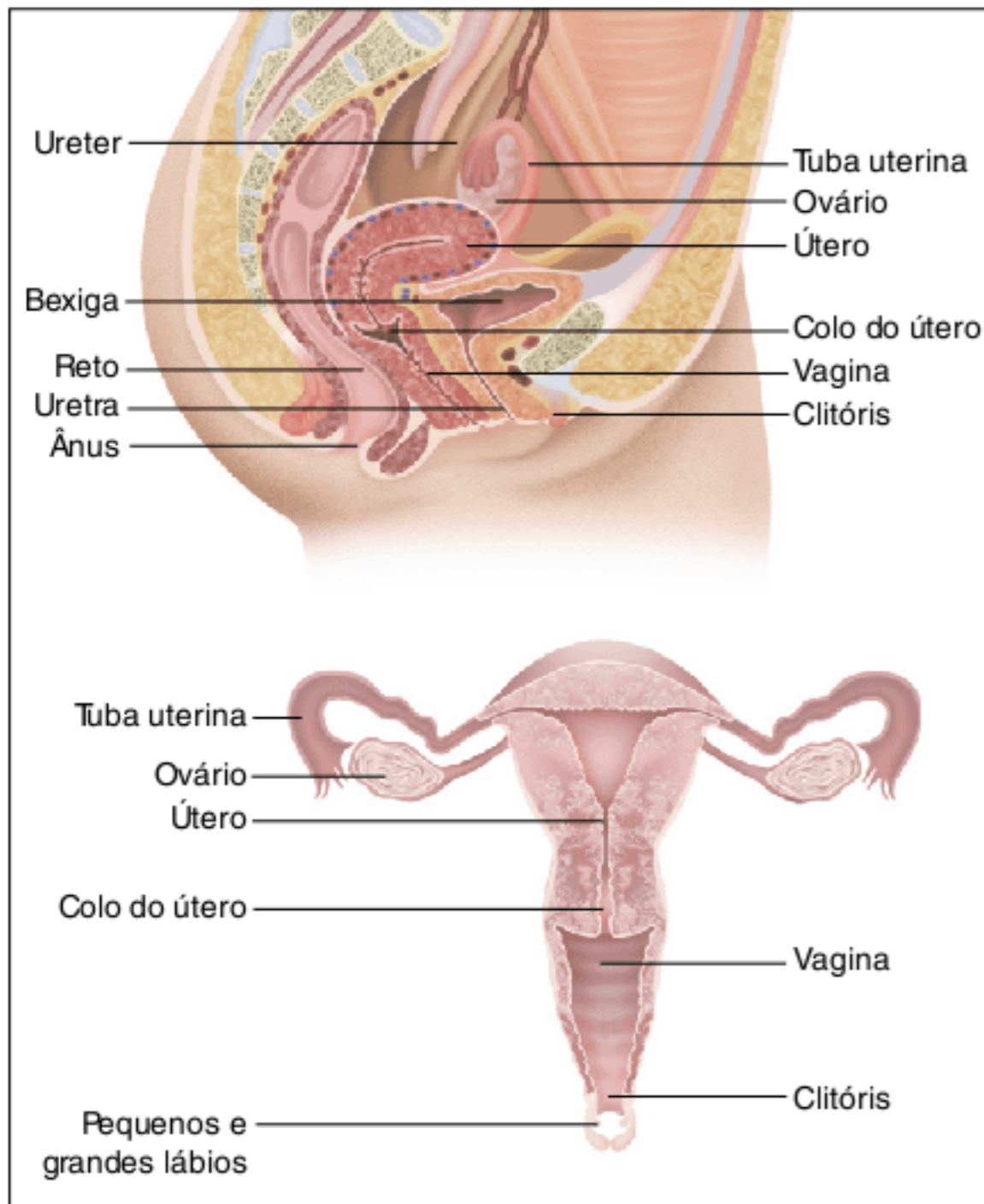


Fig. 4 Disposição dos componentes do sistema reprodutor feminino.

A cavidade da vagina se estende desde a base do útero (**colo do útero**), até sua abertura, sendo um canal com parede dotada de musculatura lisa, que possibilita modificações no seu diâmetro. Seu revestimento apresenta duas glândulas (glândulas de Bartholin), produtoras de secreção lubrificante, que pode se tornar abundante durante a atividade sexual.

A **genitália externa** é localizada na abertura da vagina e é delimitada pelos lábios menores, em torno dos quais se localizam os lábios maiores. Acima da abertura vaginal, há o orifício da uretra, por onde é feita a eliminação de urina; acima desse orifício encontra-se o clitórís, dotado de tecido erétil e de grande sensibilidade, sendo equivalente à glândula masculina. Os grandes lábios da genitália feminina são recobertos por pelos que protegem tanto a entrada da vagina quanto a da uretra.

Ciclo menstrual

O ciclo menstrual é o processo que ocorre com as mulheres desde a **menarca** (primeira menstruação) até a **menopausa** (processo de encerramento do ciclo), no qual há alterações fisiológicas ocasionadas por altos e baixos nas taxas hormonais; cada ciclo dura cerca de 28 dias. Nesse período, também ocorrem alterações nos ovários e no endométrio uterino.

O primeiro dia do ciclo corresponde ao início do fluxo menstrual, que perdura por alguns dias. O **fluxo menstrual** consiste na descamação de parte do endométrio, havendo sangramento (menstruação). O material que é eliminado apresenta células, sangue, glândulas e o ovócito II não fecundado.

Em torno do 14º dia do ciclo menstrual, ocorre a chamada ovulação, que é a liberação do ovócito II. Os dias que antecedem a liberação do ovócito, assim como os dias posteriores, fazem

parte do período em que a mulher está fértil e apresenta chances de engravidar, caso ocorra ato sexual desprotegido ou contato da vagina com espermatozoides (Fig. 5). Ao longo dos dias posteriores à ovulação, o endométrio vai se tornando mais espesso, estimulado por hormônios ovarianos. Caso ocorra a fecundação, forma-se um embrião, que se aloja no endométrio; sem a fecundação, parte do endométrio se desprende, ocorrendo a menstruação.

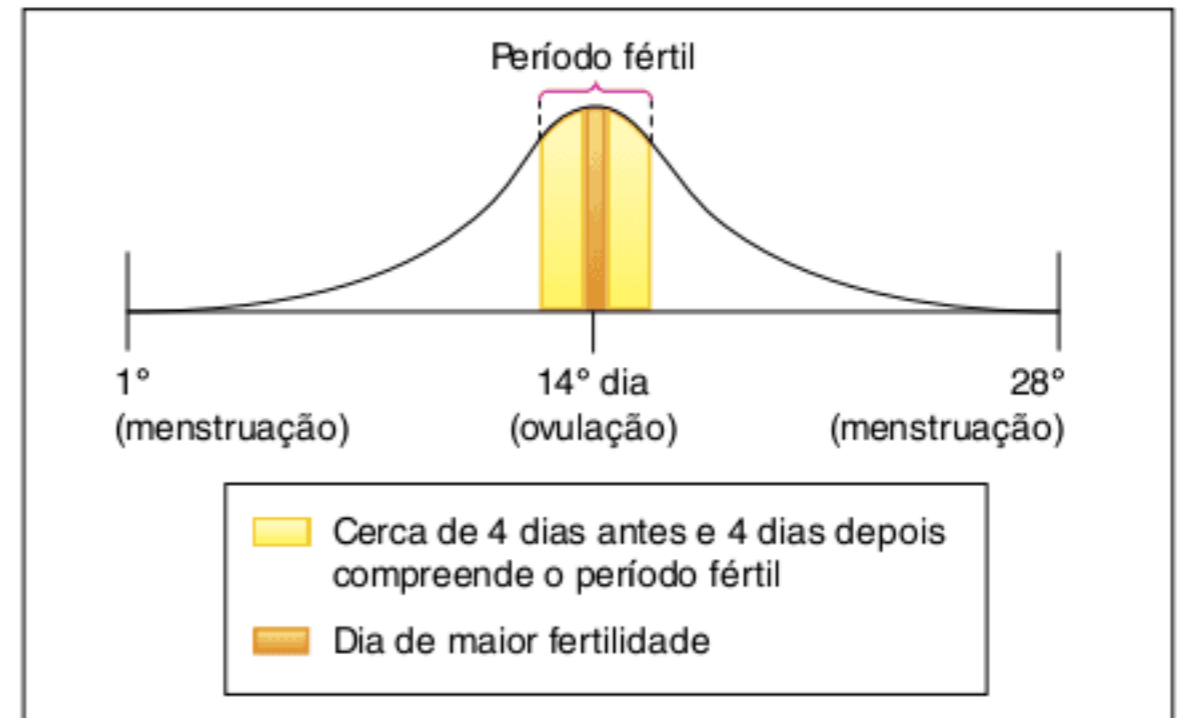


Fig. 5 Os principais eventos do ciclo menstrual e a faixa de maior probabilidade de fecundação do ovócito II liberado pelo ovário.

A estrutura dos ovários e a ovulação

Os ovários apresentam uma região cortical, mais externa, e outra medular, mais interna. Na região cortical, encontram-se os ovócitos I, que, a cada ciclo menstrual, passam por um processo de maturação, resultando na liberação de um ovócito II.

No início do ciclo menstrual, o **ovócito I** é estimulado à maturação, formando o **folículo ovariano (folículo de De Graaf)**, que é constituído pelo ovócito I (célula ainda diploide) envolto por **células foliculares** (que são estéreis). Durante esse processo de maturação, o ovócito I origina o **ovócito II** (célula já haploide, o óvulo) e uma célula estéril, o **corpúsculo polar**. Com o desenvolvimento das células foliculares, o folículo se rompe e libera o ovócito II de seu interior, caracterizando a ovulação. As células foliculares remanescentes convertem-se no **corpo-lúteo** (ou **corpo-amarelo**), responsável pela produção de hormônios que mantêm uma suposta gravidez. Caso o óvulo não seja fecundado, o corpo-lúteo será posteriormente transformado no **corpo albicans**, de menor tamanho e que deixa de produzir hormônios (Fig. 6).

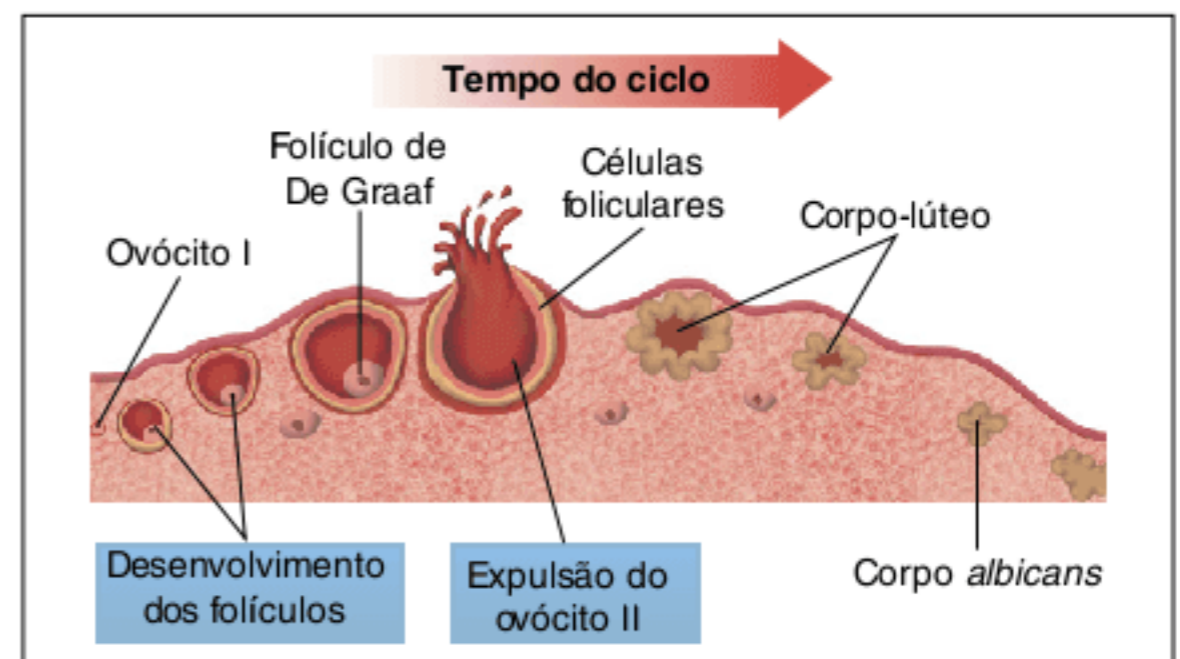


Fig. 6 Processo de ovulação, que ocorre a partir da maturação dos folículos ovarianos, no qual há a liberação de um ovócito II para a tuba uterina.

O sistema reprodutor feminino e os hormônios

A **hipófise anterior** regula a atividade dos ovários por meio de duas **gonadotrofinas**, os hormônios FSH (hormônio foliculosestimulante) e LH (hormônio luteinizante). O **FSH** estimula o **amadurecimento do folículo ovariano**, que produz o hormônio **estrógeno**. O LH também regula o **amadurecimento dos folículos** e a secreção do hormônio **progesterona**.

O ciclo menstrual é resultado da secreção alternada desses hormônios e dos hormônios ovarianos: **estrógeno** e **progesterona**. Durante o ciclo menstrual, os níveis de todos esses hormônios variam, acarretando alterações no folículo e no endométrio. Algumas fases podem ser consideradas, nas quais há a produção dos hormônios e as correspondentes respostas do organismo feminino, são elas:

- **Fase menstrual:** no início do ciclo menstrual, a hipófise secreta maiores quantidades de FSH, hormônio que promove o **crescimento de folículos nos ovários**, acarretando considerável secreção de estrógeno.
- **Fase proliferativa do ciclo (estrogênica):** a grande quantidade de estrógeno inibe a secreção de FSH pela hipófise. Por meio de um processo de *feedback* negativo, com o forte declínio na produção do FSH, há novamente o estímulo à liberação de grandes quantidades de LH e FSH. Nesse momento, os níveis de estrógeno diminuem. O aumento súbito da secreção de FSH e LH provoca o rápido desenvolvimento final de um dos folículos ovarianos e a sua ruptura: então **ocorre a ovulação**.
- **Fase secretora do ciclo (lútea):** o corpo-lúteo, resultante do folículo, inicia a produção de grandes quantidades de progesterona e de estrógeno, os quais atuam no endométrio, provocando seu espessamento. O estrógeno estimula a proliferação das células do endométrio; a progesterona **prepara o útero para receber um embrião**, determinando o aumento da vascularização e da quantidade de glândulas do endométrio. Novamente, os dois hormônios inibem a hipófise, diminuindo a taxa de secreção dos hormônios FSH e LH.
- **Fase pré-menstrual:** a queda nas taxas de FSH e de LH provoca a involução do corpo-lúteo, de modo que a secreção de estrógeno e de progesterona cai para níveis muito baixos. Nesse momento, **ocorre a menstruação**.

Com a **queda nos níveis de progesterona e de estrógeno**, a hipófise, que estava inibida, **inicia novamente a secreção de FSH**, começando um novo ciclo (Fig. 7).

O **estrógeno** e a **progesterona** são **hormônios esteroides**, responsáveis pela determinação das **características sexuais secundárias femininas**, como o desenvolvimento dos seios, o crescimento de pelos no corpo, o alargamento dos quadris e a maturação sexual. Os hormônios ovarianos são sintetizados a partir da puberdade, provocando modificações profundas no organismo. A mulher inicia seus ciclos menstruais com a menarca e, a partir dela, torna-se capaz de gerar descendentes.

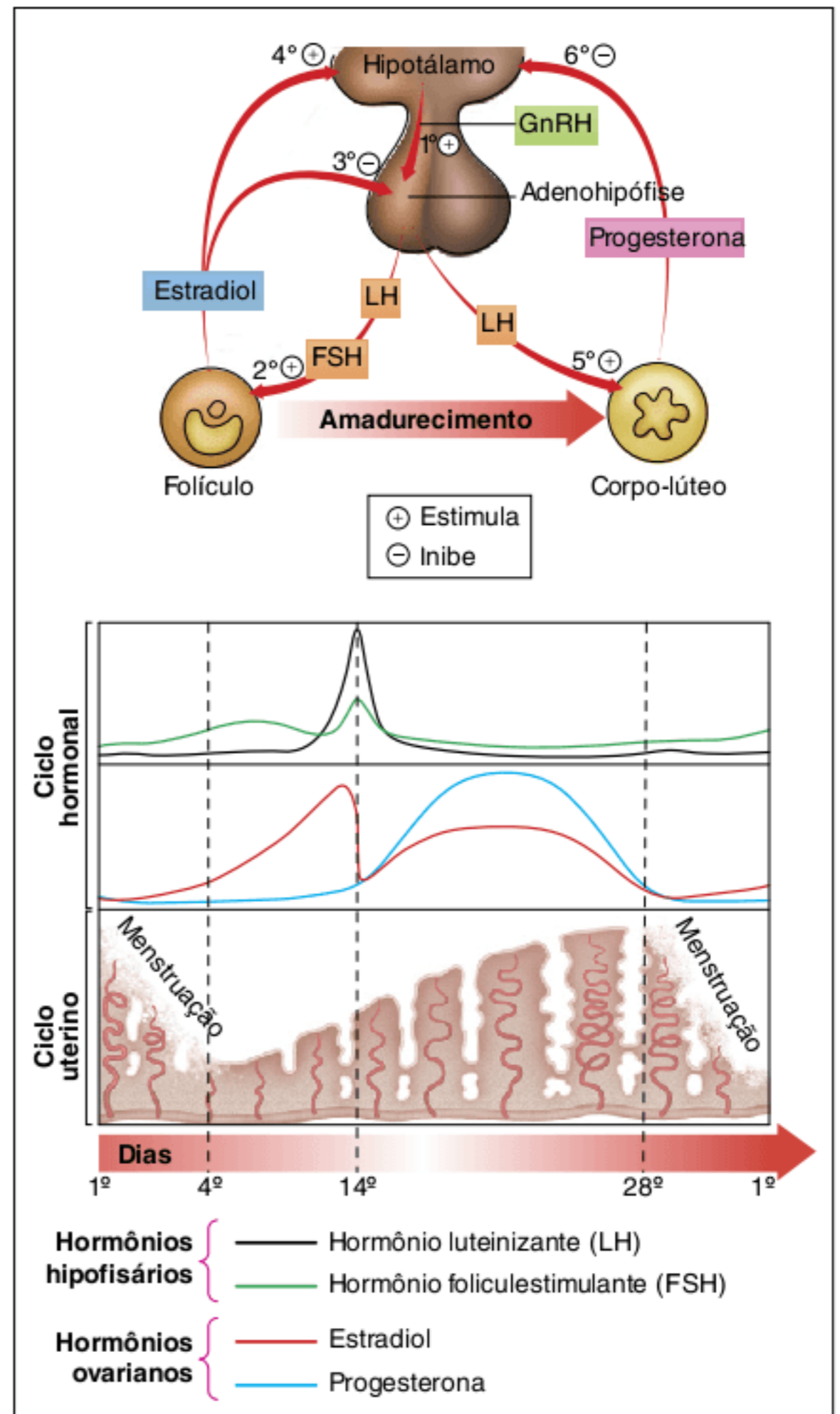


Fig. 7 Eventos do ciclo menstrual relacionados aos hormônios hipofisários e ovarianos. Note as quatro fases representadas no gráfico.

Gravidez e o parto

Gravidez

Para que ocorra uma gravidez, é necessário acontecer a fecundação, resultado da união do espermatozoide com o óvulo, que ocorre na tuba uterina. O **zigoto** formado nesse processo sofre clivagens (divisões), originando **blastômeros**; o processo de embriogênese segue com a formação da **mórula** e, depois, da **blástula** (nos mamíferos, chamada de blastocisto). Na fase de **blástula**, é iniciada a implantação do embrião no endométrio, processo chamado de **nidação**. A nidação de um embrião humano acontece por volta do sétimo dia após a fecundação.

O **blastocisto** apresenta uma camada externa de células chamada **trofoblasto**, que envolve um grupo mais interno de células, o **embrioblasto** (ou massa celular interna). Vimos, no Volume 2, nesta frente, que os mamíferos apresentam anexos embrionários, como cório, alantoide, âmnio e saco vitelínico; na maioria dos mamíferos ocorre a formação da placenta, ligada ao cordão umbilical (Fig. 8).

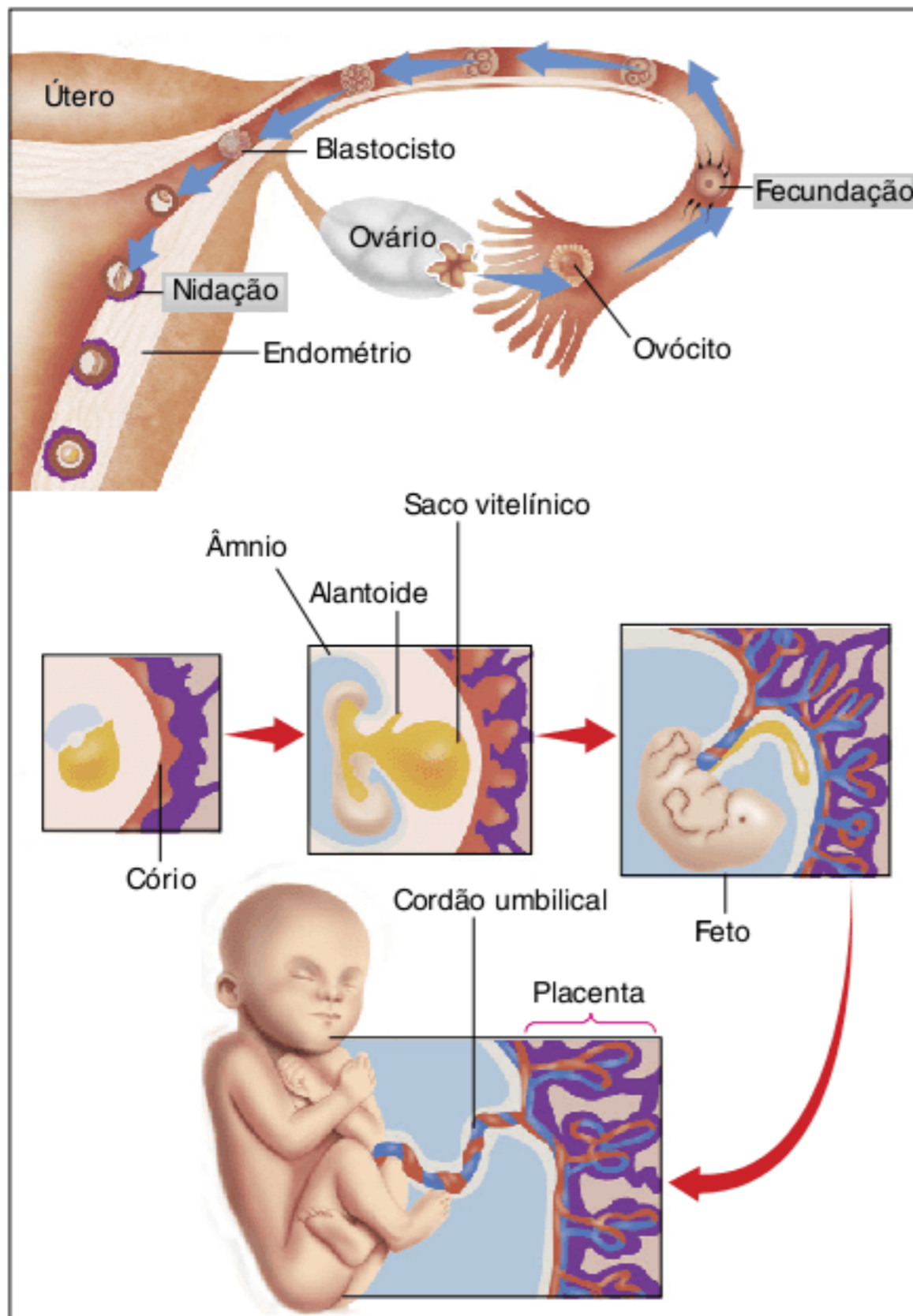


Fig. 8 Após a fecundação, ocorre a nidação, e, então, o desenvolvimento do embrião prossegue.

O **trofoblasto** é considerado o primeiro anexo embrionário e contribui para a formação do **cório**, um integrante da placenta. A massa de células mais interna, o **embrioblasto**, é responsável pela formação dos **folhetos embrionários** (ecto, endo e mesoderma).

O trofoblasto e, posteriormente, a placenta são as estruturas responsáveis pela produção do hormônio chamado **gonadotrofina coriônica (HCG)**. Esse hormônio estimula o corpo-lúteo a continuar a produção de progesterona, permitindo que o endométrio mantenha-se mais espesso e, com isso, seja possível a manutenção da gravidez. A partir do terceiro mês de gestação, é a própria placenta que produz a progesterona.

O HCG é o hormônio investigado em um teste de gravidez, sendo detectado no sangue e na urina apenas de mulheres grávidas.

Parto

A gestação humana dura cerca de 40 semanas. No final da gestação, ocorrem modificações hormonais que desencadeiam o trabalho de parto. A placenta deixa de produzir progesterona e passa a produzir **prostaglandinas**, que estimulam as contrações uterinas. As contrações são também estimuladas pelo hormônio **ocitocina**, produzido pela **adeno-hipófise** da mãe. No parto normal, as contrações tornam-se mais frequentes e intensas, permitindo a expulsão do feto. Após o nascimento do bebê, o cordão umbilical é cortado e as contrações do útero expulsam também a placenta e parte do espesso endométrio.

Métodos contraceptivos

Contraceção é o conceito utilizado quando pessoas com vida sexual ativa usam algum método para evitar a gravidez. Alguns métodos de contraceção são também úteis na prevenção contra doenças sexualmente transmissíveis (DST). Existem vários métodos disponíveis, que envolvem comportamentos, objetos, medicamentos e até cirurgias. Alguns deles são reversíveis, ou seja, permitem que haja a possibilidade de gravidez quando não mais utilizados, e outros, irreversíveis, impedindo a reprodução de forma perene. Seguem os métodos mais conhecidos.

Métodos comportamentais

Métodos comportamentais são aqueles que, assim como o nome diz, envolvem o comportamento do casal no que diz respeito à prevenção. Dentre eles estão:

- **Abstinência sexual:** consiste na não realização do ato sexual; impede o encontro dos gametas e, assim, a gravidez.
- **Tabelinha:** consiste em programar a realização do ato sexual em períodos mais distantes do suposto período fértil. É um método perigoso, pois sutis alterações no ciclo podem fazer a mulher achar que não está no período fértil, mesmo estando (Fig. 9).

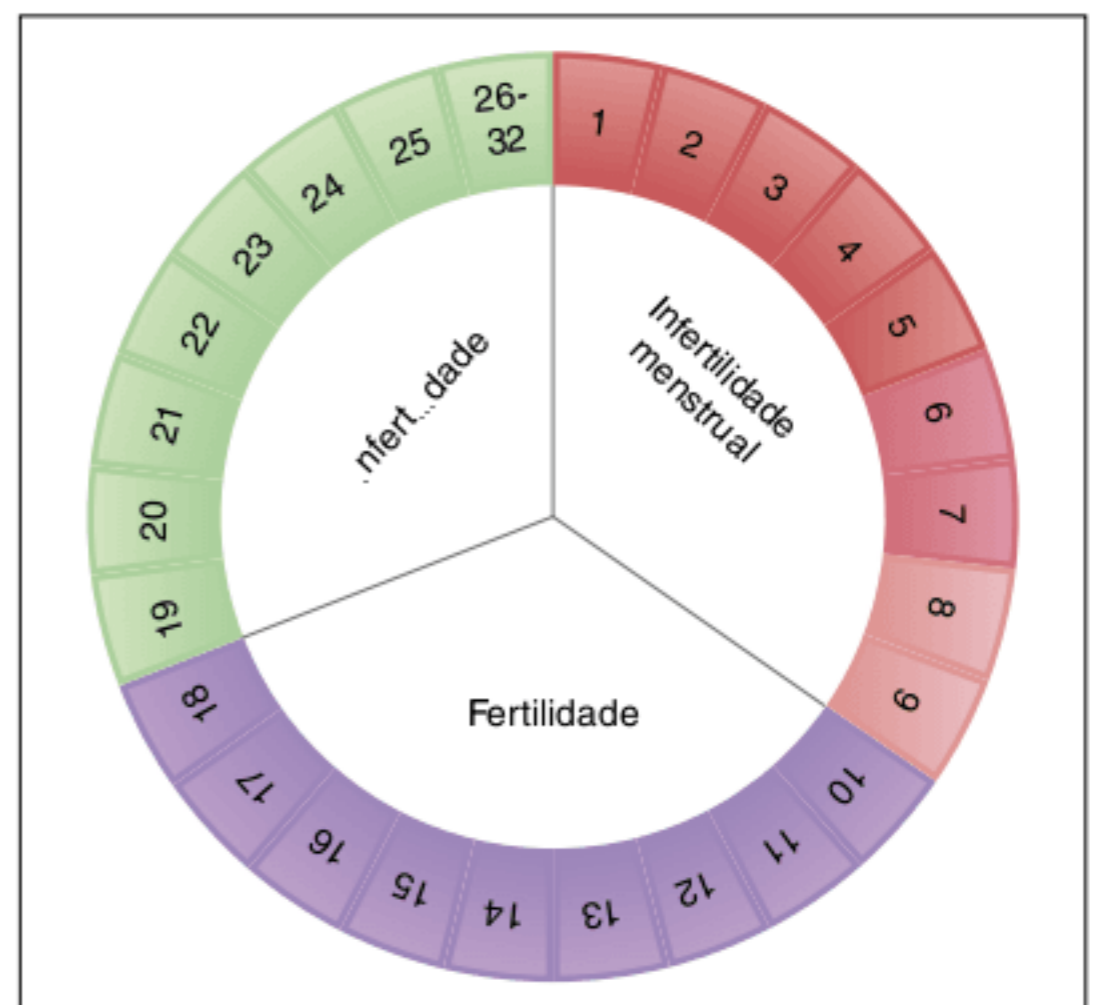


Fig. 9 Método contraceptivo comportamental: a tabelinha.

- **Coito interrompido:** nesse método, o ato sexual acontece sem a utilização de outros métodos contraceptivos, mas há a retirada do pênis da vagina no momento da ejaculação. É uma forma muito perigosa de se evitar a gravidez, pois não é somente no esperma liberado pela ejaculação que são encontrados espermatozoides ativos; as outras substâncias liberadas para a lubrificação e o controle do pH do canal vaginal também podem apresentar espermatozoides que já estavam na uretra do homem. Além de ser arriscado no que diz respeito à prevenção à gravidez, trata-se de um método que não previne contra doenças sexualmente transmissíveis.

Métodos de barreira

Métodos de barreira são aqueles que impedem o contato do espermatozoide com o óvulo por meio da utilização de um impedimento físico. Dentre eles estão:

- **Preservativo masculino (camisa de vênus):** é um contraceptivo feito de látex, conhecido também como camisinha, que envolve o pênis. O sêmen fica retido no interior da camisinha e não é eliminado na vagina. Esse procedimento previne não só uma gravidez indesejada, mas também muitas doenças sexualmente transmissíveis (Fig. 10).
- **Camisinha feminina:** é uma bolsa de plástico fino e resistente com dois anéis, sendo um preso na borda e o outro móvel dentro da bolsa; este deve ser introduzido na vagina. A camisinha feminina tem a mesma função da masculina, pois impede o contato da vagina com o pênis nas relações sexuais, impedindo o contato com os espermatozoides (e a ocorrência de gravidez) e também prevenindo contra as DST (Fig. 10).
- **Diafragma:** artefato de látex, colocado no fundo da vagina antes de cada relação sexual; atua como uma barreira à passagem de espermatozoides em direção ao útero; pode ser associado ao uso de **creme espermicida** (que mata os espermatozoides). Esse método não previne contra as DST (Fig. 10).



Fig. 11 Método contraceptivo DIU (dispositivo intrauterino).

Métodos hormonais

Métodos hormonais são aqueles nos quais há a utilização de hormônios para que não ocorra a liberação de óvulos, a fecundação ou a nidação. São métodos que não previnem contra as DST. Alguns deles são:

- **Pílula anticoncepcional:** é um medicamento que contém **estrógeno e progesterona**. Sua ingestão pela mulher mantém o nível desses hormônios, o que inibe a hipófise de produzir o FSH; dessa maneira, não ocorre a maturação de folículos ovarianos e a mulher não ovula. No período em que há interrupção da ingestão da pílula, a concentração de progesterona cai e isso desencadeia a menstruação. Antes de ocorrer o *feedback* negativo, que estimularia o início da produção de FSH, a mulher inicia uma nova cartela do anticoncepcional, mantendo a prevenção contra a gravidez. Existem diversos tipos de pílula, além de injeções, adesivos, anéis intravaginais, que têm tipos e dosagens diferentes de hormônios; por isso, é importante procurar um médico ginecologista para iniciar a utilização desses métodos (Fig. 12).
- **Pílula do dia seguinte:** método usado quando há relação sexual sem prevenção contraceptiva ou se o método utilizado falhar (por exemplo, se a camisinha estourar). Ela funciona agindo antes de a gravidez ocorrer. Se a fecundação ainda não aconteceu, o medicamento dificultará a sua ocorrência. Se a fecundação já tiver ocorrido, provocará a descamação da parede uterina, impedindo a nidação. Caso o embrião já esteja implantado, ou seja, a gravidez já tenha iniciado, a pílula não tem efeito algum. A pílula do dia seguinte é um medicamento que pode ocasionar efeitos colaterais, como alteração no ciclo menstrual (e no período fértil), dor de cabeça, sensibilidade nos seios, náuseas e vômitos. Ela não deve ser usada como um anticoncepcional de rotina (Fig. 12).



Fig. 12 Métodos contraceptivos hormonais: injeção e pílula anticoncepcionais e a pílula do dia seguinte.



Fig. 10 Métodos contraceptivos de barreira: camisinha feminina, camisinha masculina e diafragma.

Dispositivos intrauterinos

Também chamado de **DIU**, o dispositivo intrauterino é instalado no útero por um médico; é um dispositivo que impede a nidação do embrião, por meio da alteração das condições uterinas (Fig. 11); não impede a fecundação, que ocorre na tuba uterina. Muitos DIUs modernos são também associados a hormônios, atuando para impedir a ovulação e reduzir os efeitos colaterais do dispositivo, como o aumento no fluxo menstrual. É um método que também não previne contra as DST.

Métodos cirúrgicos

Métodos cirúrgicos são aqueles nos quais há intervenção cirúrgica para que não ocorra a liberação de óvulos pela mulher e de espermatozoides pelo homem. São métodos que não previnem contra as DST e que devem ser utilizados por quem realmente não pretende mais ter filhos, já que sua reversão exige uma nova cirurgia e, em muitos casos, é impossível de ser feita. Alguns deles são:

- **Laqueadura tubária:** é a remoção ou amarração cirúrgica de um segmento de cada tuba uterina, impedindo a passagem de ovócitos para o útero; assim, não ocorre o encontro destes com espermatozoides. Esse procedimento não interfere na secreção dos hormônios ao longo do ciclo menstrual (Fig. 13).
- **Vasectomia:** é a remoção ou amarração cirúrgica de um segmento de cada canal deferente. Os espermatozoides são produzidos, mas não há a sua eliminação pela uretra, sendo eles reabsorvidos pelo epidídimo e pelos canais deferentes.

Esse método não interfere na síntese de testosterona nem na secreção de líquidos seminais durante a ejaculação (Fig. 13).

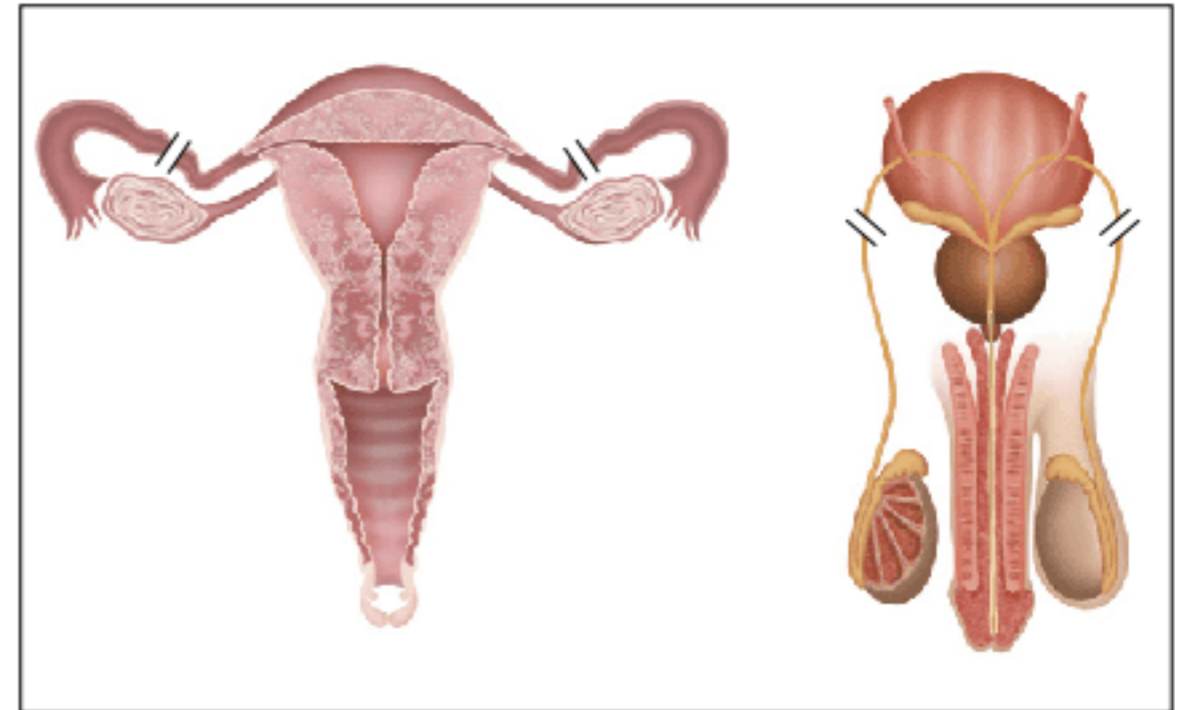


Fig. 13 Métodos contraceptivos cirúrgicos: laqueadura tubária e vasectomia.

Revisando

1 Quais são os dois produtos gerados pelo sistema reprodutor do homem?

2 Cite os principais integrantes do sistema reprodutor masculino.

3 Em que estruturas dos testículos ocorrem a espermatogênese e a produção de testosterona?

4 O que são células de Sertoli?

5 Cite a função dos seguintes componentes do sistema reprodutor masculino: epidídimo, vesícula seminal, próstata e glândula bulbouretral.

6 Quais são os hormônios hipofisários que atuam nos testículos e quais efeitos eles produzem?

7 Cite os principais componentes do sistema reprodutor da mulher.

8 Quais são os papéis desempenhados pelos ovários?

9 O que são tubas uterinas?

10 Cite dois dos principais componentes da parede do útero. O que é o colo do útero?

11 Considerando um ciclo menstrual de 28 dias, indique os prováveis dias de ocorrência de menstruação, de ovulação e de maior fertilidade da mulher.

12 Considere os eventos que ocorrem nos ovários a cada ciclo menstrual: formação do corpo *albicans*, formação do folículo de De Graaf, formação do corpo-lúteo e ovulação. Coloque esses eventos na ordem cronológica correta.

13 Considerando um ciclo menstrual sem a ocorrência de gravidez, cite os hormônios produzidos pelos ovários e as estruturas que produzem esses hormônios. Qual é o efeito que esses hormônios produzem no endométrio?

14 Qual é o papel principal dos hormônios hipofisários em relação à produção de hormônios pelos ovários?

15 Em termos de concentrações de FSH e de LH, o que acarreta a ovulação e a menstruação?

16 Em que parte do sistema reprodutor feminino normalmente ocorre a fecundação?

17 O que é nidadação?

18 Quais são as partes componentes do blastocisto?

19 O que é gonadotrofina coriônica?

20 Quanto tempo normalmente dura uma gravidez e como ela chega ao fim? Quais os hormônios envolvidos nesse processo?

21 O que são métodos contraceptivos? Cite alguns tipos e exemplos além de como eles atuam.

22 Quais métodos contraceptivos podem também ser utilizados para a prevenção contra doenças sexualmente transmissíveis?

23 Quais métodos contraceptivos são irreversíveis? Como eles funcionam?

Exercícios propostos

1 Unemat 2010 A reprodução é o mecanismo responsável pela perpetuação da espécie e consiste fundamentalmente no processo em que um ou dois organismos originam um novo indivíduo.

Sobre a reprodução humana e o desenvolvimento embrionário, é correto afirmar:

- (a) Os espermatozoides são produzidos no epidídimo.
- (b) A fecundação ocorre no útero.
- (c) É através da placenta que o organismo materno fornece ao embrião nutrientes e oxigênio e que o embrião elimina excretas na circulação materna.
- (d) Após a formação do zigoto, inicia-se o processo de gastrulação, onde a célula-ovo sofre sucessivas divisões mitóticas, proporcionando aumento significativo do número de células.
- (e) A segmentação é o estágio embrionário que se caracteriza pela formação dos folhetos embrionários: ectoderme, mesoderme e endoderme.

2 UFC 2010 Os seres humanos reproduzem-se sexualmente, com os gametas masculinos, presentes no sêmen, fertilizando os óvulos no sistema genital feminino. Além de espermatozoides, o sêmen humano é formado por secreções de glândulas anexas (ou acessórias) do sistema genital masculino.

- a) Cite os nomes dos três tipos de glândulas anexas presentes no sistema genital masculino.
- b) Relacione quatro diferentes funções exercidas pelas secreções das glândulas anexas.

3 UFPE 2010 A reprodução humana envolve aspectos biológicos, culturais e religiosos que são considerados na escolha do casal em ter filhos. Sobre aspectos ligados ao controle da natalidade, pode-se afirmar o que segue:

- A pílula do dia seguinte é abortiva, pois a interação de seus princípios ativos com o embrião fertilizado produz a destruição dele.
- Mulheres com ciclo menstrual regular de 28 a 30 dias podem ter relações sexuais do primeiro ao nono dia do ciclo com chances mínimas de engravidar.
- Os testes de farmácia para detecção da gravidez identificam a presença do hormônio gonadotrofina coriônica na urina, produzido em maior quantidade em mulheres grávidas.
- A utilização de camisinha somente previne a gravidez se for utilizada em associação com uma pomada espermicida.
- A promiscuidade e a falta de uso da camisinha, além de aumentarem as chances de uma gravidez indesejada, acentuam a probabilidade de incidência do vírus HIV e da AIDS.

4 Unirio 2009 Leia o texto a seguir.

Cirurgia de vasectomia

Embora os homens possam usar a vasectomia como método contraceptivo, estudo realizado pela enfermeira Flávia Ribeiro Manhoso mostra que “a técnica é escolhida, na maioria dos casos, devido a problemas com a saúde da mulher causados por outros anticoncepcionais, em especial a pílula, injeções e o dispositivo intrauterino (DIU), e medo de complicações na cirurgia da laqueadura de trompas”. A pesquisa também aponta que os homens não se preocupam em usar preservativo após a vasectomia, o que aumenta o risco do contágio de doenças sexualmente transmissíveis (DST), como a AIDS.

Disponível em: <www.copacabanarunners.net>.

A vasectomia, ou deferentectomia, é um método contraceptivo através da ligadura dos canais deferentes do homem. É uma pequena cirurgia feita com anestesia local em cima do escroto. Não precisa de internação.

Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>.

A ligadura dos canais deferentes interfere na fertilidade masculina.

- Em que fase da espermatogênese a ligadura interfere?
- Como se dá essa interferência na fertilidade masculina?

5 Uece 2009 Coloque M ou F, conforme a estrutura pertença, respectivamente, ao sistema reprodutor masculino ou ao feminino.

- Grandes lábios
- Glândula
- Uretra
- Útero
- Endométrio
- Escroto

Assinale a opção que contém a sequência correta de letras, de cima para baixo.

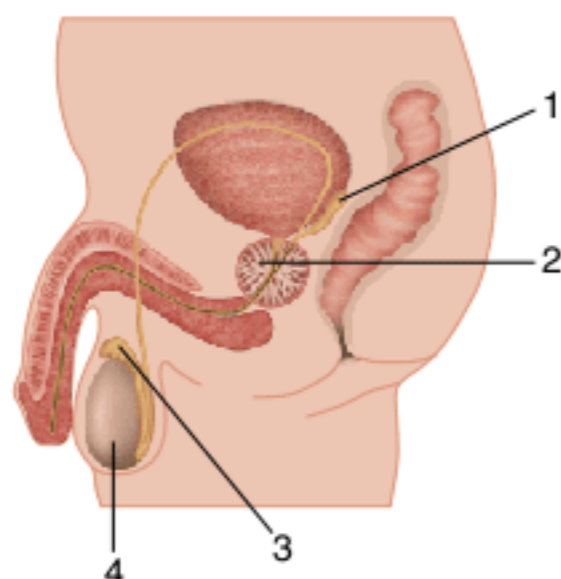
- M, F, M, F, M, F.
- F, M, F, F, M, M.
- F, M, M, F, F, M.
- F, F, M, M, F, M.

6 Udesc 2009 Os hormônios controlam os processos reprodutivos nos mamíferos, assim como em outros vertebrados. Alguns hormônios são produzidos pelas glândulas do aparelho reprodutor, como os ovários nas fêmeas e os testículos nos machos.

Em relação ao enunciado:

- que órgãos constituem o aparelho reprodutor feminino dos mamíferos?
- que hormônios reprodutivos são produzidos pelo ovário?
- descreva o papel da prolactina nas fêmeas.

7 UFPR 2008 De acordo com o aparelho reprodutor masculino representado, quais são os órgãos respectivamente designados pelos números 1, 2, 3 e 4?



- Vesícula seminal, próstata, epidídimo e testículo.
- Próstata, epidídimo, vesícula seminal e testículo.
- Epidídimo, próstata, vesícula seminal e testículo.
- Próstata, vesícula seminal, testículo e epidídimo.
- Vesícula seminal, epidídimo, próstata, testículo.

8 Unifesp 2007 Um homem dosou a concentração de testosterona em seu sangue e descobriu que esse hormônio encontrava-se num nível muito abaixo do normal esperado. Imediatamente buscou ajuda médica, pedindo a reversão da vasectomia a que se submetera havia dois anos. A vasectomia consiste no seccionamento dos ductos deferentes presentes nos testículos. Diante disso, o pedido do homem:

- não tem fundamento, pois a testosterona é produzida por glândulas situadas acima dos ductos, próximo à próstata.
- não tem fundamento, pois o seccionamento impede unicamente o transporte dos espermatozoides dos testículos para o pênis.
- tem fundamento, pois a secção dos ductos deferentes impede o transporte da testosterona dos testículos para o restante do corpo.
- tem fundamento, pois a produção da testosterona ocorre nos ductos deferentes e, com seu seccionamento, essa produção cessa.
- tem fundamento, pois a testosterona é produzida no epidídimo e dali é transportada pelos ductos deferentes para o restante do corpo.

9 UFU 2006 Com relação à reprodução humana, marque a alternativa correta.

- Indivíduos vasectomizados têm os ductos seminíferos seccionados, o que impede a passagem dos espermatozoides.
- Na criptorquidia, a temperatura do local onde os testículos se alojam é maior que a ideal para a espermatogênese, o que leva à esterilidade masculina.
- A fecundação, que em condições normais acontece na cavidade uterina dois dias antes da nidação, depende da ação de enzimas hidrolíticas.
- Os ovários localizam-se atrás do útero. Para a produção constante de ovócitos é necessário que os ovários estejam 2 °C abaixo da temperatura abdominal.

10 FGV 2006 Trata-se de um líquido constituinte do esperma que apresenta aspecto leitoso e é alcalino; contribui para neutralizar a acidez das secreções vaginais, além de promover um aumento da motilidade dos espermatozoides. Esse líquido é produzido:

- pelo epidídimo.
- pelo testículo.
- pela próstata.
- pela vesícula seminal.
- pelas glândulas bulbouretrais.

11 Unesp 2006 A placenta desempenha várias funções no organismo humano, entre elas a de transporte de substâncias.

- Cite duas substâncias que são transportadas do feto para o organismo da mãe e duas que são transportadas do organismo da mãe para o feto, considerando, neste último caso, apenas substâncias que podem causar prejuízos ao feto.
- Além da função de troca de materiais entre o feto e o organismo materno, cite outras duas funções da placenta.

12 CPS 2006 No Carnaval, o Ministério da Saúde aumenta a distribuição de preservativos para a população e intensifica ainda mais as ações de prevenção às doenças sexualmente transmissíveis. Durante a festa, por tradição, alguns fatores acentuam os comportamentos que deixam os foliões mais vulneráveis à infecção, como o aumento do consumo de bebidas alcoólicas e um clima de maior liberação sexual. O uso adequado de preservativo, em todas as relações sexuais, é apontado pelas pesquisas como a forma mais eficiente de prevenir doenças sexualmente transmissíveis (DST), como AIDS, herpes, sífilis, gonorreia e outras.

As frases a seguir se referem a essas doenças. Leia-as com atenção, procurando verificar a veracidade do conteúdo científico.

- I. Nas DST, o contágio ocorre durante a relação sexual, quando um dos parceiros está contaminado.
- II. Qualquer pessoa sexualmente ativa pode contrair essas doenças. O risco pode ser maior para aqueles que trocam frequentemente de parceiros.

- III. Os preservativos, além de prevenirem contra as doenças, podem impedir gravidez indesejada.
- IV. Todas essas doenças são provocadas por fungos e bactérias.

Assinale a alternativa que indica todas as afirmações cientificamente válidas.

- (a) Apenas I e II.
- (b) Apenas II e III.
- (c) Apenas III e IV.
- (d) Apenas I, II e III.
- (e) Apenas I, II e IV.

13 Cada célula do esperma humano possui uma estrutura longa em forma de chicote para a sua locomoção, denominada:

- (a) cílios.
- (b) flagelo.
- (c) centríolo.
- (d) microtúbulo.

TEXTOS COMPLEMENTARES

Imunologia da reprodução

Pode ser muito mais difícil para uma mulher ter uma gravidez bem-sucedida do que se imagina, de acordo com especialistas

No Brasil, cerca de 5% dos casais que querem ter filhos sofrem de problemas de infertilidade, e apenas de 35% a 45% obtêm sucesso no tratamento de reprodução assistida, segundo dados apresentados pela médica Sílvia Daher, professora do Departamento de Obstetrícia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

A pré-eclâmpsia – hipertensão durante a gestação – ocorre em 10% dos casos de gravidez no país, enquanto de 10% a 20% dos casos de gravidez acabam em partos prematuros e 1% das mulheres grávidas têm gestação ectópica, ou seja, como não conseguem criar ambiente no útero, a gestação acaba acontecendo fora dele. O chamado aborto de repetição – que acontece espontaneamente durante o primeiro trimestre de gravidez mais de três vezes consecutivas – é registrado em 0,5% dos casos.

“São patologias da gravidez, muitas vezes relacionadas a causas imunológicas. Porém, existem testes que ajudam a definir o perfil imunológico da mulher e detectam o que pode favorecer o aparecimento de uma patologia”, disse Sílvia à Agência Fapesp.

Segundo ela, em muitos casos não se consegue diagnosticar a causa de uma dessas doenças. “É isso que nos leva a pensar em comprometimento imunológico. Existem, por exemplo, reações autoimunes, quando o organismo da mulher acaba reagindo contra ele mesmo. É o que pode causar abortos de repetição”, explica a pesquisadora. Outra causa estudada atualmente é a reação aloimune, quando o organismo da mulher responde inadequadamente ao feto.

São fatores que podem gerar infertilidade ou aborto espontâneo de repetição. No entanto, destaca a imunologista, existem estratégias para resolver esses problemas, como a transfusão de linfócitos paternos, tratamento controverso, permitido apenas em alguns países.

“O problema desse tratamento é que o feto tem antígenos paternos, que são a marca do pai. Então, o organismo da mulher precisa estar com o sistema imunológico bem equilibrado para poder perceber a diferença de antígenos e fazer a resposta imune sem abortar”, disse Sílvia.

O papel do pai

Há casais que não conseguem engravidar, mesmo apresentando todas as condições ideais para isso, mas que acabam tendo filhos com outros parceiros. “São casos de pessoas que não combinam geneticamente. Podem até fazer fertilização *in vitro*, mas a mulher não engravida. É porque ela não consegue implantar o embrião”, disse Sílvia.

Nesses casos, de acordo com a professora da Unifesp, a mulher pode estar com baixa quantidade de HLA-G, antígeno importante na gestação, que, se produzido em pouca quantidade, faz com que a mulher não consiga implantar.

Muitos fatores influenciam o bom andamento de uma gravidez. Não se deve esquecer que o fator paterno também é importante nesse processo. Mas, ao contrário do que muitos pensam, não é somente o número de espermatozoides que se deve levar em conta. “Tanto para a mulher quanto para o homem, são importantes as citocinas, que são marcadores que também devem estar presentes no líquido seminal, para que não haja falha na implantação, o que gera a infertilidade”, explicou Sílvia, lembrando que existem testes que identificam esses marcadores genéticos e revelam que quem tem um determinado gene poderá ter mais chances de apresentar uma determinada doença.

Washington Castilhos. Agência FAPESP, 23 ago. 2007.
Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/7639>>.

O que são DST

As doenças sexualmente transmissíveis (DST) são transmitidas, principalmente, por contato sexual sem o uso de **camisinha** com uma pessoa que esteja infectada, e geralmente se manifestam por meio de feridas, corrimentos, bolhas ou verrugas. As mais conhecidas são **gonorreia** e **sífilis**.

Algumas DST podem não apresentar sintomas, tanto no homem quanto na mulher. É isso que requer que, se fizerem sexo sem camisinha, procurem o serviço de saúde para consultas com um profissional de saúde periodicamente. Essas doenças, quando não diagnosticadas e tratadas a tempo, podem evoluir para complicações graves, como infertilidade, câncer e até a morte.

Usar **preservativos** em todas as relações sexuais (oral, anal e vaginal) é o método mais eficaz para a redução do risco de transmissão das DST, em especial do vírus da AIDS, o HIV. Outra forma de infecção pode ocorrer pela transfusão de sangue contaminado ou pelo compartilhamento de seringas e agulhas, principalmente no uso de drogas injetáveis. A **AIDS** e a **sífilis** também podem ser transmitidas da mãe infectada, sem tratamento, para o bebê durante a gravidez ou o parto. E, no caso da AIDS, também na amamentação.

O tratamento das DST melhora a qualidade de vida do paciente e interrompe a cadeia de transmissão dessas doenças. O atendimento e o tratamento são gratuitos nos serviços de saúde do SUS.

Clamídia e Gonorreia	Cancro mole
Condiloma acuminado (HPV)	Infecção pelo Vírus T-linfotrópico humano (HTLV)
Doença Inflamatória Pélvica (DIP)	Linfogranuloma venéreo
Donovanose	AIDS
Hepatites virais	Sífilis
Herpes	Tricomoniase

Doenças sexualmente transmissíveis.

Sintomas das DST

As doenças sexualmente transmissíveis (DST) são muitas e podem ser causadas por diferentes agentes. Apesar disso, elas podem ter sintomas parecidos. Veja, abaixo, os principais sintomas das doenças mais comuns.

- **Sintomas:** Corrimento pelo colo do útero e/ou vagina (branco, cinza ou amarelado); pode causar coceira, dor ao urinar e/ou dor durante a relação sexual e cheiro ruim na região.
DST prováveis: tricomoníase, gonorreia, clamídia.
- **Sintomas:** Corrimento pelo canal de onde sai a urina, que pode ser amarelo purulento ou mais claro – às vezes, com cheiro ruim, além de poder apresentar coceira e sintomas urinários, como dor ao urinar e vontade de urinar constante.
DST prováveis: gonorreia, clamídia, tricomoníase, micoplasma, ureoplasma.
- **Sintomas:** Presença de feridas na região genital (pode ser uma ou várias), dolorosas ou não, antecedidas ou não por bolhas

pequenas, acompanhadas ou não de “íngua” na virilha.

DST prováveis: sífilis, cancro mole, herpes genital, donovanose, linfogranuloma venéreo.

- **Sintomas:** Dor na parte baixa da barriga (conhecido como baixo ventre ou “pé da barriga”) e durante a relação sexual.
DST prováveis: gonorreia, clamídia, infecção por outras bactérias.
- **Sintomas:** Verrugas genitais ou “crista de galo” (uma ou várias), que são pequenas no início e podem crescer rapidamente e se parecer como uma couve-flor.
DST prováveis: infecção pelo papilomavírus humano (HPV).

Não sinta vergonha de conversar com o profissional de saúde e tirar todas as dúvidas sobre sexo ou qualquer coisa diferente que esteja percebendo ou sentindo. É direito de todo brasileiro buscar esclarecimento e informações durante o atendimento de saúde. A seguir, saiba mais sobre algumas DST mais comuns.

Clamídia e gonorreia

Clamídia e gonorreia são infecções causadas por bactérias que podem atingir os órgãos genitais masculinos e femininos. A clamídia é muito comum entre os adolescentes e adultos jovens, podendo causar graves problemas à saúde. A gonorreia pode infectar o pênis, o colo do útero, o reto (canal anal), a garganta e os olhos. Quando não tratadas, essas doenças podem causar infertilidade (dificuldade para ter filhos), dor durante as relações sexuais, gravidez nas trompas, entre outros danos à saúde.

- **Sinais e sintomas:** Nas mulheres, pode haver dor ao urinar ou no baixo ventre (pé da barriga), aumento de corrimento, sangramento fora da época da menstruação, dor ou sangramento durante a relação sexual. Entretanto, é muito comum estar doente e não ter sintoma algum. Por isso, é recomendável procurar um serviço de saúde periodicamente, em especial se houve sexo sem camisinha.

Nos homens, normalmente há uma sensação de ardor e esquentamento ao urinar, podendo causar corrimento ou pus, além de dor nos testículos. É possível que não haja sintomas e o homem transmita a doença sem saber. Para evitar, é necessário o uso da **camisinha** em todas as relações sexuais.

- **Diagnóstico:** Por meio da consulta com um profissional de saúde, exame clínico específico e coleta de secreções genitais.
- **Tratamento:** Na presença de qualquer sinal ou sintoma dessas DST, é recomendado procurar um profissional de saúde, para o diagnóstico correto e indicação do tratamento adequado, com o uso de antibióticos específicos.

Ofalmia neonatal

É uma conjuntivite do recém-nascido, após contaminação durante o nascimento, com secreções genitais da mãe infectada por

damídia e gonorreia, que não foram tratadas. Surge no primeiro mês de vida e pode levar à cegueira se não prevenida ou tratada adequadamente.

- **Sinais e sintomas:** Vermelhidão e inchaço das pálpebras e/ou presença de secreção (pus) nos olhos.
- **Prevenção:** Deve ser feita a prevenção em todos os recém-nascidos com um colírio, aplicado na primeira hora após o nascimento, ainda na maternidade.
- **Tratamento:** Toda oftalmia neonatal deve receber tratamento imediato para as principais bactérias causadoras (gonococos, causadores da gonorreia e da clamídia), a fim de prevenir consequências graves, como a cegueira. A mãe e seu(s) parceiro(s) sexual(ais) devem sempre ser avaliados e tratados.

Sífilis

É uma doença infecciosa causada pela bactéria *Treponema pallidum*. Pode se manifestar em três estágios. Os maiores sintomas ocorrem nas duas primeiras fases, período em que a doença é mais contagiosa. O terceiro estágio pode não apresentar sintoma e, por isso, dá a falsa impressão de cura da doença.

Todas as pessoas sexualmente ativas devem realizar o teste para diagnosticar a sífilis, principalmente as gestantes, pois a sífilis congênita pode causar aborto, má-formação do feto e/ou morte ao nascer. O teste deve ser feito na 1ª consulta do pré-natal, no 3º trimestre da gestação e no momento do parto (independentemente de exames anteriores). O cuidado também deve ser especial durante o parto, para evitar sequelas no bebê, como cegueira, surdez e deficiência mental.

- **Formas de contágio:** A sífilis pode ser transmitida de uma pessoa para outra durante o sexo sem camisinha com alguém infectado, por transfusão de sangue contaminado, ou da mãe infectada para o bebê durante a gestação ou o parto. O uso da camisinha em todas as relações sexuais e o correto acompanhamento durante a gravidez são meios simples, confiáveis e baratos de prevenir a sífilis.
- **Sinais e sintomas:** Os primeiros sintomas da doença são pequenas feridas nos órgãos sexuais e caroços nas virilhas (ínguas), que surgem entre 7 e 20 dias após o sexo desprotegido com alguém infectado. A ferida e as ínguas não doem, não coçam, não ardem e não apresentam pus. Mesmo sem tratamento, essas feridas podem desaparecer sem deixar cicatriz. Mas a pessoa continua doente e a doença se desenvolve. Ao alcançar um certo estágio, podem surgir manchas em várias partes do corpo (inclusive mãos e pés) e queda dos cabelos.
Após algum tempo, que varia de pessoa para pessoa, as manchas também desaparecem, dando a ideia de melhora. A doença pode ficar estacionada por meses ou anos, até o momento em que surgem complicações graves, como cegueira, paralisia, doença cerebral e problemas cardíacos, podendo, inclusive, levar à morte.
- **Diagnóstico:** Quando não há evidência de sinais e/ou sintomas, é necessário fazer um teste laboratorial. Mas, como o exame busca por anticorpos contra a bactéria, só pode ser feito da primeira à terceira semana após o contágio.

- **Tratamento:** Recomenda-se procurar um profissional de saúde, pois só ele pode fazer o diagnóstico correto e indicar o tratamento mais adequado, dependendo de cada estágio. É importante seguir as orientações médicas para curar a doença.

Sífilis congênita

Ocorre quando a sífilis é transmitida de mãe para filho. A infecção é grave e pode causar má-formação do feto, aborto ou morte do bebê quando este nasce gravemente doente. Por isso, é importante fazer o teste para detectar a sífilis durante o pré-natal e, quando o resultado é positivo, tratar corretamente a mulher e seu parceiro. Só assim se consegue evitar a transmissão da doença.

- **Sinais e sintomas:** A sífilis congênita pode se manifestar logo após o nascimento, durante ou após os primeiros dois anos de vida da criança. Na maioria dos casos, os sinais e sintomas estão presentes já nos primeiros meses de vida. Após o nascimento, a criança pode ter pneumonia, feridas no corpo, cegueira, dentes deformados, problemas ósseos, surdez ou deficiência mental. Em alguns casos, a sífilis pode ser fatal.

O diagnóstico se dá por meio do exame de sangue e deve ser pedido no primeiro trimestre da gravidez. O recomendado é refazer o teste no 3º trimestre da gestação e repeti-lo logo antes do parto, já na maternidade. Quem não fez pré-natal deve realizar o teste antes do parto. O maior problema da sífilis é que, na maioria das vezes, as mulheres não sentem nada e só vão descobrir a doença após o exame.

- **Tratamento:** Quando a sífilis é detectada, o tratamento deve ser indicado por um profissional da saúde e iniciado o mais rápido possível. Os parceiros também precisam fazer o teste e ser tratados, para evitar uma nova infecção da mulher. No caso das gestantes, é muito importante que o tratamento seja feito com a penicilina, pois é o único medicamento capaz de tratar a mãe e o bebê. Com qualquer outro remédio, o bebê não estará sendo tratado. Se ele tiver sífilis congênita, necessita ficar internado para tratamento por 10 dias.
- **Cuidados com o recém-nascido:** Todos os bebês devem realizar exame para sífilis independentemente dos exames da mãe. Os bebês que tiverem suspeita de sífilis congênita precisam fazer uma série de exames antes de receber alta.

AIDS

A Síndrome da Imunodeficiência Adquirida, como também é chamada, é causada pelo HIV e ataca o **sistema imunológico**. Como esse vírus ataca as células de defesa do nosso corpo, o organismo fica mais vulnerável a diversas doenças, de um simples resfriado a **infecções mais graves**, como tuberculose ou câncer. O próprio tratamento dessas doenças fica prejudicado.

Há alguns anos, receber o diagnóstico de AIDS era uma sentença de morte. Mas, hoje em dia, é possível ser soropositivo e viver com qualidade de vida. Basta tomar os **medicamentos indicados** e seguir corretamente as recomendações médicas.

Saber precocemente da doença é fundamental para aumentar ainda mais a sobrevivência da pessoa. Por isso, o Ministério da Saúde

recomenda **que as pessoas façam o teste** sempre que passarem por alguma **situação de risco** e que usem sempre o preservativo.

HIV é a sigla em inglês do vírus da imunodeficiência humana. Causador da AIDS, ele ataca o **sistema imunológico**, responsável por defender o organismo de doenças. As células mais atingidas são os **linfócitos T CD4+**. É alterando o DNA dessa célula que o HIV faz cópias de si mesmo. Depois de se multiplicar, ele rompe os linfócitos em busca de outros para continuar a infecção.

Ter o HIV não é a mesma coisa que ter a AIDS. Há muitos soropositivos que vivem anos sem apresentar sintomas e sem desenvolver a doença, mas que podem transmitir o vírus a outros pelas relações sexuais desprotegidas, pelo compartilhamento de

seringas contaminadas ou de mãe para filho durante a gravidez e a amamentação. Por isso, é sempre importante **fazer o teste e se proteger** em todas as situações.

- **Biologia:** HIV é um retrovírus, classificado na subfamília dos *Lentiviridae*. Esses vírus compartilham algumas propriedades comuns: período de incubação prolongado antes do surgimento dos sintomas da doença, infecção das células do sangue e do sistema nervoso e supressão do sistema imune.

Ministério da Saúde. Disponível em: <www.aids.gov.br/pagina/o-que-sao-dst>.

RESUMINDO

Sistema reprodutor masculino

O sistema reprodutor masculino produz os gametas (espermatozoides) e os hormônios masculinos.

- **Componentes do sistema:**

- Testículos: dotados de túbulos seminíferos com espermatogônias, que irão gerar os espermatozoides após sofrerem mitoses.
 - **Células de Sertoli:** servem de apoio, proteção e nutrição às espermatogônias.
 - **Células de Leydig (ou intersticiais):** produzem o hormônio masculino testosterona.
- Epidídimo: estruturas arredondadas que armazenam os espermatozoides até que completem sua maturação.
- Bolsa escrotal: responsável pela manutenção da temperatura dos espermatozoides, que deve ser menor que a corporal.
- Canais deferentes: dutos que desembocam no canal da uretra e transportam o sêmen.
- Vesícula seminal: glândula que produz líquido nutritivo aos espermatozoides.
- Próstata: libera secreção levemente alcalina, que auxilia na neutralização do pH vaginal (garante a sobrevivência dos espermatozoides).
- Glândula bulbouretral: responsável pela liberação do líquido pré-ejaculatório, que neutraliza a acidez da uretra e lubrifica esse canal e a vagina.
- Pênis: órgão copulador do homem. Sua extremidade é a glândula, recoberta por uma pele chamada prepúcio. O interior do órgão tem tecidos (os corpos cavernosos e um corpo esponjoso) que, ao receberem sangue, permitem a ereção.
- Uretra: canal que passa pelo interior do pênis. Recebe tanto sêmen quanto urina (está ligada à bexiga).

- **O sistema reprodutor masculino e os hormônios:**

- a hipófise produz FSH (hormônio foliculostimulante), que estimula a espermatogênese;
- a hipófise produz LH (hormônio luteinizante), que estimula as células intersticiais a produzirem testosterona.

Sistema reprodutor feminino

O sistema reprodutor feminino produz gametas e hormônios e abriga o embrião, que se desenvolve, formando o feto. Sem a ocorrência de fecundação, ocorre a menstruação.

- **Componentes do sistema:**

- **Ovários:** gônadas femininas, responsáveis pela produção de ovócitos e de hormônios femininos (estrógeno e progesterona). A cada ciclo menstrual, ocorre a maturação de um ovócito I, gerando um folículo ovariano (folículo de De Graaf); o ovócito I origina um ovócito II. O folículo se rompe e ocorre a liberação do ovócito II, caracterizando a ovulação.
- **Tubas uterinas:** canais que comunicam os ovários com o útero, transferindo o ovócito de um para o outro.
- **Útero:** possui cavidade com parede muscular de contração involuntária. Seu interior é recoberto pelo endométrio. Em intervalos cíclicos, a parede uterina sofre espessamento estimulado por hormônios ovarianos.
- **Vagina:** canal por onde são introduzidos os espermatozoides e por onde ocorre o parto. Está ligada ao colo do útero.
- **Genitália externa:** constituída pelos pequenos e grandes lábios e pelo clitóris. Apresenta pelos, que protegem a entrada da vagina.

- **Noções do ciclo menstrual:**

- Tem duração em torno de 28 dias, sendo iniciado com o fluxo menstrual.
- Aproximadamente no 14º dia há a ovulação (eliminação de ovócito II); cerca de 4 dias antes e 4 dias depois da ovulação consiste no período fértil da mulher – caso ocorra fecundação, forma-se um embrião, que se aloja no endométrio; sem fecundação, parte do endométrio se desprende, ocorrendo a menstruação.

- **O sistema reprodutor feminino e os hormônios:**
 - Estrógeno e progesterona são hormônios esteroides, responsáveis pela determinação das características sexuais secundárias femininas. Durante o ciclo menstrual, são produzidos hormônios, acarretando alterações no organismo feminino.
 - Início do ciclo:
 - A hipófise secreta maiores quantidades de FSH: hormônio que promove o crescimento de folículos ovarianos, produtores de estrógeno.
 - O estrógeno inibe a secreção de FSH. O forte declínio de FSH estimula novamente a liberação de grandes quantidades de FSH e de LH e os níveis de estrógeno diminuem.
 - O aumento de FSH e LH provoca o rápido desenvolvimento final e a ruptura de um folículo ovariano: ocorre a ovulação.
 - Após a ovulação:
 - O corpo-lúteo (resultante do folículo) produz grandes quantidades de progesterona e de estrógeno, que atuam no endométrio, provocando seu espessamento e preparando-o para uma possível gravidez.
 - Progesterona e estrógeno, novamente, inibem a hipófise, diminuindo a taxa de secreção dos hormônios FSH e LH.
 - A queda nas taxas de FSH e LH provoca a involução do corpo-lúteo (a secreção de estrógeno e progesterona cai, pois não ocorreu a fecundação). Nesse momento, ocorre a menstruação. Inicia-se um novo ciclo – a hipófise secreta novamente FSH.
- **Gravidez e parto:**
 - A fecundação ocorre na tuba uterina.
 - No início do desenvolvimento embrionário, o zigoto sofre divisões: há a formação de blastômeros, depois, da mórula e da blástula.
 - O **blastocisto** (blástula) inicia sua implantação no endométrio, processo chamado de nidação.
 - **Trofoblasto:** camada de células externa do blastocisto, a qual participa da formação da placenta. O trofoblasto e a placenta produzem gonadotrofina coriônica (HCG), hormônio que estimula o corpo-lúteo a produzir progesterona. É responsável pela manutenção da gravidez (é investigado em testes para detectá-la).
 - **Embrioblasto:** grupo de células internas do blastocisto que formará os folhetos embrionários.
 - A gestação humana dura cerca de 40 semanas.
 - O parto normal está associado a mudanças hormonais:
 - A placenta deixa de produzir progesterona e passa a produzir prostaglandinas, que estimulam contrações uterinas.
 - A adeno-hipófise produz ocitocina, que também promove contrações uterinas.
 - No parto normal, as contrações tornam-se mais frequentes e intensas, permitindo a expulsão do feto.

Métodos contraceptivos

Contracepção é o conceito utilizado quando pessoas com vida sexual ativa usam algum método para evitar a gravidez. Seguem alguns e suas principais ações.

- **Métodos comportamentais:** aqueles que envolvem o comportamento do casal. Dentre eles:
 - **Abstinência sexual:** não realização do ato sexual.
 - **Tabelinha:** programação da realização do ato sexual em períodos mais distantes do período fértil.
 - **Coito interrompido:** retirada do pênis da vagina no momento da ejaculação.
- **Métodos de barreira:** impedem o contato do espermatozoide com o óvulo por meio da utilização de um impedimento físico. Dentre eles estão:
 - **Preservativo masculino (camisa de vênus, ou camisinha):** feito de látex, envolve o pênis para que o sêmen fique retido no preservativo, visando a não eliminação na vagina. Previne contra DST.
 - **Camisinha feminina:** bolsa de plástico fino com dois anéis; deve ser introduzida na vagina, funcionando da mesma forma que a camisinha masculina.
 - **Diafragma:** artefato de látex, colocado no fundo da vagina antes de cada relação sexual, atuando como uma barreira à passagem de espermatozoides em direção ao útero; pode ser associado ao uso de creme espermicida.
- **Dispositivo intrauterino (DIU):** instalado no útero por um médico, impede a nidação do embrião. Alguns DIUs são associados a hormônios, atuando também para impedir a ovulação e reduzir os efeitos colaterais do dispositivo, como o aumento no fluxo menstrual.
- **Métodos hormonais:** aqueles nos quais há a utilização de hormônios para que não ocorra a liberação de óvulos, a fecundação ou a nidação. Não previnem contra as DST. Alguns deles são:
 - **Pílula anticoncepcional:** é um medicamento que contém estrógeno e progesterona, que inibem a hipófise de produzir o FSH e resulta na não ocorrência de ovulação.
 - **Pílula do dia seguinte:** método usado quando há relação sexual sem prevenção contraceptiva ou falha da utilizada. Dificulta a ocorrência de gravidez, impedindo a nidação. Não tem efeito caso o embrião já esteja implantado no útero.
- **Métodos cirúrgicos:** aqueles nos quais há intervenção cirúrgica para que não ocorra a liberação de óvulos e espermatozoides. Não previnem contra as DST. Reversão exige cirurgia e pode ser impossível de ser feita. Alguns deles são:
 - **Laqueadura tubária:** é a remoção ou amarração cirúrgica de um segmento de cada tuba uterina.
 - **Vasectomia:** é a remoção ou amarração cirúrgica de um segmento de cada canal deferente.

■ QUER SABER MAIS?

SITES

- Veja a animação de um parto cesáreo no canal NUCLEUS – Medical Media, do YouTube.
<www.youtube.com/watch?v=grEsTJPBpW0&feature=c4-overview-vl&list=PLA5CF8FD6EB6AC047>.
- Reportagem do site G1 aborda pesquisa segundo a qual a poluição do ar pode causar infertilidade masculina.
<<http://g1.globo.com/sao-paulo/respirar/noticia/2011/05/poluicao-pode-causar-infertilidade-masculina-diz-pesquisa.html>>.
- Reportagem da revista *Digital & Mídia* que relaciona o uso de *laptop* no colo com infertilidade masculina.
<<http://oglobo.globo.com/tecnologia/mat/2010/11/08/uso-de-laptop-no-colo-pode-prejudicar-fertilidade-masculina-922968767.asp>>.
- Reportagem sobre endometriose: a principal causa da infertilidade feminina.
<<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/endometriose+a+principal+causa+da+infertilidade+feminina/n1237665484406.html>>.

Exercícios complementares

1 UFMG 2005 O uso da camisinha é considerado um método eficaz para a prática do sexo seguro.

Entre as finalidades desse método, não se inclui:

- (a) impedir a formação do zigoto.
- (b) bloquear a passagem do sêmen.
- (c) evitar o contágio de doenças sexualmente transmissíveis.
- (d) dificultar a formação do gameta masculino.

2 Unesp Considere a tabela seguinte, que contém diversas formas de contraceptivos humanos e três modos de ação.

Modos de ação			
	Impede o encontro de gametas	Impede a implantação do embrião	Previne a ovulação
I	Camisinha masculina	Dispositivo intrauterino (DIU)	Pílula comum
II	Coito interrompido	Laqueadura tubária	Camisinha feminina
III	Diafragma	Pílula do dia seguinte	Pílula comum
IV	Dispositivo intrauterino (DIU)	Laqueadura tubária	Camisinha feminina
V	Vasectomia	Camisinha masculina	Diafragma

A relação entre tipos de contraceptivos e os três modos de ação está correta em:

- (a) I, apenas.
- (b) I e II, apenas.
- (c) I e III, apenas.
- (d) III e IV, apenas.
- (e) III e V, apenas.

3 UFG Na espécie humana, o sistema reprodutor feminino é constituído por útero, ovários, trompas de falópio e vagina, enquanto o masculino é constituído por órgãos como os testículos, próstata, vesícula seminal e pênis. A reprodução ocorre de forma sexuada e normalmente por fecundação interna. Com relação ao sistema reprodutor humano, responda:

- a) Uma mulher apresenta um ciclo menstrual de 28 dias. Se ela normalmente fica menstruada por cinco dias e parou de menstruar no dia 10 de dezembro, qual será o provável dia de sua próxima ovulação?

- b) Na espécie humana, é possível o nascimento de gêmeos fraternos originados de espermatozoides de pais diferentes? Por quê?

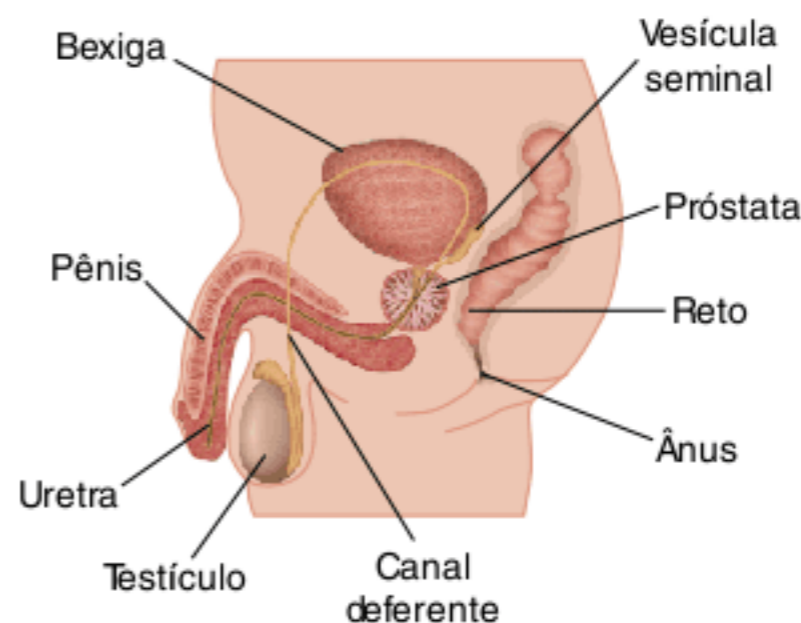
- c) A vasectomia é um método anticoncepcional masculino. Em que consiste essa técnica?

4 UFF Recentemente, foram divulgados resultados de uma pesquisa sobre terapia de reposição hormonal (TRH) realizada nos Estados Unidos, com 16,6 mil mulheres de 50 a 79 anos de idade. Essa pesquisa apontou aumento da incidência de câncer de mama e de doenças cardiovasculares nas mulheres submetidas à TRH a fim de amenizar os efeitos da menopausa, período da vida da mulher em que a produção dos hormônios sexuais diminui.

No ciclo sexual de uma mulher na idade reprodutiva, os níveis máximos de estrogênio e progesterona ocorrem, respectivamente:

- (a) na menstruação e na ovulação.
- (b) próximo ao final da fase proliferativa e na fase secretora.
- (c) na fase secretora e na fase proliferativa.
- (d) na fase proliferativa e na menstruação.
- (e) na fase secretora e na menstruação.

5 UFRJ A vasectomia é um processo de esterilização masculina que consiste no corte ou obstrução dos canais deferentes. Embora cause esterilidade, a vasectomia não afeta a atividade sexual masculina.

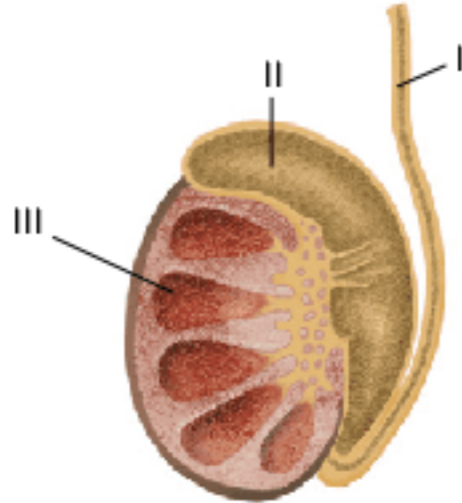


Explique por que a vasectomia não afeta a atividade sexual masculina e por que ela impede a reprodução.

6 UFRJ Dentre os métodos de contracepção humana, existem aqueles que impedem o encontro dos gametas (camisinha, diafragma), os que impedem a formação dos gametas (pílula) e um terceiro tipo, que consiste na implantação de um dispositivo intrauterino (DIU). Esse dispositivo consiste em uma alça de material sintético implantada cirurgicamente no endométrio uterino, onde provoca uma inflamação crônica.

Esse mecanismo de contracepção (DIU) difere das duas outras maneiras em um aspecto fundamental. Identifique esse aspecto.

7 UFV Com relação ao esquema de parte do aparelho reprodutor humano (I, II e III), representado a seguir, assinale a alternativa correta.

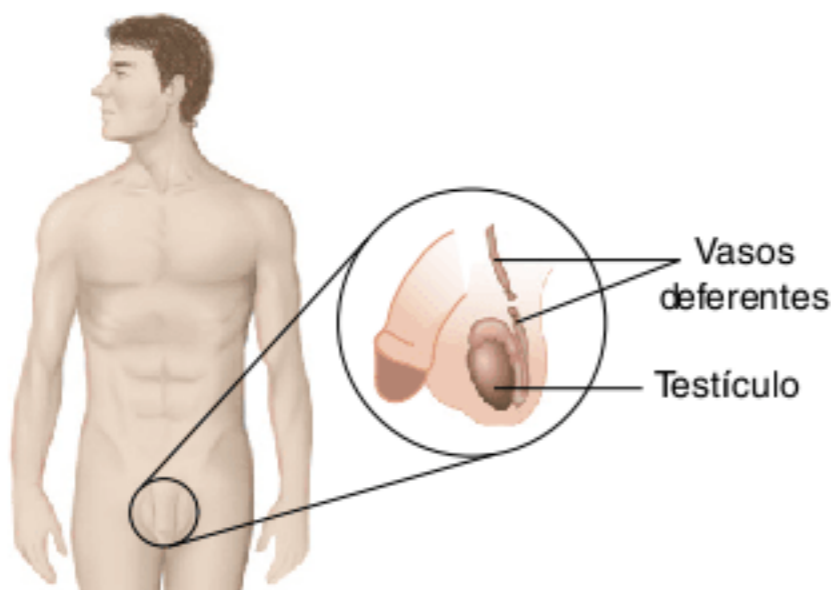


- (a) As células de Sertoli encontram-se em III.
- (b) Os túbulos seminíferos percorrem a estrutura indicada por I.
- (c) A liberação dos espermatozoides ocorre na sequência II, III e I.
- (d) O epididimo está representado por III.
- (e) Os espermatozoides são produzidos em II.

8 UFRJ A maior parte dos métodos anticoncepcionais que utiliza uma abordagem bioquímica ou fisiológica aplica-se à mulher. Um exemplo muito conhecido é a pílula anticoncepcional, que lança mão de misturas de estrogênio e progesterona para inibir a ovulação.

Por que é mais difícil elaborar uma estratégia semelhante para o homem?

9 UFMG Diferentes métodos de controle de natalidade têm sido usados pela população. Um desses métodos está ilustrado nesta figura.



Considerando-se a utilização desse método, é correto afirmar que ele pode implicar:

- (a) a inibição das glândulas que produzem sêmen.
- (b) a manutenção de espermatogônias.
- (c) a redução da libido.
- (d) o aumento da produção de testosterona.

10 UFV A frase: “Doutor, eu estou grávida? Mas não é possível, o que será que aconteceu?” tem sido dita por milhares de futuras mães aos seus médicos. Entretanto, o médico poderia lhe responder: “Que bom, os seus hormônios e os de seu marido estão funcionando muito bem”. Em relação a esse pequeno diálogo, assinale a alternativa que não pode ser considerada biologicamente correta.

- (a) Se a tabelinha foi utilizada como método preventivo, a futura mãe não deveria ter se assustado.
- (b) As glândulas exócrinas do casal produziram os hormônios sexuais em doses adequadas.
- (c) O médico poderia citar que os hormônios foliculosestimulantes do casal foram produzidos.
- (d) A gravidez pode ter sido detectada pela presença de gonadotrofina coriônica na urina.
- (e) A gravidez ocorreu após a fecundação dos gametas e a posterior nidadação do embrião ao endométrio.

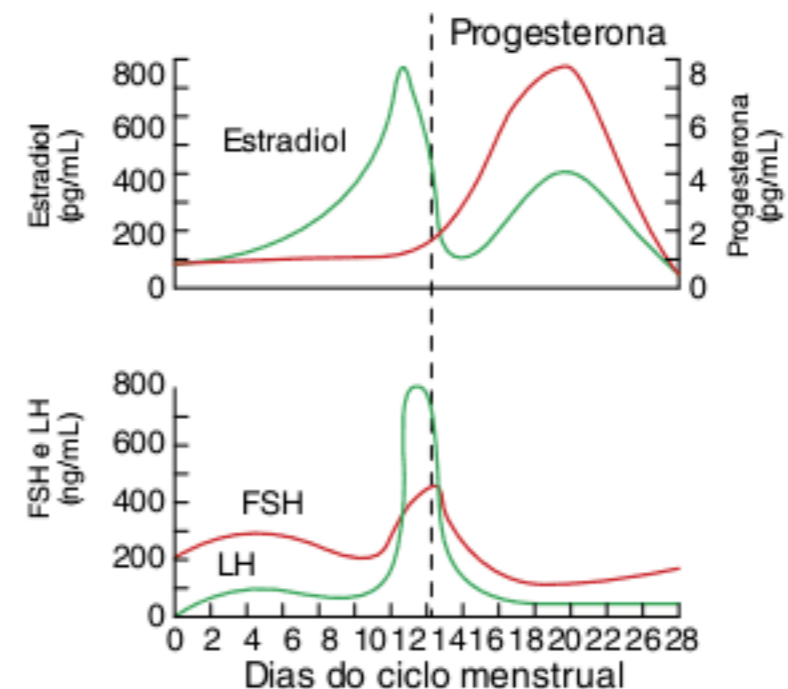
11 UFRN Marque a opção em que o método contraceptivo está corretamente associado a seu mecanismo de ação.

- (a) A laqueadura tubária (ligadura de trompas) interrompe a ovulação.
- (b) A vasectomia impede que os espermatozoides sejam expelidos na ejaculação.
- (c) O uso de pílulas evita a penetração do espermatozoide no ovócito.
- (d) O método da tabelinha inibe a secreção ovariana.

12 UFSM Sabe-se que um óvulo pode sobreviver cerca de 48 horas e um espermatozoide cerca de 72 horas. Um casal, cuja mulher possui um ciclo menstrual padrão, que deseja evitar com boa margem de segurança a gravidez não deve manter relações sexuais durante:

- (a) o 10º e o 18º dia do ciclo.
- (b) o 12º e o 20º dia do ciclo.
- (c) o 8º e o 16º dia do ciclo.
- (d) o 1º e o 8º dia do ciclo.
- (e) o 20º e o 28º dia do ciclo.

13 UnB Os gráficos mostrados na figura representam as variações nos níveis dos hormônios hipofisários e ovarianos durante o ciclo menstrual da mulher.



Com o auxílio dos gráficos, julgue os seguintes itens.

- O primeiro dia do ciclo menstrual corresponde ao primeiro dia da menstruação.
- O aumento da taxa de FSH induz o desenvolvimento dos folículos ovarianos.
- No momento da ovulação, as taxas de estrógeno e de LH estão elevadas.
- Os gráficos ilustram a situação que ocorre em mulheres que estão sob efeito de pílulas anticoncepcionais.

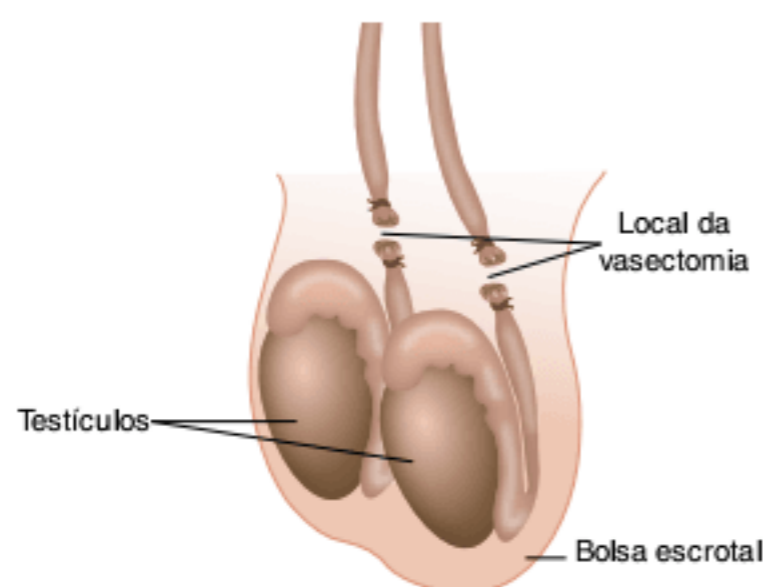
14 A existência da menstruação nas mulheres é devida à ação conjunta de vários hormônios. Explique como e por que ela ocorre.

15 UnB Em relação à reprodução humana, julgue os seguintes itens.

- Os testículos precisam de uma temperatura maior que a corporal para produzirem os espermatozoides.
- A obstrução total dos canais deferentes leva à esterilidade masculina.
- A pílula anticoncepcional torna os espermatozoides menos capazes de fecundar um óvulo, além de agir na parede do útero, impedindo a fixação do ovo.
- Os hormônios que regulam o ciclo menstrual geralmente favorecem a ocorrência da ovulação por volta da metade do ciclo.
- A formação dos gametas femininos inicia-se na puberdade.

16 Explique por que a interrupção da menstruação é sinal de possível gravidez.

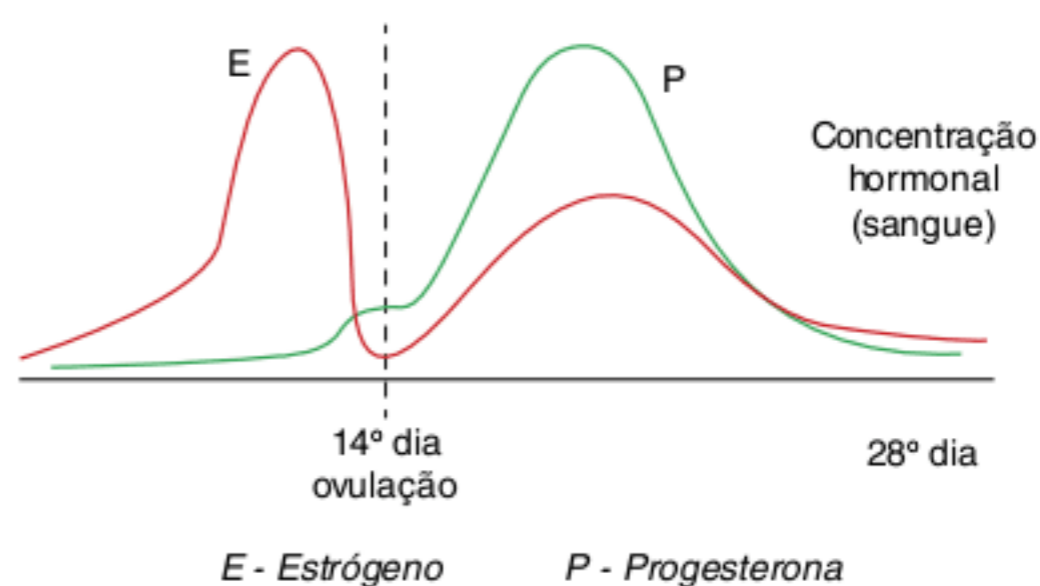
17 UFRJ 2008 A figura a seguir mostra como é feita a vasectomia, um procedimento cirúrgico simples, que envolve a interrupção dos vasos deferentes. Essa interrupção impede que os espermatozoides produzidos nos testículos atinjam a uretra, tornando os homens inférteis. A vasectomia não inibe o ato sexual. Para que um homem se mantenha sexualmente ativo, é preciso que haja produção e secreção do hormônio testosterona. A testosterona, que também é produzida nos testículos, é responsável pela indução do desejo sexual (libido) e é também necessária para que ocorra a ereção do pênis.



Por que a vasectomia não bloqueia os efeitos da testosterona, uma vez que esse hormônio também é produzido nos testículos?

18 Quais são os dois hormônios produzidos pelo ovário e quais suas funções?

19 UFPA 2011 O gráfico a seguir representa os níveis dos hormônios estrógeno e progesterona no sangue de uma mulher, durante seu ciclo menstrual.



A análise do gráfico permite afirmar:

- (a) A mulher está grávida, pois os níveis dos hormônios reduziram no final do ciclo menstrual.
- (b) A mulher está grávida, pois os níveis dos hormônios estão baixos no período da ovulação.
- (c) Se a mulher fizesse sexo sem preocupações contraceptivas nos cinco dias antes do período da ovulação ou nos cinco dias após esse período, suas chances de engravidar seriam elevadas.
- (d) Se a mulher estivesse grávida, os níveis de estrógeno e progesterona seriam baixos desde a ovulação.
- (e) A elevação dos níveis de progesterona após a ovulação impedirá a gravidez.

20 Unesp 2010 Paula não toma qualquer contraceptivo e tem um ciclo menstrual regular de 28 dias exatos. Sua última menstruação foi no dia 23 de junho. No dia 06 de julho, Paula manteve uma relação sexual sem o uso de preservativos. No dia 24 de julho, Paula realizou um exame de urina para verificar se havia engravidado.

Em função do ocorrido, pode-se dizer que, no dia 06 de julho, Paula:

- (a) talvez ainda não tivesse ovulado, mas o faria um ou dois dias depois. Considerando que o espermatozoide pode permanecer viável no organismo feminino por cerca de dois dias, há a possibilidade de Paula ter engravidado. O exame de urina poderia confirmar essa hipótese, indicando altos níveis de gonadotrofina coriônica.
- (b) já teria ovulado, o que teria ocorrido cerca de dois dias antes. Contudo, considerando que depois da ovulação o óvulo permanece viável no organismo feminino por cerca de uma semana, há a possibilidade de Paula ter engravidado. O exame de urina poderia confirmar essa hipótese, indicando redução no nível de estrógenos.
- (c) já teria ovulado, o que teria ocorrido há cerca de uma semana; portanto, não estaria grávida, o que poderia ser confirmado pelo exame de urina, que indicaria altos níveis de estrógenos e de LH.
- (d) estaria ovulando e, portanto, é quase certo que estaria grávida. Com a implantação do embrião no endométrio, ocorre um aumento na secreção de LH e diminuição nos níveis de gonadotrofina coriônica, o que poderia ser detectado pelo exame de urina já na semana seguinte à nidação.

(e) ainda não teria ovulado, o que só iria ocorrer dias depois; portanto, não estaria grávida, o que poderia ser confirmado pelo exame de urina, que indicaria altos níveis de gonadotrofina coriônica.

21 UFRN 2002 Maria ia iniciar sua vida sexual. Como não queria engravidar, consultou a sua ginecologista, que indicou o uso de pílulas anticoncepcionais. A ginecologista deu informações a Maria sobre o funcionamento da pílula. Como Maria ainda continuava com dúvidas, fez algumas perguntas à ginecologista. Faça o papel da ginecologista e tire as dúvidas de Maria.

- Como a pílula impede a gravidez?
- Mesmo tomando a pílula, continuarei menstruando? Por quê?

22 Fuvest Se uma mulher tiver seus ovários removidos por cirurgia, quais dos seguintes hormônios deixarão de ser produzidos?

- Hormônio foliculosestimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH).
- Hormônio foliculosestimulante (FSH) e estrógeno.
- Hormônio foliculosestimulante (FSH) e progesterona.
- Hormônio luteinizante (LH) e estrógeno.
- Estrógeno e progesterona.

23 UEL Na urina de uma mulher, foi verificada a presença de gonadotrofina coriônica. Essa substância indica que a mulher:

- está menstruada.
- está grávida.
- tem diabetes.
- tem falta de cálcio.
- tem metabolismo basal baixo.

24 Unifesp 2013 Leia os trechos extraídos do romance O cortiço, de Aluísio Azevedo (1857-1913).

Trecho 1

A filha era a flor do cortiço. Chamavam-lhe Pombinha. [...] Tinha o seu noivo, o João da Costa, [...] mas Dona Isabel não queria que o casamento se fizesse já. É que Pombinha, orçando aliás pelos dezoito anos, não tinha ainda pago à natureza o cruento tributo da puberdade [...], por coisa nenhuma desta vida consentiria que a sua pequena casasse antes de “ser mulher”, como dizia ela. [...] entendia que não era decente, nem tinha jeito, dar homem a uma moça que ainda não fora visitada pelas regras!

Trecho 2

— Veio?! perguntou a velha com um grito arrancado do fundo da alma.

A rapariga meneou a cabeça afirmativamente, sorrindo feliz e enrubescida.

[...]

— Milha filha é mulher! Minha filha é mulher!

O fato abalou o coração do cortiço, as duas receberam parabéns e felicitações.

a) Considerando a fisiologia da reprodução humana, o que vem a ser “as regras”, as quais o autor se refere? Qual alteração hormonal finaliza o processo que resulta na “vinda das regras”, como explicitado no trecho 2?

b) Suponha que Pombinha, já casada, e com “regras” regulares, quisesse evitar filhos, e para isso adotasse o método contraceptivo conhecido por “tabelinha”. Como Pombinha poderia determinar o período no qual deveria se abster de relações sexuais? Explique por que essa abstenção sexual deve se dar ao longo de um período de dias, e não apenas em um dia.

25 UEL 2013 Adquira o óvulo em um país, faça a fertilização em outro e contrate a mãe de aluguel num terceiro. Está pronto o seu filho com muita economia.

C. Costa. “Bebê globalizado”. Supernovas. *SuperInteressante*, São Paulo, Editora Abril, ed. 296, p. 28, out. 2011.

As transformações sociais possibilitam novas formas de constituição familiar. O desenvolvimento científico e tecnológico consegue ajudar casais a terem filhos, recorrendo à reprodução assistida.

Nesse contexto e supondo que um casal constituído por duas mulheres deseje ter um bebê, considere as afirmativas a seguir.

- A célula-ovo será resultante de um óvulo retirado de uma das mães que foi fecundado por um espermatozoide e implantado no útero de uma mulher ou no de uma das mães.
- A fusão dos núcleos dos óvulos das mães dará origem a um embrião do sexo feminino, o qual apresenta genes de ambas as genitoras, portanto com características haploides de cada uma delas.
- O embrião formado, gerado in vitro, foi implantado no útero de uma “mãe de barriga de aluguel” para que o bebê tivesse características dela.
- O bebê será do sexo feminino, porque o núcleo diploide que lhe deu origem é resultante da fertilização do óvulo de uma das mães com o espermatozoide haploide com cromossomo X de um homem.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

26 UFPE 2012 (Adapt.) Leia a notícia abaixo e analise as proposições que vêm a seguir.

Uma mulher de 38 anos, que mora em Três Pontas, na Região Sul de Minas Gerais, tem uma gravidez inusitada. Ela possui uma má-formação chamada “útero didelfo”, que fez com que ela tivesse dois órgãos. Há oito meses, Jucéa Maria de Andrade espera por gêmeos, uma menina e um menino, e cada um deles foi formado em um útero diferente.

Disponível em: <www.g1.globo.com>.

- A diferenciação anatômica do útero de Jucéa permite concluir que cada ovário libera um ovócito secundário a cada mês de forma independente, aumentando a chance de gerar gêmeos.
- A ovulogênese de Jucéa iniciou quando ela estava no útero de sua mãe, e foi continuada após seus ovócitos primários serem ativados pelo hormônio progesterona.

- O desenvolvimento do ovócito secundário na segunda divisão da meiose estaciona na metáfase II e, assim, somente é completado após a fecundação.
- Jucéa gerou gêmeos fraternos ou dizigóticos, pois óvulos distintos foram fecundados cada qual por um espermatozoide.
- O gêmeo do sexo masculino pode possuir alelos localizados no cromossomo X sem alelos correspondentes no cromossomo Y.

27 IFBA 2012 Leia.

O fascinante processo de criação da vida

O interesse pelo desenvolvimento embrionário é antigo. Em seus estudos anatômicos, Leonardo da Vinci especulou sobre os mistérios da concepção: desenhou um feto dentro do útero e criou esboços de uma possível ligação entre a medula espinhal e os testículos. No século XVII, cientistas naturalistas acreditavam que o espermatozoide abrigaria um bebê em miniatura, pronto para usar o útero como incubadora. Hoje temos ao nosso alcance informações significativas, que esclarecem boa parte das nossas dúvidas. Recursos de ultrassonografia permitem acompanhar a evolução da gravidez desde os primeiros dias após a fecundação, e descobertas no campo da genética trouxeram revelações sobre hereditariedade.

Mente & Cérebro, n. 222, p. 12, jul. 2011.

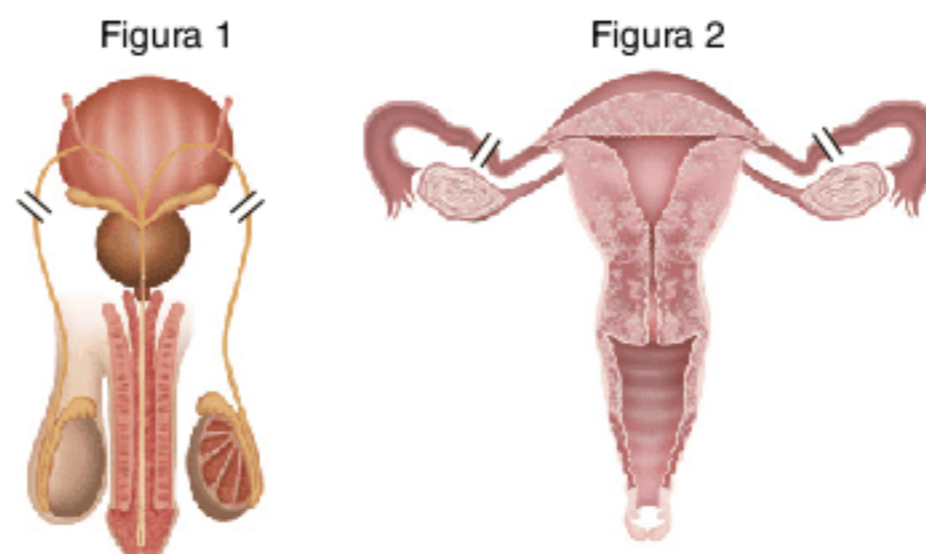
Sobre desenvolvimento humano, é correto afirmar que:

- (a) o ovócito II, durante a penetração do espermatozoide, completa a 2ª divisão meiótica e dá origem a um óvulo e um 2º glóbulo polar.
- (b) nos gêmeos monozigóticos, a fecundação se dá com a participação de dois ovócitos e dois espermatozoides que podem dar origem a crianças de sexos diferentes.
- (c) no ciclo menstrual, após o pico de LH, a taxa de estrogênio aumenta e a da progesterona diminui, estimulando o aumento dos níveis de FSH.
- (d) aproximadamente cinco semanas depois da fecundação, ocorre o processo de nidação, que estimula a produção de FSH.
- (e) na gravidez, o útero produz HCG, que contribuirá para suspensão da menstruação e da ovulação.

28 UFF 2012 Os hormônios atuam em rede na integração de diferentes órgãos e sistemas fisiológicos de um indivíduo. O estrogênio, por exemplo, além de determinar as características sexuais também induz o amadurecimento dos órgãos genitais e promove o ímpeto sexual. Esse hormônio é produzido principalmente pelo(a):

- (a) hipófise.
- (b) útero.
- (c) testículo.
- (d) próstata.
- (e) ovário.

29 UFSC 2011 (Adapt.) As figuras abaixo mostram procedimentos cirúrgicos no aparelho reprodutor masculino e no feminino denominados vasectomia (Figura 1) e ligação tubária (Figura 2).



Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Um homem que se submete à vasectomia (mostrada na Figura 1) tem preservada a capacidade de ejacular normalmente.
- 02 Uma mulher submetida ao procedimento de ligação tubária (mostrada na Figura 2) mantém a produção de óvulos (ovócitos secundários), mas estes não podem ser alcançados pelos espermatozoides.
- 04 Os ovários continuarão produzindo os hormônios FSH (hormônio estimulante do folículo), LH (hormônio luteinizante), estrogênio e progesterona mesmo depois da cirurgia.
- 08 O homem vasectomizado mantém a produção normal do hormônio testosterona, uma vez que este é lançado diretamente na corrente sanguínea.
- 16 Ambos os procedimentos cirúrgicos são considerados métodos anticoncepcionais e são eficientes na prevenção de doenças sexualmente transmissíveis.
- 32 Como um homem vasectomizado não mais elimina espermatozoides, não pode mais transmitir o vírus da AIDS para seus parceiros sexuais.
- 64 No caso da mulher submetida ao procedimento de ligação tubária (mostrada na Figura 2), com o passar dos anos, os óvulos (ovócitos secundários) acharão um novo caminho até o útero, por isso este procedimento cirúrgico deve ser sempre repetido a cada dez anos.

Soma =

30 UFPE 2010 A reprodução humana envolve aspectos biológicos, culturais e religiosos que são considerados na escolha do casal por ter filhos. Sobre aspectos ligados ao controle da natalidade, pode-se afirmar o que segue.

- A pílula do dia seguinte é abortiva, pois a interação de seus princípios ativos com o embrião fertilizado produz a destruição do mesmo.
- Mulheres com ciclo menstrual regular de 28 a 30 dias podem ter relações sexuais do primeiro ao nono dia do ciclo com chances mínimas de engravidar.
- Os testes de farmácia para detecção da gravidez identificam a presença do hormônio gonadotrofina coriônica na urina, produzido em maior quantidade em mulheres grávidas.
- A utilização de “camisinha” somente previne a gravidez se for utilizada em associação com uma pomada espermicida.
- A promiscuidade e a falta de uso da “camisinha”, além de aumentarem as chances de uma gravidez indesejada, acentuam a probabilidade de incidência do vírus da AIDS.

31 CPS No Carnaval, o Ministério da Saúde aumenta a distribuição de preservativos para a população e intensifica ainda mais as ações de prevenção às doenças sexualmente transmissíveis. Durante a festa, por tradição, alguns fatores acentuam os comportamentos que deixam os foliões mais vulneráveis à infecção, como o aumento do consumo de bebidas alcoólicas e um clima de maior liberação sexual. O uso adequado de preservativo, em todas as relações sexuais, é apontado pelas pesquisas como a forma mais eficiente de prevenir doenças sexualmente transmissíveis (DST) como a AIDS, herpes, sífilis, gonorreia e outras.

As frases a seguir se referem a essas doenças. Leia-as com atenção, procurando verificar a veracidade do conteúdo científico.

- I. Nas DST, o contágio ocorre durante a relação sexual, quando um dos parceiros está contaminado.
- II. Qualquer pessoa sexualmente ativa pode contrair essas doenças. O risco pode ser maior para aqueles que trocam frequentemente de parceiros.
- III. Os preservativos além de prevenirem contra as doenças podem também impedir gravidez indesejada.
- IV. Todas essas doenças são provocadas por fungos e bactérias.

- Assinale a alternativa que contém todas as afirmações cientificamente válidas.
- (a) Apenas I e II.
 - (b) Apenas II e III.
 - (c) Apenas III e IV.
 - (d) Apenas I, II e III.
 - (e) Apenas I, II e IV.

32 CPS Leia o trecho sobre HIV/AIDS a seguir, extraído de um artigo que discute a trajetória da epidemia. Nele, as autoras apresentam alguns relatos de jovens de escolas noturnas de São Paulo, ao mesmo tempo em que tecem seus comentários.

A camisinha é considerada eficaz para a AIDS, porém pouco prazerosa e frágil: “é muito fininha, rasga com facilidade, parece uma bexiga”. Na verdade eles continuam sem saber como usá-la e isso tem sido descrito como o motivo maior de “falha da camisinha”. A maioria dos programas não chega nos detalhes para ajudá-los a utilizar o preservativo adequadamente, param no “use camisinha”, ou esquecem de ressaltar que se trata de um processo de aprendizagem e de adaptação.

Vera Paiva; C. Peres Bessa. “Jovens e adolescentes em tempos de AIDS”. In: *Psicologia USP*, São Paulo, v. 13, n. 1, 2000.

Com o objetivo de organizar programas de prevenção do HIV/AIDS, levando em consideração a aprendizagem e a adaptação dos jovens, foram feitas as seguintes propostas.

- I. Discutir as escolhas contraceptivas com os jovens, seus planos sobre gravidez, vida familiar e oportunidades profissionais.
- II. Não levar em consideração as diferenças de cultura, de raça, de pensamento, de opção sexual e de opinião do público-alvo.
- III. Procurar conhecer os interesses, fé pessoal, problemas e necessidades do público-alvo.
- IV. Estimular a inclusão dos pais, professores e comunidade organizada nos projetos de prevenção.

Assinale a alternativa que contém todas as medidas que procuram integrar a ideia de cidadania e direitos, aos temas da sexualidade.

- (a) Apenas I e II.
- (b) Apenas I, II e III.
- (c) Apenas I, II e IV.
- (d) Apenas I, III e IV.
- (e) Apenas II, III e IV.

Texto para as questões de 33 a 35.

Saudade para quê?

(Serginho Groisman)

Existem jovens que sentem nostalgia por não ter sido jovens em gerações passadas. Saudade do enfrentamento com os militares dos anos 70, da organização estudantil nas ruas, do sonho socialista - comunista - anarquista - marxista - leninista. Ter saudade da ditadura é ter saudade de conhecer a tortura, o medo, falta de liberdade e a morte. Ser jovem naquela época era coexistir com a morte, ver os amigos ser tirados das salas de aula para o pau-de-arara, para o choque elétrico, para as humilhações. Da mesma forma, quem sente nostalgia dos anos 80 se esquece do dogmatismo limitante das tribos daqueles tempos, fossem punks, góticos ou metaleiros. Hoje, é a vez dos mauricinhos - patricinhas - cybermanos - junkies, das raves, do crack, da segurança dos shoppings e do Beira-Mar. Um cenário que pode parecer aborrecido ou irritante para muita gente que tem uma visão romântica de outras décadas. Mas nada melhor que a liberdade que temos hoje para saber qual é a real de uma juventude e de uma sociedade. Hoje, a juventude é mais tolerante com as diferenças. Hoje, existem ferramentas melhores para a pesquisa e a diversão. Hoje, a participação em ONGs é grande e isso mostra um país que trabalha, apesar do Estado burocrático. O país está melhor. Falta muito, mas o olhar está mais atento e até o sexo está mais seguro. Não temos hinos mobilizadores, mas nem precisamos deles.

O jovem de hoje não precisa mais lutar pelo fim da tortura ou por eleições diretas, pois outras gerações já fizeram isso. Se o país necessitar, é verdade, lá estarão eles de cara limpa, pintada, o que for. Mas é bobagem achar, como pensam os nostálgicos, que tudo já foi feito. Há muito por realizar pelo país. Seria bom, por exemplo, se a juventude participasse de forma mais efetiva na luta pela educação e pela leitura. Sim, porque lemos pouco, muito pouco. Ler mais vai fazer a diferença. Transformar a chatice da obrigação de ler Machado de Assis no prazer absoluto de ler Machado de Assis.

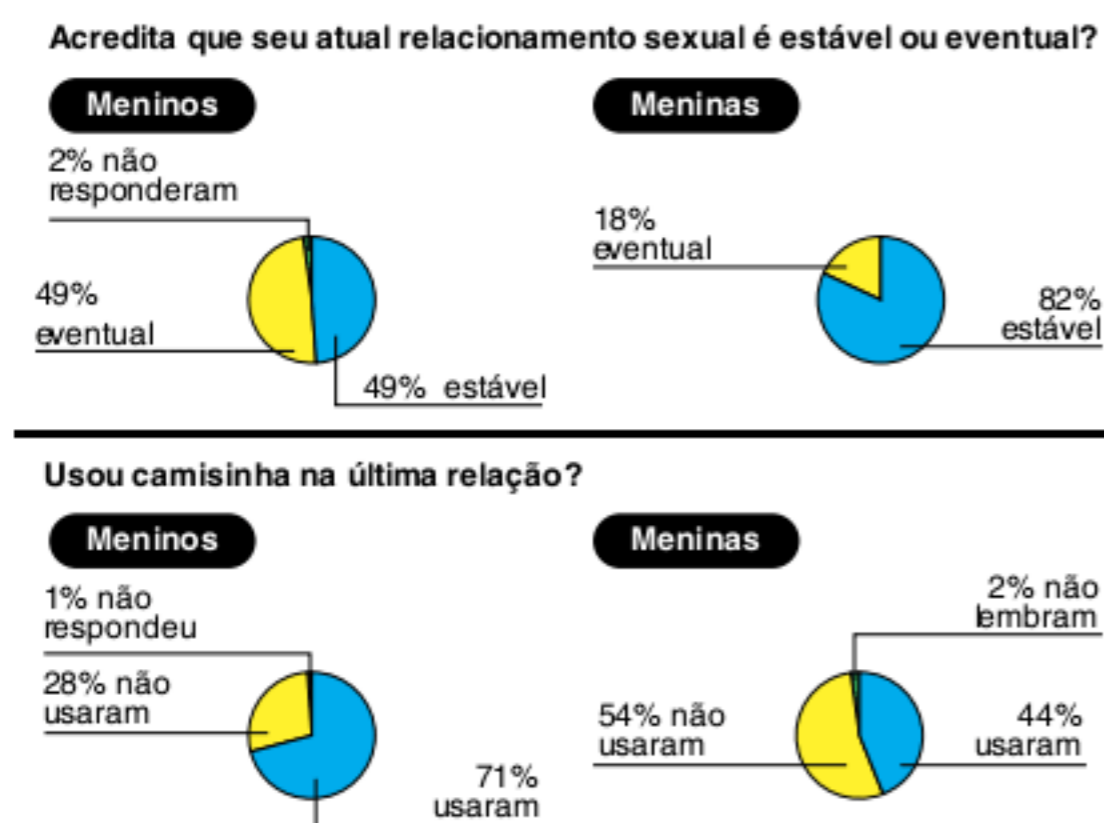
Repensar a escola também é fundamental. Dar ao aluno mais responsabilidade pelo próprio destino e a chance de se autoavaliar e avaliar seus professores. Reformular o sistema de avaliação e transformar a escola numa atividade de prazer: trazer para dentro dos colégios os temas da atualidade, além de transformar numa atividade doce o trinômio física-química-biologia.

Vivemos num país que mistura desdentados com marombados, famintos com bad boys, motins em prisões com raves na Amazônia, malabares nos cruzamentos com gatinhas tatuadas, crianças com 15 anos na Febem e outras com 15 na Disney. É Macunáima dando passagem aos tropicalistas, numa maçaroca que é o samba-enredo chamado Brasil. É um país com muitas diferenças – e

acabar com elas é papel dos jovens. A juventude deve, acima de tudo, saber desconfiar das verdades absolutas. Desconfiar sempre é ser curioso, pesquisador, renovador, transgressor. Seja intransigente na transgressão. Sempre diga não ao não – e desafie o coro dos contentes.

Veja, Edição Especial Jovens, p. 82, jun. 2004. (Adapt.).

33 CPS Segundo Serginho Groisman: “O país está melhor. Falta muito, mas o olhar está mais atento, e até o sexo está mais seguro”. E é verdade. Nos últimos dez anos, chegaram ao mercado novos tipos de preservativos e as inovações mais recentes incluem novos materiais, tamanhos, formatos, cores, texturas, odores e sabores, além de novos tipos de lubrificantes.



Veja, Edição Especial Jovens, p. 47, jun. 2004. (Adapt.).

Apesar de haver grande variedade de camisinhas disponíveis no mercado, muitos jovens continuam a ter comportamentos sexuais arriscados. Quando questionados sobre o assunto, apresentam uma série de argumentos para justificar essa perigosa opção.

Assinale a alternativa que aborda um problema cuja solução não depende do progresso tecnológico.

- Falta de adequação da camisinha ao tamanho do pênis.
- Dificuldade de fabricação e de comercialização do produto.
- Sensibilidade do órgão reprodutor masculino ao tipo de textura da camisinha.
- Alto índice de casos de gravidez em casais que usaram a camisinha nas relações sexuais.
- Dificuldade dos casais para negociação e tomada de decisão em conjunto.

34 CPS (Adapt.) Leia as duas informações a seguir.

A defasagem entre a necessidade e o uso de preservativos tem sido o maior desafio da saúde pública. Estima-se que 24 bilhões de preservativos deveriam ser usados a cada ano, mas o uso real é muito menor, ficando apenas entre 6 e 9 bilhões.

Disponível em: <<http://boasaude.uol.com.br>>.

Por outro lado, “o consumo da ‘pílula do dia seguinte’ entre meninas de 12 a 19 anos teve um aumento de 100% no período de junho de 2002 a junho de 2004. Essa pílula contém doses elevadas

de hormônio e, ao contrário do que muita gente pensa, não é um método anticoncepcional a mais, é a contracepção emergencial. Isso significa que deveria ser usada em casos de estupro ou rompimento da camisinha, e não como rotina, visto que duas ‘pílulas do dia seguinte’ carregam uma dose cavalariça de hormônios – quase a mesma dosagem distribuída nas 21 pílulas da cartela de anticoncepcional convencional. Essas pílulas ou dificultam o encontro do espermatozoide com o óvulo ou provocam descamação uterina, impedindo a implantação do zigoto na mesma”.

Folha de S.Paulo, 30 ago. 2004. Folhateen. (Adapt.).

A partir dessa leitura e de outras informações científicas é válido concluir que:

- o aumento excessivo do uso das “pílulas do dia seguinte” explica-se pelo fato de que, por serem mais recentes que os demais métodos anticoncepcionais, elas protegem melhor o organismo da adolescente.
- a camisinha, além de evitar gravidez, protege os parceiros sexuais da contaminação por outros microrganismos, sem provocar sobrecarga hormonal para o organismo feminino.
- quando o(a) parceiro(a) sexual tiver boa aparência ou for conhecido(a) da família, a camisinha deve ser evitada, pois não há perigo de contaminação, e o seu uso pode inibir o desejo sexual.
- os preservativos, ao evitarem a infecção pelo HIV, promovem aumento da contaminação por outros microrganismos, fato controlado pela pílula do dia seguinte.
- o uso da pílula é mais adequado que o uso da camisinha, pois evita que os parceiros sintam vergonha de conversar sobre sua sexualidade, além de impedir a contaminação pelo HIV.

35 CPS (Adapt.) A gravidez, em mulheres adultas, provoca mudanças significativas, tanto emocionais como físicas. Na adolescência, principalmente quando a gravidez não foi planejada, além dessas mudanças, surge uma série de problemas. Procure identificá-los nas frases a seguir.

- Na família da adolescente podem surgir tensões devido à situação inesperada.
- O organismo da adolescente, além do esforço de adaptação interna, defronta-se com uma série de problemas de natureza psicológica e social, que podem incluir insegurança emocional e falta de apoio.
- Para o organismo, ocorre a sobrecarga de duas transformações que convergem num único momento: estar grávida e ser adolescente.

A alternativa que contém todas as afirmações válidas é:

- I, II e III.
- apenas II e III.
- apenas I e II.
- apenas III.
- apenas I.

36 UFF Recentemente, foram divulgados resultados de uma pesquisa sobre terapia de reposição hormonal (TRH) realizada nos Estados Unidos, com 16,6 mil mulheres de 50 a 79 anos de idade. Essa pesquisa apontou aumento da incidência de câncer

de mama e de doenças cardiovasculares nas mulheres submetidas à TRH a fim de amenizar os efeitos da menopausa, período da vida da mulher em que a produção dos hormônios sexuais diminui.

No ciclo sexual de uma mulher na idade reprodutiva, os níveis máximos de estrogênio e progesterona ocorrem, respectivamente:

- (a) na menstruação e na ovulação.
- (b) próximo ao final da fase proliferativa e na fase secretora.
- (c) na fase secretora e na fase proliferativa.
- (d) na fase proliferativa e na menstruação.
- (e) na fase secretora e na menstruação.

37 UFMG A ocorrência de gravidez na adolescência tem aumentado consideravelmente. O conhecimento e o uso adequado de métodos contraceptivos podem reverter esse problema.

Em relação a esses métodos, é correto afirmar-se que:

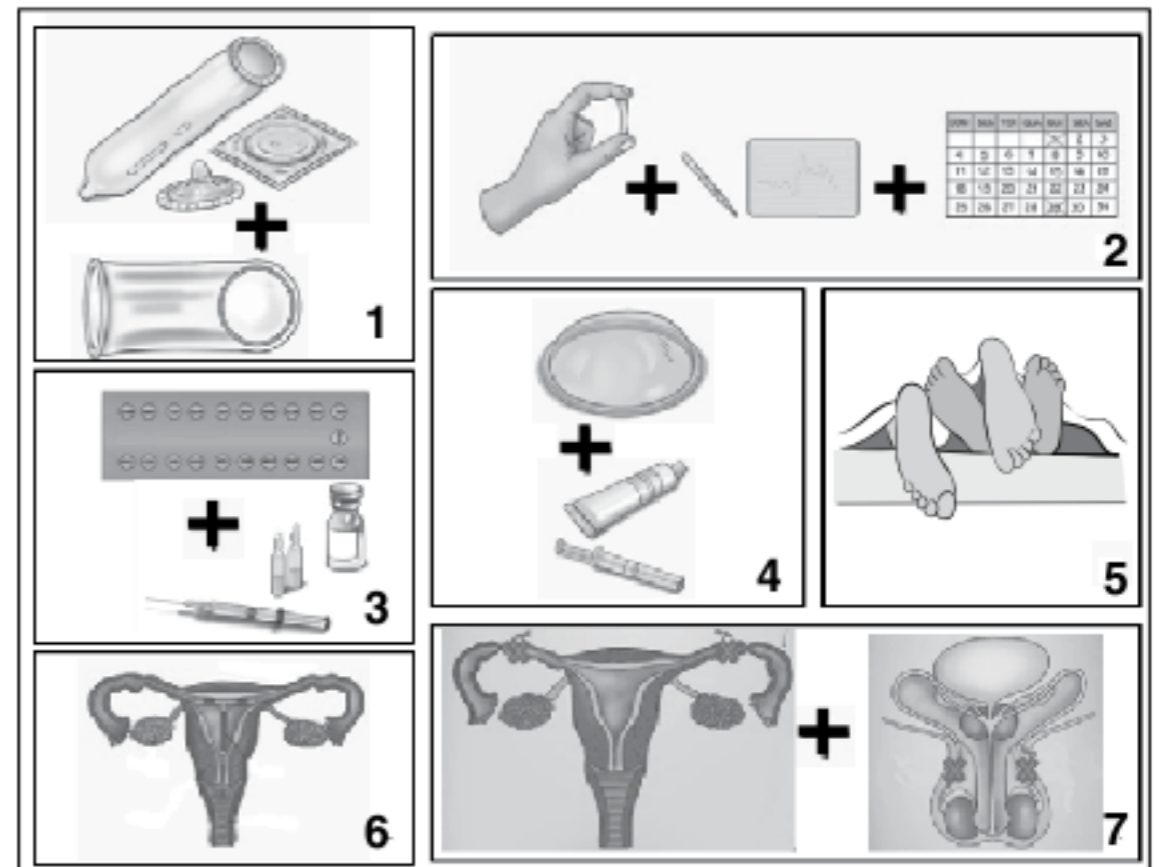
- (a) o diafragma impede a nidação da mórula.
- (b) o dispositivo intrauterino, D.I.U., impede a chegada dos espermatozoides ao útero.
- (c) o método hormonal feminino, pílula, impede a ovulação.
- (d) o método de tabela é eficiente se forem evitadas relações sexuais entre o 12º e o 14º dia do ciclo.
- (e) o preservativo masculino, camisinha, tem ação espermicida.

38 Cesgranrio A esterilização masculina chamada vasectomia é um método contraceptivo que só deve ser utilizado por homens que não desejam mais ter filhos, pois sua reversão é muito difícil.

O processo da vasectomia consiste em:

- (a) inutilizar os tubos seminíferos para que os espermatozoides não sejam mais produzidos.
- (b) seccionar os canais deferentes, não sendo mais possível eliminação dos espermatozoides.
- (c) remover a vesícula seminal para que o sêmen fique bastante diminuído.
- (d) inocular hormônios nos testículos para dificultar a ereção do pênis.
- (e) alterar o funcionamento da próstata, reduzindo a quantidade de espermatozoides produzida.

39 UPE 2012 (Adapt.) A gravidez na adolescência apresenta riscos por causa da imaturidade anatomofisiológica, dificultando o desenvolvimento e o desfecho do processo de gestação, parto e puerpério. Observe a figura a seguir:



Sobre isso, preencha as lacunas do texto, correlacionando-as com os métodos de contracepção, representados pelas figuras numeradas em algarismos arábicos.

De uma maneira geral, os adolescentes podem usar a maioria dos métodos anticoncepcionais disponíveis. No entanto, alguns métodos são mais adequados que outros nessa fase da vida.

_____ deve(m) ser usada(s) em todas as relações sexuais, independentemente do uso de outro método anticoncepcional, pois é o único que oferece dupla proteção, protegendo-os ao mesmo tempo das doenças sexualmente transmissíveis e da gravidez não desejada.

Os métodos _____ são pouco recomendados, porque exigem do adolescente disciplina e planejamento, e as relações sexuais nessa fase, em geral, não são planejadas.

_____ podem ser usadas(os), desde a primeira menstruação, pois agem impedindo a ovulação.

_____ pode ser usada(o) pelas garotas, entretanto as que nunca tiveram filhos correm mais risco de expulsá-la(lo) e também não é indicada(o) para aquelas com mais de um parceiro sexual ou cujos parceiros têm outros parceiros/parceiras e não usam camisinha em todas as relações sexuais, pois, nessas situações, existe risco maior de contrair doenças sexualmente transmissíveis.

_____ não são indicadas(os) para adolescentes.

Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/cartilha_direitos_sexuais_2006.pdf>. (Adapt.).

Assinale a alternativa cuja sequência numérica preenche corretamente as lacunas.

- (a) 1; 2; 3; 5; 7.
- (b) 1; 3; 4; 6; 2.
- (c) 1, 2; 3; 6; 7.
- (d) 4; 3; 1; 5; 2.
- (e) 5; 2; 3; 4; 6.

19

FRENTE 3

Tecidos epiteliais e conjuntivos

No início do desenvolvimento embrionário, forma-se o blastocisto, estrutura com a primeira separação em grupos de células distintas: o trofoblasto e o embrioblasto. O embrioblasto é mais interno e é formado por células-tronco, com capacidade para gerar os mais de 200 tipos celulares que constituem o organismo adulto.

Introdução

Todas as células do organismo humano originaram-se do zigoto e apresentam o mesmo material genético; são capazes de executar processos metabólicos fundamentais, como a síntese de moléculas orgânicas, o transporte de materiais através da membrana e a degradação de moléculas, possibilitando a liberação de energia. No entanto, ao longo do seu desenvolvimento, as células podem se tornar especializadas na realização de atividades mais específicas; esse processo é denominado **diferenciação celular**.

Na diferenciação celular, alguns dos genes do material genético total são ativados, e outros desativados. Por exemplo, todas as células do organismo possuem o gene para a síntese de melanina, que se encontra ativado nos melanócitos (células situadas na base da epiderme), mas que está inativado nos neurônios.

Os tecidos são grupos de células que desempenham o mesmo papel e normalmente ficam dispostos em camadas componentes dos órgãos. Histologia corresponde ao estudo dos tecidos. Há vários tipos de tecidos no organismo humano, tais como **epitelial, conjuntivo, adiposo, ósseo, cartilaginoso, muscular e nervoso**. As células de um tecido podem ter aspectos variados: por exemplo, o tecido sanguíneo apresenta hemácias e vários tipos de leucócitos; e o tecido nervoso apresenta, como tipo celular, os neurônios (Fig. 1).

Tecido epitelial

O tecido epitelial, ou epitélio, apresenta células bastante unidas e coesas, com pouco ou nenhum material intersticial. Suas células têm forte adesão, garantida pela presença de estruturas especializadas como os desmossomos, que permitem resistir à tração.

Os tecidos epiteliais são **avasculares**, sendo nutridos por um **tecido conjuntivo** sobre o qual se apoiam. Na área de contato entre o epitélio e o tecido conjuntivo, há uma estrutura conhecida como **lâmina basal**, constituída por proteínas.

Os tecidos epiteliais exercem as seguintes funções: **revestimento, absorção, excreção e secreção**. Os epitélios de revestimento recobrem superfícies, proporcionando proteção contra dessecação, choques mecânicos, agentes químicos, físicos e microrganismos. Os epitélios podem se relacionar com absorção (como de nutrientes e de gás oxigênio); há também epitélios de secreção, como é o caso das glândulas sudoríparas e sebáceas. O suor é uma modalidade de excreção executada por glândulas sudoríparas, que são constituídas por tecido epitelial.

Epitélios de revestimento

Os epitélios de revestimento, assim como o nome propõe, têm como função recobrir estruturas. Eles podem ser classificados de acordo com diferentes critérios.

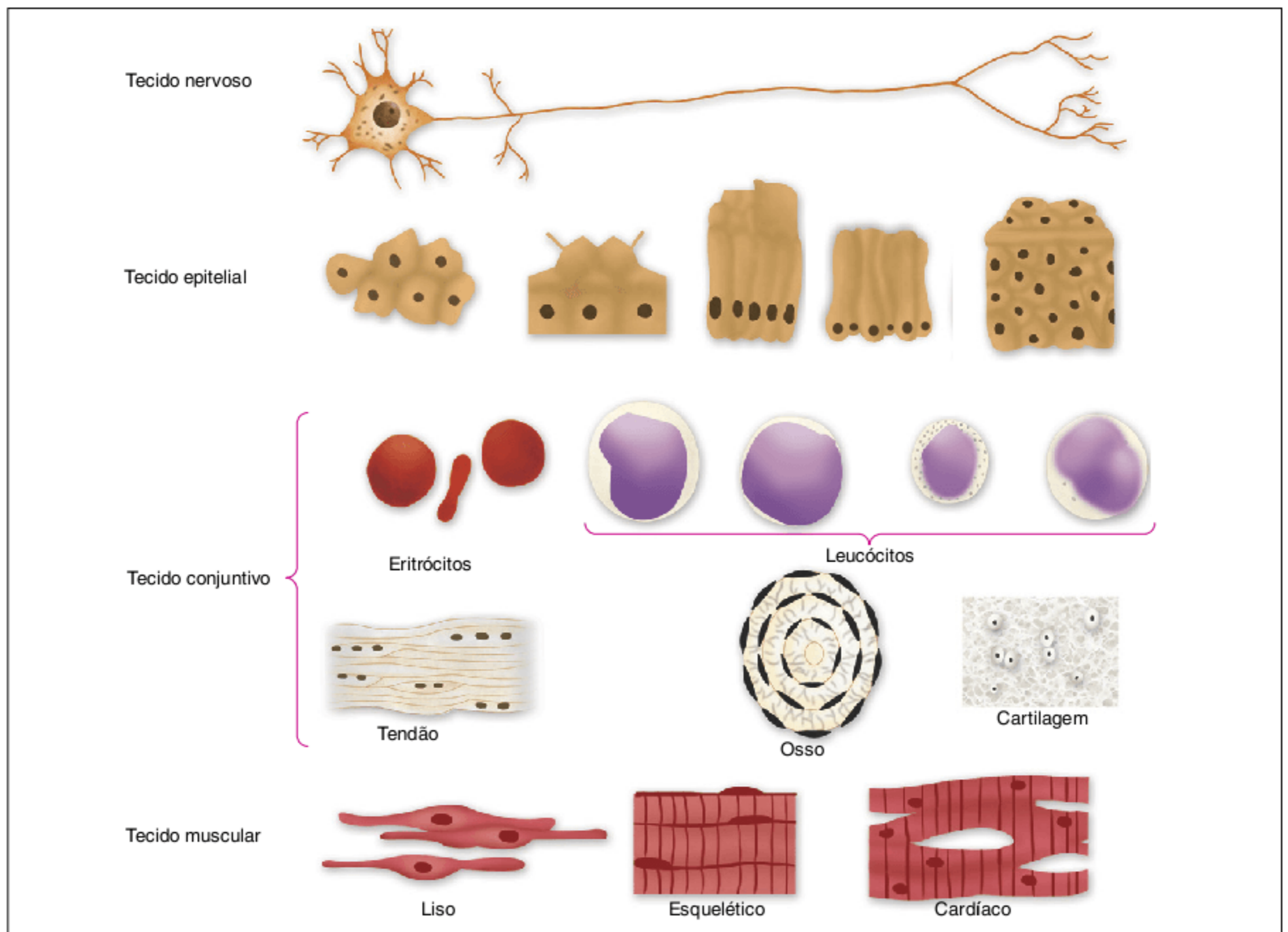


Fig. 1 Aspecto de células componentes dos principais tipos de tecidos.

Número de camadas

Epitélios podem apresentar uma única camada de célula ou muitas, dependendo da sua função e localização no organismo. A classificação segundo esse critério possui:

- **Epitélio uniestratificado**, ou **simples**: apresenta uma única camada de células. Está presente em locais do organismo onde a proteção mecânica não é tão necessária; em função da sua pequena espessura, esse tecido permite a passagem de substâncias; como ocorre, por exemplo, no revestimento dos alvéolos pulmonares, do intestino e dos túbulos renais (Fig. 2).
- **Epitélio pluriestratificado**, ou **estratificado**: é um tecido formado por algumas camadas celulares. Tem como função a proteção mecânica do órgão e também contra a dessecação, estando presente em locais que podem sofrer atrito, como, por exemplo, na epiderme e no esôfago. Nesses epitélios, a renovação celular é constante, sendo que as células mais basais são as capazes de sofrer mitoses para a substituição das células perdidas. A velocidade da renovação depende do tipo de epitélio (Fig. 2).
- **Epitélio pseudoestratificado**: tecido com camada única de células, mas que, por apresentarem tamanho desigual, dão a impressão de possuir mais camadas de célula. Ocorre, por exemplo, na traqueia (Fig. 2).

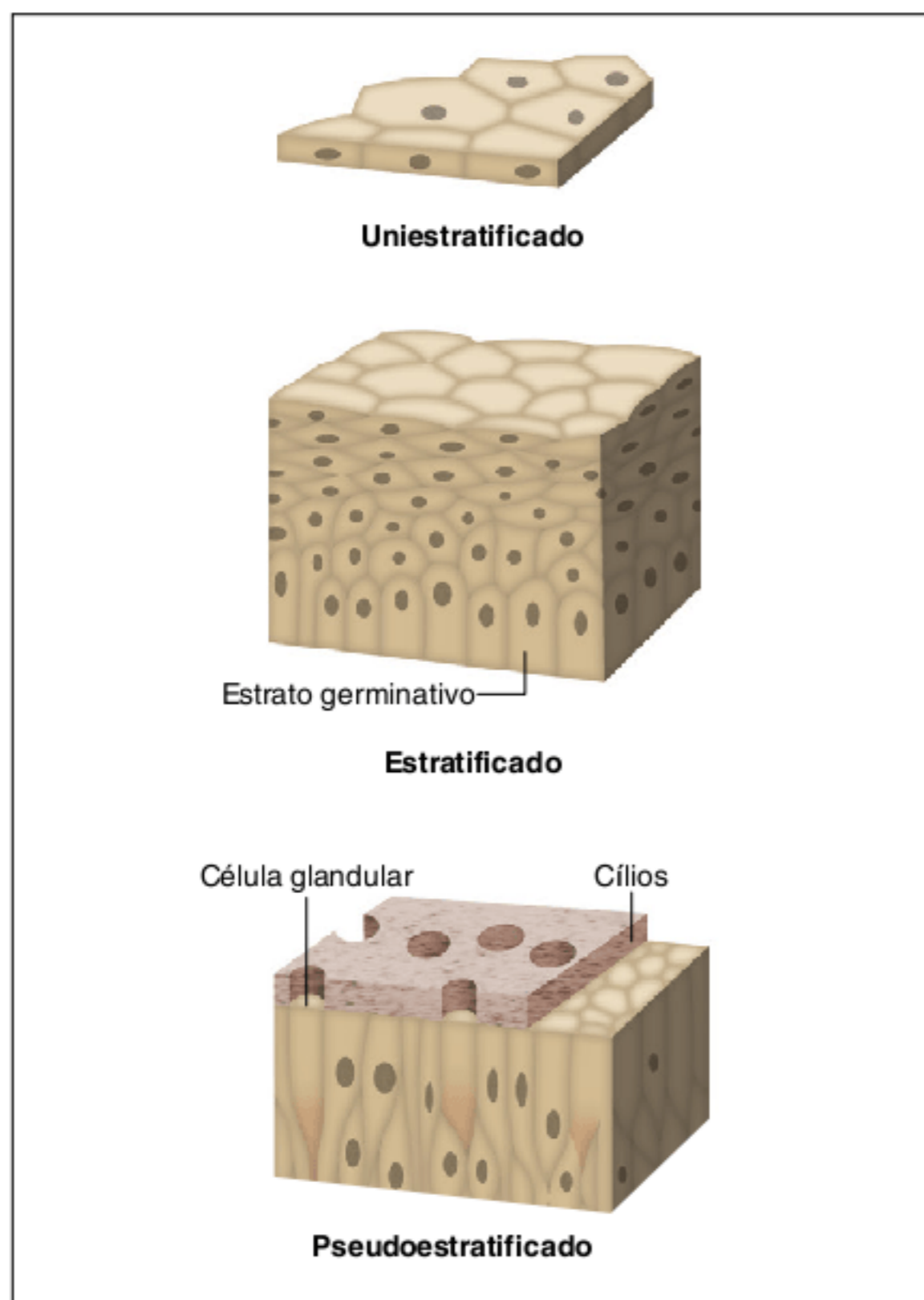


Fig. 2 Tipos de tecidos epiteliais classificados de acordo com o número de camadas celulares.

Formato das células

Os epitélios podem ser classificados, segundo o formato de suas células superficiais, em diversos tipos. São eles:

- **Epitélio pavimentoso**: apresenta células achatadas; ocorre, por exemplo, nos alvéolos pulmonares e no endotélio dos vasos sanguíneos (Fig. 3).
- **Epitélio cúbico**: tecido que possui células com mesma largura e altura, ou seja, com formato cúbico, assim como o nome sugere. Ocorre, por exemplo, nos túbulos renais (Fig. 3).
- **Epitélio cilíndrico**, ou **colunar**: é um tecido com células mais alongadas; ocorre, por exemplo, no revestimento do estômago e do intestino (Fig. 3).
- **Epitélio de transição**: é um tecido formado por células que podem variar sua forma e tamanho. Como exemplo, podem ser citadas as células do epitélio de revestimento da bexiga, que sofrem distensão de acordo com a quantidade de conteúdo de urina que o órgão apresenta (Fig. 3).

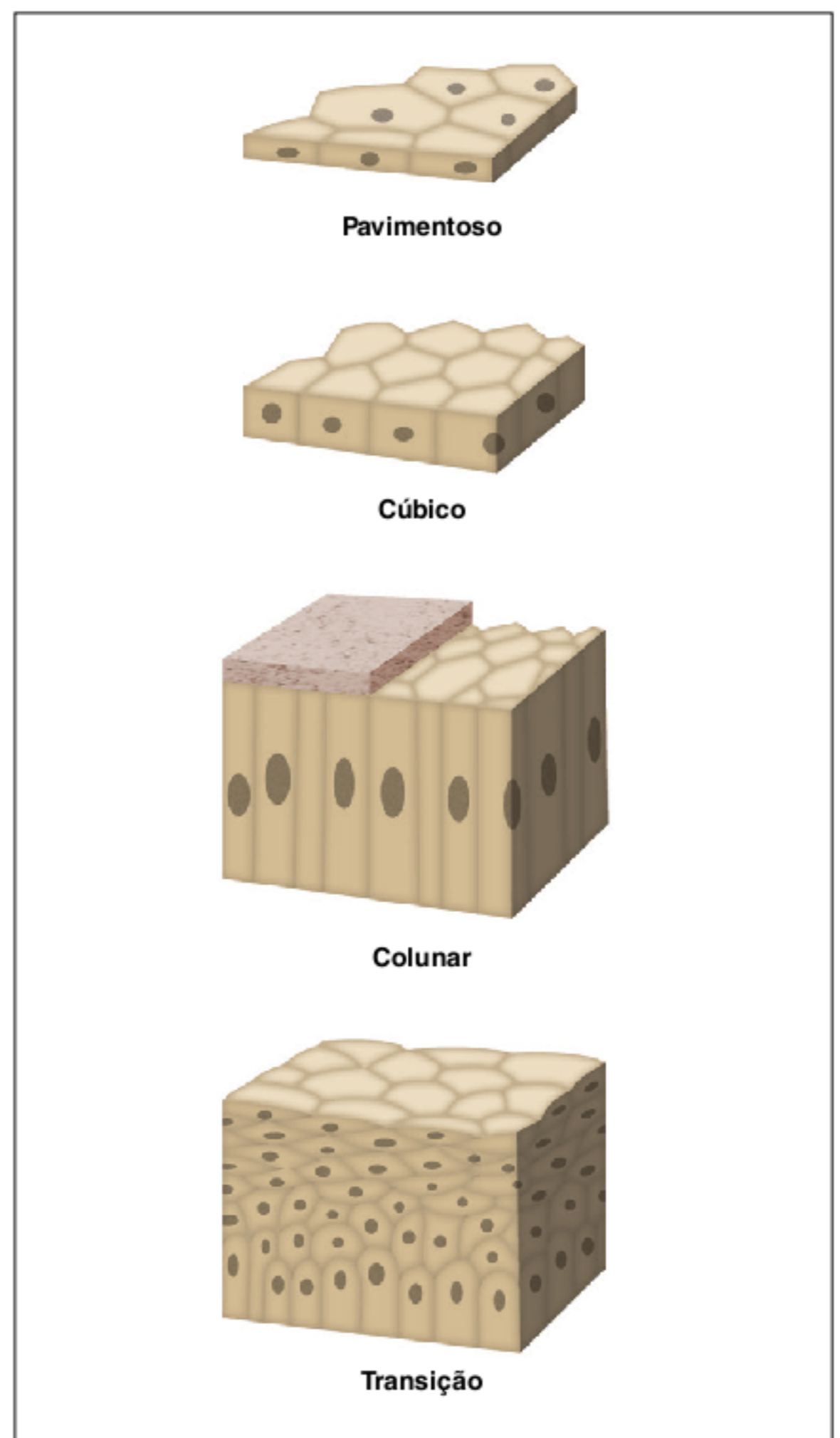


Fig. 3 Tipos de tecidos epiteliais classificados de acordo com o formato das células.

As classificações dos tecidos epiteliais de revestimento podem ser mescladas, ou seja, podem ser observados tecidos que apresentam diferentes números de camadas celulares e também formatos de célula distintos. Um epitélio simples pode ser tanto pavimentoso quanto cúbico, ou um epitélio estratificado pode ser pavimentoso ou de transição. A combinação de características está sempre relacionada com o tipo de tecido e a sua função no organismo.

A epiderme, por exemplo, é responsável por recobrir todo o corpo, protegendo-o do meio externo. Ela **apoia-se na derme**, formada de tecido conjuntivo, e possui **epitélio pluriestratificado pavimentoso**, sendo que as células mais superficiais são mortas e **queratinizadas**, responsáveis pela proteção contra agentes infecciosos. Junto às células basais da epiderme, há **melanócitos**, responsáveis pela produção do pigmento melanina, que impregna as demais células epidérmicas, conferindo a coloração da pele.

Epitélios de secreção (glandulares)

Os epitélios de secreção são tecidos capazes de produzir e liberar substâncias (secreções) necessárias ao organismo. Tais secreções podem ter função de proteção, como os mucos, que mantêm a umidade e impedem a entrada de patógenos em alguns tecidos, e os sebos.

Existem glândulas unicelulares, formadas por uma única célula, como as células caliciformes presentes no epitélio do intestino; ou multicelulares, formadas por várias células, como as glândulas salivares.

As glândulas do tecido epitelial podem ser classificadas em três modalidades, que dependem da sua forma de secreção. São elas: **glândulas exócrinas**, **glândulas endócrinas** e **glândulas mistas**.

- **Glândulas exócrinas** são aquelas que apresentam um **ducto excretor**, isto é, possuem um canal através do qual as secreções são eliminadas para uma superfície ou uma cavidade. Como exemplos, podem ser citadas as glândulas sudoríparas, sebáceas, mamárias e salivares (Fig. 4).
- **Glândulas endócrinas** não apresentam ducto excretor. São responsáveis pela **produção de hormônios, liberados diretamente em vasos** sanguíneos ou linfáticos. Como exemplos estão a hipófise, a tireoide, as suprarrenais etc. (Fig. 4).
- **Glândulas mistas** (ou **anfícrinas**) são estruturas que apresentam uma parte endócrina e uma parte exócrina, como é o caso do pâncreas, que atua no sistema digestório, com a liberação de enzimas no suco pancreático, e também no sistema endócrino, realizando a liberação dos hormônios insulina e glucagon (Fig. 4).

Novamente podemos utilizar a epiderme como exemplo. O epitélio de revestimento da pele possui especializações, como as glândulas de pelos e os folículos produtores. Dentre os epitélios de secreção epidérmicos, podem ser citadas as glândulas sudoríparas, que apresentam formato de um tubo enovelado. O suor, produzido por essas glândulas, elimina excretas, como ureia e sais minerais; e também contribui para a dissipação de calor, pela perda de água. A epiderme possui glândulas sebáceas, que liberam uma secreção oleosa. Elas estão associadas a folículos pilosos, com a parte basal formadora de pelos e a glândula disposta em sua lateral. À lateral do folículo também está associado um músculo eretor, que pode se contrair, provocando o eriçamento do pelo. Os pelos são estruturas que podem atuar em muitos animais como isolantes térmicos e também como proteção contra atrito (Fig. 5).

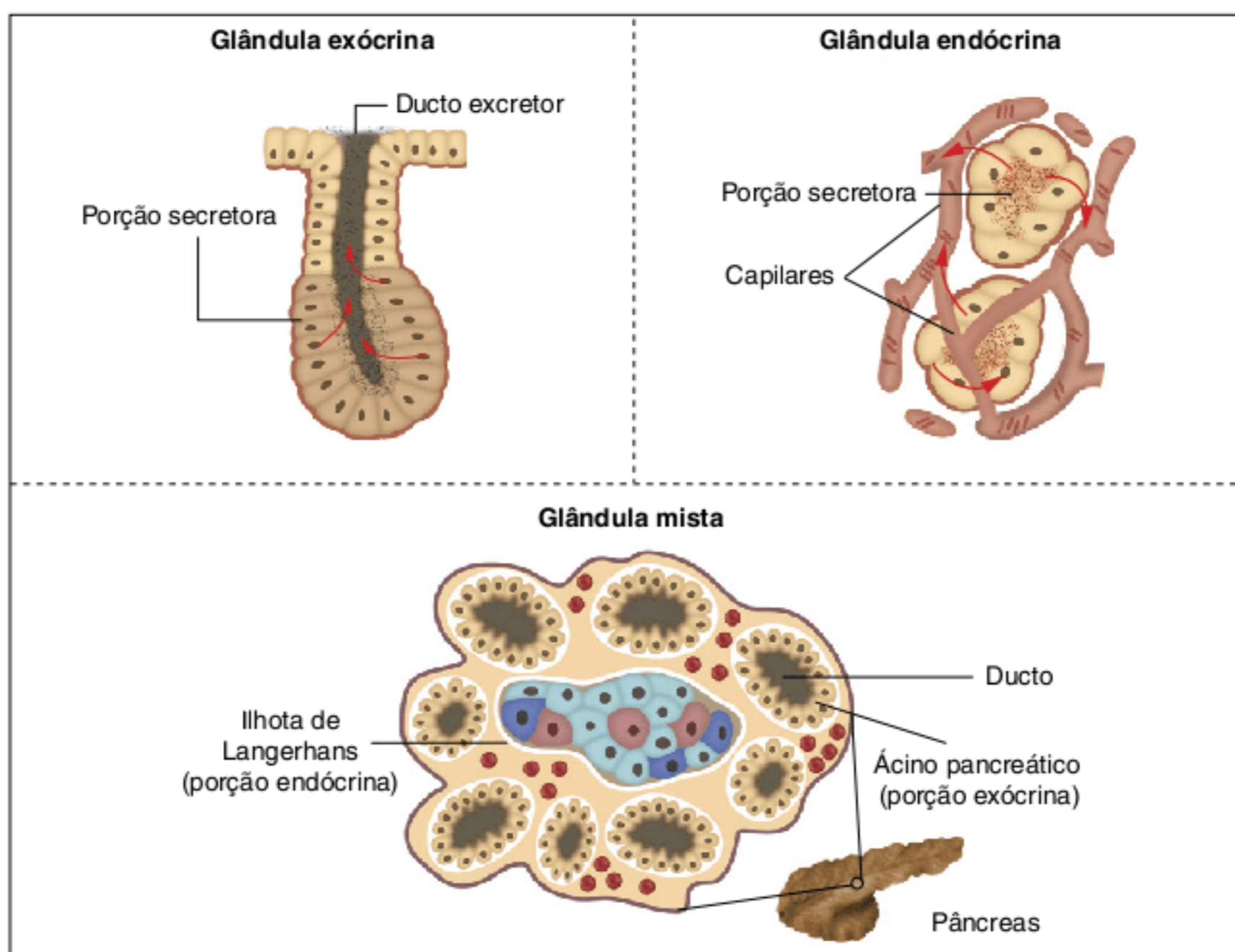


Fig. 4 Glândulas do tecido epitelial classificadas de acordo com o modo de eliminação da secreção.

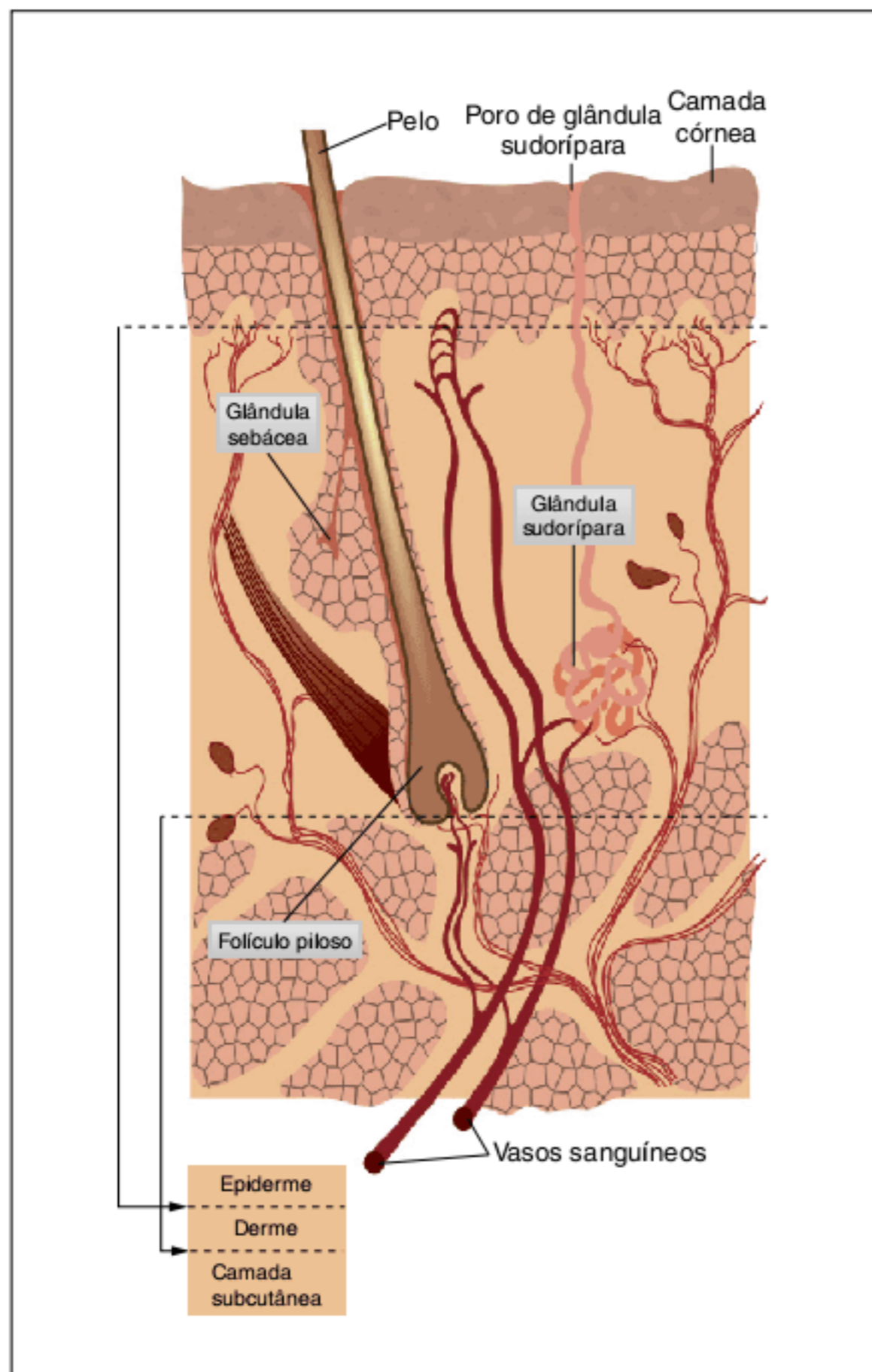


Fig. 5 A pele de mamíferos tem epiderme, derme e camada subcutânea. A epiderme tem tecido epitelial de revestimento, folículos pilosos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríparas.

Tecido conjuntivo

Os tecidos conjuntivos estão presentes em diversas partes do corpo, desempenhando funções de preenchimento de espaços entre os órgãos, de defesa, de nutrição e de sustentação. Esses tecidos têm como característica o posicionamento e a conformação estrutural das células, pois elas são mais afastadas, havendo grande quantidade de substância intersticial entre elas. Dentre as substâncias intersticiais presentes nesses tecidos, estão:

- **Substância fundamental amorfa:** formada principalmente por glicoproteínas. Trata-se de uma substância não estruturada;
- **Fibras:** são longos filamentos de natureza proteica. Há três tipos principais: **colágeno**, **elastina** e **reticulina**.

As **fibras de colágeno** apresentam resistência à tração; são abundantes nos ossos e nas cartilagens. As **fibras de elastina** têm grande elasticidade e estão presentes na derme. As **fibras de reticulina** também apresentam alguma resistência; formam uma rede que propicia apoio para outras estruturas, atuando como suporte de alguns órgãos. São abundantes nas meninges, envoltórios do sistema nervoso central; estão presentes também nas paredes de vasos sanguíneos e em processos de cicatrização de alguns tecidos.

Há vários tipos de células no tecido conjuntivo, como, por exemplo, os fibroblastos, os macrófagos, os plasmócitos e os mastócitos. Os **fibroblastos** são responsáveis pela síntese de fibras proteicas. Os **macrófagos** são células de defesa, que realizam fagocitose; **plasmócitos** também se relacionam com defesa, pois são responsáveis pela produção de anticorpos. Os **mastócitos** acumulam em seu citoplasma grande quantidade de heparina e de histamina; a heparina é um anticoagulante, e a histamina desencadeia processos alérgicos (Fig. 6).

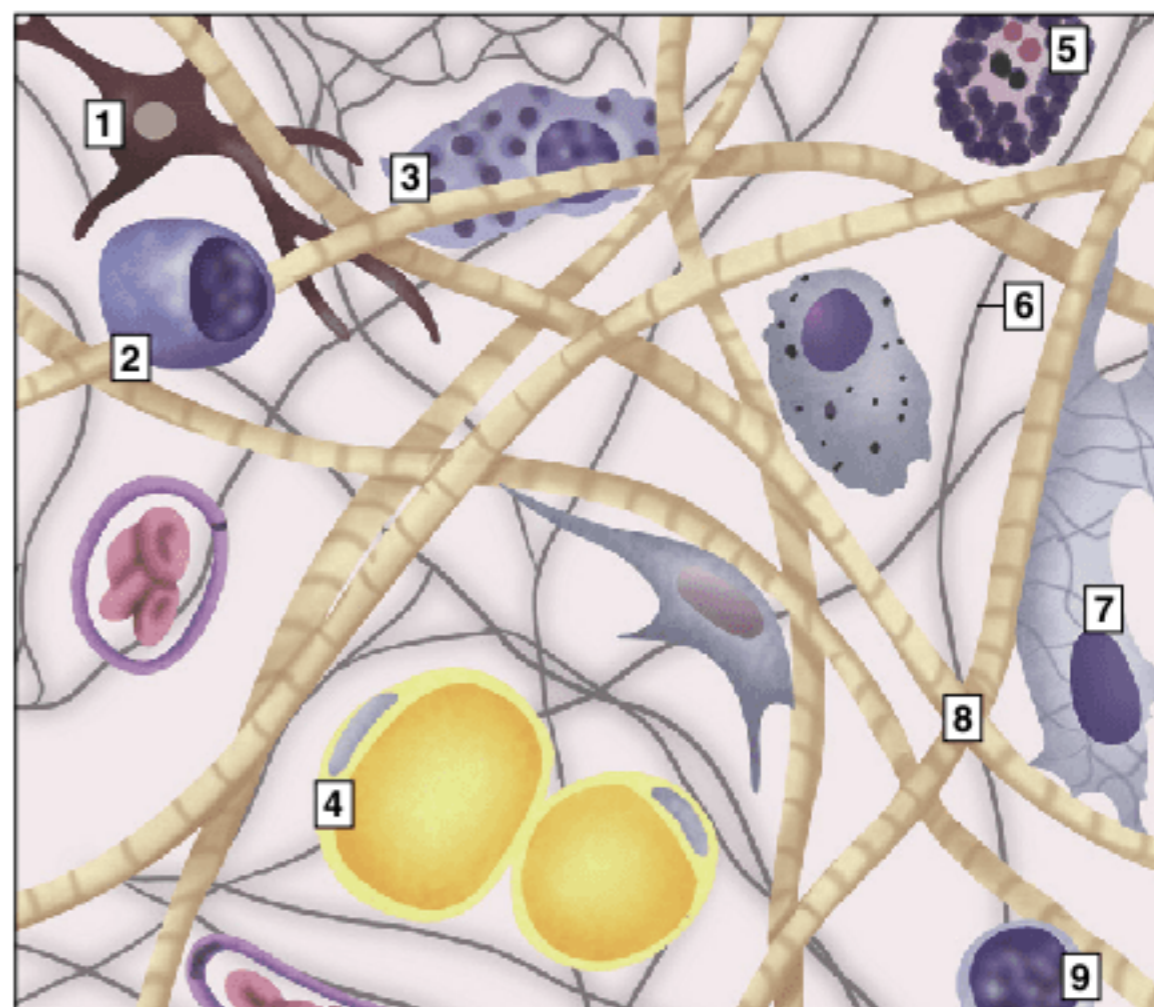


Fig. 6 Células do tecido conjuntivo: 1) melanócito; 2) plasmócito; 3) macrófago; 4) adipócito; 5) mastócito; 6) fibra elástica; 7) fibroblasto; 8) fibra de colágeno; 9) linfócito.

Há alguns tipos de tecido conjuntivo, como o tecido conjuntivo propriamente dito, o tecido adiposo, o tecido sanguíneo, o tecido ósseo e o tecido cartilaginoso.

Tecido conjuntivo propriamente dito

O tecido conjuntivo propriamente dito apresenta duas modalidades: frouxo e denso.

- **Tecido conjuntivo frouxo:** além de fazer parte da estrutura de muitos órgãos, também preenche espaços entre os outros tecidos, são as células epiteliais que se apoiam nele. Possui relativamente poucas fibras, sua substância fundamental é viscosa e bastante hidratada, o que proporciona uma importante barreira contra a entrada de antígenos no tecido no qual está presente. É o tecido com maior distribuição no corpo, estando presente em vários órgãos. Como exemplos podem ser citados a derme e os nervos e os músculos, que são envolvidos por ele.
- **Tecido conjuntivo denso:** possui muitas fibras, que, em virtude da sua disposição, faz com que o tecido seja classificado em duas categorias: **modelado** e **não modelado**. O modelado é formado por fibras de colágeno com orientação fixa, o que confere ao tecido maior resistência à tensão. Estão presentes nos tendões (que unem ossos e músculos) e nos ligamentos (que unem ossos). O tecido conjuntivo não modelado tem fibras com disposição não orientada. Está presente em tecidos que protegem órgãos como o fígado e o baço; também é o componente das meninges.

Tecido conjuntivo adiposo

Esse tecido apresenta substância intercelular reduzida e suas células típicas são os adipócitos, que podem acumular no citoplasma grande quantidade de lipídeos (triglicerídeos). Nessas células, o núcleo fica deslocado do centro. Esse tecido localiza-se de modo abundante abaixo da derme, na tela subcutânea (hipoderme), e atua como importante reserva alimentar, isolante térmico propiciando ainda proteção contra choques mecânicos.

Tecido conjuntivo ósseo

O tecido ósseo apresenta uma abundante substância intersticial, conhecida como **matriz óssea**, na qual estão presentes **fibras de colágeno**, que conferem certa flexibilidade aos ossos, e sais minerais de fosfato de cálcio, que propiciam rigidez.

As células típicas do tecido ósseo são os **osteócitos**, oriundos da diferenciação de células conhecidas como **osteoblastos**; há também os **osteoclastos**, envolvidos na remodelação dos ossos. Os osteoclastos são ativados, por exemplo, quando ocorre uma fratura; na área lesada forma-se um calo ósseo, que depois desaparece pela reabsorção executada pelos osteoclastos. Os ossos são tecidos bastante vascularizados e enervados, apresentando sensibilidade, metabolismo e capacidade de regeneração. Nesse processo, estão envolvidos os osteoclastos, anteriormente citados.

Um osso longo apresenta extremidades conhecidas como **epífises**, onde há tecido cartilaginoso, que posteriormente se diferencia em tecido ósseo e provoca a alongação do osso; com o tempo, a cartilagem epifisária fica inativa e cessa o crescimento. A porção longa do osso é a chamada **diáfise**. Na estrutura do osso de um adulto, estão presentes canais, chamados de **canais de Havers**. Esses canais contêm vasos sanguíneos, e ao seu redor ficam dispostos os osteócitos de modo concêntrico; os canais de Havers comunicam-se transversalmente por meio dos **canais de Volkmann**, pelos quais passam vasos sanguíneos e nervos (Fig. 7). O interior dos ossos é preenchido pela medula óssea vermelha ou amarela, sendo a primeira responsável pela produção de células sanguíneas.

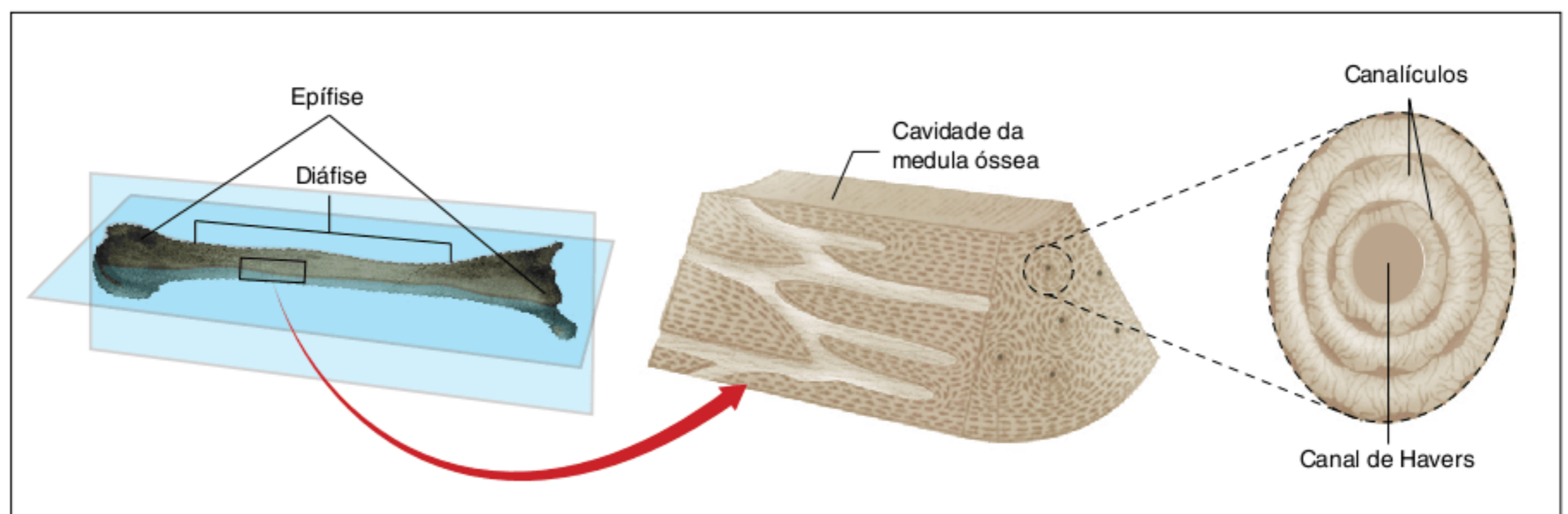


Fig. 7 As regiões de um osso (epífise e diáfise) e sua estrutura microscópica.

Tecido cartilaginoso

Cartilagem é um tecido avascular que é nutrido por tecidos vizinhos. Apresenta baixa oxigenação e realiza fermentação láctica, como processo de liberação de energia. O tecido cartilaginoso também está relacionado com a **sustentação**, reveste superfícies das **articulações** e é fundamental no **crescimento dos ossos** longos. Possui grande quantidade de material intersticial, no qual estão imersas fibras de proteínas.

No tecido cartilaginoso podem ser observadas células chamadas de **condroblastos**, responsáveis pela produção de fibras de colágeno e de substância fundamental. Essas células também originam os **condrócitos**, células com baixa atividade metabólica que formam as regiões de maior rigidez do tecido. Existem ainda os **condroclastos**, que promovem degradação de componentes do tecido e permitem sua remodelação (Fig. 8).

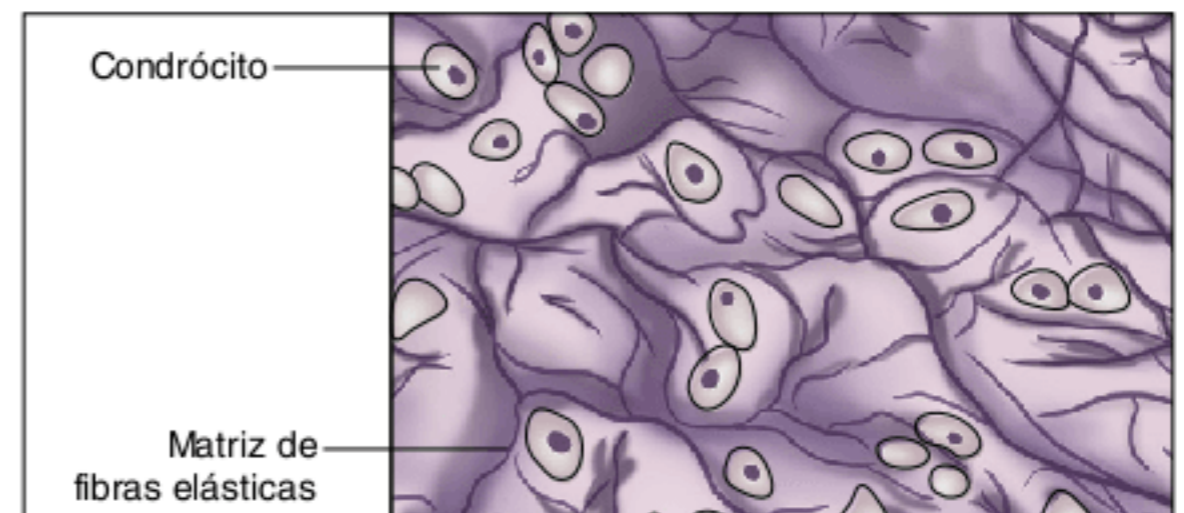


Fig. 8 Estrutura do tecido cartilaginoso.

A cartilagem pode ser dividida em três tipos: a hialina, a fibrosa e a elástica.

A **cartilagem hialina** é encontrada como o componente do esqueleto dos embriões, nas epífises ósseas, na extremidade do nariz, na traqueia e nos brônquios. Tem como característica a presença de moderada quantidade de fibras de colágeno.

A **cartilagem fibrosa** possui grande quantidade de fibras de colágeno; tem grande resistência a pressões, sendo componente dos discos localizados entre as vértebras.

A **cartilagem elástica** é componente das orelhas e de parte da laringe; é formada de grande quantidade de fibras elásticas e pouco colágeno.

Revisando

1 Conceitue tecidos.

2 Caracterize o tecido epitelial.

3 Cite as funções gerais dos tecidos epiteliais.

4 Como são classificados os epitélios em relação ao número de camadas celulares?

5 Cite os principais tipos de tecidos epiteliais, classificados em relação à forma de suas células.

6 Caracterize e exemplifique os três tipos de glândulas (epitélio de secreção), classificadas em relação ao destino das secreções que produzem.

7 Em relação à epiderme de mamíferos, aponte a função dos componentes: queratina, melanócitos e glândulas sudoríparas.

8 Caracterize o tecido conjuntivo.

9 Cite as funções dos seguintes tipos de células presentes no tecido conjuntivo: fibroblastos, macrófagos, mastócitos e plasmócitos.

10 Em relação ao tecido conjuntivo propriamente dito, caracterize as modalidades frouxo e denso (incluindo modelado e não modelado).

11 Em relação ao tecido adiposo, cite suas células componentes e as funções que desempenham no organismo.

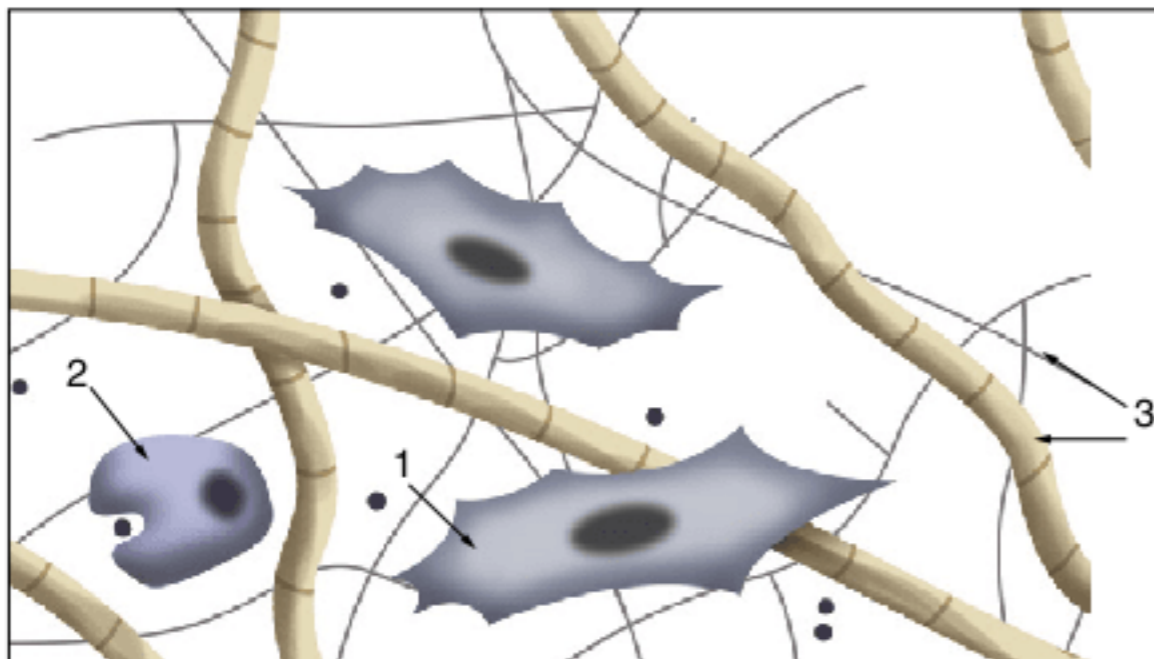
12 Cite os componentes celulares e não celulares do tecido ósseo.

13 Caracterize os seguintes componentes de um osso longo: epífise, diáfise, canais de Havers e canais de Volkmann.

14 Indique os componentes celulares e não celulares do tecido cartilaginoso.

Exercícios propostos

1 UFRGS 2011 O esquema a seguir mostra alguns dos componentes do tecido conjuntivo frouxo.



Assinale a alternativa correta em relação ao tecido conjuntivo frouxo.

- (a) Nele não ocorre vascularização.
- (b) Ele apresenta distribuição corporal restrita.
- (c) A célula marcada com a seta 1 é um fibroblasto.
- (d) A célula marcada com a seta 2 é uma hemácia.
- (e) As fibras assinaladas com as setas 3 são de actina e miosina.

2 Cesgranrio 2010 Dos vários tipos de colágenos presentes no corpo humano, o colágeno do tipo I é o mais abundante. Uma doença genética caracterizada por problemas na produção de colágeno do tipo I é a chamada *Osteogenesis imperfecta*, ou doença dos ossos de cristal. Pessoas acometidas dessa doença apresentam fragilidade óssea, ossos curvados e baixa estatura, entre outros sintomas. Os acometimentos do tecido ósseo na *Osteogenesis imperfecta* se devem ao fato de que o colágeno:

- (a) promove a multiplicação dos osteoplastos.
- (b) permite que os osteoclastos não fagocitem.
- (c) faz parte da matriz extracelular do osso.
- (d) forma depósitos cristalinos de fosfato de cálcio.
- (e) preenche as trabéculas de ossos esponjosos.

3 UFRGS 2010 Um indivíduo adulto submeteu-se a uma lipoaspiração para a retirada de 700 mL de gordura. A respeito da gordura retirada no procedimento, é correto afirmar que ela é:

- (a) armazenada no tecido muscular, rico em mitocôndrias que metabolizam as reservas de gorduras.
- (b) composta de ácidos graxos capazes de liberar mais energia que a glicose, em reações de oxidação nas mitocôndrias.
- (c) estocada nos adipócitos sob a forma de glicogênio.
- (d) utilizada pelas células do sistema nervoso para produção de ATP.
- (e) removida do tecido conjuntivo denso modelado.

4 UFG 2010 Leia o trecho de reportagem a seguir.
Os riscos da lipoaspiração

Já existe até consórcio para fazer plástica. Mas casos recentes lembram que toda cirurgia pode trazer perigo. Recentemente foi noticiada a morte de uma paciente após intervenção cirúrgica para retirada de umas gordurinhas do abdome e das costas.

Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/revista/Epoca/0>>. Acesso em: 3 mar. 2010. (Adapt.).

Quando se realiza uma cirurgia como a mencionada no texto, retira-se do organismo do paciente, principalmente, células do tecido:

- (a) muscular.
- (b) epitelial.
- (c) hematopoiético.
- (d) adiposo.
- (e) cartilaginoso.

5 PUC-Rio 2009 A fotomicrografia apresentada a seguir é de um tecido que apresenta as seguintes características: riqueza de substância intercelular, tipos celulares variados e presença de fibras na matriz extracelular.



Arthur W.Ham. *Histologia*. RJ: Guanabara Koogan, 1977.

Podemos afirmar que se trata do tecido:

- (a) nervoso.
- (b) epitelial.
- (c) conjuntivo.
- (d) cartilaginoso.
- (e) muscular.

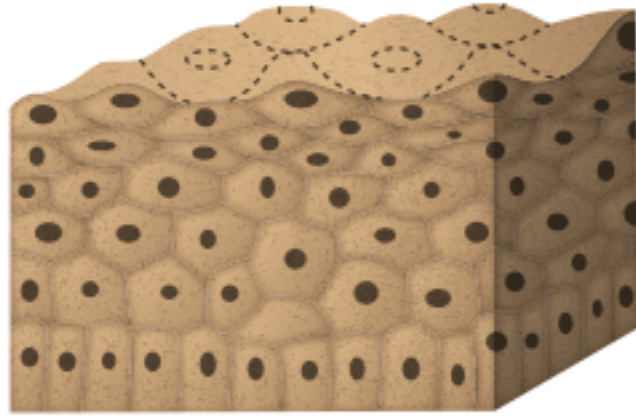
6 UFRGS 2008 Em uma partida de futebol, um jogador fraturou o fêmur. Considere os seguintes eventos, relacionados à recuperação da zona de lesão desse jogador.

1. Preenchimento por proliferação do periósteo.
2. Remoção de células mortas e de restos de matriz óssea por fagocitose.
3. Ossificação do tecido regenerado.
4. Formação de calo ósseo com tecido ósseo primário.

A ordem em que esses eventos ocorrem no processo de regeneração do tecido ósseo é:

- (a) 1 – 3 – 4 – 2.
- (b) 2 – 1 – 3 – 4.
- (c) 3 – 2 – 1 – 4.
- (d) 4 – 1 – 3 – 2.
- (e) 3 – 4 – 2 – 1.

7 UFPR 2011 O esquema a seguir é representativo de um epitélio de revestimento estratificado. Pode-se observar que as camadas superiores, em contato com o meio externo, são compostas de células cada vez mais achatadas. Além disso, essas células achatadas geralmente estão mortas e descamam do tecido. Um exemplo desse tipo de epitélio é encontrado no esôfago de animais carnívoros.

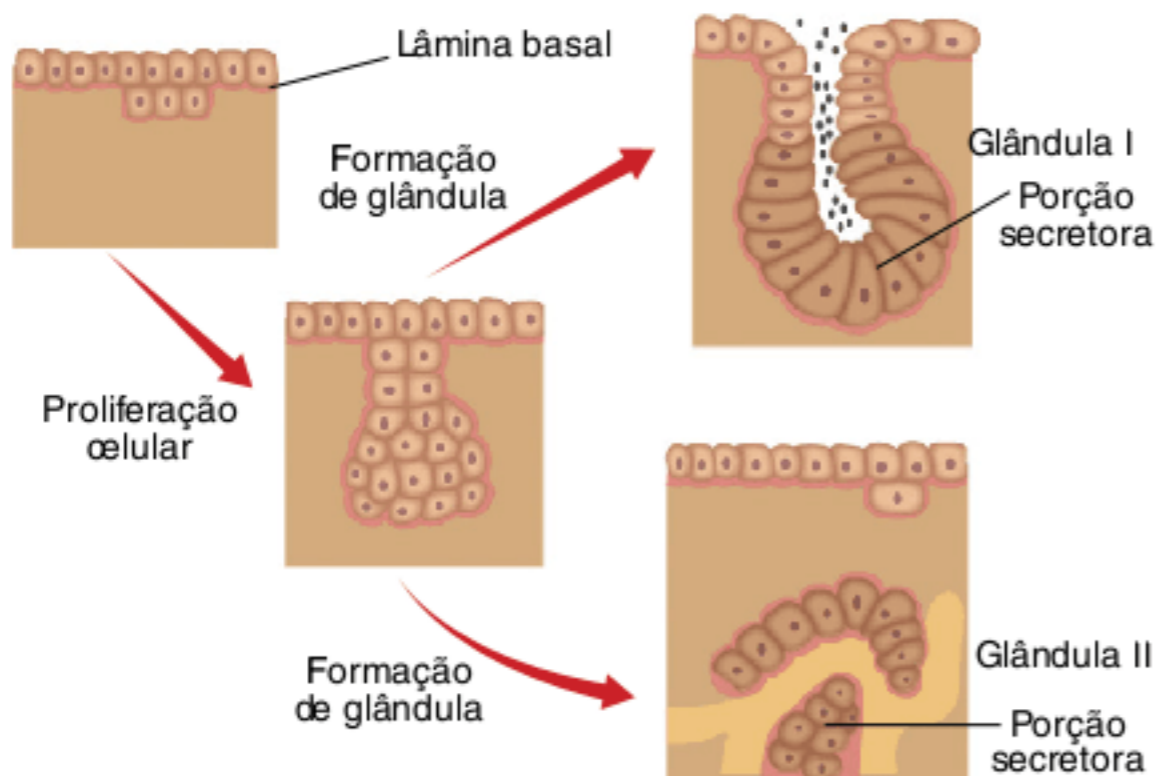


Qual o principal motivo que leva essas células a morrerem e a descamarem do epitélio?

- O atrito causado pelos componentes de meio externo que entram em contato com o epitélio.
- A justaposição das células, que cria uma falta de espaço para que todas se acomodem na superfície do epitélio.
- O contato com o meio externo, que leva a uma hiperoxigenação das células.
- A distância dessas células em relação às fontes de oxigênio e alimento, trazidos pelos tecidos adjacentes ao epitélio.
- O deslocamento da posição das organelas intracelulares, por conta do achatamento promovido pelo citoesqueleto.

8 UFF 2010 As glândulas multicelulares se formam a partir da proliferação celular de um tecido e, após a sua formação, ficam imersas em outro tecido, recebendo nutrientes e oxigênio. De acordo com o tipo de secreção que é produzido, as glândulas são classificadas basicamente em endócrinas e exócrinas. Entretanto, existe uma glândula que possui duas partes, uma exócrina e outra endócrina.

A figura a seguir mostra um esquema comparativo da formação de dois tipos de glândulas.



Com base na figura, assinale a opção que identifica, respectivamente, o tecido de onde as glândulas se originam, o tecido onde elas ficam imersas, a glândula I, a glândula II e um exemplo de uma glândula exócrina.

- Tecido epitelial, tecido conjuntivo, glândula exócrina, glândula endócrina e glândula salivar.
- Tecido conjuntivo, tecido epitelial, glândula exócrina, glândula endócrina e tireoide.
- Tecido epitelial, tecido conjuntivo, glândula endócrina, glândula exócrina e pâncreas.
- Tecido conjuntivo simples, tecido epitelial, glândula endócrina, glândula exócrina e paratireoide.
- Tecido conjuntivo frouxo, tecido epitelial, glândula endócrina, glândula exócrina e glândula lacrimal.

9 UEL 2009 Apesar de sua grande complexidade, o organismo humano é constituído por apenas quatro tipos básicos de tecidos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

Com base nos conhecimentos sobre a histologia dos tecidos, considere as afirmativas a seguir.

- Os tecidos epiteliais são estruturas dinâmicas cujas células são continuamente renovadas por atividade mitótica. A taxa de renovação é variável, podendo ser rápida em tecidos como o epitelial intestinal, que é totalmente substituído a cada semana, ou lenta, como no fígado e no pâncreas.
- Além de desempenhar uma função estrutural, a grande variedade de moléculas do tecido conjuntivo desempenha importantes papéis biológicos como, por exemplo, o de ser importante reserva para muitos fatores de crescimento que controlam a proliferação e a diferenciação celular.
- O tecido muscular é constituído por células cúbicas mononucleadas, que contêm pequena quantidade de filamentos citoplasmáticos de proteínas contráteis, geradoras das forças necessárias para a contração desse tecido, oriunda do metabolismo anaeróbico.
- Quando cortados, o cérebro, o cerebelo e a medula espinhal mostram regiões de substância branca e regiões de substância cinzenta. Os principais constituintes da substância branca são axônios mielinizados, oligodendrócitos e outras células da glia.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e III são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

10 Udesc 2009 Assinale a alternativa incorreta a respeito do tecido epitelial glandular.

- A paratireoide é um exemplo de glândula endócrina. Esse tipo de glândula não possui uma comunicação com o epitélio por meio de um ducto ou canal. A secreção dessa glândula é liberada para os vasos sanguíneos.

- (b) As glândulas são agrupamentos de células especializadas na produção de secreções.
- (c) Glândulas sudoríparas são exemplos de glândula exócrina. Esse tipo de glândula mantém uma comunicação com o epitélio por meio de um ducto ou canal, que permite a liberação da secreção.
- (d) A tireoide é um exemplo de glândula endócrina. Esse tipo de glândula não possui uma comunicação com o epitélio por meio de um ducto ou canal. A secreção dessa glândula é liberada para os vasos sanguíneos.
- (e) A hipófise é uma glândula mista, ou seja, ela apresenta uma parte endócrina, que libera o hormônio antidiurético, e outra exócrina, que libera oxitocina (ocitocina).

11 O tecido epitelial é composto de células justapostas, com pouca substância intercelular, avascular. Esse tipo de tecido:

- (a) sustenta órgãos.
- (b) preenche espaços.
- (c) liga músculos a ossos.
- (d) envolve alvéolos pulmonares.

12 PUC-Rio 2008 O tecido epitelial tem como função fazer o revestimento de todos os órgãos do corpo. Nesse sentido, pode-se afirmar que:

- (a) é ricamente vascularizado.
- (b) suas células são anucleadas.
- (c) suas células encontram-se justapostas.
- (d) apresenta junções celulares como as sinapses.
- (e) possui grande quantidade de substância intercelular.

13 UFPel 2008 A pele é um órgão muito importante para a homeostasia do corpo humano. Ela protege contra agentes mecânicos, químicos e biológicos, além de evitar a perda excessiva de água e fazer o controle da temperatura corporal.

Baseado no texto e em seus conhecimentos, é incorreto afirmar que:

- (a) o suor é formado por água e outras substâncias, como os sais. Ele é produzido pelas glândulas sudoríparas presentes na pele, que são exemplos de glândulas exócrinas.
- (b) a epiderme é formada por um epitélio estratificado, e a camada mais superficial é formada por células repletas de queratina, e, normalmente, esse epitélio descama.
- (c) a derme é formada predominantemente por tecido conjuntivo; esse tecido é vascularizado e responsável pela nutrição do tecido epitelial, que é avascular.
- (d) a pele possui células mecanorreceptoras, que estão associadas a terminações nervosas e conduzem o estímulo mecânico ao sistema nervoso.
- (e) o tecido adiposo é encontrado na região mais profunda da derme. Ele produz gordura (sebo), que é liberada diretamente para a epiderme, fazendo a sua lubrificação.

14 CPS-Etec 2008 Leia o texto a seguir.

O sedentarismo é mais alto entre os brasileiros com mais de 45 anos. É ainda maior no grupo de pessoas com alta escolaridade, em que 40% dos homens e 36,7% das mulheres são completamente inativos. É a partir dessa idade que os benefícios da prática regular de atividade física são maiores, pois nessa fase da vida o ritmo metabólico já está mais lento, favorecendo a perda de massa óssea e muscular. A manutenção de uma rotina de exercícios tende a retardar esse processo.

Pesquisa realizada pelo Ministério da Saúde. Veja, 5 mar. 2008.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Como consequência do sedentarismo, a musculatura estriada esquelética perde a capacidade de realizar contrações fortes, rápidas e involuntárias.
- (b) A atividade física é importante na contração do músculo estriado cardíaco e, conseqüentemente, na distribuição do sangue venoso a todos os tecidos do corpo.
- (c) A inatividade pode provocar lesões na musculatura estriada esquelética, que, no entanto, tem grande capacidade de regeneração, a partir das células do tecido conjuntivo fibroso.
- (d) As glândulas sudoríparas são importantes durante a atividade física, pois eliminam resíduos metabólicos do organismo e ajudam a manter constante a temperatura corpórea.
- (e) A prática regular de atividade física proporciona redução da capacidade cardiorrespiratória, do estresse e do risco de doenças como hipertensão e diabetes.

15 UFU 2005 Em outubro de 2004 faleceu o ator cinematográfico Christopher Reeve, que ficou famoso por interpretar o "Super-Homem". Reeve, que ficou tetraplégico em 1995 ao cair de um cavalo, era um ativista a favor das pesquisas com clonagem terapêutica para obtenção de células-tronco.

Com relação ao assunto abordado, analise as afirmativas a seguir.

- I. Após um acidente como o ocorrido com Reeve, se houver suspeita de lesão na coluna vertebral, o acidentado deve ser imobilizado na horizontal e utilizar um colar cervical para ser transportado até um hospital, porque no interior da coluna vertebral está a medula óssea vermelha, cuja lesão pode levar à paralisia.
- II. A utilização do colar cervical não evita lesões no sistema nervoso periférico, apenas no sistema nervoso central. O sistema nervoso periférico poderá ficar inativo, após um acidente, se houver comprometimento no sistema nervoso central.
- III. A clonagem terapêutica por transferência nuclear permite a obtenção de blastocistos, de onde são retiradas células da massa celular interna (células-tronco) que têm capacidade de regenerar órgãos lesados.

Marque a alternativa correta.

- (a) I e II são corretas.
- (b) I e III são corretas.
- (c) II e III são corretas.
- (d) Apenas III é correta.

TEXTO COMPLEMENTAR

A reação alérgica

Algumas pessoas são alérgicas a determinados tipos de substâncias, como proteínas contidas no pólen, alimentos como a proteína do leite, poeira e outros. A reação alérgica ocorre com a liberação de **mediadores alergênicos** (sendo o principal deles a histamina), que provocam uma reação que envolve todo o organismo. A histamina é uma arma importante do sistema imunológico contra infecções, mas quando liberada de forma inadequada ou em doses muito altas, a histamina se torna uma substância devastadora. Essa substância é produzida pelos **mastócitos**, células do tecido conjuntivo que possuem em seu interior uma grande quantidade de grânulos cheios de histamina.

Após a primeira exposição a alguma substância alergênica (antígeno que desencadeia a reação alérgica), tanto os mastócitos quanto as células do sistema imune (os basófilos) são carregados

com anticorpos. Caso ocorra contato com o alérgeno novamente, este desencadeará uma cascata de reações, que ocasiona ruptura dos mastócitos, liberando histamina e causando a reação alérgica.

Diferentes tipos de reações alérgicas podem ser citados: a dilatação de vasos periféricos da pele (que fica avermelhada), a constrição de brônquios (provocando dificuldade respiratória), a secreção nasal abundante etc. Uma reação alérgica muito intensa é conhecida como **choque anafilático**. Nesse caso, há uma queda da pressão arterial, decorrente da ampla vasodilatação pelo corpo. Pode haver edema (inchaço) de glote, obstruindo a passagem de ar para a laringe, podendo causar a morte.

Muitos medicamentos antialérgicos, também chamados de anti-histamínicos, impedem a atuação da histamina, não permitindo que a cadeia de processos sistêmicos aconteça.

RESUMINDO

As células do organismo humano são procedentes do zigoto e, ao longo do seu desenvolvimento, podem se tornar especializadas (processo de diferenciação celular).

Tecidos são grupos de células que normalmente desempenham os mesmos papéis e ficam dispostos em camadas componentes dos órgãos.

Histologia corresponde ao estudo dos tecidos. Os principais tipos de tecidos do corpo são:

Tecido epitelial

Apresenta células bastante agrupadas, com forte adesão (presença de desmossomos) e pouco ou nenhum material intersticial. É um tecido avascular, sendo nutrido por outro tecido sobre o qual se apoia. Exerce as funções de revestimento, absorção e secreção. Pode ser classificado de acordo com diferentes critérios:

- **Número de camadas**
 - **Epitélio uniestratificado**, ou **simples**: apresenta uma única camada de células.
 - **Epitélio pluriestratificado**, ou **estratificado**: tecido formado por algumas camadas celulares.
 - **Epitélio pseudoestratificado**: tecido com camada única de células, mas que, por apresentarem tamanho desigual, dão a impressão de possuir mais camadas de célula.
- **Formato das células**
 - **Epitélio pavimentoso**: apresenta células achatadas; ocorre nos alvéolos pulmonares e no endotélio dos vasos sanguíneos.
 - **Epitélio cúbico**: tecido que possui células com mesma largura e altura, ou seja, com formato cúbico. Ocorre nos túbulos renais.
 - **Epitélio cilíndrico**, ou **colunar**: é um tecido com células mais alongadas; ocorre no revestimento do estômago e do intestino.
 - **Epitélio de transição**: é um tecido formado por células que podem variar sua forma e tamanho, como o epitélio de revestimento da bexiga.
- **Epitélios de secreção**: são classificados em três modalidades:
 - **Glândulas exócrinas**: apresentam um ducto excretor através do qual eliminam materiais para uma superfície ou uma cavidade.
 - **Glândulas endócrinas**: não apresentam ducto excretor e eliminam hormônios em vasos sanguíneos.
 - **Glândulas mistas (anfícrinas)**: são estruturas com uma parte endócrina e uma parte exócrina.

Epiderme: se apoia na derme (tecido conjuntivo). Possui epitélio pluriestratificado com células superficiais mortas e queratinizadas; junto às células basais, há melanócitos, que produzem melanina (pigmento da pele). Na epiderme, há glândulas sudoríparas, glândulas sebáceas, folículos pilosos e músculos eretores dos pelos.

Tecido conjuntivo

Apresenta células mais afastadas. Entre as células, há substância intersticial abundante, constituída por substância fundamental amorfa e fibras proteicas (colágeno, elastina e reticulina).

Há vários tipos de células no tecido conjuntivo:

- **Fibroblastos:** células responsáveis pela síntese de fibras proteicas.
- **Macrófagos:** células de defesa; realizam fagocitose.
- **Plasmócitos:** células que também se relacionam com defesa; são responsáveis pela produção de anticorpos.
- **Mastócitos:** células que acumulam em seu citoplasma grande quantidade de **heparina** (anticoagulante) e de **histamina** (desencadeia processos alérgicos).

Há alguns tipos de tecido conjuntivo, além do sanguíneo:

- **Tecido conjuntivo propriamente dito:** tem duas modalidades:
 - **Frouxo:** faz parte da estrutura de órgãos; preenche espaços entre os outros tecidos, são as células epiteliais que se apoiam nele. Possui poucas fibras, e sua substância fundamental é viscosa e bastante hidratada.
 - **Denso:** possui muitas fibras. É classificado em duas categorias:
 - **Modelado:** formado por fibras de colágeno com orientação fixa, o que confere ao tecido maior resistência à tensão.
 - **Não modelado:** tem fibras com disposição não orientada. É menos resistente à tensão.
- **Tecido adiposo:**
 - Tem como células típicas os **adipócitos** – podem acumular no citoplasma grande quantidade de lipídeos (triglicerídeos).
 - Localiza-se de modo abundante abaixo da derme, na tela subcutânea (hipoderme).
 - Atua como importante reserva alimentar, isolante térmico e ainda propicia proteção contra choques mecânicos.
- **Tecido ósseo:** apresenta abundante substância intersticial (matriz óssea), na qual estão presentes fibras de **colágeno** (conferem resistência) e sais minerais de **fosfato de cálcio** (conferem rigidez). Suas células são:
 - **Osteócitos:** células típicas do tecido ósseo, oriundas da diferenciação de osteoblastos.
 - **Osteoblastos:** célula de origem dos osteócitos.
 - **Osteoclastos:** células ativas; podem realizar a regeneração do tecido, no caso de fraturas.
- **Ossos:** apresenta as seguintes estruturas:
 - **Epífises:** regiões localizadas nas extremidades de um osso longo, que possuem tecido cartilaginoso que se diferencia em tecido ósseo e provoca a alongação do osso durante a fase de crescimento.
 - **Diáfise:** porção longa do osso.
 - **Canais de Havers:** canais com disposição longitudinal, cujo centro contém vasos sanguíneos.
 - **Canais de Volkmann:** ligam os canais de Havers.
- **Tecido cartilaginoso:**
 - Possui grande quantidade de material intersticial, no qual estão imersas fibras de proteínas e células (**condroblastos, condrócitos e condroclastos**).
 - É encontrado nas epífises ósseas, na extremidade do nariz, na traqueia, nos brônquios e nos discos intervertebrais.
 - É avascular, sendo nutrido por tecidos vizinhos; apresenta baixa oxigenação e realiza fermentação láctica.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Reportagem sobre pele artificial sensível ao toque.
<<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/pele-artificial-podera-dar-sensibilidade-a-membros-bionicos>>.
- Reportagem que aborda estudo australiano sobre pele artificial para reabilitação completa de queimaduras.
<www1.folha.uol.com.br/eqilibrioesaude/751078-australia-estuda-pele-artificial-para-reabilitacao-completa-de-queimaduras.shtml>.
- Reportagem sobre a cicatriz – passo a passo, todas as tarefas que o organismo tem de executar para construir a cicatriz após um ferimento.
<<http://super.abril.com.br/saude/cicatriz-corpo-restauracao-440659.shtml>>.
- Reportagem sobre estudo realizado na Universidade de Stanford (EUA) – Pesquisadora desenvolveu pele artificial que pode ser usada para diagnosticar doenças.
<<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI213955-17770,00-PELE+ARTIFICIAL+PODE+SER+USADA+PARA+DIAGNOSTICAR+DOENCAS.html>>.

Exercícios complementares

1 O tecido epitelial glandular é formado por glândulas que produzem e secretam substâncias no sangue ou em cavidades ou superfícies do corpo. A hipófise, que lança seus hormônios no sangue, e as glândulas salivares, que lançam suas secreções na boca, são, respectivamente, glândulas:

- (a) exócrinas, ambas.
- (b) endócrinas, ambas.
- (c) exócrina, endócrina.
- (d) endócrina, exócrina.
- (e) de função mista, ambas.

2 Uece 2008 Na primeira coluna da tabela a seguir, encontram-se listadas estruturas da pele e, na segunda, algumas das funções desempenhadas por essas estruturas.

Estruturas	Funções
Pelos	Controle de temperatura
Células adiposas	Excreção
Glândulas sebáceas	Armazenagem
Glândulas sudoríparas	

Tomando como base a tabela anterior, assinale a alternativa que contém, apenas, estruturas que desempenham, pelo menos, duas das funções mencionadas na tabela.

- (a) Glândulas sudoríparas e glândulas sebáceas.
- (b) Pelos e células adiposas.
- (c) Pelos e glândulas sudoríparas.
- (d) Glândulas sudoríparas e células adiposas.

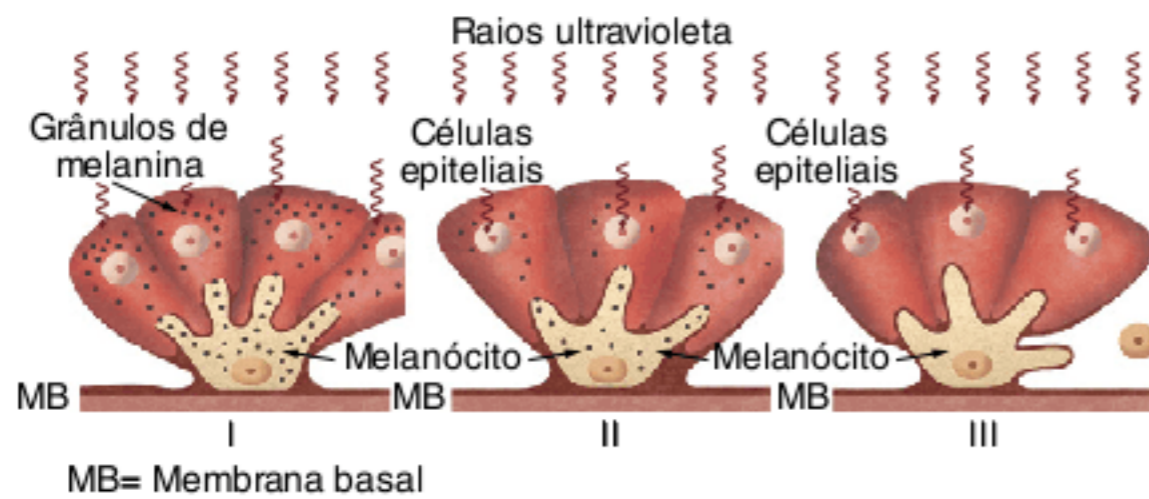
3 UFPE 2007 A pele é fundamental na adaptação do organismo ao meio ambiente, pois é fator de proteção contra as agressões, além de ser importante órgão sensorial. Analise o que se diz a seguir.

- No estrato basal, ou germinativo, da epiderme, encontramos células ramificadas, os melanócitos, produtores de melanina. O número de melanócitos é que determina a cor da pele.
- À medida que as células do estrato germinativo sofrem um processo de queratinização, elas morrem e formam a camada córnea protetora mais superficial da nossa pele.
- Na derme, encontramos abundante irrigação sanguínea, que garante a nutrição do estrato germinativo.
- As glândulas sudoríparas permitem a evaporação, garantindo a perda de calor; fundamental para os mecanismos de termorregulação.
- Na região mais profunda da derme, a hipoderme, fica o tecido adiposo, camada de gordura que apresenta a mesma espessura em todas as partes do corpo; por isso, sua importância como isolante térmico.

4 A histologia animal se caracteriza pela estrutura, funções e fisiologia. Nesse contexto, pode-se afirmar, corretamente, que:

- (a) o tecido muscular se compõe pelos fibrócitos.
- (b) o sangue apresenta pouca substância intercelular.
- (c) o tecido epitelial protege o corpo da invasão de microrganismos.
- (d) os osteócitos, células mortas calcificadas, garantem rigidez aos ossos.

5 UEL 2007 Analise a figura a seguir.



Fonte: L. C. Junqueira; J. Carneiro. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 295. (Adapt.)

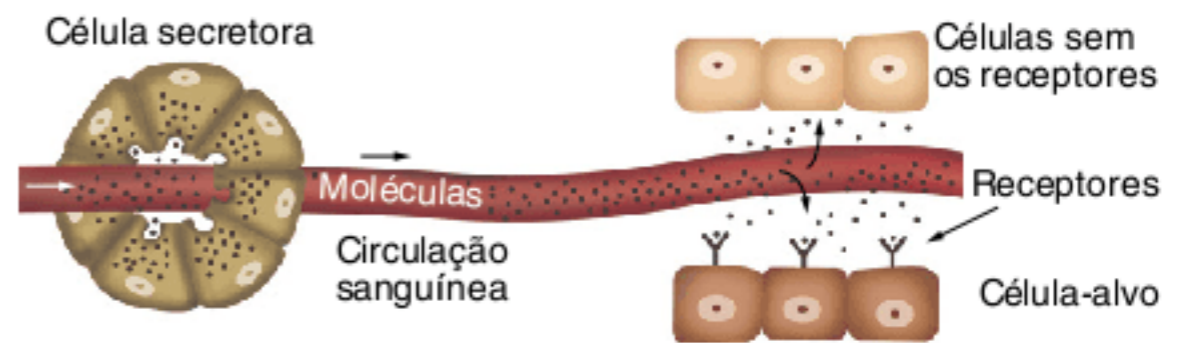
Com base na figura e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa correta.

- (a) A pele negra, representada pela figura de número III, não tem necessidade de produzir melanócitos quando em contato com os raios ultravioleta.
- (b) Os indivíduos de pele albina estão representados pela figura II, pois, em contato com os raios ultravioleta, produzem uma quantidade intermediária de melanócitos como consequência de problemas enzimáticos.
- (c) Os indivíduos de pele clara estão representados pela figura I, o que justifica o fato da pele dessas pessoas, quando em contato com os raios ultravioleta, ficarem vermelhas.
- (d) As células epiteliais da epiderme contêm quantidade variável do pigmento melanina, colocado como um capuz sobre o lado do núcleo celular que está voltado para o exterior, de onde vêm os raios ultravioleta.
- (e) Tumores malignos originados de células epiteliais de revestimento podem ser causados pela falta de exposição ao sol.

6 Unicamp 2007 Todos os anos, cerca de 1.500 novos casos de câncer de pele surgem no Brasil. A grande maioria da população brasileira se expõe ao sol sem qualquer proteção. Dessa forma, os dermatologistas recomendam o uso de filtros solares e pouca exposição ao sol entre as 10 e as 16 horas, período de maior incidência dos raios ultravioleta A e B (UVA e UVB). Os raios UVB estimulam a produção de vitamina D, entre outros benefícios, mas em doses excessivas causam vermelhidão, queimaduras e o câncer de pele.

- a) Pessoas com pele clara são mais sujeitas a queimaduras pelo sol e ao câncer de pele que pessoas com pele mais escura. Explique por quê.
- b) Raios UVA, ao penetrarem na derme, podem danificar as fibras e dessa forma causar o envelhecimento precoce. Indique que fibras podem ser encontradas na derme e por que o seu dano causa o envelhecimento precoce.
- c) A deficiência de vitamina D pode provocar problemas de desenvolvimento em crianças. Explique por quê.

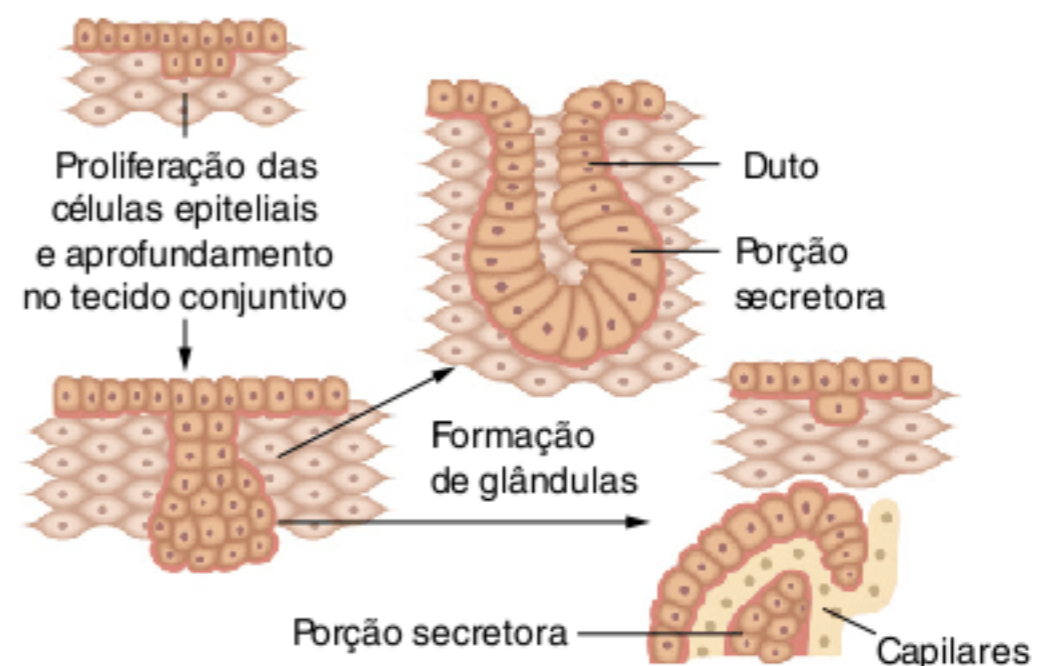
7 PUC-MG 2006 Observe o desenho esquemático, que mostra um tipo de comunicação entre as células por meio de moléculas específicas.



As moléculas sinalizadoras percorrem a corrente sanguínea até chegar aos seus receptores nas células-alvo. Nesse exemplo, pode-se afirmar que essas moléculas são:

- (a) hormônios.
- (b) neurotransmissores.
- (c) enzimas.
- (d) mucos.

8 O esquema a seguir refere-se à fisiologia das glândulas.



Sobre as glândulas ilustradas na figura, é correto afirmar que as:

- (a) exócrinas e endócrinas têm origem ectodérmica.
- (b) endócrinas eliminam seus produtos para o exterior.
- (c) exócrinas se relacionam ao restante do organismo.
- (d) sudoríparas são endócrinas, expelindo sua secreção.

9 O tecido formador da pele:

- (a) apresenta-se ricamente vascularizado.
- (b) constitui-se de células distanciadas umas das outras.
- (c) compõe-se de células nutridas por transporte passivo.
- (d) possui abundante quantidade de substância intercelular.

10 UFSC 2008 Os tecidos conjuntivos derivam do mesoderma do embrião e caracterizam-se por apresentar diversos tipos de células imersas em material extracelular sintetizado por elas. Com relação aos tecidos conjuntivos, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Dentre as várias funções dos tecidos conjuntivos, podemos citar a absorção e a secreção de substâncias através de glândulas.

- 02 Entre os vários tipos de células existentes nos tecidos conjuntivos, encontramos os fibroblastos, os adipócitos, os melanócitos e os neurônios.
- 04 Em indivíduos adultos, os elementos figurados do sangue se originam do tecido conjuntivo encontrado na medula óssea vermelha, a qual apresenta células-tronco pluripotentes (ou multipotentes) que, após se multiplicarem ativamente, diferenciam-se em leucócitos, hemácias e plaquetas.
- 08 O tecido conjuntivo denso modelado, também chamado de tecido tendinoso, é formado por fibras grossas orientadas paralelamente, especialmente fibras colágenas, o que confere grande resistência a estruturas como tendões e ligamentos.
- 16 Os condrócitos, após formarem a matriz cartilaginosa, sofrem uma pequena retração de volume e passam a ser chamados de condroblastos.
- 32 Os ossos de uma criança são mais flexíveis que os ossos de um adulto, pois apresentam maior quantidade de osteoblastos, os quais produzem muitas fibras colágenas.

Soma =

11 PUC-PR Associe o tipo de tecido animal à sua correlação.

1. Tecido ósseo compacto
2. Tecido ósseo esponjoso
3. Cartilagem hialina
4. Cartilagem elástica
5. Cartilagem fibrosa

- Ocorre nos pontos de ligação do tendão do osso.
- É formado por sistemas organizados.
- Ocorre na epiglote e no pavilhão auditivo.
- É formado por trabéculas.
- Constitui o primeiro esqueleto fetal.

Assinale a sequência correta.

- (a) 4; 2; 3; 1; 5
- (b) 5; 3; 2; 1; 4
- (c) 1; 5; 4; 2; 3
- (d) 5; 1; 4; 2; 3
- (e) 5; 4; 1; 3; 2

12 Uece 2007 A derme é um componente da pele dos animais, classificando-se como um tipo de tecido:

- (a) conjuntivo frouxo.
- (b) epitelial frouxo.
- (c) epitelial denso.
- (d) conjuntivo denso.

13 UEL 2006 O osso, apesar da aparente dureza, é considerado um tecido plástico, em vista da constante renovação de sua matriz. Utilizando-se dessa propriedade, ortodontistas corrigem as posições dos dentes, ortopedistas orientam as consolidações de fraturas e fisioterapeutas corrigem defeitos ósseos decorrentes de posturas inadequadas. A matriz dos ossos tem uma parte orgânica proteica constituída principalmente por

colágeno, e uma parte inorgânica constituída por cristais de fosfato de cálcio, na forma de hidroxiapatita.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre tecido ósseo, é correto afirmar:

- (a) A matriz óssea tem um caráter de plasticidade em razão da presença de grande quantidade de água associada aos cristais de hidroxiapatita.
- (b) A plasticidade do tecido ósseo é resultante da capacidade de reabsorção e de síntese de nova matriz orgânica pelas células ósseas.
- (c) O tecido ósseo é considerado plástico em decorrência da consistência gelatinosa da proteína colágeno que lhe confere alta compressibilidade.
- (d) A plasticidade do tecido ósseo, por decorrer da substituição do colágeno, aumenta progressivamente, ao longo da vida de um indivíduo.
- (e) A matriz óssea é denominada plástica porque os ossos são os vestígios mais duradouros que permanecem após a morte do indivíduo.

14 São apenas tipos de tecido conjuntivo:

- (a) ósseo, glandular, fibroso, de revestimento e adiposo.
- (b) cartilaginosa, adiposa, lisa, fibrosa e esquelética.
- (c) glandular, frouxo, adiposo, cartilaginosa e cardíaca.
- (d) ósseo, fibroso, frouxo, cartilaginosa e adiposo.
- (e) cartilaginosa, fibrosa, cardíaca, glandular e adiposa.

15 É composto de condrócitos o tecido:

- (a) muscular.
- (b) ósseo.
- (c) sanguíneo.
- (d) epitelial.
- (e) cartilaginosa.

16 UFPE Em relação ao tecido conjuntivo cartilaginosa, podemos afirmar que:

- a cartilagem hialina ocorre no nariz, na laringe e na traqueia, e no esqueleto fetal, antes de ser substituída pelo tecido ósseo.
- os tendões e ligamentos fixam-se aos ossos nas articulações, em associação com cartilagens fibrosas.
- a cartilagem elástica é encontrada no pavilhão auditivo e é rica em fibras de tecido conjuntivo denso, o que a torna mais resistente à tensão.
- o pericôndrio, formado por tecido conjuntivo denso, é responsável pela nutrição e pela regeneração das cartilagens.
- a cartilagem hialina é ricamente vascularizada e, por isso, é menos sujeita a processos degenerativos.

17 PUC-PR A osteoporose é uma doença caracterizada pela perda de massa óssea devido a um aumento na reabsorção óssea, o que fragiliza o osso, aumentando a probabilidade de ocorrência de fraturas. A causa mais comum na mulher é a diminuição dos níveis de estrógenos após a menopausa.

A célula óssea responsável pelo mecanismo descrito acima é:

- (a) megacariócito.
- (b) osteócito.
- (c) osteoblasto.
- (d) osteoclasto.
- (e) condrócito.

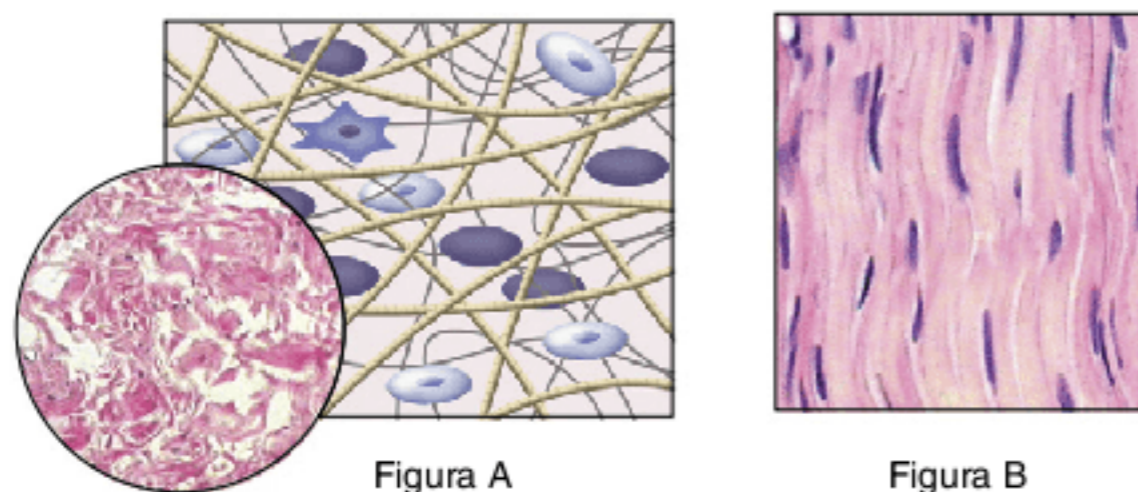
18 As fibras colágenas são constituídas de colágeno, a proteína mais abundante no nosso corpo, e conferem resistência ao tecido em que estão presentes. Esse tecido é o:

- (a) nervoso.
- (b) conjuntivo.
- (c) epitelial.
- (d) muscular cardíaco.
- (e) muscular esquelético.

19 UFG Um jovem apresenta uma cicatriz na coxa, provocada por mordida de um cão feroz. A cicatriz no local da lesão deve-se:

- (a) à regeneração do tecido epitelial pseudoestratificado por meio de suas células totipotentes indiferenciadas.
- (b) ao acúmulo de plaquetas que têm substâncias ativas no processo de conversão de fibrinogênio em fibrina.
- (c) à substituição do tecido muscular por tecido conjuntivo, por meio de fibroblastos e substâncias intercelulares.
- (d) à organização de fibras reticulares que atuam como uma trama de sustentação das células.
- (e) à interação entre filamentos de actina e miosina nos sarcômeros.

20 Unemat 2010 Dois amigos estão estudando para a prova de histologia e se deparam com a figura a seguir.



J Laurence. *Biologia, Ensino Médio*. São Paulo, 2005. v. único.

Após a análise da figura, chegaram à conclusão de que se trata de tecido conjuntivo.

De acordo com o modo de organização de suas fibras e células, é correto afirmar:

- (a) Figura A é um tecido conjuntivo denso não modelado. Figura B é um tecido conjuntivo denso modelado.
- (b) Figura A é um tecido conjuntivo denso modelado. Figura B é um tecido conjuntivo denso não modelado.
- (c) Figura A é um tecido conjuntivo denso não modelado. Figura B é um tecido conjuntivo adiposo.
- (d) Figura A é um tecido conjuntivo denso modelado. Figura B é um tecido conjuntivo ósseo.
- (e) Figura A é um tecido conjuntivo mieloide. Figura B é um tecido conjuntivo linfoide.

21 PUC-PR 2009 O tecido conjuntivo possui três tipos de fibras: colágenas, reticulares e elásticas. Com relação a elas, analise as afirmativas e assinale a alternativa correta.

- (a) As fibras colágenas, assim como as elásticas, são constituídas de microfibrilas de colágeno, que se unem, formando as fibrilas de colágeno, que, por sua vez, se unem, formando as fibras de colágeno.
- (b) As células de certos órgãos, como o baço e os rins, são envolvidas por uma trama de sustentação constituída de fibras reticulares, cujo principal componente é a elastina, uma escleroproteína.
- (c) Os pulmões são órgãos facilmente sujeitos à expansão de volume, pois são ricos em fibras elásticas, constituídas de elastina, proteína cuja principal função é dar elasticidade aos locais onde se encontram.
- (d) Quanto maior a quantidade de colágeno nos tecidos, maior a elasticidade, como, por exemplo, nos tendões, onde o colágeno se distribui em uma só direção, enquanto o cordão umbilical forma uma malha difusa entre as células dos tecidos.
- (e) As fibras colágenas são constituídas da proteína colágeno, polimerizadas fora das células, a partir do tropocolágeno sintetizado pelos macrófagos.

20

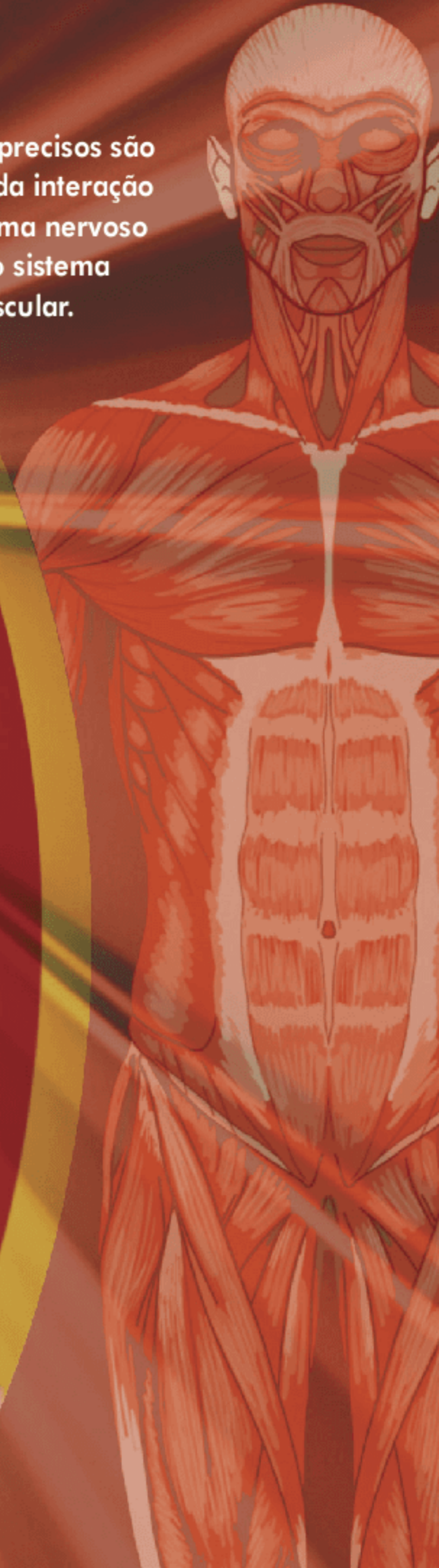
FRENTE 3

Tecidos musculares

Movimentos precisos são produtos da interação do sistema nervoso com o sistema muscular.



JZLOVEX/MORGLEFILE



Papéis do tecido muscular

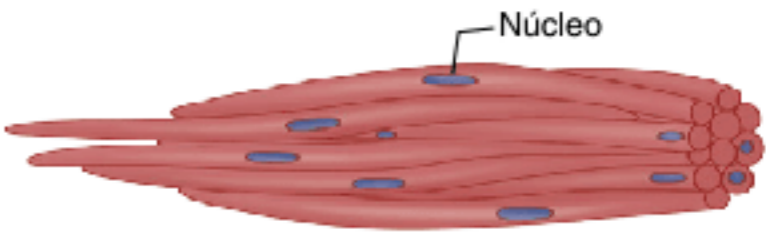
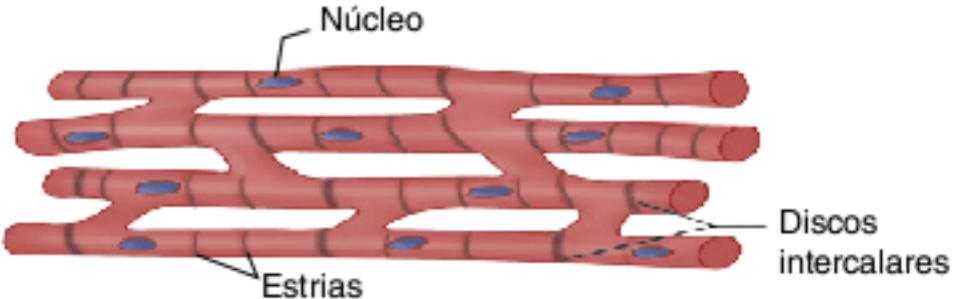
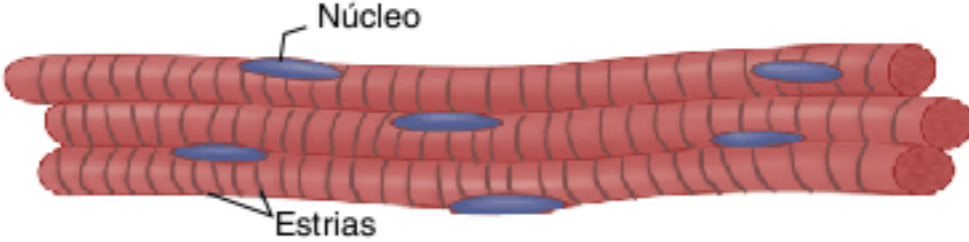
O tecido muscular é constituído por células bastante diferenciadas e que apresentam excitabilidade, ou seja, são capazes de reagir a estímulos que desencadeiam sua contração. A capacidade de realizar a contração e a distensão desse tecido está associada à realização de movimentos e ao bombeamento do sangue, efetuado pelo coração.

Os músculos são elementos que auxiliam na sustentação do corpo; são também responsáveis pelos processos de movimentação exercidos pelo organismo, seja ela involuntária – como a movimentação dos órgãos – ou voluntária – como andar, levantar-se, correr. O músculo cardíaco é responsável pelo bombeamento do sangue no corpo. A atividade muscular

também gera calor, fator que faz com que os músculos contribuam para o controle térmico do organismo. Além disso, os músculos têm reservas de nutrientes como ferro, cálcio, proteínas e glicogênio.

Tipos de tecido muscular

Há três modalidades de tecido muscular: **liso** (ou visceral), **estriado cardíaco** e **estriado esquelético** (Tab. 1). O citoplasma das células musculares tem grande quantidade das proteínas actina e miosina, responsáveis pela contração e pela distensão dessas células. Dessa maneira, tecidos musculares têm como característica principal a capacidade de distender-se e de retornar à sua forma original.

Tecido muscular	Número de núcleos por célula	Estrias citoplasmáticas	Contração	Controle nervoso	Demonstração
Liso ou visceral	1	Ausentes	Involuntária	Sistema nervoso autônomo	
Estriado cardíaco	1 ou 2	Presentes	Involuntária	Sistema nervoso autônomo	
Estriado esquelético	Vários	Presentes	Voluntária	Sistema nervoso somático	

Tab. 1 Os tipos de tecido muscular e suas principais características.

O **músculo liso**, ou **visceral**, também é denominado músculo não estriado. Está presente na parede dos vasos sanguíneos, dos brônquios, do útero e de órgãos do tubo digestório (esôfago, estômago e intestino), responsáveis pelos movimentos peristálticos. Suas **células são fusiformes**, ou seja, com as extremidades afiladas e a parte central mais larga; têm apenas **um núcleo**, e o citoplasma não apresenta estrias, presentes em outros tipos musculares. Sua **contração é lenta e involuntária**.

O **músculo estriado cardíaco** é o componente da parede muscular do coração (**miocárdio**), responsável pelos batimentos cardíacos e pelo bombeamento do sangue para o corpo. As células desse tecido apresentam de um a dois núcleos, e o citoplasma apresenta nítidas faixas, conhecidas como **estrias**; as células são interligadas por meio de discos intercalares. Sua **contração é involuntária**, com ritmo controlado pelo sistema nervoso autônomo.

O **músculo estriado esquelético** é popularmente designado como “carne” nos animais; está associado aos ossos, acionando um sistema de alavancas que proporcionam movimento. Suas fibras (células) são muito longas e apresentam **inúmeros núcleos** em posição periférica. A **contração desse músculo é rápida e voluntária**.

A musculatura estriada esquelética, normalmente, atua em **grupos musculares antagonísticos**, isto é, que apresentam ações opostas. Um exemplo clássico é observado no movimento do antebraço, com a sua **flexão** (quando o braço dobra) e **extensão** (quando há o afastamento do braço). Nesses movimentos, atuam dois músculos principais, o **bíceps** e o **tríceps**. No movimento de flexão do antebraço, o bíceps sofre contração e o tríceps, distensão. No movimento de extensão do antebraço, o tríceps contrai-se e o bíceps distende-se (Fig. 1).

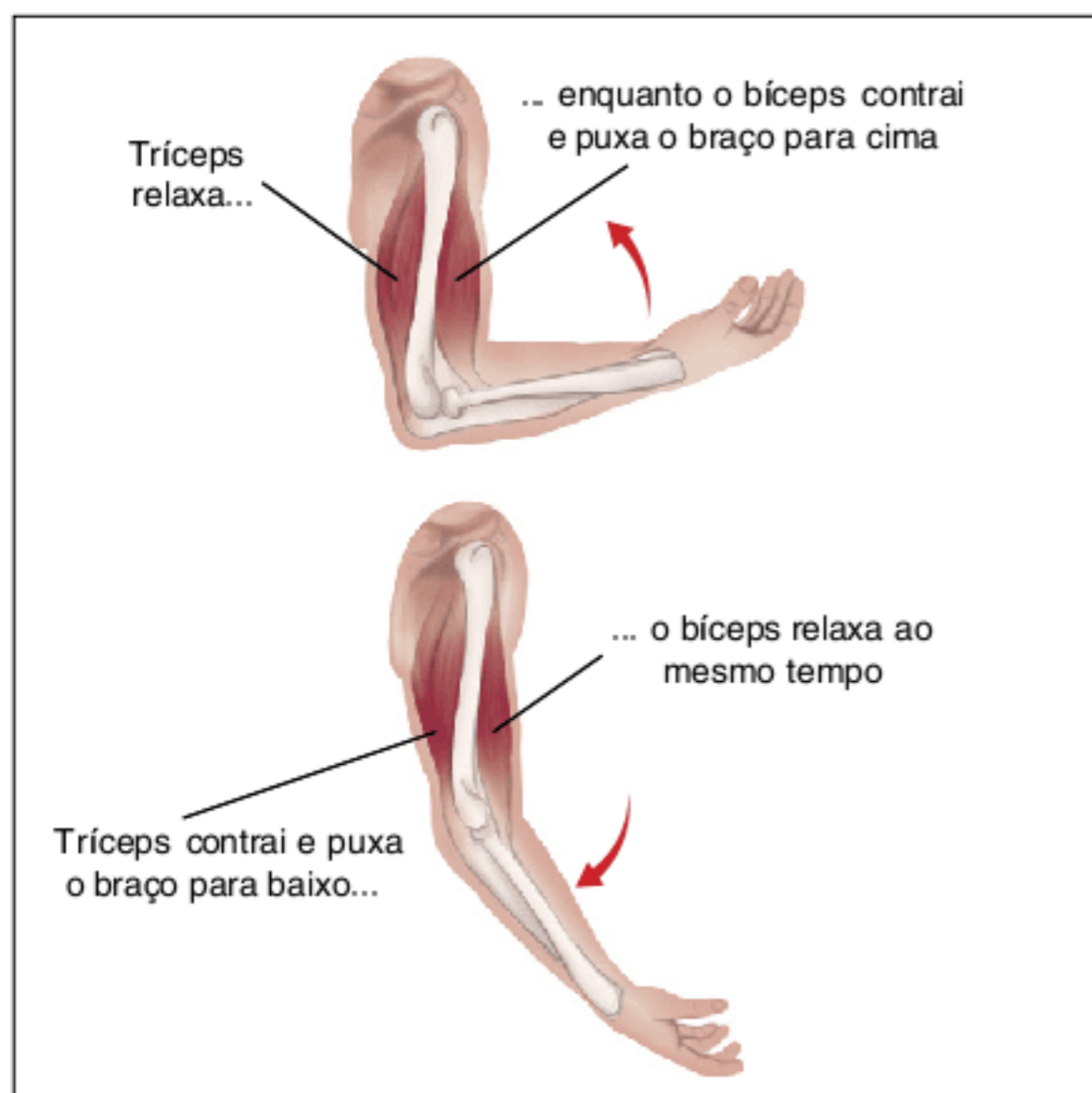


Fig. 1 Atuação de grupos musculares antagonísticos no braço.

Tipos de fibras musculares

Existem dois tipos de fibras musculares esqueléticas nos seres humanos, **tipo I** e **tipo II** (Tab. 2), e, em virtude de diferenças genéticas entre os indivíduos, algumas pessoas têm predomínio de um tipo muscular em relação ao outro. Tal fato implica melhor adaptação do indivíduo a certo tipo de prática esportiva.

Característica	Tipo I	Tipo II
Cor	Avermelhada	Esbranquiçada
Contração	Lenta	Rápida
Metabolismo	Aeróbio (Respiração celular)	Anaeróbio (Fermentação láctica)
Resistência à fadiga	Alta	Baixa

Tab. 2 Características dos tipos de fibras musculares.

As **fibras do tipo I** apresentam **contração relativamente mais lenta** do que as do tipo II; seu metabolismo energético é fundamentado na **respiração celular**, tendo grande quantidade de mitocôndrias; há grande acúmulo de **mioglobina** (proteína responsável pelo transporte de oxigênio nas células musculares), propiciando acúmulo de gás oxigênio e conferindo **cor avermelhada** a essas fibras. Pessoas em quem essas fibras são abundantes possuem maior aptidão física para maratonas, nas quais é necessária maior resistência muscular, ou seja, uma musculatura que suporte longo período de contração.

As **fibras do tipo II** realizam **fermentação láctica** e geram ácido láctico como resíduo; não apresentam mioglobina e **são esbranquiçadas** (como no músculo do peito de peru). Sua **contração é mais rápida** do que as fibras do tipo I, mas são mais propícias à fadiga muscular. São abundantes em atletas que realizam provas de curta distância, nas quais são necessárias força e velocidade. As fibras desse tipo não suportam longos períodos em contração.

A estrutura da célula muscular

Um músculo é constituído por estruturas conhecidas como **miômeros**, também chamadas **fibras musculares**. Cada **fibra muscular** apresenta unidades, denominadas **sarcômeros**, formadas por grupos de moléculas das proteínas **actina** e **miosina**, os quais se mantêm dispostos paralelamente uns aos outros; os blocos de miosina são mais espessos do que os de actina.

Algumas faixas podem ser observadas quando uma fibra muscular estriada é colocada sob um microscópio. Ao longo dessa fibra, há um padrão que se repete, com sarcômeros dispostos sequencialmente. Neles, as moléculas de **actina** e **miosina** estão dispostas horizontalmente e intercaladas, podendo deslizar umas sobre as outras.

Quando um músculo está relaxado, os sarcômeros estão alongados, e as fibras apresentam partes sobrepostas (onde actina e miosina estão intercaladas) e partes em que apenas uma das moléculas pode ser visualizada. Verticalmente, essas partes formam faixas, cada qual com uma nomenclatura diferente.

- Duas linhas verticais determinam os limites de um sarcômero; trata-se das **linhas Z**;
- Contida no sarcômero, está a faixa em que só se observa miosina; trata-se da **faixa H**;
- A faixa que consiste em toda a extensão da miosina do sarcômero é a **faixa A**, que inclui a faixa H em seu interior;
- A faixa que compreende apenas actina é a **banda I**. Ela se estende de um sarcômero ao outro adjacente (Fig. 2).

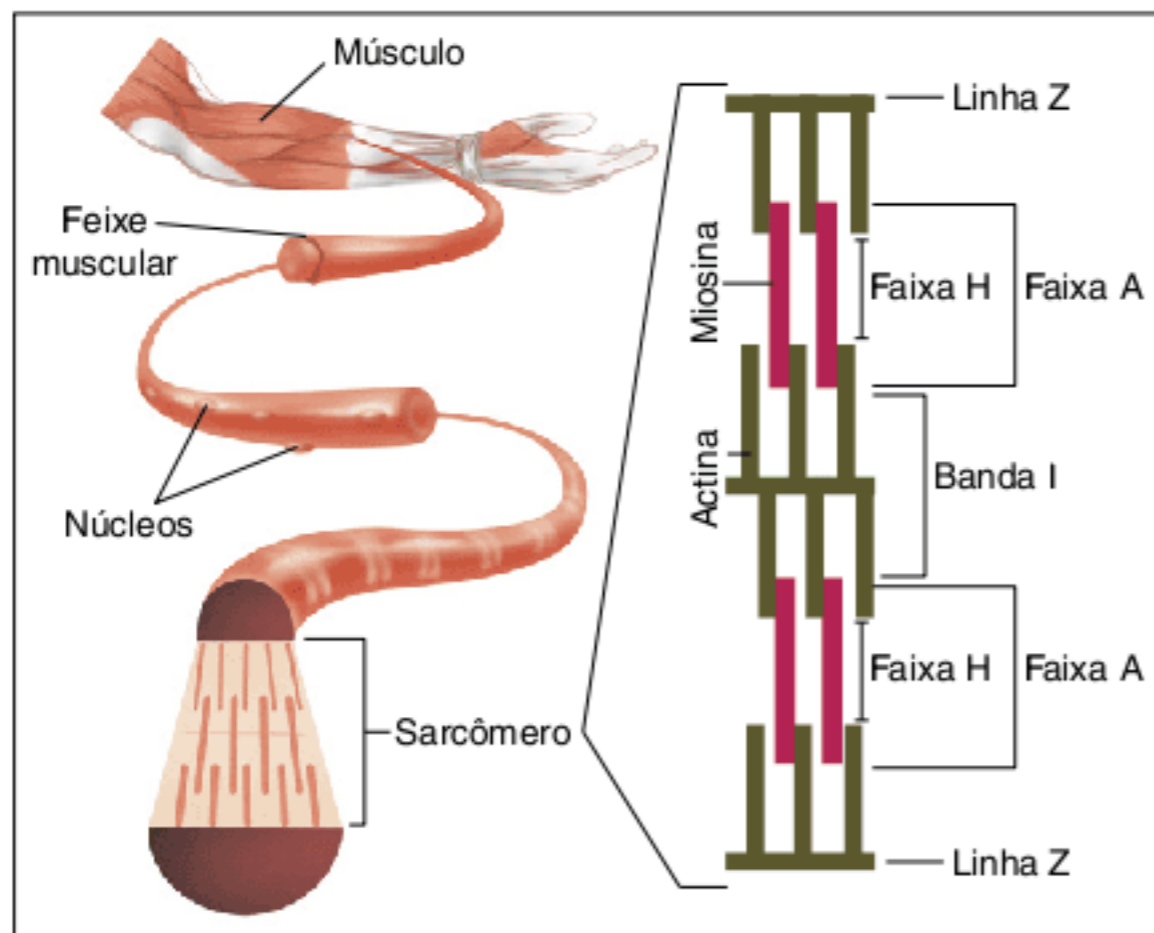


Fig. 2 Estrutura da fibra muscular.

A contração muscular consiste na contração do sarcômero também. Com o deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina, elas se sobrepõem: há o encurtamento do sarcômero, com a aproximação das linhas Z e a redução da faixa H (Fig. 3).

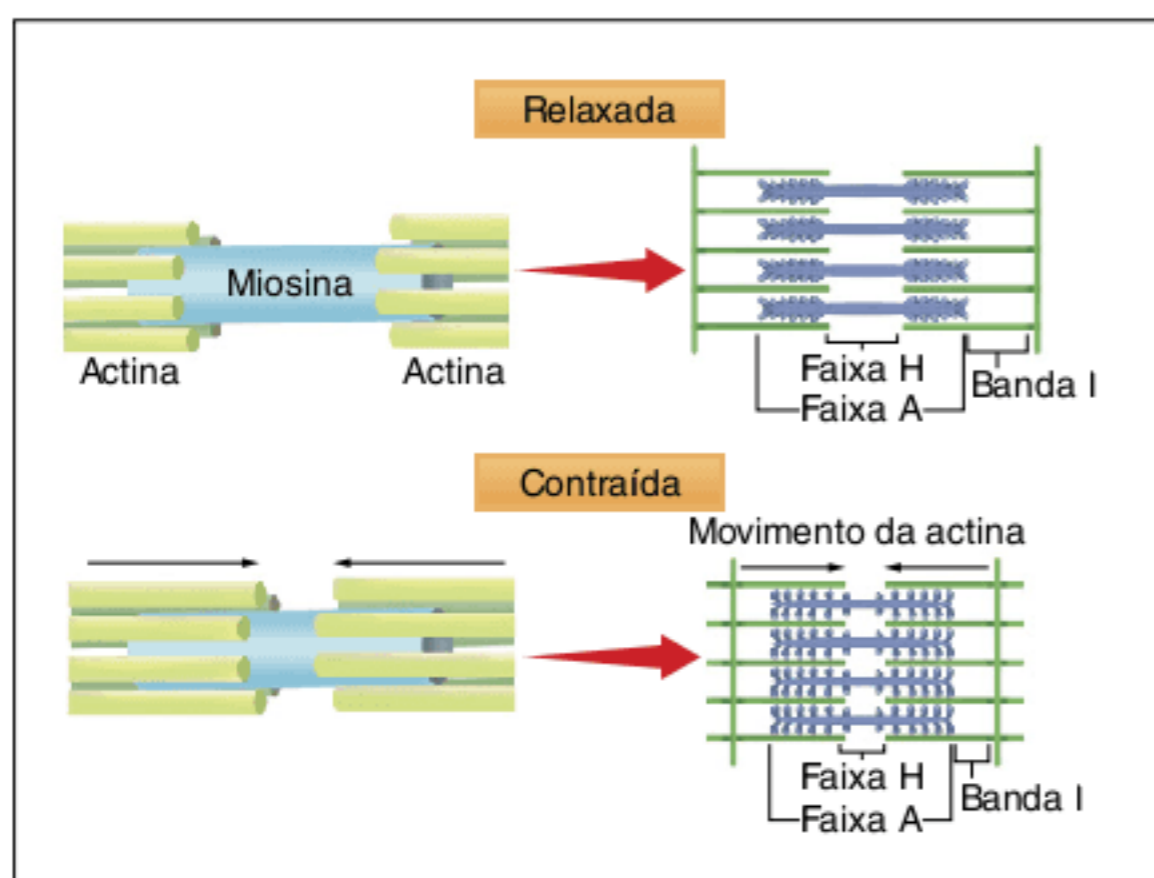


Fig. 3 Detalhe da contração muscular e seu efeito no sarcômero.

A junção neuromuscular

Um músculo esquelético tem sua contração estimulada por um **neurônio motor** ao qual está ligado. A **fenda entre as terminações do axônio do neurônio e a membrana da célula muscular** é um tipo de sinapse conhecida como junção neuromuscular, onde ocorre a liberação de **acetilcolina**, que provoca a excitação do músculo (Fig. 4).

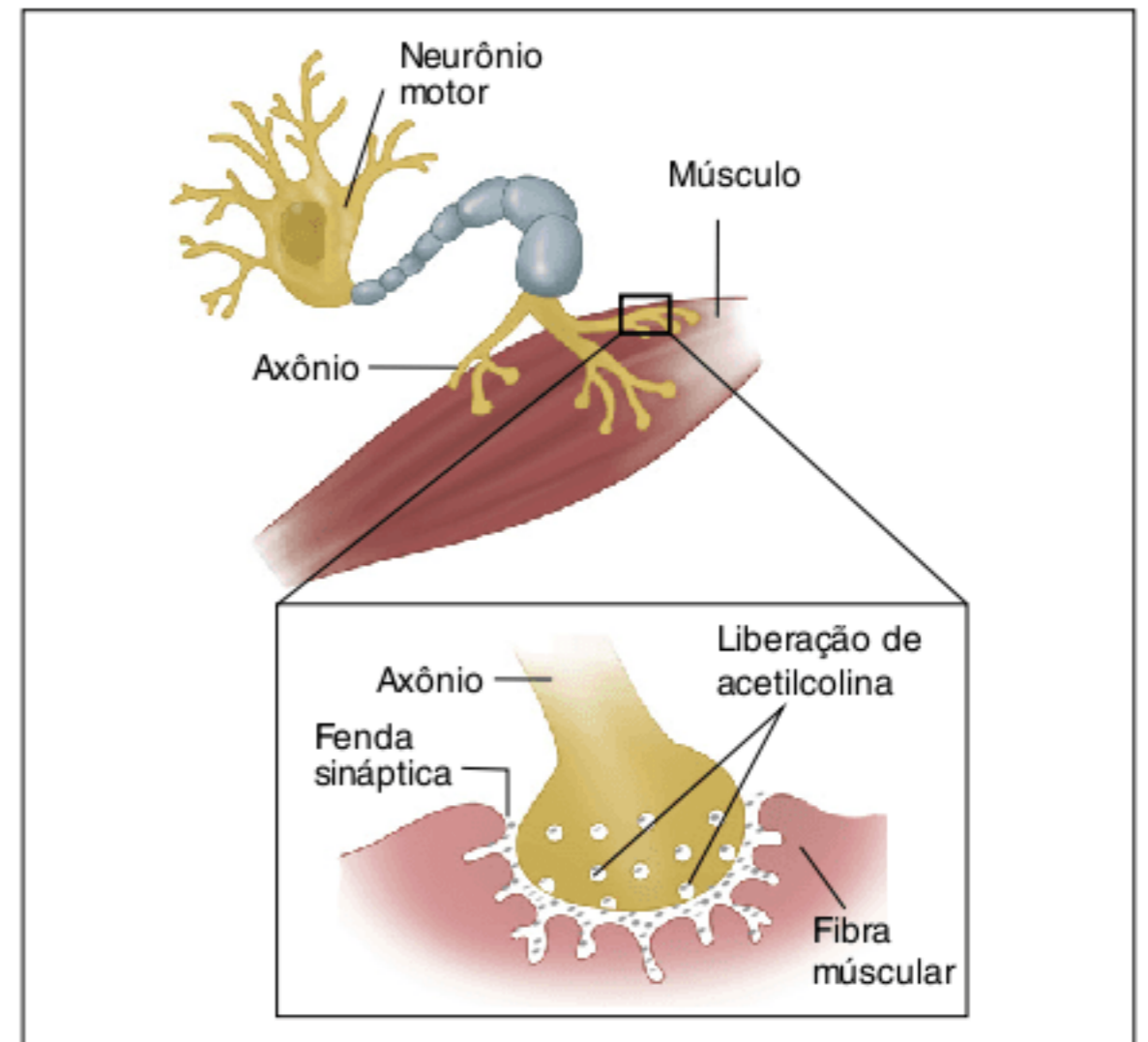


Fig. 4 Junção neuromuscular: interação entre o neurônio motor e a fibra muscular.

Há substâncias que interferem no funcionamento do estímulo nervoso do músculo. O curare, composto venenoso oriundo de plantas, impede a ação da acetilcolina. Alguns grupos indígenas utilizam tal composto em pontas de flecha para a captura de caça. Outro exemplo de substância que interfere na junção neuromuscular é a **toxina botulínica**, que impede a liberação de acetilcolina e, assim, o estímulo do músculo. Ambas as substâncias resultam na paralisia do músculo. Já a **toxina tetânica** promove o aumento de impulsos nervosos, com a liberação contínua de acetilcolina; isso determina uma contração muscular prolongada e involuntária, conhecida como tetania.

A energia para a contração muscular

As células musculares apresentam **retículo endoplasmático** bastante desenvolvido e responsável pelo acúmulo de cálcio, íon indispensável para a contração do músculo. O citoplasma dessas células é denominado **sarcoplasma**, e o retículo endoplasmático é conhecido como **retículo sarcoplasmático**. Tal citoplasma da fibra esquelética apresenta componentes relacionados com a obtenção de energia empregada na contração muscular.

- **Glicogênio:** reserva energética produzida de moléculas de glicose recebidas do sangue.
- **Mioglobina:** proteína que acumula gás oxigênio proveniente do sangue.
- **Mitocôndrias:** presentes em grande quantidade nas células musculares, permitem a respiração celular em taxas elevadas para a liberação de energia em abundância.
- **ATP:** gerado por ADP e fósforo, acumula temporariamente energia, que é usada na contração muscular. A contração é estimulada pela enzima, que é ativada pelo cálcio liberado pelo retículo endoplasmático.
- **Fosfocreatina:** é uma molécula que funciona como fonte extra de energia na célula, pois constitui uma fonte de fósforo a mais, que pode ser transferido para o ADP, formando novamente ATP e, assim, gerando mais energia.

O processo de contração muscular é desencadeado quando o neurônio motor estimula a membrana da fibra muscular – libera acetilcolina. Assim, o retículo endoplasmático libera cálcio, que ativa a enzima ATPase. A enzima degrada o ATP, liberando energia necessária para o deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina; dessa maneira se processa a contração muscular (Fig. 5).

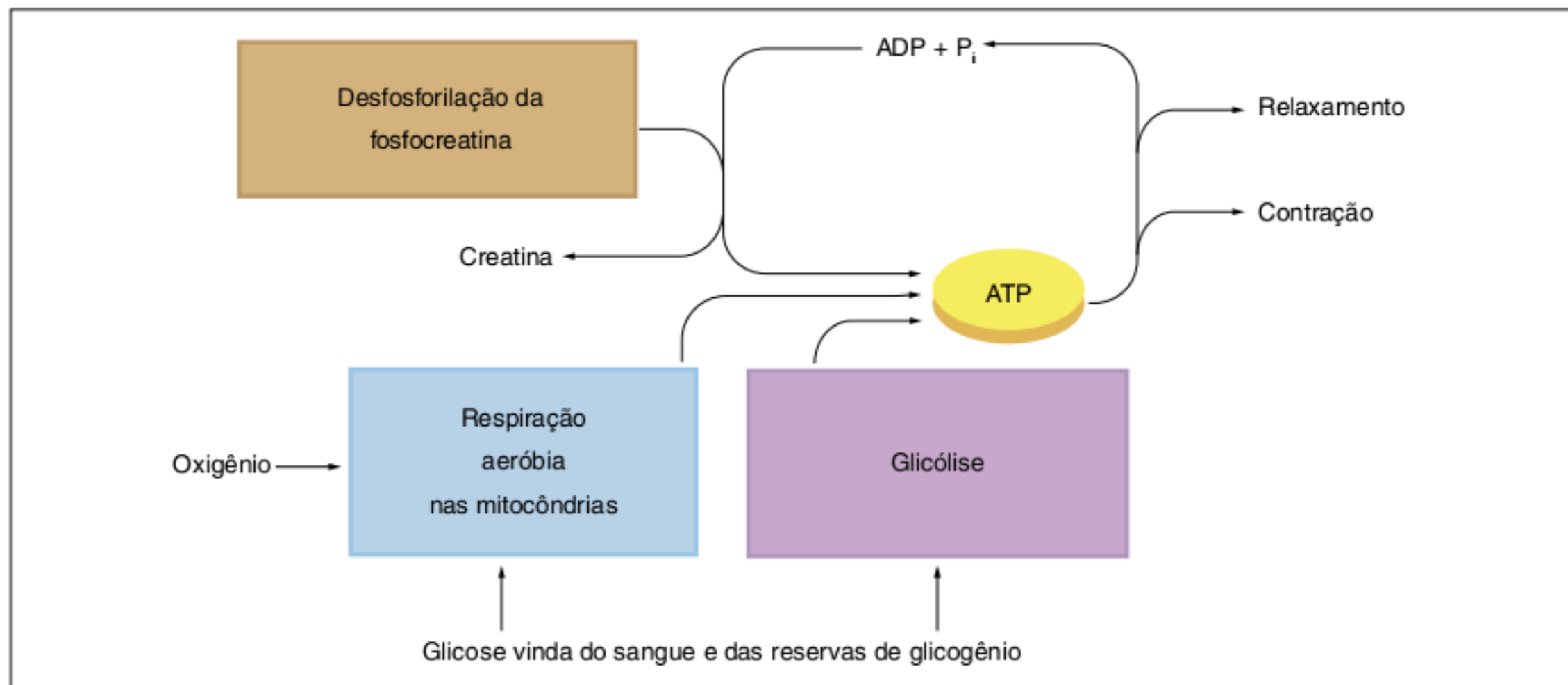


Fig. 5 A química da contração muscular.

No entanto, diante de uma **intensa atividade muscular**, a demanda imediata de gás oxigênio pelo músculo pode se tornar maior do que a capacidade que o sistema circulatório tem de suprir as necessidades do tecido; ocorre então um **processo fermentativo** para a obtenção de energia, liberando **ácido láctico**. O acúmulo de ácido láctico provoca **fadiga muscular**, com conseqüente dor. Diante de elevadas concentrações desse produto, o músculo fica fisiologicamente impossibilitado de realizar contração muscular. Com o tempo, o ácido láctico passa para o sangue e é transportado até o fígado, onde pode ser convertido em ácido pirúvico e glicose.

Revisando

1 Quais são os papéis desempenhados pelo tecido muscular?

2 Cite os três tipos de tecido muscular.

3 Caracterize os tipos de tecido muscular em relação à quantidade de núcleos, à presença ou à ausência de estrias e a características da contração.

4 Explique os movimentos de flexão e de distensão do antebraço envolvendo a participação do bíceps e do tríceps.

5 Diferencie os tipos de fibras musculares I e II.

6 Como são denominados o retículo endoplasmático e a membrana da célula muscular? Qual é a importância do retículo endoplasmático para a célula muscular?

7 O que são sarcômeros?

8 Como se dá o controle do sistema nervoso sobre um músculo esquelético?

9 Qual é o papel das seguintes substâncias presentes em células musculares: mioglobina, glicogênio e fosfocreatina.

10 Explique a atividade fermentativa da célula muscular e sua consequência para o músculo.

Exercícios propostos

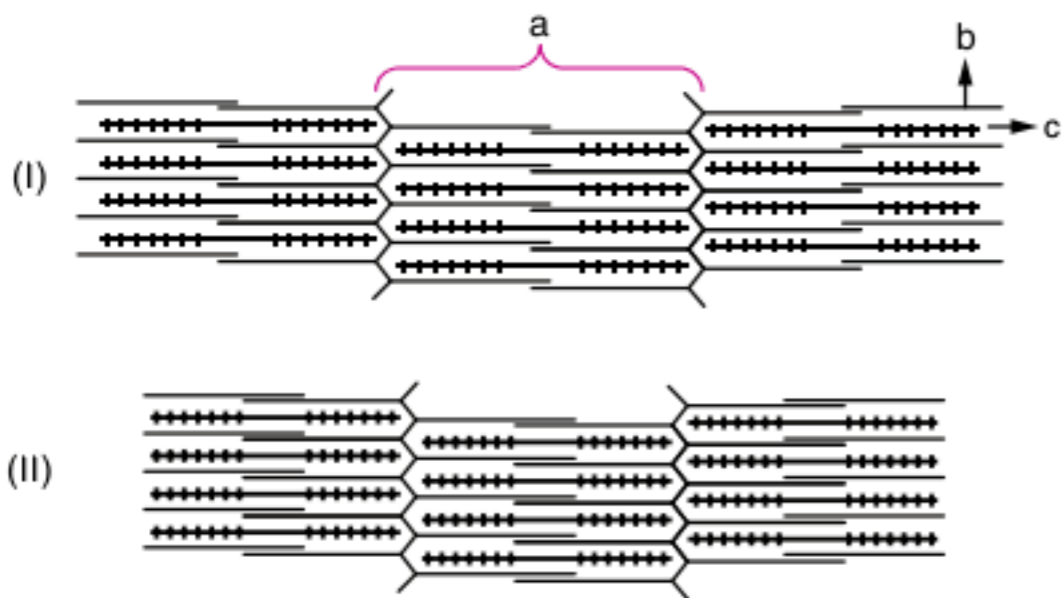
1 Uece 2010 O conceito de sarcômero engloba o de estruturas como sarcolema e retículo sarcoplasmático e está associado a um determinado tipo de tecido. Nessa estrutura temos a abundante presença de:

- (a) plastos e íons de magnésio.
- (b) plastos e íons de cálcio.
- (c) mitocôndrias e íons de magnésio.
- (d) mitocôndrias e íons de cálcio.

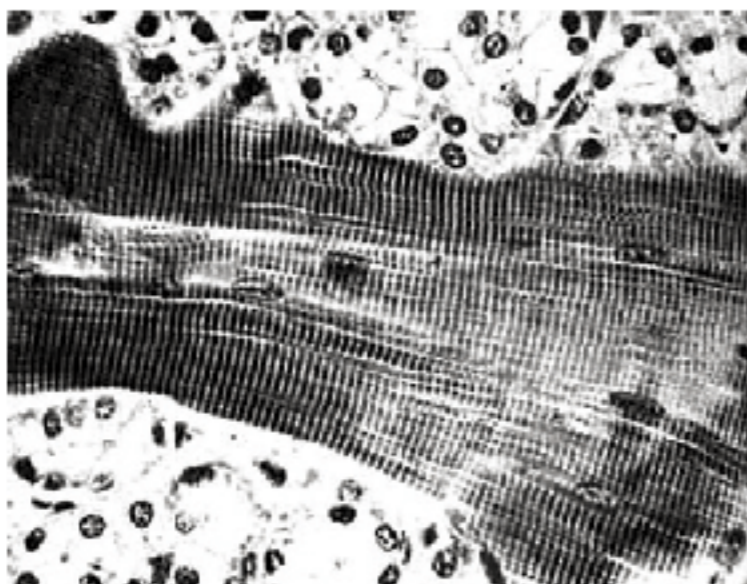
2 Ufop 2010 Para um indivíduo sedentário, fazer uma caminhada é um exercício muito intenso. Nesse caso, a quantidade de gás oxigênio que chega aos músculos não é suficiente para suprir as necessidades respiratórias das fibras musculares do sujeito.

Considerando esses dados, responda às seguintes questões.

- a) O indivíduo sentirá dor muscular? Justifique sua resposta.
- b) Com base nas seguintes figuras, defina as estruturas do músculo esquelético representadas pelas letras *a*, *b* e *c*. A figura (I) ou a figura (II) representa um músculo relaxado? Justifique sua resposta.



3 PUC-Rio 2009 A fotomicrografia apresentada é de um tecido que tem as seguintes características: controle voluntário, presença de células multinucleadas, condrioma desenvolvido, alto gasto energético e riqueza de microfilamentos.

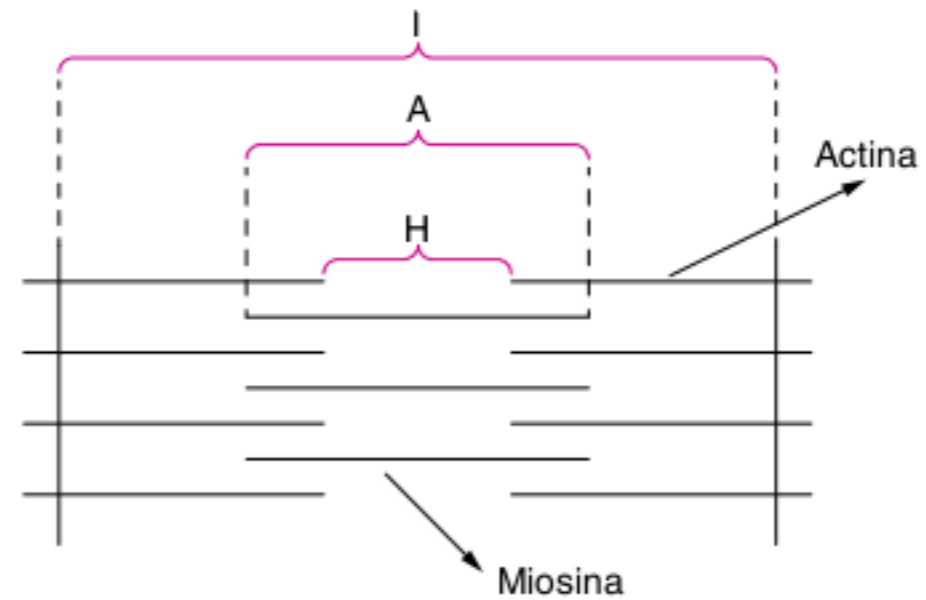


Arthur W. Ham. *Histologia*. RJ: Guanabara Koogan, 1977.

Podemos afirmar que se trata do tecido:

- (a) muscular estriado.
- (b) epitelial.
- (c) conjuntivo propriamente dito.
- (d) adiposo.
- (e) ósseo.

4 Udesc 2009 (Adapt.) A contração muscular é realizada por células que se diferenciaram durante o desenvolvimento embrionário e que se encontram altamente inervadas. Observe a figura a seguir e explique o mecanismo da contração muscular.



5 Fuvest 2008 A tabela a seguir apresenta algumas características de dois tipos de fibras musculares do corpo humano.

Fibras musculares		
Características	Tipo I	Tipo IIB
Velocidade de contração	Lenta	Rápida
Concentração de enzimas oxidativas	Alta	Baixa
Concentração de enzimas glicolíticas	Baixa	Alta

- a) Em suas respectivas provas, um velocista corre 200 m, com velocidade aproximada de 36 km/h, e um maratonista corre 42 km, com velocidade aproximada de 18 km/h. Que tipo de fibra muscular se espera encontrar, em maior abundância, nos músculos do corpo de cada um desses atletas?
- b) Em que tipo de fibra muscular deve ser observado o maior número de mitocôndrias? Justifique.

6 Uece 2008 Além de participar da construção do corpo dos organismos, as proteínas exercem diversas funções. Podemos afirmar, corretamente, que as proteínas actina e miosina estão envolvidas no processo de:

- (a) transporte de oxigênio no tecido sanguíneo.
- (b) cobertura protetora da pele.
- (c) contração muscular.
- (d) sinapse nas terminações nervosas.

7 PUC-MG 2007 Observe o esquema, que representa células do tecido muscular estriado cardíaco humano.



Músculo estriado cardíaco

Sobre esse assunto, assinale a afirmativa incorreta.

- (a) A contração dessa musculatura, em condições normais, depende de um sistema próprio gerador de impulsos.
- (b) As células musculares cardíacas apresentam, em seu citoplasma, actinas, miosinas e mioglobinas.
- (c) As células musculares cardíacas podem realizar contração, mesmo sem estímulos do sistema nervoso central.
- (d) As células musculares cardíacas apresentam intenso consumo de oxigênio que é recebido diretamente do sangue contido nos átrios e nos ventrículos.

8 UFU 2007 Em mamíferos, existem três tipos de tecidos musculares. Cite esses tipos de tecidos e compare-os quanto à:

- a) morfologia.
- b) fisiologia.

9 Ufes 2006 A força humana está relacionada diretamente com os músculos, e, para que estes realizem trabalho, é necessário que ocorra a contração muscular. Sobre os mecanismos envolvidos na contração muscular, pode-se afirmar que:

- (a) a miosina é responsável pela conversão da energia da hidrólise do ATP em movimento, devido à presença dos íons de ferro.
- (b) a quimiosíntese ocorre nas células musculares, onde o ácido pirúvico é transformado em ácido láctico, o que garante ATP em situações de emergência.
- (c) o deslizamento durante a contração muscular ocorre quando as cabeças da miosina se prendem firmemente à actina, dobrando-se sobre o resto da molécula da miosina e permanecendo assim indefinidamente.
- (d) o glicogênio armazenado nas células musculares pode ser convertido em ATP por meio de processos de fermentação alcoólica, o que causa dor e intoxicação das fibras musculares.
- (e) a energia obtida do ATP confere à miosina uma configuração instável de alta energia potencial e faz com que ela puxe as fibras de actina, realizando o trabalho.

10 UFC 2006 A liberação dos íons cálcio e magnésio no processo de contração de uma fibra muscular estriada esquelética envolve diversos componentes celulares, exceto o:

- (a) lisossomo.
- (b) retículo endoplasmático.
- (c) sarcoplasma.
- (d) sistema T.
- (e) retículo sarcoplasmático.

11 UFRGS 2005 Considere as afirmações a seguir sobre o tecido muscular esquelético.

- I. Para que ocorra contração muscular, há necessidade de uma ação conjunta dos íons cálcio e da energia liberada pelo ATP, o que promove um deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina na fibra muscular.
- II. Exercícios físicos promovem um aumento no volume dos miócitos da musculatura esquelética, através da produção de novas miofibrilas.

III. Em caso de fadiga muscular, parte do ácido láctico produzido através da fermentação láctica passa para a corrente sanguínea e é convertida em aminoácidos pelo fígado.

Está(ão) corretas(s):

- (a) apenas I.
- (b) apenas II.
- (c) apenas I e II.
- (d) apenas II e III.
- (e) I, II e III.

12 Puccamp Leia o texto a seguir.

Movimento

Entre os numerosos erros que afetam as medidas no campo do esporte, aquele que é mais frequentemente cometido e que, no entanto, poderia ser mais facilmente corrigido, está relacionado com a variação da aceleração da gravidade.

Sabe-se que o alcance de um arremesso, ou de um salto à distância, é inversamente proporcional ao valor de g , que varia de um local para o outro da Terra, dependendo da latitude e da altitude do local. Então, um atleta que arremessou um dardo, por exemplo, em uma cidade onde o valor de g é relativamente pequeno (grandes altitudes e pequenas latitudes) será beneficiado.

Para dar uma ideia da importância destas considerações, o professor americano P. Kirkpatrick, em um artigo bastante divulgado, mostra que um arremesso cujo alcance seja de 16,75 m em Boston constituía, na realidade, melhor resultado do que um alcance de 16,78 m na Cidade do México. Isto em virtude de ser o valor da aceleração da gravidade, na Cidade do México, menor do que em Boston.

As correções que poderiam ser facilmente feitas para evitar discrepâncias desta natureza não são sequer mencionadas nos regulamentos das Olimpíadas.

Antônio Máximo; Beatriz Alvarenga. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, 1997. p. 148. v. 1.

O arremesso de dardo exige do atleta contração muscular. Isso ocorre devido ao:

- (a) deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina.
- (b) encurtamento das fibras de mioglobina, com gasto de ATP.
- (c) movimento dos sarcômeros sobre os filamentos de miosina.
- (d) deslocamento da fosfocreatina para fora das miofibrilas.
- (e) estímulo da linha Z com produção de ATP e acetilcolina.

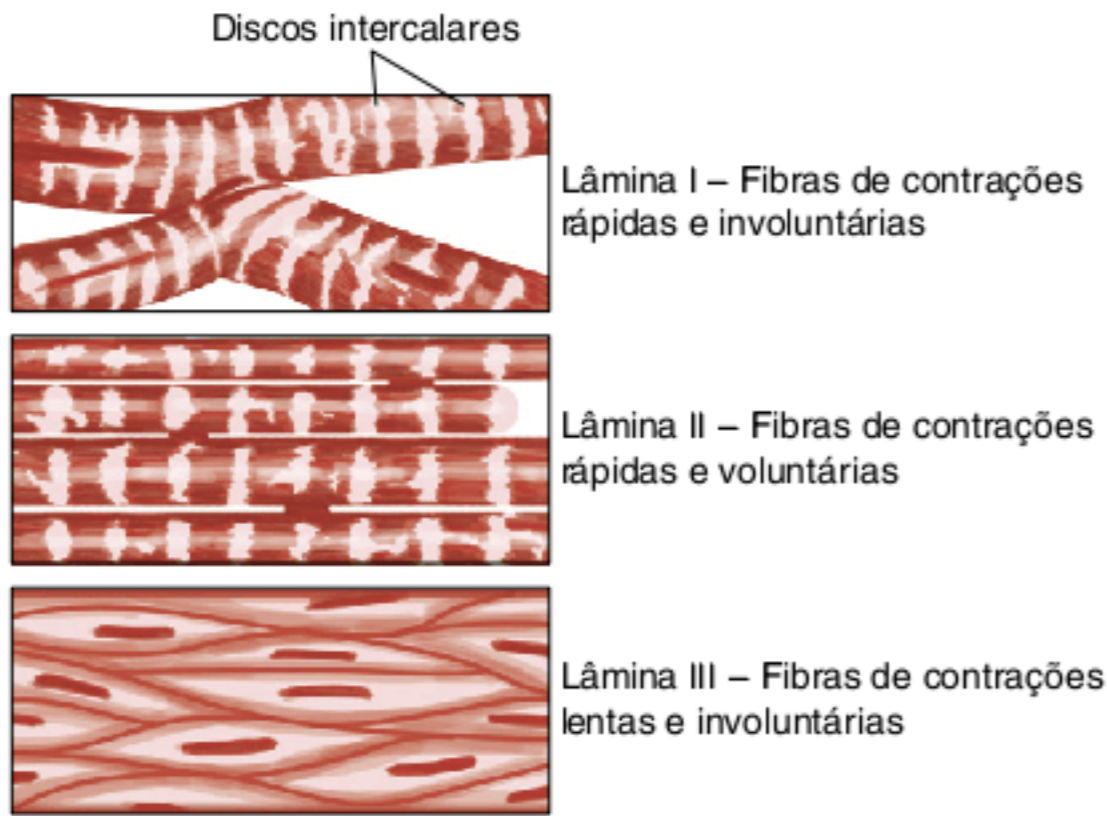
13 PUC-Rio Dentre os tecidos animais, há um tecido cuja evolução foi fundamental para o sucesso evolutivo dos seres heterotróficos.

Aponte a opção que indica corretamente tanto o tipo de tecido em questão como a justificativa de sua importância.

- (a) Tecido epitelial queratinizado – permitiu facilitar a desidratação ao impermeabilizar a pele dos animais.
- (b) Tecido conjuntivo ósseo – permitiu a formação de carapaças externas protetoras para todos os animais, por ser um tecido rígido.

- (c) Tecido muscular – permitiu a locomoção eficiente para a predação e fuga, por ser um tecido contrátil.
- (d) Tecido nervoso – permitiu coordenar as diferentes partes do corpo dos animais, por ser um tecido de ação lenta.
- (e) Tecido conjuntivo sanguíneo – permitiu o transporte de substâncias dentro do corpo do animal, por ser um tecido rico em fibras colágenas e elásticas.

14 Unesp As lâminas I, II e III representam o aspecto de três tipos de tecido muscular de cães, quando analisados sob microscópio.



As fibras observadas nas lâminas I, II e III foram retiradas, respectivamente, dos músculos:

- (a) do estômago, do coração e da pata.
- (b) do coração, da pata e do estômago.
- (c) da pata, do estômago e do coração.
- (d) do coração, do estômago e da pata.
- (e) do estômago, da pata e do coração.

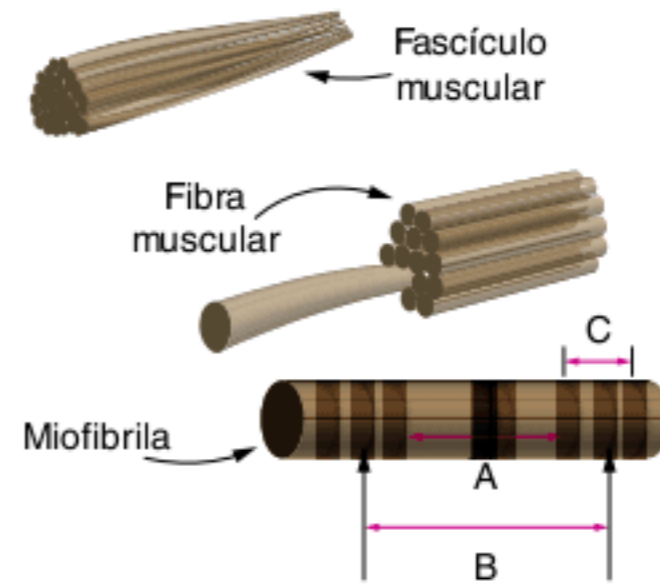
15 UFV Preocupados com a boa forma física, os frequentadores de uma academia de ginástica discutiam sobre alguns aspectos da musculatura corporal. Nessa discussão, as seguintes afirmativas foram feitas.

- I. O tecido muscular estriado esquelético constitui a maior parte da musculatura do corpo humano.
- II. O tecido muscular liso é responsável direto pelo desenvolvimento dos glúteos e coxas.
- III. O tecido muscular estriado cardíaco, por ser de contração involuntária, não se altera com o uso de esteroides anabolizantes.

Analisando as afirmativas, pode-se afirmar que:

- (a) apenas II e III estão corretas.
- (b) apenas I está correta.
- (c) apenas II está correta.
- (d) I, II e III estão corretas.
- (e) apenas I e II estão corretas.

16 UFPE Considere as seguintes representações de um músculo esquelético e as faixas indicadas pelas letras.

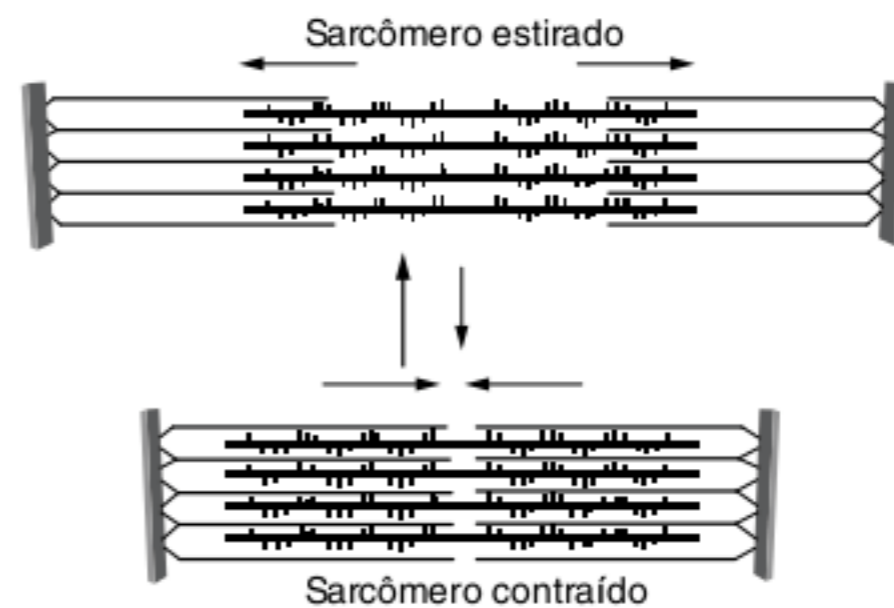


- A faixa A, denominada de banda A (anisotrópica), corresponde à justaposição de moléculas de actina e miosina.
- A faixa B corresponde ao sarcômero que vai de uma linha Z a outra.
- A faixa C, denominada banda I (isotrópica), corresponde a uma região onde são encontradas apenas moléculas de miosina.
- A faixa C (banda I) reduz de tamanho na contração muscular.
- A zona H situa-se no centro da banda A (faixa A) e se reduz na contração muscular.

17 UFG 2010 Leia o texto e observe a figura a seguir.

Brasil na Copa da África

A seleção brasileira de futebol é a única a participar de todas as Copas Mundiais. Sua estreia na Copa da África do Sul será no dia 15 de junho contra a Coreia do Norte. Como um dos esportes símbolos nacionais, o futebol promove um elevado desgaste físico aos seus atletas, pois é uma modalidade esportiva intermitente e de longa duração, exigindo movimentos com elevadas ações de contração muscular durante a partida, como esquematizado na figura.



Disponível em: <passioweb.com/na_ponta_lingua/sala_de_aula/biologia/imagens>. Acesso em: 16 mar. 2010.

Considerando o exposto, explique como ocorre, no atleta, o movimento de contração da unidade representada na figura durante uma partida de futebol.

TEXTO COMPLEMENTAR

Anabolizantes maquiados

Um estudo feito no Estado de São Paulo pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL) concluiu que um em cada quatro produtos comercializados em academias de ginástica como suplementos nutricionais para praticantes de atividade física tem substâncias de natureza esteroideal não declaradas nos rótulos.

O trabalho analisou 111 produtos comercializados na capital e no interior paulista, apreendidos pelos serviços de vigilância sanitária locais. As análises, realizadas por meio de técnica conhecida por *screening* por cromatografia em camada delgada, foram realizadas no Laboratório de Antibióticos e Hormônios do Instituto Adolfo Lutz, órgão vinculado à Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria da Saúde do Estado de São Paulo.

Do total de 28 amostras (25,5%) que apresentaram substâncias esteroidais destinadas ao desenvolvimento de massa muscular, 7% tinham sais de testosterona em suas fórmulas. “A identificação dos sais indica que esses produtos contêm esteroides anabolizantes e estão sendo vendidos ilegalmente”, disse Maria Regina Walter Koschtschak, pesquisadora da Seção de Antibióticos do IAL que participou das análises, à Agência Fapesp.

“Em contrapartida, 18,5% dos suplementos analisados também apresentaram substâncias de natureza esteroideal, mas que não pudemos identificar com precisão devido à falta de padrões de comparação com outras substâncias puras”.

Esteroides anabolizantes são drogas fabricadas para substituir a testosterona, o hormônio masculino, fabricado pelos testículos, que ajuda no crescimento dos músculos (efeito anabólico) e no desenvolvimento das características sexuais masculinas (efeito androgênico).

“A importância do estudo está na demonstração dos riscos que muitos atletas no Brasil correm ao consumir substâncias desconhecidas, ainda mais se tratando de drogas perigosas, que oferecem efeitos colaterais muito variados”, afirmou Maria Regina.

Segundo ela, duas portarias de 1998 da legislação brasileira regulamentam os suplementos, fixando identidade e características mínimas de qualidade, excluindo os produtos que contenham substâncias farmacológicas estimulantes, hormônios e outras substâncias consideradas como *doping* pelo Comitê Olímpico Internacional (COI).

O levantamento também apontou que 85,6% dos suplementos analisados não apresentavam informações de procedência e, das demais amostras, 5,4% eram nacionais e 9%, importadas. O trabalho mostrou ainda que a forma mais frequente de apresentação dos produtos foi a de cápsula, representando 41% do total de amostras analisadas, por apresentar uma maior facilidade na manipulação e incorporação de outras substâncias farmacologicamente ativas.

Consumo popular

De acordo com o trabalho, alguns dos fatores que contribuem para a explosão de consumo dessas substâncias são o apelo da publicidade, a prática do fisiculturismo e o culto exagerado ao corpo, que enfatiza o desenvolvimento muscular, conhecido como *vigorexia*.

Além disso, a disponibilidade e o livre acesso pela internet aos suplementos nutricionais no comércio internacional e, no Brasil, o

consumo nas academias de ginásticas, sem orientação de profissionais de saúde, resultaram na popularização do uso desses produtos por atletas profissionais e amadores.

“Como consequência da explosão do consumo dos alimentos para praticantes de atividade física e dos suplementos vitamínicos e minerais, estimativas mostram que o mercado mundial desses produtos movimentou cerca de US\$ 46 bilhões por ano”, contou Maria Regina.

Os hormônios precursores de testosterona apresentam efeitos androgênicos e forte atividade anabólica. “Teoricamente, essas substâncias aumentam a produção de hormônios masculinos por meio do incremento da concentração de precursores exógenos de testosterona. De acordo com os regulamentos do COI, esses hormônios estão classificados na categoria de esteroides anabólicos proibidos”, explicou.

Outro estudo para a detecção de anabolizantes, coordenado pela Comissão Médica do COI, revelou que 94 das 634 amostras de suplementos nutricionais, provenientes de 215 fabricantes de 31 países, continham substâncias não declaradas que poderiam levar a um teste positivo de *doping* aos usuários desses suplementos.

De acordo com a pesquisadora do Instituto Adolfo Lutz, outro fator que influenciou o crescimento do consumo dos suplementos nutricionais foi a passagem do controle desses produtos, em 1994, nos Estados Unidos, do *Food and Drug Administration* (FDA) para o *Dietary Supplement Health and Education* (DSHEA).

“O DSHEA define os suplementos dietéticos como sendo aqueles que suprem as necessidades de um ou mais nutrientes, como vitaminas, minerais e enzimas. Além dessas substâncias, são permitidos extratos vegetais, aminoácidos, melatonina e precursores da testosterona, chamados de pró-hormônios, entre os quais a androsteniona, a dehidroepiandrosterona e o androstenediol”, disse Maria Regina.

A pesquisadora destaca que, quando ingeridas sem orientação médica, essas substâncias podem causar problemas como impotência sexual, desordens menstruais, insônia, dor de cabeça, acne, aumento dos níveis de colesterol, problemas cardíacos, crescimento indevido de pelos, aumento de agressividade, engrossamento da voz, aumento da pressão sanguínea e até infarto do miocárdio.

Thiago Romero. Agência FAPESP, 22 jan. 2009.
Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/9996>>.



O uso de anabolizantes esteroides pode trazer sérios riscos à saúde.

Papéis do tecido muscular

O tecido muscular é constituído por células diferenciadas que são capazes de reagir a estímulos que desencadeiam sua contração. Tem capacidade de distender-se e de retornar à sua forma original (células têm grande quantidade de proteínas actina e miosina). Pode apresentar as seguintes funções:

- Realização de movimentos voluntária ou involutária;
- Bombeamento do sangue pelo coração;
- Auxílio na sustentação do corpo;
- Contribuição para o controle térmico do organismo (geração de calor);
- Reserva de nutrientes.

Tipos de tecido muscular:

- **Liso (visceral):**
 - Tem **células fusiformes** (com extremidades afiladas e parte central mais larga) com apenas **um núcleo** e citoplasma sem estrias.
 - **Contração lenta e involutária.**
 - Exemplo de estruturas: parede dos vasos sanguíneos, dos brônquios, do útero e de órgãos do tubo digestório.
- **Estriado cardíaco:**
 - Tem células com **um a três núcleos** e citoplasma com nítidas faixas (**estrias**); as células são interligadas por meio de discos intercalares.
 - **Contração involutária** (ritmo controlado pelo sistema nervoso autônomo).
 - Componente da **parede muscular do coração (miocárdio)**, responsável pelos batimentos cardíacos e pelo bombeamento do sangue.
- **Estriado esquelético:**
 - Tem células (fibras) muito longas com **inúmeros núcleos** em posição periférica.
 - **Contração rápida e voluntária.**
 - Está associado aos ossos, proporcionando movimento. Essa musculatura atua em **grupos musculares antagônicos**, isto é, que apresentam ações opostas.

Tipos de fibras musculares:

- **Fibras do tipo I:**
 - Têm contração relativamente mais lenta do que as do tipo II.
 - Metabolismo energético fundamentado na respiração celular.
 - Grande acúmulo de mioglobina.
 - Cor avermelhada.
 - Alta resistência à fadiga.
- **Fibras do tipo II:**
 - Têm contração mais rápida do que as fibras do tipo I.
 - Realizam fermentação láctica.
 - Não apresentam mioglobina.
 - São esbranquiçadas.
 - Baixa resistência à fadiga.

A estrutura da célula muscular

- Músculo é constituído por **miômeros (fibras musculares)**.
- Cada **fibra muscular** apresenta unidades (**sarcômeros**), que são dispostas sequencialmente e são formadas por moléculas de **actina e miosina**.
- **Actina e miosina** se mantêm paralelas e intercaladas, podendo deslizar umas sobre as outras.
- Podem ser notadas faixas nos sarcômeros:
 - **Linhas Z:** duas linhas verticais que determinam os limites de um sarcômero.
 - **Faixa H:** está contida no sarcômero; nessa faixa só se observa miosina.
 - **Faixa A:** consiste em toda a extensão da miosina do sarcômero e inclui a faixa H em seu interior.
 - **Banda I:** faixa que compreende apenas actina; estende-se de um sarcômero ao outro adjacente.
- Com o deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina, há o encurtamento do sarcômero (aproximação das linhas Z e redução da faixa H).

Junção neuromuscular: fenda sináptica entre as terminações do axônio do **neurônio motor** e a membrana da **célula muscular** onde ocorre a liberação de **acetilcolina**, que provoca a excitação do músculo.

Energia para a contração muscular

Células musculares apresentam componentes relacionados com a obtenção de energia para a contração muscular.

Retículo endoplasmático (retículo sarcoplasmático): é mais desenvolvido e é responsável pelo acúmulo de cálcio (indispensável para a contração).

Citoplasma (sarcoplasma): apresenta itens que contribuem para a obtenção de energia:

- **Glicogênio:** reserva energética;
- **Mioglobina:** proteína que acumula gás oxigênio;
- **Mitocôndrias:** presentes em grande quantidade nas células musculares, permitem taxas elevadas de respiração celular;
- **ATP:** acumula energia temporariamente;
- **Fosfocreatina:** fonte extra de fosfato (energia) na célula.

Processo de contração muscular

- Neurônio motor libera acetilcolina e estimula a membrana da fibra muscular.
- Retículo endoplasmático libera cálcio – ativa a enzima ATPase.
- A enzima degrada o ATP (liberação de energia) – deslizamento dos filamentos de actina e miosina = contração muscular.

Quando há intensa atividade muscular

- Demanda de gás oxigênio maior do que a capacidade que o sistema circulatório tem de suprir as necessidades do tecido.
- Ocorre **processo fermentativo:** liberação de **ácido láctico**.
- Há acúmulo de ácido láctico, que provoca **fadiga muscular**.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Vídeos explicativos sobre os tecidos musculares – UFRJ – (quatro partes).
1º Parte: <www.youtube.com/watch?v=xsKtR8TsyMQ>.
2º Parte: <www.youtube.com/watch?v=1e3EifoBC6o&feature=related>.
3º Parte: <www.youtube.com/watch?v=vlvj_Lx56Uo&feature=related>.
4º Parte: <www.youtube.com/watch?v=Q2pJgGykULQ&feature=related>.

Exercícios complementares

1 UFV Os músculos são responsáveis por diversos movimentos do corpo humano. Considerando que os músculos podem ser diferenciados quanto à função que exercem, assinale a alternativa incorreta.

- (a) O músculo cardíaco se contrai a fim de bombear o sangue para o corpo.
- (b) O diafragma é o principal músculo respiratório.
- (c) O movimento peristáltico é produzido pelo músculo estriado.
- (d) O músculo estriado esquelético tem controle voluntário.
- (e) O músculo cardíaco tem controle involuntário.

2 UFPR *Só uma pessoa com bom condicionamento cardiovascular terá energia suficiente para suportar uma carga de exercícios de musculação, diz o Professor Ney Pereira, coordenador do Curso de Pós-graduação em Educação Física e Fisioterapia da Universidade Gama Filho/RJ.*

"A nova estética muscular". Veja, 16 jun. 1999.

Sobre o assunto, é correto afirmar.

- 01 No adulto, o músculo estriado cardíaco, quando lesado, é regenerado a partir do tecido epitelial adjacente, o qual tem grande capacidade de regeneração.
- 02 O oxigênio que o organismo recebe durante a realização de atividade física é distribuído pelo sangue através do plasma sanguíneo.
- 04 A contração do músculo estriado cardíaco é importante para que o sangue circule no interior dos vasos.
- 08 O músculo estriado esquelético, muito trabalhado nas academias para a obtenção de um melhor resultado estético, depende do sistema nervoso para se contrair.
- 16 No caso de um atleta, além da atividade física, uma alimentação equilibrada se faz necessária. Os nutrientes encontrados nos alimentos ingeridos são absorvidos pelos vasos sanguíneos do tecido epitelial de revestimento do intestino.

- 32 Para que um indivíduo consiga realizar exercícios de musculação, a estrutura óssea é muito importante, pois o esqueleto é um conjunto de estruturas rígidas em que se ligam as fibras do músculo estriado cardíaco.
- 64 As glândulas sudoríparas, responsáveis pela excreção do suor, são importantes durante a atividade física, pois eliminam do organismo resíduos metabólicos e ajudam a manter constante a temperatura corpórea.

Soma =

3 UFPI O ATP gasto durante a contração muscular é rapidamente repostado graças a uma substância que transfere seu grupo fosfato energético para o ADP, transformando-o em ATP. Essa substância é denominada:

- (a) adenosina trifosfato.
- (b) guanosina trifosfato.
- (c) creatina-fosfato.
- (d) miosina-fosfato.
- (e) actina-fosfato.

4 Puccamp As várias partes do corpo divergem quanto às necessidades dos tipos de músculos que utilizam. Por exemplo, o tipo de músculo requisitado por um jogador de tênis para correr e bater na bola com força e precisão não é o mesmo tipo usado para movimentar a comida ao longo do trato digestório, para que o alimento possa ser digerido. Os dois tipos de músculos anteriormente mencionados diferem em várias características, mas assemelham-se por possuírem:

- (a) miofibrilas.
- (b) células mononucleadas.
- (c) estrias transversais.
- (d) fibras plurinucleadas.
- (e) sarcolema.

5 Puccamp Considere os seguintes músculos.

- I. Lisos, responsáveis pelo peristaltismo.
- II. Estriados, responsáveis pelos movimentos do esqueleto.
- III. Cardíaco, responsável pelos movimentos de sístole e diástole.

Precisam estar dispostos em pares antagônicos para serem eficientes em sua função:

- (a) I, somente.
- (b) II, somente.
- (c) I e III, somente.
- (d) II e III, somente.
- (e) I, II e III.

6 Puccamp As afirmações a seguir referem-se ao tecido muscular.

- I. Encontra-se em órgãos viscerais e nas paredes dos vasos sanguíneos.
- II. Constitui a maior parte da musculatura dos vertebrados.
- III. Apresenta miofilamentos de actina e de miosina.
- IV. Possui numerosas estrias transversais.
- V. Contraí-se sempre involuntariamente.

Assinale a alternativa que classifica corretamente cada tipo de tecido muscular quanto a essas características.

- (a) estriado: I – IV; cardíaco: I – III; liso: II – V.
- (b) estriado: I – IV; cardíaco: I – III – V; liso: II – III – V.
- (c) estriado: I – III – IV; cardíaco: III – IV; liso: II – IV – V.
- (d) estriado: II – III – IV; cardíaco: III – IV – V; liso: I – III – V.
- (e) estriado: II – III – V; cardíaco: I – IV – V; liso: I – III.

7 UFSC Assinale a(s) proposição(ões) que apresenta(m) atividades dependentes diretamente do tecido muscular para sua efetivação.

- 01 Mobilidade da língua.
- 02 Ação enzimática.
- 04 Inspiração.
- 08 Batimento cardíaco.
- 16 Eriçamento dos pelos.
- 32 Síntese de carboidratos.
- 64 Contração do útero.

Soma =

8 Faça uma comparação entre músculo esquelético e músculo liso, exemplificando sua ocorrência no corpo humano.

9 UFV Quanto aos tecidos musculares de vertebrados:

- a) classifique-os histologicamente.
- b) diferencie-os quanto à contração.
- c) cite uma característica morfológica específica de cada um desses tecidos.

10 Mackenzie As afirmações a seguir referem-se aos três tipos de tecido muscular humano.

- I. Todos apresentam as miofibrilas, que são estruturas proteicas com capacidade de contração.
- II. Como consequência da contratilidade, esses tecidos apresentam células com grande quantidade de mitocôndrias.

III. Actina e miosina são as proteínas responsáveis pela contração desses tecidos, em um processo que necessita da presença de íons cálcio e magnésio.

Assinale:

- (a) se todas estiverem corretas.
- (b) se apenas I e II estiverem corretas.
- (c) se apenas I e III estiverem corretas.
- (d) se apenas II e III estiverem corretas.
- (e) se apenas III estiver correta.

11 UEL Considere os tipos de fibras musculares e as ações a seguir.

- I. Cardíaca
 - II. Estriada
 - III. Lisa
- a) Contração involuntária e lenta.
 - b) Contração voluntária, em geral vigorosa.
 - c) Contração involuntária e rápida.

Assinale a alternativa que associa corretamente os tipos de fibras musculares com sua respectiva ação.

- (a) Ia, IIb, IIIc
- (b) Ia, IIc, IIIb
- (c) Ib, IIc, IIIa
- (d) Ic, IIa, IIIb
- (e) Ic, IIb, IIIa

12 Cesgranrio Conceitue tecido sob o ponto de vista morfológico e funcional e, em seguida, caracterize o tecido muscular liso, estriado e cardíaco, quanto à sua contratilidade.

13 UFPA 2011 Durante as Olimpíadas de Sydney, em 2000, o anabolizante nandrolona ganhou destaque após seu uso ser detectado em exame de urina de vários atletas, o que caracterizou *doping*. Substâncias anabolizantes podem produzir efeitos como o aumento da força física e o aumento do número de hemácias, fatores importantes no desempenho dos atletas. Considerando os efeitos citados, identifique os processos possíveis de serem desencadeados no organismo de atletas que fazem uso de anabolizantes.

- Aumento da divisão mitótica.
- Diminuição do número de mitocôndrias.
- Aumento de tamanho das fibras musculares.
- Aumento da respiração celular.
- Aumento da fermentação láctica.

14 UFSC 2010

Para o alto e avante!

Mecanismo único permite que um inseto salte mais de cem vezes sua própria altura.

Um inseto de apenas seis milímetros de comprimento é capaz de pular proporcionalmente mais alto que qualquer outro animal na natureza. O salto da cigarra da espuma (*Philaenus spumarius*) pode chegar a 70 centímetros – mais de 100 vezes sua própria altura. Isso seria o equivalente a um homem que saltasse uma altura de 200 metros, ou um prédio de cerca de 70 andares. A execução dos enormes saltos da cigarra da espuma requer uma grande quantidade de energia, que não pode ser obtida pela contração direta

dos músculos em um curto espaço de tempo. A força muscular do inseto é gerada lentamente antes do pulo e é estocada. Assim que os músculos da cigarra geram força suficiente para o salto, ela “solta” suas pernas, que disparam como um gatilho e a projetam no ar.

Disponível em: <www.cienciahoje.uol.com.br/3819>. Acesso em: 15 set. 2009. (Adapt.).

Sobre o assunto do texto, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 A energia necessária para o movimento descrito é gerada pela musculatura do tipo lisa, já que o movimento é lento e contínuo.
- 02 A fonte primária de energia dos músculos provém da molécula de adenosina trifosfato (ATP), presente nas células.
- 04 A cigarra mencionada no texto (*Philaenus spumarius*) é um artrópode, pertencente ao grupo dos aracnídeos.
- 08 Os mecanismos de produção de energia na célula envolvem a participação direta de organelas celulares, como os lisossomos.
- 16 O exemplo de movimento citado no texto (salto) é incomum e pode parecer desnecessário entre os insetos, já que todos possuem asas e podem voar.
- 32 Em geral, uma contração muscular é resultado da interação entre filamentos contráteis que deslizam em direções contrárias.

Soma =

15 Udesc 2010 O bolo alimentar passa do esôfago para o estômago com o auxílio de movimentos peristálticos. No estômago, ele sofre a quimificação e, no intestino delgado, transforma-se em quilo (produto final da digestão), quando a maior parte dos nutrientes começa a ser absorvida pelas células que revestem o intestino.

Assinale a alternativa correta, que contém o tecido responsável pelos movimentos peristálticos e o tecido das células absorptivas do intestino, respectivamente.

- (a) tecido epitelial estratificado pavimentoso e tecido epitelial simples prismático.
- (b) tecido muscular esquelético e tecido epitelial estratificado cúbico.
- (c) tecido muscular liso e tecido epitelial simples prismático.
- (d) tecido muscular liso e tecido epitelial estratificado pavimentoso.
- (e) tecido muscular esquelético e tecido epitelial simples prismático.

16 UEPG 2010 Os tecidos animais têm uma relação forma-função marcante, pois as suas principais características revelam a adaptação para a execução de suas principais funções. Eles são classificados em epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Sobre esses tecidos, assinale o que for correto.

- 01 O tecido epitelial tem células justapostas de várias formas, unidas por uma fina camada de substância cimentante. Eles recobrem todo o corpo dos animais.
- 02 O tecido muscular é composto de apenas um tipo de célula, de forma alongada, a fibra muscular. As fibras musculares são células muito especializadas, com a propriedade de contração. Na fibra muscular há uma fina membrana plasmática, denominada sarcolema, e relativamente pouco citoplasma,

denominado sarcoplasma, onde se distribuem um retículo endoplasmático muito desenvolvido, muitas mitocôndrias, o sistema golgiense, ribossomos e inclusões de glicogênio.

- 04 O tecido conjuntivo é de estrutura complexa, sendo formado por vários tipos de células e fibras, em diferentes proporções, mergulhadas numa substância intercelular de consistência gelatinosa. As fibras são organizadas de forma homogênea e são de composição mineral (cálcio e fósforo).
- 08 O tecido nervoso garante a homeostase do organismo, isto é, a propriedade de manter o meio interno constante, mesmo com variações ambientais, visto que, por intermédio de conexões celulares diretas, envia prontamente impulsos de natureza elétrica a todos os órgãos, para uma regulação imediata.
- 16 O tecido nervoso é formado por células altamente especializadas, os neurônios, responsáveis pelos mecanismos de regulação interna e coordenação. Os neurônios são alongados, com um corpo celular e muitas ramificações. A ramificação principal denomina-se axônio e as mais curtas e numerosas denominam-se dendritos.

Soma =

17 FGV 2007 Paulo não é vegetariano, mas recusa-se a comer carne vermelha. Do frango, come apenas o peito e recusa a coxa, que alega ser carne vermelha. Para fundamentar ainda mais sua opção, Paulo procurou saber no que difere a carne do peito da carne da coxa do frango. Verificou que a carne do peito:

- (a) é formada por fibras musculares de contração lenta, pobres em hemoglobina. Já a carne da coxa do frango é formada por fibras musculares de contração rápida, ricas em mitocôndrias e mioglobina. A associação da mioglobina, que contém ferro, com o oxigênio confere à carne da coxa uma cor mais escura.
- (b) é formada por fibras musculares de contração rápida, pobres em mioglobina. Já a carne da coxa é formada por fibras musculares de contração lenta, ricas em mitocôndrias e mioglobina. A associação da mioglobina, que contém ferro, com o oxigênio confere à carne da coxa uma cor mais escura.
- (c) é formada por fibras musculares de contração rápida, ricas em mioglobina. Já a carne da coxa é formada por fibras musculares de contração lenta, ricas em mitocôndrias e hemoglobina. A associação da hemoglobina, que contém ferro, com o oxigênio confere à carne da coxa uma cor mais escura.
- (d) é formada por fibras musculares de contração rápida, ricas em mioglobina. Já a carne da coxa é formada por fibras musculares de contração lenta, ricas em mitocôndrias e hemoglobina. A associação da hemoglobina, que contém ferro, com o oxigênio confere à carne da coxa uma cor mais escura. Já a mioglobina, que não contém ferro, confere à carne do peito do frango uma coloração pálida.
- (e) e a carne da coxa não diferem na composição de fibras musculares: em ambas, predominam as fibras de contração lenta, pobres em mioglobina. Contudo, por se tratar de uma ave doméstica e criada sob confinamento, a musculatura peitoral, que dá suporte ao voo, não é exercitada. Desse modo, recebe menor aporte sanguíneo e apresenta coloração mais clara.

18 Ufal 2006 Os tecidos dos vertebrados são conjuntos de células que atuam de maneira integrada, desempenhando determinadas funções. Os tecidos desses animais podem ser classificados em quatro tipos principais: tecidos epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

- A meiose é um processo frequente nas células epiteliais, as quais têm vida curta e precisam ser constantemente renovadas. A velocidade dessa renovação varia de epitélio para epitélio.
- As glândulas exócrinas pluricelulares são formadas por tecido epitelial, ao passo que as glândulas endócrinas, por serem envolvidas por vasos sanguíneos ou linfáticos, são formações especiais do tecido conjuntivo.
- O tecido cartilaginoso apresenta consistência firme, atuando como um dos tecidos de sustentação do corpo. É formado por uma matriz intercelular e por células que podem ser condroblastos e condrócitos.
- As fibras musculares são células alongadas que podem conter um único ou muitos núcleos. O tecido muscular liso ou não estriado é o único dos tecidos musculares a ser formado por fibras mononucleadas.
- As células da glia dão suporte e proteção aos neurônios e regulam a composição do fluido extracelular.

19 Cefet-CE 2005 Associe a primeira coluna com a segunda.

Função

- I. Revestir superfícies
- II. Dar sustentação esquelética
- III. Transmitir mensagens
- IV. Realizar movimentos

Tecido

- ósseo
- muscular
- nervoso
- epitelial

O item que contém a sequência correta é:

- (a) II, I, IV, III
- (b) III, IV, II, I
- (c) II, I, III, IV
- (d) II, IV, III, I
- (e) III, II, IV, I

20 UFPR 2004 [...] Zé-do-Burro... *pousa sua cruz, equilibrando-a na base e num dos braços... Está exausto. Enxuga o suor da testa... – Andei sessenta léguas – meu pé tem calo-d’água... (Num ricto de dor, despe uma das mangas do paletó.) – Acho que meus ombros estão em carne viva... Eu prometi trazer a cruz nas costas, como Jesus...*

Dias Gomes. *O pagador de promessas*. 38. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

Esse texto faz referência a diferentes tecidos que constituem nosso organismo, os quais desempenham funções específicas. Sob o ponto de vista histológico, é correto afirmar:

- 01 Para Zé-do-Burro poder andar sessenta léguas e carregar a cruz, foi necessária a integração de pelo menos três tipos de tecido: muscular, ósseo e nervoso.
 - 02 As glândulas sudoríparas e sebáceas são responsáveis pela produção do suor.
 - 04 A expressão “em carne viva” significa que ocorreu uma lesão nas camadas da pele (epiderme e derme).
 - 08 Para que Zé-do-Burro pudesse andar as sessenta léguas e carregar a cruz, o tecido muscular liso foi muito exigido.
 - 16 O tecido conjuntivo, responsável pela nutrição do tecido epitelial, é quem faz a reposição das células da epiderme.
- Soma =

21 UFPI 2003 As células musculares são diferentes das células nervosas porque:

- (a) contêm genes diferentes.
- (b) possuem maior número de genes.
- (c) usam códigos genéticos diferentes.
- (d) possuem menor número de genes.
- (e) expressam genes diferentes.

22 UFC 2002 O alimento passa do esôfago para o estômago como resultado de uma onda peristáltica. Assinale a alternativa que mostra o tecido responsável pela peristalse do sistema digestório.

- (a) Tecido muscular esquelético.
- (b) Tecido muscular liso.
- (c) Tecido conjuntivo.
- (d) Tecido adiposo.
- (e) Tecido epitelial.

12. Algumas fórmulas lidam com o número de classes fenotípicas e com o número de genes envolvidos na herança quantitativa, dentre elas:
- Número de genes = número de classes fenotípicas - 1
 - Número de classes fenotípicas = 2 (número pares de genes) + 1
13. O cruzamento entre indivíduos de fenótipos extremos produz apenas descendentes de fenótipos intermediários, na proporção de 1:4:6:4:1.
14. O cruzamento entre indivíduos de fenótipo intermediário pode gerar descendentes de todas as categorias fenotípicas, sendo mais abundantes os fenótipos intermediários e os menos abundantes os fenótipos extremos. A proporção esperada em F2 pode ser obtida através do triângulo de Pascal.
15. As premissas necessárias para a construção do triângulo de Pascal são:
- O primeiro e último números da linha serão 1.
 - Em cada linha, os números equidistantes serão iguais.
 - A soma de dois números consecutivos de uma linha será igual ao número da linha seguinte, que está abaixo da segunda parcela da soma.
 - O número de linhas representa o número total de alelos, contados a partir do zero.
- A proporção de fenótipos da prole gerada com o cruzamento de indivíduos AaBbCc é 1:6:15:20:15:6:1 e o triângulo de Pascal que a representa é:

1						
1	1					
1	2	1				
1	3	3	1			
1	4	6	4	1		
1	5	10	10	5	1	
1	6	15	20	15	6	1

Exercícios propostos

- C
- E
- D
- A
- E
- B
- B
- C
- C
- a) Pais: RrEe × RrEe
 Filhos: $\frac{9}{16} R_E_ : \frac{3}{16} R_ee : \frac{3}{16} rrE_ : \frac{1}{16} rree$
 $P(R_ee) = \frac{3}{16}$
- b) Pais: ♂ RRee × RrEe ♀
 Filhos:

♂	RE	Re	rE	re	
♀	Re	RREe	RRee	RrEe	Rree

Proporção genotípica: 1:1:1:1.
 Proporção fenotípica: 1 noz: 1 rosa
- AaBb – Para que o macho seja cinza, deve apresentar, pelo menos, um alelo A e um alelo B. Como foi cruzado com uma fêmea albina (aabb) e existem tanto descendentes de pelagem preta (bb) quanto albinos (aa), o macho deve possuir os alelos a e b.

- a) D_C_ : audição normal.
 D_cc, ddC_, ddcc: surdez profunda.
 Sim, se os pais forem DDcc × ddCC
- b) DdCC × DdCC
 DDCC?
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$
- c) Baixa variabilidade genética, provocada, provavelmente, por uma pequena população e casamentos consanguíneos.
- d) Anfíbios.
- e) Comportamento sexual e aviso de perigo.
- E
- A
- A
- a) O macho dourado é eeBb.
 b) 50% eB; 50% eb.
 c) A fêmea preta é EeBb.
 d) A fêmea marrom é Eebb.
- E
- D
- a) Epistasia dominante.
 b) As plantas I e II apresentam, respectivamente, os genótipos aaBb e AaBb.
- 24
- Aproporção deverá ser de 3 de cor púrpura para 1 de cor vermelha.
- B
- D

Exercícios complementares

- E
- B
- B
- D
- Trata-se de um caso de interação gênica do tipo epistasia recessiva. Assim, temos dois pares de genes com segregação independente agindo da seguinte forma:
 A – determina a produção de pigmento preto.
 a – não determina a produção de pigmento.
 I – permite a expressão do gene A.
 i – em homozigose inibe a expressão do gene A.

 O cruzamento seria indicado por:
 Pais : AAii (albino) × aall (albino)
 F1 : 100% AaIi (pretas)
- V; V; V; V
- D
- a) 25% vermelho (AaBb)
 25% rosa (Aabb)
 50% brancos (aaBb e aabb)
- Indivíduos vermelhos serão: AABB ou AaBB ou AABb ou AaBb
- $\frac{9}{16}$ vermelhos (A_B_)
 $\frac{3}{16}$ rosa (A_bb)
 $\frac{4}{16}$ brancos $\left[\frac{3}{16} aaBb \text{ e } \frac{1}{16} aabb \right]$
- a) Galo: RrEe; Galinha: Rree.
 b) Os genes obedecem à Segunda Lei de Mendel em função das proporções observadas na descendência.
- D
- C
- E
- a) AAbb (preto) × aaBB (albino) → AaBb (aguti)

- Albinos: aaBB, aaBb e aabb. Explicação: epistasia recessiva.
- $\frac{1}{4}$ ou 25%

14. 13

18

Linkage e mapas gênicos

Revisando

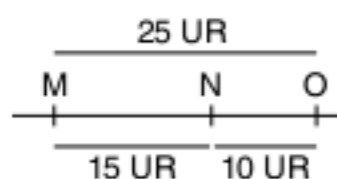
- Genes em *linkage* estão ligados, juntos em um mesmo cromossomo. A herança com ligação fatorial analisa dois ou mais pares de alelos, situados em um mesmo par de cromossomos homólogos.
- Os gametas formados com genes que estão em *linkage* terão o mesmo par de genes separado com os cromossomos. Os genes que estavam em um dos homólogos irão para uma célula, e seus outros alelos irão, no outro homólogo, para a outra. Como exemplo pode ser citada a formação de gametas de um heterozigoto para A e homozigoto recessivo para B, que formará gametas de dois tipos: Ab e ab, sendo A e b ligados.
- Segundo a herança fatorial, podem ser considerados dois tipos de duplo-heterozigoto: *cis* e *trans*. Heterozigoto *cis* possui genes dominantes em um cromossomo homólogo e os recessivos no outro; heterozigoto *trans* tem tanto genes dominantes quanto recessivos em cada um dos homólogos.
- Duplos-heterozigotos com herança fatorial podem gerar diferentes tipos de gameta, dependendo se são *cis* ou *trans*. Heterozigoto *cis* forma gametas AB e ab, já heterozigoto *trans* gera gametas Ab e aB.
- Crossing-over*, também chamado de permutação ou recombinação, é um processo que pode ocorrer durante a meiose, no qual há a troca de genes entre dois cromossomos homólogos.
- O *crossing-over* gera novas possibilidades de conformação dos gametas, o que garante maior variabilidade genética da prole e, em consequência, da espécie. Maior variabilidade pode resultar em maior probabilidade de adaptação da espécie às condições do ambiente.
- O *crossing-over* envolve o tracionamento dos cromossomos homólogos por filamentos proteicos, quebras nas cromátides em pontos correspondentes e troca de pedaços entre cromátides homólogas. Esse processo normalmente ocorre na prófase I da meiose.
- Duplos-heterozigotos com herança fatorial e permutação podem gerar diferentes tipos de gametas, sendo estes gametas parentais (com configuração de genes original – AB e ab) e gametas recombinantes (que apresentam novas combinações de genes resultantes do *crossing-over* – aB e Ab).
- A porcentagem de gametas recombinantes pode ser calculada de acordo com o número de células que sofrem permutação, a partir da fórmula que fornece a taxa de gametas recombinantes:

$$TR = \frac{\% \text{ de células que sofrem } \textit{crossing-over}}{2}$$
 Considerando que o máximo de células que podem sofrer permutação é 100%, a maior taxa de gametas recombinantes pode ser 50%.

10. Mapas genéticos determinam a posição e a distância dos genes em um cromossomo. Eles permitem inferir sobre a probabilidade de um gene participar de um processo de permutação: genes com maior distância entre si apresentam mais pontos sujeitos à quebra, apresentando, maior chance de ocorrência de *crossing-over*.
11. A convenção que relaciona a taxa de recombinação e a distância entre os genes é a que considera que a distância entre genes, medida em centimorgans, é igual à porcentagem de recombinação: % de recombinação = unidade de distância.

Exercícios propostos

1. a) De acordo com a Segunda Lei de Mendel, seria esperado 25% de cada fenótipo, ou seja, 40 indivíduos de cada tipo.
 b) Os genes que determinam a cor das flores e a forma dos grãos de pólen estão ligados no mesmo cromossomo, formando um grupo de *linkage*.
2. O caso 2, que ocorre quando os dois loci estão no mesmo cromossomo, com permutação entre eles. A proporção fenotípica 9:3:3:1 (caso 1) só ocorre quando os dois loci estão em cromossomos diferentes.
3. V; F; V; F; V
 4. V; V; V; F; F
 5. A
 6. A
 7. A
 8. C



9. a) O gene P não permutou com M porque, provavelmente, localiza-se muito próximo a ele, à sua direita ou à sua esquerda.
 b) Quanto maior a distância entre dois genes, maior será a probabilidade de ocorrer permutação entre eles. Entre genes muito próximos, a probabilidade de ocorrer permutação é menor.
10. a) Pais: BG/BG MM x bg/bg mm
 F1: Bg/Bg Mm
 b) Pais: Bb/Gg Mm x bg/bg mm
 P(filho Mm) = 50%
 c) Ligação fatorial (*linkage*).
 d) B e G.
 e) BG/BG MM
11. V; V; V; F; F

Exercícios complementares

1. C
 2. B
 3. a) No núcleo dos espermatozoides produzidos pelo verme, seriam observados um cromossomo e, portanto, uma molécula de DNA.
 b) AB, Ab, aB e ab.
 c) Os genes estão em ligação fatorial e, não dispondo da frequência de permutação ou da distância entre os citados genes, torna-se impossível prever em que proporção aparece cada tipo de gameta formado pelo animal.
4. a) Todos os grupos trabalharam com genes ligados no mesmo cromossomo. A recombinação gênica (*crossing-over*) não ocorre entre genes localizados em cromossomos diferentes (não homólogos).

- b) Ligação fatorial (ou *linkage*) refere-se a genes situados linearmente no mesmo cromossomo. Genes próximos permutam com menor frequência, genes mais distantes apresentam maior taxa de recombinação. Desse modo, por meio da análise das taxas de recombinação, é possível ter uma noção relativa das distâncias entre os genes ligados. De posse das distâncias relativas, pode-se, então, elaborar mapas cromossômicos.
 c) Os genes pesquisados pelo grupo G2 distam entre si 14 unidades de recombinação (UR), pois permutam com uma frequência de 14%.

5. D
 6. A
 7. D
 8. B
 9. B
 10. B
 11. a) Ligação fatorial incompleta, com frequência de permutação igual a 10%.
 b) AB/ab = 45%
 c) Ab/ab = 5%
 12. a) A sequência, a partir do gene A, é ACBD ou DBCA.
 b) A frequência de permutação indica a distância dos genes no cromossomo: quanto maior a distância entre os genes maior a frequência de permutação. O fato de não ter ocorrido permutação entre os genes A e C indica que eles devem estar muito próximos.
13. B
 14. V; V; F; V; V

19

Genoma humano e cromossomos sexuais

Revisando

1. Os cromossomos sexuais são denominados alossomos e são os cromossomos X e Y. Os cromossomos não sexuais são denominados autossômicos.
 2. A fórmula cromossômica da mulher é $46 = 44A + XX$; o gameta feminino tem fórmula $23 = 22A + X$.
 3. A fórmula cromossômica do homem é $46 = 44A + XY$; os gametas masculinos podem ser $23 = 22A + X$ ou $23 = 22A + Y$.
 4. O sexo homogamético é o feminino, pois ele produz um único tipo de gameta: $23 = 22A + X$. O sexo heterogamético é o masculino, pois gera dois tipos de gametas: $23 = 22A + X$ ou $23 = 22A + Y$.
 5. O sistema XO ocorre em percevejos e gafanhotos; a fêmea tem dois cromossomos X (XX) e o macho tem apenas um cromossomo X (X). O sexo heterogamético é o masculino. O sistema ZW ocorre em muitas aves, em borboletas e mariposas. A fêmea é ZW e o macho é ZZ. O sexo heterogamético é o feminino.
 6. O macho é haploide e a fêmea é diploide.
 7. Herança restrita ao sexo é condicionada por genes exclusivos do cromossomo Y; herança ligada ao sexo é determinada por genes exclusivos do cromossomo X.
 8. É a herança determinada por genes situados em cromossomos autossômicos e que se expressam em apenas um dos sexos.

9. É a herança determinada por genes localizados em cromossomos autossômicos e que, dependendo do sexo do indivíduo, podem se comportar como dominantes ou como recessivos.
 10. Um homem daltônico herda o gene para daltonismo de sua mãe e transmite esse gene para descendentes do sexo feminino.
 11. Porque a mulher possui dois cromossomos X. A cromatina sexual corresponde a um cromossomo X que se condensa durante a intérfase, e isso só ocorre em indivíduos que possuem pelo menos dois cromossomos X. A condensação torna esse cromossomo inativo. O homem tem apenas um cromossomo X e não poderia inativá-lo por meio de sua condensação.

Exercícios propostos

1. D
 2. D
 3. O cromossomo Y. Há apenas uma troca de ADN entre o cromossomo Y (que é único no cariótipo do homem) e o cromossomo X, em um pequeno trecho homólogo existente entre esses cromossomos.
 4. a) A mulher que é heterozigota para esse gene, em função da inativação ao acaso de um dos cromossomos X, apresentará regiões da pele em que o gene normal será ativo e outras regiões em que o gene anormal será o gene ativo.
 b) Os homens só têm um cromossomo X, que é sempre funcional e portador de apenas um dos dois genes. Se o cromossomo X do homem tiver o gene em questão, toda sua pele estará comprometida, caso contrário toda sua pele será normal.
5. A
 6. C
 7. a) O consultante não transmitirá a doença a seus filhos e filhas.
 b) Filhas – 100%
 Filhos – 0%
 8. B
 9. V;F;V;F;V
 10. C
 11. A
 12. D
 13. C
 14. B
 15. C
 16. C
 17. A

Exercícios complementares

1. D
 2. E
 3. A
 4. D
 5. D
 6. B
 7. 3
 8. 30
 9. A
 10. Não, pois todas as células nucleadas de um indivíduo apresentam todos os cromossomos e, conseqüentemente, todos os genes.
 11. a) Porque a doença é causada por genes localizados no cromossomo X, que o filho (homem) herda da mãe.

b) Se fosse dominante, a mãe seria portadora da doença. Portanto, é recessivo.

12. D
13. B
14. A
15. E
16. E
17. D
18. A
19. F;V;F;V;V
20. D
21. D

20

Mutações gênicas e cromossômicas

Revisando

1. As mutações são modificações que ocorrem no material genético. Ocorrem em um determinado gene (mutação gênica) ou cromossomo (mutações cromossômicas, ou aberrações cromossômicas).
2. Consiste na alteração da sequência de bases nitrogenadas do DNA de um gene. Os tipos de mutações gênicas são: deleção, inversão e substituição.
3. Uma mutação ocorrida na pele de uma pessoa não será transmitida aos seus descendentes. Mutações transmissíveis são aquelas ocorridas na linhagem de células produtoras de gametas; um gameta com gene mutante pode participar de uma fecundação, gerando um zigoto, que torna-se um descendente com todas as células portadoras do gene mutante.
4. Mutações podem elevar a variabilidade genética, elevando a probabilidade de sobrevivência da espécie em que ocorre.
5. As mutações cromossômicas podem ser estruturais ou numéricas.
6. a) Deleção.
b) Inversão.
c) Translocação.
d) Duplicação.
7. Os tipos de aberrações cromossômicas são as euploidias e as aneuploidias. As euploidias correspondem a variações de valores inteiros de n.
8. Os tipos de poliploidia são a triploidia (3n), a tetraploidia (4n) e a hexaploidia (6n). A importância evolutiva da poliploidia reside no fato de que ela pode gerar novas espécies, em um processo conhecido como especiação simpátrica, que ocorre sem isolamento geográfico.
9. Porque essas substâncias impedem a formação do fuso meiótico.
10. Aneuploidias são alterações relacionadas com o acréscimo ou com a diminuição do número de cromossomos. Sua principal causa é a formação de gametas anormais que geralmente são gerados devido à não disjunção de cromátides, que ocorre na meiose II.
11. Monossomias são aneuploidias em que ocorre a falta de um cromossomo (2n-1). É o caso da Síndrome de Turner, cujas pessoas portadoras têm fórmula cromossômica 45 = 44 + X.
12. Trissomias são aneuploidias em que há um cromossomo adicional (2n+2). Os principais exemplos são:
 - Triplo X: 47 = 44A + XXX.
 - Duplo Y: 47 = 44A + XYY.

- Síndrome de Klinefelter: 47 = 44A + XXY.
- Síndrome de Down: é a trissomia do cromossomo 21.

Exercícios propostos

1. B
2. D
3. E
4. A
5. a) Essa mulher tem 3 cromossomos X, com cariótipo 47, XXX.
b) $\frac{1}{4}$, ou 25%
6. D
7. F; V; V; V; F
8. 48 cromossomos.
9. E
10. A
11. A
12. D
13. A

Exercícios complementares

1. C
2. C
3. C
4. B
5. A
6. B
7. B
8. B
9. B
10. E
11. D
12. C
13. 25
14. D
15. E
16. a) Figura A – Anáfase I de meiose, em que se observa a disjunção dos cromossomos homólogos.
Figura B – Anáfase II, com disjunção de cromátides.
b) Na figura B não ocorreu a separação das cromátides-irmãs em um dos cromossomos indicados. Esse fato leva à formação de aneuploidias, ou seja, células haploides com um cromossomo a mais (n + 1) e com um cromossomo a menos (n - 1).
c) Síndrome de Down (2A, XX + 21 ou 2A, XY + 21) e Síndrome de Turner (2A, X0).
17. C
18. Depois de algumas divisões do zigoto, apenas um cromossomo X continua ativo, os demais são inativados formando a cromatina sexual, ou corpúsculo de Barr. Assim, mesmo que uma mulher possua três cromossomos X (trissomia do X), apenas um continua ativo, impedindo a manifestação de características negativas.

21

Genética de populações

Revisando

1. Pool gênico é a totalidade de alelos de uma população.
2. Significa que a porcentagem de alelos de uma população mantém-se estável ao longo das gerações.

3. As condições de equilíbrio são: população grande, ausência de mutações, ausência de seleção natural, ausência de seleção sexual e ausência de migrações.
4. População pan-mítica é aquela em que não há seleção sexual; correspondente a uma população que apresenta cruzamentos ocorrendo ao acaso.
5. A seleção natural permite que os mais adaptados sobrevivam e deixem mais descendentes. Os organismos mais adaptados são portadores de certos alelos que passam a predominar na população ao longo das gerações.
6. Evolução é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pela seleção natural.
7. Oscilação genética é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pelo acaso.
8. Frequência de alelos:

$$f(A) + f(a) = 1$$

$$p + q = 1$$

Frequência de genótipos:

$$(p + q)^2 = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$$

Exercícios propostos

1. 54
2. V; V; V; F; F
3. a) Nas duas populações, a frequência dos alelos é igual nas populações, sendo 55% para A e 45% para a.
b) A população 1 apresenta 160 homozigotos, e a população 2 apresenta 70 homozigotos. O cálculo que determina esses valores é:
População 1: 90(AA) + 70(aa) = 160 homozigotos
População 2: 45(AA) + 25(aa) = 70 homozigotos
4. B
5. O gráfico mostra que a frequência do gene A é p = 0,60. Como p + q = 1, temos que a frequência do gene a é q = 0,40. Portanto, de acordo com o teorema de Hardy-Weinberg, a frequência de AA é p² = 0,36, a frequência de Aa é 2pq = 0,48, e a frequência de aa é q² = 0,16.
6. B
7. Nº total de alelos na população = 12.258 (cada pessoa tem dois alelos)
Nº de alelos M = 6.613
Nº de alelos N = 5.645
a) Frequência do alelo M = $\frac{6.613}{12.258} = 0,54$
Frequência do alelo N = $\frac{5.645}{12.258} = 0,46$
b) A população está em equilíbrio porque as frequências se aproximam da distribuição binomial (p + q)² = 1, sendo p a frequência do alelo M e q a frequência do alelo N.
8. Condições para que haja equilíbrio genético:
 - cruzamentos ao acaso.
 - frequências gênica e genotípica constantes.
 - ausência de mutações.
 - ausência de seleção natural.
 - ausência de migrações.
9. E
10. B
11. D

12. Frequência de homocigotos recessivos:

$$aa = \frac{1}{10.000} = 0,0001$$

Logo, $q^2 = 0,0001$; $q = \sqrt{0,0001} = 0,01$.

Como $p + q = 1$, a frequência do gene dominante é de:

$$1 - 0,01 = 0,99$$

Como a frequência do heterocigoto em uma população em equilíbrio é $2pq$, logo:

$$2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,019 \text{ ou } 1,9\%$$

13. A

Exercícios complementares

- B
- B
- C
- A
- $f(A) = 40\%$
 $f(a) = 60\%$
- O gene A_2 , pois é um letal recessivo, ficando protegido da seleção natural quando em heterocigose, enquanto o gene B_2 é um letal dominante, sendo eliminado mesmo em dose simples.
- B
- C
- E
- C
- D
- Europeus do Norte: $M = 0,16 + \left(\frac{0,48}{2}\right) = 0,40$.
Europeus do Sul: $M = 0,36 + \left(\frac{0,48}{2}\right) = 0,60$.
Apopulação da Europa, como um todo, não está em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Se os casamentos fossem ao acaso, a frequência dos genes seria igual em todas as populações.
- E
- E
- D
- C
- B
- C
- A frequência de nascimentos de crianças aa será maior nas regiões em que a doença é endêmica. Nessas regiões haverá uma maior taxa de indivíduos heterocigotos, selecionados favoravelmente em relação aos indivíduos AA, pela presença do protozoário patogênico. Cruzamentos subsequentes entre heterocigotos produzirão maior taxa de indivíduos aa.

Frente 2

18

Transporte e sustentação em plantas

Revisando

- As plantas possuem dois tipos de seiva, a seiva bruta e a seiva elaborada. Os tecidos responsáveis pela sua condução são o xilema e o floema, respectivamente.
- A seiva bruta é composta de água e de sais minerais, e a seiva elaborada é composta principalmente de água e sacarose, com quantidades menores de vitaminas, aminoácidos e sais minerais.
- Dentre os vasos condutores de seiva bruta estão os vasos lenhosos, constituídos por células mortas, com parede de celulose e lignina e com

orifícios; os traqueídeos e os elementos dos vasos lenhosos.

- Os vasos liberianos são formados por dois tipos de células: os elementos do tubo crivado, células vivas anucleadas responsáveis pela condução da seiva em seu interior, e as células companheiras nucleadas, que realizam a produção de substâncias essenciais ao metabolismo do elemento do tubo crivado, mantendo-o vivo.
- Esses tecidos são: xilema, esclerênquima e colênquima. O esclerênquima é constituído por células mortas, com paredes espessadas e dotadas de reforços de lignina, podendo ser mais alongadas (fibras do esclerênquima) ou ter formato mais irregular, dispersas ou em agrupamentos (esclerídeos). Já o colênquima é formado por células vivas de parênquima, alongadas e reunidas em feixes, cujas paredes apresentam reforços de celulose. Eles conferem força e flexibilidade para as extremidades de caules e pecíolos de folhas.
- A seiva bruta de uma planta é transportada no sentido raiz → folhas, podendo ser transportada lateralmente entre vasos lenhosos adjacentes. A seiva elaborada é transportada no sentido folhas → raiz, distribuindo nutrientes orgânicos por toda a planta. Há casos de transporte de seiva elaborada, a qual é formada por órgãos de reserva, mas é uma exceção.
- A água e os nutrientes minerais são absorvidos do solo pela raiz. Nessa estrutura, a seiva passa através dos pelos absorventes, do córtex, da endoderme, do periciclo e do xilema. Ela é então conduzida por esses vasos até as folhas.
- Os nutrientes minerais passam do solo aos vasos de xilema da raiz por dois processos: difusão e transporte ativo; já a água é absorvida pela osmose.
- A subida de seiva bruta pelo xilema depende da ação de vários fatores que atuam de maneira conjunta. Entre eles, podem ser citados a capilaridade, que envolve as forças de tensão superficial da água e o seu rompimento com a introdução de tubos capilares, ocasionando na subida do líquido; a pressão positiva da raiz, pressão osmótica resultante da elevação da concentração salina do xilema da raiz, responsável pela absorção da água presente no solo por osmose e pela subida da água pelo xilema em direção às folhas; e também a sucção da copa, hipótese que considera aspectos físico-químicos da água e das estruturas condutoras de seiva, como a coesão, a adesão e a tensão.
- Exsudação é a perda de água em uma região da planta que foi cortada. Sudação, também chamada de gutação, é a perda de água pelas bordas da folha por meio de hidatódios. Esses processos são resultantes da elevação da pressão positiva da raiz.
- O processo de coesão admite que o interior dos vasos de xilema seja ocupado por uma coluna contínua de água dentro da planta devido ao fato de as moléculas de água apresentarem interações entre elas por ligações de hidrogênio. O processo de adesão admite que as moléculas de água apresentem interações com os componentes da parede celular dos vasos lenhosos. Já o processo de tensão trata da pressão no interior do xilema (menor do que a pressão atmosférica), que promove o movimento de seiva bruta

para cima. É a chamada sucção da copa, movimento propiciado pelo consumo de água pelos ramos e folhas. A perda de água e a elevação de solutos são fatores que elevam a concentração de soluto nas células do parênquima em relação à solução presente no xilema das nervuras das folhas; assim, o aumento de pressão osmótica é capaz de promover o deslocamento da água do xilema para as folhas.

- É uma condição em que a planta dispõe de água no ambiente, mas não consegue utilizá-la. Isso ocorre quando: a água circundante está em temperatura muito baixa; o solo tem grande salinidade ou excesso de água e pouco oxigênio disponível.
- A seiva elaborada é normalmente oriunda dos parênquimas clorofilianos e flui através do floema, sendo distribuída para outras partes do vegetal. O mecanismo de condução de seiva elaborada é explicado pela hipótese do arrastamento molecular, que considera que a movimentação de açúcares para o floema é causada pela diferença de concentração entre as células do parênquima clorofiliano das folhas e das células da raiz. A maior concentração de açúcares nas folhas promove a absorção de água do xilema por osmose e parte dessa água flui para o floema, arrastando moléculas de açúcar até a raiz.
- Alguns procedimentos podem ser realizados para observar como funciona a condução de seiva orgânica em um vegetal; dentre eles podem ser citados: a observação de pulgões se alimentando; a seiva (com pressão maior do que a pressão atmosférica) entra passivamente no canal alimentar do pulgão, quando este perfura o floema, e sai já digerida na região posterior do animal. Um experimento em que se pode observar o transporte de açúcares em uma planta consiste na retirada por completo de um anel da casca do tronco de uma árvore, que por promover a remoção do floema, mais externo, impede que as raízes recebam seiva elaborada, promovendo a morte da planta. Quando a retirada do anel é feita em um ramo, haverá o acúmulo de açúcar produzido nas folhas acima do anel, produzindo frutos mais doces.

Exercícios propostos

- D
- A remoção de um anel da casca do tronco de uma árvore provoca um espessamento na região situada logo acima do anel. A árvore acaba morrendo porque é interrompida a circulação da seiva elaborada.
- B
- A
- a) Os pêssegos ficarão maiores e mais doces.
b) A retirada do floema interrompe a passagem de seiva elaborada produzida no ramo para o resto do vegetal. Conseqüentemente, o açúcar ficará acumulado nos frutos localizados acima do anel.
- B
- A
- B
- C
- F; F; V; V

11. C
12. B
13. D
14. D
15. B
16. Característica 1 – As células xilemáticas apresentam parede celular rígida, impregnada com lignina, o que confere resistência mecânica ao tecido, a fim de resistir à variação de pressão necessária ao transporte de água das raízes até o topo de sua copa.
Característica 2 – O tecido xilemático é composto por células mortas; assim, a ausência de conteúdo celular permite um fluxo de água sem resistências.
17. E

Exercícios complementares

1. A
2. a) Y Trata-se do floema, ou líber, que transforma a seiva elaborada.
b) O inseticida é sistêmico, ou seja, é absorvido na raiz e transportado pelo floema.
3. A
4. E
5. B
6. A
7. E
8. E
9. a) I – Vasos condutores
II – Sementes
III – Flores e frutos
Os vasos condutores representados em I correspondem ao xilema e ao floema. O xilema transporta a seiva bruta enquanto o floema transporta a seiva elaborada.
b) Dos dois núcleos espermáticos produzidos pelo tubo polínico, um se funde ao núcleo da oosfera, formando o zigoto, que dará origem ao embrião. O outro núcleo espermático funde-se aos dois núcleos polares da célula central do saco embrionário, originando uma célula triploide que, após sucessivas mitoses, originará o endosperma, que nutrirá o embrião.
10. a) Ambos constituem xilema, sendo que o 1A corresponde ao xilema não funcional (cerne), que dá resistência à madeira, enquanto o 1B corresponde ao xilema funcional (alburno), que transporta a seiva bruta.
b) O tecido responsável pela condução de seiva elaborada, indicado na figura I pelo número 2, é o floema.
c) O fenômeno apontado na seta da figura II ocorre porque o anel de Malpighi removeu o floema e a seiva elaborada não pôde descer e, por isso, se acumula na região acima do anel.
d) A planta morrerá porque, com a retirada do floema pelo anel de Malpighi, as raízes não poderão receber seiva elaborada e ficarão sem nutrientes.
11. B

Revisando

1. O desenvolvimento dos vegetais pode ser influenciado pela sua carga genética, pelas condições ambientais e também por hormônios.
2. O crescimento de uma planta ou de partes dela pode ser verificado durante a germinação da se-

mente e no crescimento do caule, da raiz e dos ramos e do ovário.

3. Hormônios, como a citocina, a giberelina e a auxina, são responsáveis pelos estímulos de crescimento das plantas.
4. A citocinina é produzida no meristema da extremidade da raiz e o hormônio é distribuído pelo vegetal através do xilema. A giberelina é produzida em gemas ativas e em sementes, atuando próximo ao local de produção. A auxina é produzida por embriões de sementes e por gemas ativas; é distribuída de forma polarizada, pois o AIA produzido na gema apical ativa do caule é transportado em direção ao ápice da raiz. É produzida também após a fecundação.
5. Acitocinina é responsável por estimular mitoses, contribuindo para o crescimento do vegetal e para o desenvolvimento dos meristemas primários. Com isso, há estímulo nas gemas apicais (crescimento longitudinal do caule), nas gemas laterais (crescimento dos ramos) e também dos meristemas da raiz, onde o hormônio é produzido. A conversão de gemas em flores, a de ovários em frutos e o adiamento do processo de envelhecimento (senescência) das folhas também são ocasionados pela ação da citocinina.
6. A giberelina é um hormônio envolvido com o crescimento da planta; para isso, promove a distensão celular. Está envolvido no crescimento de raízes, de caules e suas ramificações, na germinação de sementes e no desenvolvimento do fruto.
7. A auxina estimula a distensão celular, atuando portanto, no crescimento do vegetal. Dentre suas ações, podem ser citadas: a dominância apical, a formação de raízes adventícias, a abscisão de folhas e de frutos e a formação de frutos partenocárpicos.
8. O ápice do caule é menos sensível, as gemas laterais têm sensibilidade média e a extremidade da raiz é muito sensível.
9. O hormônio que reduz a atividade metabólica de uma planta é o ácido abscísico (ABA), produzido em parênquimas foliares e de frutos. É um hormônio importante, pois, em condições de escassez de água, reduz a atividade metabólica das células da folha e provoca o fechamento dos estômatos, o que impede a perda de água através da transpiração estomatar.
10. O hormônio de maturação é o etileno. Ele é responsável pelo processo de maturação de frutos, o que os torna mais atrativos para animais dispersores, que promovem diminuição da competição intraespecífica, contribuindo para a manutenção da espécie da planta.

Exercícios propostos

1. C
2. A
3. 26
4. A
5. Sendo o etileno uma substância gasosa, difunde-se pelos espaços intercelulares e é eliminado para o ambiente. Estando os frutos embrulhados em jornal, ocorre um acúmulo de etileno, que acelera o amadurecimento dos frutos.
6. D
7. A
8. C

9. a) Dominância apical.
b) Ácido indolilacético (AIA).
c) Pequenas concentrações de AIA estimulam o crescimento das raízes, mas não produzem efeito sobre o crescimento das gemas laterais ou do caule. Concentrações médias estimulam o crescimento das gemas laterais, inibem o crescimento das raízes e têm pouco efeito sobre as células do caule. Altas concentrações do hormônio estimulam o crescimento caulinar, porém inibem o crescimento da raiz e das gemas laterais do caule.
10. A
11. A
12. D

Exercícios complementares

1. a) O ovário da flor.
b) À medida que as sementes se desenvolvem no interior do ovário, produzem auxinas e giberelinas, que estimulam o desenvolvimento e o amadurecimento do fruto. Por isso, a aplicação desses hormônios em flores não polinizadas leva ao desenvolvimento do ovário, formando frutos sem sementes.
2. B
3. B
4. D
5. a) As gemas apicais produzem auxinas, que inibem o desenvolvimento das gemas laterais, fenômeno chamado de dominância apical.
b) Auxinas.
6. B
7. a) O hormônio é aplicado antes da fecundação, acelerando o desenvolvimento do ovário floral, que se transforma em fruto antes da formação de sementes.
b) Ácido abscísico. Inibe o transporte ativo de K^+ , acarretando uma diminuição da turgescência das células-guarda e o consequente fechamento dos estômatos.
8. A
9. C
10. A
11. 36
12. V; F; V; V; V
13. B

Revisando

1. As plantas apresentam como principais movimentos o tactismo, o tropismo e o nastismo. O tactismo corresponde ao deslocamento do organismo ou de alguma de suas estruturas. O tropismo é um movimento irreversível, que envolve o crescimento de alguma estrutura e que depende de diferentes estímulos. Já o nastismo é um movimento reversível que não envolve deslocamento e independe da origem dos estímulos.
2. O quimiotactismo é o mecanismo de movimentação apresentado pelo anterozoide, pois ocorre seu deslocamento, estimulado por substâncias químicas liberadas pela oosfera.
3. O fototactismo é um tipo de tactismo que depende de estímulos luminosos para acontecer. Como exemplo, pode ser citado o deslocamento de certas algas unicelulares em direção à luz.

- Os tipos de tropismo são: quimiotropismo, tigmotropismo, gravitropismo e fototropismo.
- Altas concentrações do hormônio estimulam o crescimento do caule e inibem o crescimento na raiz, e por isso a movimentação por gravitropismo é influenciada pela sua distribuição na planta. Pode ocorrer de duas formas: o gravitropismo positivo, observado nas raízes, que crescem no mesmo sentido da gravidade, e o gravitropismo negativo, observado no caule, que tem crescimento em sentido contrário ao da gravidade. O fototropismo ocorre de acordo com o estímulo luminoso; a auxina se desloca no sentido contrário à presença de luz. Há duas formas de fototropismo: fototropismo positivo, observado no caule, que cresce em direção à luz (a curvatura formada é determinada pelo crescimento da parte não iluminada, pelo acúmulo de auxina); o fototropismo negativo é observado na raiz, que cresce na direção oposta à luz (a curvatura formada é determinada pelo maior crescimento da parte iluminada).
- É um movimento irreversível, que envolve o crescimento de uma estrutura e é desencadeado por estímulo químico. Como exemplos, podem ser citados o crescimento das raízes em busca de água e do tubo polínico até o óvulo.
- É um movimento irreversível, que envolve o crescimento de uma estrutura e é desencadeado por estímulos mecânicos. Como exemplos, podem ser citadas as trepadeiras, que têm seus caules estimulados pelo contato com um suporte no qual se enrolam, e as gavinhas, folhas modificadas que se enrolam em um suporte.
- É um tipo de movimento irreversível, realizado pelas plantas; não envolve deslocamentos e não depende da origem do estímulo. O fotonastismo, um tipo de nastia, ocorre no processo de abertura e fechamento dos estômatos, que envolve a disponibilidade de água no solo e presença de claridade (independentemente do local de fonte).
- Os pulvinos são estruturas com teor variável de água, localizadas abaixo das folhas e que são responsáveis pela movimentação destas. Quando suas células da parte inferior ganham água (pela entrada de íons K^+), elas ficam túrgidas e provocam a elevação das folhas; ao perder água, desencadeiam o abaixamento delas. Essas estruturas estão relacionadas aos movimentos chamados nictinastismo e seismonastismo.
- O mecanismo de movimentação realizado pelas plantas carnívoras é o tigmotropismo, movimento estimulado pelo contato com um animal, que possibilita a sua captura.
- Fotoperíodo é a quantidade de horas diárias de iluminação. De acordo com a sua variação, que pode ser observada nas diferentes estações do ano, a resposta fisiológica de organismos é diferente, fator que é chamado de fotoperiodismo.
- Nas diferentes estações são observadas alterações nas horas diárias de iluminação, sendo que outono e inverno têm fotoperíodos curtos, com dias curtos e noites longas, e primavera e verão têm fotoperíodos longos, com dias longos e noites curtas.
- O valor do fotoperíodo crítico corresponde ao valor (em horas de iluminação) a partir do qual determinada planta floresce. Seu valor pode ser obtido apenas experimentalmente, e isolada-

mente não determina a classificação do tipo de planta quanto à duração do seu fotoperíodo.

- As plantas podem ser classificadas de acordo com a resposta que elas têm a diferentes fotoperíodos, pois, em muitas espécies, a floração é estimulada por fotoperíodos específicos. A classificação utilizada nesses casos é:
 - Plantas de dia longo (PDL): floração estimulada na primavera ou no verão, quando os dias são mais longos.
 - Plantas de dia curto (PDC): floração estimulada no outono ou no inverno, quando os dias são mais curtos.
 - Plantas indiferentes: produzem flores em qualquer época do ano, independente do fotoperíodo.
- Fitocromos são pigmentos de natureza proteica, com coloração azulada e presentes em pequenas quantidades nas plantas. Eles são estimulados por luz vermelha e podem provocar alterações metabólicas que favorecem a formação de flores, de acordo com o tipo de planta.
- O tempo que a planta fica exposta à escuridão é o estímulo para a sua floração, o que determinou uma nova classificação para as plantas: plantas de dia curto são correspondentes às plantas de noite longa (que precisam de longa exposição diária à escuridão para serem estimuladas à floração); já as plantas de dia longo correspondem às plantas de noite curta (que precisam de curto período de tempo expostas à escuridão para serem estimuladas à floração).
- A continuidade dos períodos de escuro influenciam na indução ao florescimento, sendo que plantas de noite longa (PDC) dependem de longos períodos de escuro (que não sejam interrompidos com claridade) para florir. Plantas de noite curta (PDL) não têm a floração interrompida, mesmo que o período de escuro seja interrompido com iluminação.

Exercícios propostos

- A
- 49
- D
- D
- D
- a) A planta do experimento I é de dia curto e apresenta fotoperíodo crítico de 14h, ou seja, floresce quando recebe luz abaixo de 14h por dia.
b) A interrupção do escuro interferiu na floração. A proteína se chama fitocromo.
- O período de escuro é o que determina a floração, já que sua interrupção determinou a produção de flores. Na verdade, plantas de dias longos necessitam de períodos escuros curtos (noites curtas), o que caracteriza as noites de verão.
- B

Exercícios complementares

- D
- E
- D
- V; V; V; F; F
- D
- D
- E

Revisando

- Bioma é um tipo de ecossistema **típico de determinado padrão climático**, tendo semelhança de fitofisionomia. Um bioma possui componentes abióticos e uma comunidade biológica que atingiu o estágio sucessional de clímax.
- A comunidade dos biomas apresenta a máxima biodiversidade e também a maior biomassa possíveis. A produtividade primária líquida tende a zero, isto é, toda a matéria orgânica gerada na fotossíntese é utilizada pelos membros da comunidade: isso contribui para a estabilidade da biota.
- Entre os fatores abióticos, destacam-se água, temperatura, luz (insolação), gás carbônico, gás oxigênio e nutrientes minerais. A decomposição de matéria orgânica é fundamental para a disponibilização de sais minerais e compostos nitrogenados, que podem ser empregados pelas plantas.
- Os horizontes do solo são genericamente divididos em O, A, B e C. O horizonte O é a camada mais superficial e é formado predominantemente por matéria orgânica, a qual forma o húmus. O horizonte A apresenta minerais e coloração escura por causa da grande quantidade de matéria orgânica depositada. O horizonte B é uma região intermediária e, normalmente, de maior extensão. É constituído por rocha bastante desagregada e com deposição de materiais provenientes do horizonte A. O horizonte C apoia-se na rocha-matriz e tem grandes fragmentos de rocha, que foi pouco desagregada.
- A fotossíntese produz matéria orgânica a partir de matéria inorgânica; é realizada pelo nível trófico dos produtores, que representam a base da cadeia alimentar e dão sustentabilidade à biodiversidade do ambiente.
- Em baixas latitudes, há alta insolação e elevada temperatura; em latitudes mais elevadas, há um decréscimo da insolação e da temperatura.
- Locais de elevada altitude apresentam declínio de temperatura.
- Os tipos de biomas encontrados são: deserto, pradaria, savana e floresta pluvial.
- Os tipos de biomas encontrados são: deserto, pradaria e floresta pluvial.
- A vegetação encontrada da base em direção ao ápice é: floresta caducifólia, taiga e tundra; o pico apresenta neve e gelo.
- Temperaturas bastante baixas, com verão curto (cerca de oito semanas) e inverno longo. Chuvas são menos frequentes na tundra do que em desertos. Há a presença de *permafrost*, camada de gelo impermeável no solo. Ocorre predomínio de vegetação herbácea, constituída por plantas tenras e de porte muito reduzido, como é o caso de gramíneas, musgos e também líquens. Pode haver vegetação arbustiva, mas não há árvores.
- O clima é frio e apresenta invernos rigorosos e longos. A taxa de decomposição é baixa e muitos nutrientes presentes no solo não se tornam disponíveis para as plantas. A vegetação é formada por poucas espécies, predominantemente por gimnospermas coníferas e poucas angiospermas. As coníferas possuem folhas acículas, adaptadas à neve; assim, não caem no inverno. É comum a ocorrência de seca fisiológica.

- O clima é sazonal, com duas estações definidas, com períodos muito quentes e secos e outros muito frios e chuvosos. Nos períodos secos, é comum a ocorrência de incêndios. O solo das pradarias é profundo, rico em nutrientes e fértil. As queimadas contribuem com a manutenção das gramíneas, plantas que apresentam crescimento próximo ao solo e que suportam a perda das folhas queimadas. Podem ocorrer matas de galeria com estrato arbóreo próximo a cursos-d'água.
- O clima é temperado e apresenta as quatro estações bem definidas, com umidade suficiente para a manutenção de árvores. O solo é profundo e rico em nutrientes, contribuindo para isso o fato de as árvores perderem folhas no outono. Na vegetação das florestas caducifólias há predomínio de árvores angiospermas, mas estão presentes briófitas, pteridófitas e gimnospermas. Há adaptações fisiológicas, como abscisão de folhas no outono e a inversão do fluxo de seiva elaborada da raiz para a parte aérea na primavera.
- O clima é quente e com alta pluviosidade; as variações de temperatura são muito pequenas durante o ano. O solo dessas florestas é pobre, pouco espesso e apresenta húmus, proveniente da própria vegetação. A decomposição da matéria orgânica é elevada.
As florestas pluviais possuem vários estratos de vegetação: arbóreo, arbustivo, herbáceo, com a presença de epífitas e lianas. Com a vegetação arbórea muito desenvolvida, pouca luz atinge o solo.
- O clima apresenta sazonalidade de precipitações, com períodos chuvosos seguidos de seca intensa. Nos períodos secos, há frequente ocorrência de incêndios. O solo pode apresentar lixiviação de nutrientes. O lençol freático é profundo e há espécies vegetais adaptadas à obtenção de água nos períodos secos. A vegetação apresenta uma extensão quase contínua de gramíneas, com arbustos e árvores bastante esparsos. As árvores são tortuosas e apresentam grande porte e ramos abundantes. As plantas apresentam adaptações ao fogo, com súber mais espesso nas árvores (escleromorfismo), e parte subterrânea bastante desenvolvida, o que também permite acesso à água.
- O clima típico de desertos é caracterizado por altas temperaturas durante o dia com queda acentuada de temperatura à noite. Há baixa pluviosidade e elevada insolação. O solo é exposto, apresenta pouca ou nenhuma matéria orgânica e é extremamente seco; a água pode se acumular em fendas ou sob rochas quando ocorrem as esparsas chuvas. A vegetação apresenta poucos e esparsos arbustos e plantas suculentas, sendo tipicamente xeromórficas, isto é, adaptadas à escassez de água. As plantas possuem cutícula espessa e impermeável, poucos estômatos, folhas convertidas em espinhos e água acumulada no parênquima aquífero. Há muitas plantas do grupo das crassuláceas (cactos), que abrem estômatos apenas à noite; é comum a distribuição de estômatos em cavidades denominadas criptas.
- Há plantas adaptadas aos manguezais que apresentam ramos de escora e raízes respiratórias (pneumatóforos).

- O manguezal é um "berçário" da vida marinha, pois muitas espécies oceânicas se reproduzem nessa região; os descendentes gerados encontram abrigo e alimento nesse ambiente durante as fases iniciais de vida.
- Os estratos presentes são: arbóreo, arbustivo, subarbustivo, lianas e epífitas.
- Há regiões de terra firme (não alagadas) e áreas alagadas, de modo permanente (florestas de igapós) ou periodicamente (florestas de várzeas).
- A vegetação é constituída por gramíneas, vegetação arbustiva esparsa, pequenas árvores, grandes árvores e até mesmo matas de galeria (matas ciliares, próximas a corpos-d'água). Muitas plantas têm cascas grossas, ramos bastante retorcidos; parte subterrânea desenvolvida e folhas recobertas com ceras. As raízes longas aproveitam a água que se encontra a pelo menos 2 metros de profundidade.
- A vegetação apresenta xeromorfismo, com adaptações à escassez de água, como parênquima aquífero desenvolvido, folhas transformadas em espinhos, cutícula impermeável e estômatos localizados em criptas; há crassuláceas que só abrem estômatos à noite.

Exercícios propostos

- B
- C
- E
- B
- D
- B
- E
- E
- E
- A
- C
- B
- E
- C
- C
- B
- A

Exercícios complementares

- A
- B
- D
- a) Queda de folha e da taxa de fotossíntese. De acordo com o gráfico, nos meses de agosto a dezembro a precipitação é muito baixa; portanto, ocorre um estresse hídrico severo. Sabe-se que o estresse hídrico pode elevar a produção de etileno. Este, geralmente, está relacionado com a abscisão foliar. Portanto, como o gráfico mostra, a diminuição de água eleva a produção de etileno que causa a queda das folhas e, com isso, ocorre queda da taxa de fotossíntese.
- b) Folhas coriáceas, folhas com cutícula espessa na epiderme, xilema proeminente, folhas ricas em esclerênquima (fibras), estômatos em criptas geralmente situados na face inferior das folhas, folhas de tamanho reduzido, folhas com muitos tricomas etc. são exemplos de características morfológicas adaptativas foliares a ambientes áridos.

- A planta b é um cactus, que possui tecido especializado em armazenar água (parênquima aquífero), permitindo-lhe resistir a longos períodos de seca. Além disso, as folhas foram transformadas em espinhos, o que reduz a perda d'água. A planta d, no entanto, apresenta um sistema radicular profundo, o que lhe permite buscar água em profundidades maiores. Apresenta também uma parte aérea relativamente pequena em relação ao sistema radicular. Essas características, especialmente o sistema radicular extenso e profundo, permitem a sua sobrevivência por períodos maiores de seca.

Frente 3

17

Sistema endócrino

Revisando

- Hormônios são substâncias produzidas em glândulas endócrinas e transportadas pelo sangue. Atuam como mensageiros químicos em um órgão-alvo específico, contribuindo para regular sua atividade.
- Há hormônios de natureza peptídica, derivados de lipídeos e derivados de aminoácidos.
- Feedback* negativo é um mecanismo de ajuste dos níveis de hormônios. A secreção de um hormônio desencadeia alguma atividade, que inibe a produção do hormônio.
- As principais glândulas endócrinas são: hipófise, tireoide, paratireoides, pâncreas, adrenais, ovários e testículos. As outras estruturas que produzem hormônios são: rins, coração, estômago e duodeno.
- A hipófise é dividida em neuro-hipófise (hipófise posterior) e adeno-hipófise (hipófise anterior).
- O hipotálamo está ligado à hipófise e exerce um controle na produção de hormônios da adeno-hipófise; também secreta hormônios que são armazenados na neuro-hipófise, que libera esses hormônios quando necessário.
- Os hormônios da neuro-hipófise e suas funções principais são:
Hormônio antidiurético – ADH (ou vasopressina): promove a reabsorção de água nos túbulos dos néfrons, ocasionando a formação de urina mais concentrada.
Ocitocina: promove a ejeção do leite das glândulas mamárias e determina a contração da parede uterina para a realização do parto.
- As gonatropinas da hipófise são: FSH (hormônio foliculosestimulante) e LH (hormônio luteinizante). As gonadotropinas estimulam a atividade das gônadas (testículos e ovários).
- Os hormônios hipofisários que estimulam outras glândulas endócrinas são: TSH (estimula a tireoide), ACTH (estimula o córtex das adrenais) e as gonadotropinas (estimulam a atividade das gônadas – testículos e ovários).
- A criança com falta de GH apresenta nanismo, e com excesso de GH desenvolve gigantismo. Acromegalia é o crescimento de extremidades do organismo adulto (queixo, nariz) devido à produção excessiva de GH.
- O hormônio secretado pelas paratireoides é o paratormônio; esse hormônio eleva o nível

- de cálcio no sangue, promovendo sua absorção pelo intestino ou pelos ossos. O hormônio tireoideano antagonístico ao paratormônio é a calcitonina.
12. Os hormônios tireoideanos T3 e T4 promovem elevação de atividade metabólica das células em geral.
 13. Hipertireoidismo é produção excessiva de T3 e T4. Isso tem como consequências a elevação do metabolismo, provocando taquicardia, aumento de pressão, diminuição de peso e distúrbios de sono; pode ocorrer aumento do volume do globo ocular (exoftalmia).
 14. Hipotireoidismo é redução de produção dos hormônios T3 e T4, o que reduz o metabolismo e pode ocasionar em ganho de peso e má circulação sanguínea. Uma criança com hipotireoidismo pode apresentar nanismo e cretinismo (retardo mental).
 15. O bócio endêmico é causado pela falta de iodo na alimentação.
 16. A medula das adrenais secreta adrenalina e noradrenalina.
 17. O córtex das adrenais secreta glicocorticoides (cortisol e cortisona), mineralocorticoides (aldosterona) e androgênicos (esteroides).

Exercícios propostos

1. A
2. D
3. E
4. C
5. D
6. A
7. E
8. a) A insulina é o hormônio responsável pela regulação da glicemia, isto é, pela disponibilidade de glicose na corrente sanguínea.
b) A insulina é produzida nas células beta das ilhotas pancreáticas (de Langerhans) e lançada nas correntes sanguínea e linfática.
9. a) A curva A representa um indivíduo diabético porque ocorreu uma hiperglicemia acentuada, ou seja, o nível de glicose sanguínea ficou muito elevado após a refeição.
b) Na curva B, 3 horas foi o tempo necessário para que a glicemia voltasse ao normal, devido ao hormônio insulina. Após 3 horas, a glicemia ficou normal por causa do hormônio glucagon.
10. B
11. a) Tireoide.
b) Hormônios tri-iodotironina (T3) e tetraiodotironina (T4). Esses hormônios regulam o desenvolvimento e o metabolismo geral do organismo.
12. C
13. a) É no pâncreas endócrino que é produzida e secretada a insulina, hormônio que facilita a entrada de glicose nas células. A produção deficiente desse hormônio leva a um aumento na glicemia, característico da diabetes melito tipo 1.
b) Todo estudo científico só poderá ter sua validade comprovada se possibilitar a comparação dos dados experimentais obtidos com os dados fornecidos por um grupo-controle (grupo de pacientes que não foi submetido ao tratamento).
14. D

15. A
16. E
17. B
18. a) Diabetes.
b) Glicosúria, aumento do fluxo urinário e alteração de apetite.
19. a) Etapa I: houve a absorção de glicose, portanto, o aumento da corrente sanguínea. Etapa II: a insulina permitiu a entrada da glicose nos tecidos e nas células.
b) O glucagon permitiu a passagem da glicose do fígado e dos músculos para o sangue, mantendo assim, a glicemia normal.
20. a) Grupo I: Diabetes.
Grupo II: Pressão arterial elevada.
Grupo III: Obesidade.
b) Grupo I: Pâncreas.
Grupo II: Coração e rins.
Grupo III: Tecido adiposo.
Pâncreas: Produz a insulina.
Coração e rins: Relacionados à pressão arterial elevada, podem provocar infartos e insuficiência renal.
Tecido adiposo: Acumula gordura.
c) Um grupo de controle de indivíduos sedentários será testado com relação à memória atual e a informações. O outro grupo de indivíduos que realizam atividade física também será testado com relação à memória atual e a informações. Os indivíduos devem ter a mesma idade, deve ser considerado o sexo e os testes de memória devem ser os mesmos para os dois grupos. A atividade física deve ser planejada e controlada.
21. a) A informação é transmitida pelos neurotransmissores na sinapse.
b) A alteração mais comum no sistema cardiovascular é a taquicardia, ocasionada pela liberação de aldosterona.

Exercícios complementares

1. a) Pâncreas e insulina.
b) O excesso de açúcares na corrente sanguínea altera e prejudica vários órgãos, entre eles, os olhos (retina), os rins, o coração, os vasos sanguíneos etc.
c) O aumento nas concentrações de glicose no sangue (hiperglicemia) leva ao aumento da concentração de glicose na urina (glicosúria) e ao conseqüente aumento na quantidade de urina eliminada (poliúria).
2. A
3. A
4. a) O reconhecimento se deve à presença de receptores específicos a estes hormônios na membrana plasmática das células-alvo.
b) A quebra do glicogênio nas células musculares cardíaca e esquelética promove a liberação de glicose, que será utilizada no processo de respiração celular para a produção de ATP, que será utilizado como energia pelo organismo para responder a uma situação de perigo.
c) O pâncreas desempenha função endócrina ao liberar insulina e glucagon na corrente sanguínea; e desempenha função exócrina ao liberar enzimas digestivas em ductos que desembocam no duodeno.
5. A

6. C
7. E
8. a) Não. O bócio endêmico é causado pela falta nutricional de iodo.
b) Diminuição da taxa metabólica.
c) Acrescentar iodo ao sal consumido pela população.
9. C
10. B
11. A
12. B
13. C
14. A
15. D
16. O hormônio Q é o hormônio tireoideano; e o S, o hormônio tireotrópico (TSH). No bócio endêmico, a deficiência alimentar de iodo provoca a diminuição da síntese do hormônio tireoideano. Essa menor concentração circulante de hormônio tireoideano acarreta maior liberação de hormônio tireotrópico (TSH). O TSH estimula a tireoide a produzir e a secretar o hormônio tireoideano; sua secreção aumenta na tentativa de regularizar a produção desse hormônio.
17. a) As células β das ilhotas de Langerhans produzem e secretam a insulina, hormônio hipoglicêmico. A deficiência desse hormônio causa a diabetes melito.
b) O pâncreas secreta o suco pancreático. Esse suco possui várias enzimas digestórias que são lançadas no duodeno. Entre elas, pode-se citar a tripsina, que age na digestão de proteínas.
c) A secreção é exócrina porque o suco pancreático é lançado na cavidade entérica.
18. a) A digestão dos carboidratos, como o amido, produz glicose. A absorção desse monossacarídeo, pelo epitélio intestinal, resulta no aumento temporário da glicemia. Entre as refeições, a glicemia diminui porque a glicose presente no sangue vai passando para o interior das células, fenômeno mediado pelo hormônio insulina, e é secretado pela porção endócrina do pâncreas.
b) O portador da diabetes melito apresenta deficiência de insulina ou células resistentes à sua ação.
19. E

Revisando

1. O sistema reprodutor masculino gera os gametas (espermatozoides) e o hormônio masculino testosterona.
2. As gônadas do sistema reprodutor masculino são formadas por: bolsa escrotal, testículos, epidídimo, canais deferentes, vesícula seminal, glândula bulbouretral, próstata, pênis e uretra.
3. A espermatogênese ocorre nos canais seminíferos; e a produção de testosterona, nas células intersticiais (células de Leydig).
4. Células de Sertoli são aquelas responsáveis pela produção de células que atuam como apoio mecânico e na nutrição e proteção das espermatozônias.

5. O epidídimo é responsável pela produção dos espermatozoides; a vesícula seminal é uma glândula que produz o líquido que fornece nutrientes aos espermatozoides; a próstata libera secreção levemente alcalina, que auxilia na neutralização do pH vaginal (garante a sobrevivência dos espermatozoides); a glândula bulbouretral é responsável pela liberação do líquido pré-ejaculatório, que neutraliza a acidez da uretra e lubrifica o canal e a vagina.
6. Os hormônios hipofisários que atuam nos testículos são o FSH e o LH. O FSH estimula a espermatogênese e o LH estimula as células intersticiais a produzirem testosterona.
7. Os principais componentes do sistema reprodutor feminino são: ovários, tubas uterinas, útero, vagina e genitália externa (pequenos lábios, grandes lábios e clitóris).
8. Os ovários são responsáveis pela produção e liberação de ovócitos II (gametas) e também pela produção dos hormônios estrógeno e progesterona.
9. Tubas uterinas são canais que comunicam os ovários com o útero e transferem ovócitos de um para o outro.
10. A parede do útero tem musculatura de contração involuntária e seu interior é recoberto pelo endométrio. O colo do útero é a região que delimita o órgão com o canal da vagina.
11. Em um ciclo menstrual regular de 28 dias, a menstruação ocorre no primeiro dia. A ovulação ocorreria no 14º dia. O período em que a mulher provavelmente estaria mais fértil seria cerca de 4 dias antes e 4 dias depois da ovulação.
12. Considerando os eventos que ocorrem nos ovários a cada ciclo menstrual, a ordem de ocorrência dos eventos é: formação do folículo de De Graaf, ovulação, formação do corpo-lúteo e formação do corpo *albicans*.
13. Os hormônios produzidos pelos ovários são o estrógeno (produzido pelos folículos de De Graaf) e a progesterona (produzida pelo corpo-lúteo). O estrógeno provoca a multiplicação celular no endométrio; a progesterona estimula o desenvolvimento de glândulas no endométrio.
14. O hormônio hipofisário FSH estimula o desenvolvimento do folículo de De Graaf, o qual produz o estrógeno. Já o LH estimula o desenvolvimento do corpo-lúteo, que produz a progesterona.
15. A ovulação é determinada pela súbita elevação de concentração de FSH e de LH; a queda de concentração de FSH e de LH é responsável pela menstruação.
16. A fecundação normalmente ocorre na tuba uterina.
17. Nidação é a implantação do embrião (blastocisto) no endométrio.
18. O blastocisto é constituído pelo trofoblasto (que comporá a placenta) e pelo embrioblasto (massa celular interna).
19. Gonadotrofina coriônica (HCG) é o hormônio secretado pelo trofoblasto e, posteriormente, pela placenta; esse hormônio estimula o corpo-lúteo do ovário a produzir progesterona. Esse é o hormônio que indica, nos exames, que a mulher está grávida.
20. Normalmente, uma gravidez dura cerca de 40 semanas, chegando ao fim no momento do parto. Os hormônios envolvidos nesse processo são as prostaglandinas, produzidas pela placenta (que deixa de produzir progesterona), e a

ocitocina, produzida pela adeno-hipófise. Esses hormônios estimulam a contração da parede uterina e a expulsão do feto.

21. Métodos contraceptivos são maneiras utilizadas para evitar uma gravidez indesejada. Podem ser de vários tipos, dentre eles:

- Métodos comportamentais: que envolvem o comportamento do casal no que diz respeito ao ato sexual. Exemplos: abstinência sexual (não realização do ato), tabelinha (programação da realização do ato fora do período fértil) e coito interrompido (retirada do pênis da vagina no momento da ejaculação).
- Métodos de barreira: impedem o contato do espermatozoide com o óvulo por meio da utilização de um impedimento físico. Exemplos: camisinha (envolve o pênis para que o sêmen fique retido no preservativo; previne também contra DSTs), camisinha feminina (funciona da mesma forma que a camisinha masculina) e diafragma (atuando, no fundo da vagina, como uma barreira à passagem de espermatozoides em direção ao útero).
- Dispositivo intrauterino (DIU): impede a nidação do embrião.
- Métodos hormonais: utilização de hormônios para que não ocorra a liberação de óvulos, a fecundação ou a nidação. Exemplos: pílula anticoncepcional (contém hormônios que inibem a hipófise de produzir o FSH e resulta na não ocorrência de ovulação) e pílula do dia seguinte (impede a nidação após a ocorrência de ato sexual desprotegido).
- Métodos cirúrgicos: há intervenção cirúrgica para a não liberação de óvulos e espermatozoides. Exemplos: laqueadura tubária (remoção ou amarração das tubas uterinas) e vasectomia (remoção ou amarração dos canais diferentes).

22. Dentre o métodos contraceptivos que também podem ser utilizados para a prevenção contra doenças sexualmente transmissíveis estão a camisinha masculina e a feminina.

23. Os métodos contraceptivos cirúrgicos costumam ser irreversíveis, salvo casos nos quais a ligação das trompas ou dos canais deferentes possa ser revertida por meio de uma nova cirurgia.

Exercícios propostos

1. C
2. a) As glândulas anexas ao sistema genital masculino são: próstata, vesículas seminais e glândulas bulbouretrais, ou de Cowper.
b) A próstata libera uma secreção viscosa e alcalina, neutralizando o pH ácido da vagina, além de facilitar a mobilidade dos espermatozoides nesse ambiente. As vesículas seminais liberam um líquido nutritivo (fluido seminal) rico em frutose, que irá nutrir os espermatozoides fora do organismo. As glândulas bulbouretrais liberam uma secreção lubrificante que facilita a relação sexual, além de limpar a uretra dos resíduos da urina. Podemos, portanto, enumerar as funções exercidas pelas glândulas anexas do sistema genital masculino, que são: nutrição; controle do pH; transporte dos espermatozoides/aumento do volume do esperma; lubrificação/limpeza da uretra.
3. F; V; V; F; V

4. a) Na fase final da espermatogênese, quando ocorre o processo em que os espermatozoides ganham motilidade.
b) A vasectomia torna o homem estéril, mas não interfere na produção de hormônios masculinos nem em seu desempenho sexual. Impede apenas a liberação de espermatozoides, não influenciando na produção do líquido espermático, porque este é produzido pela próstata e pelas vesículas seminais.
5. C
6. a) Pudendo feminino: lábios menores, lábios maiores, clitóris e vestibulo vaginal. Órgãos do abdome: vagina, útero, tubas uterinas e ovários.
b) Estrógeno e progesterona.
c) Estimula a produção de leite.
7. A
8. B
9. B
10. C
11. a) O feto produz gás carbônico e ureia, resultantes de seu metabolismo. O organismo da mãe pode levar ao filho substâncias tóxicas, como drogas: álcool e a nicotina, por exemplo.
b) Manutenção do embrião no útero e produção de hormônios (progesterona).
12. D
13. B

Exercícios complementares

1. D
2. C
3. a) 24 de dezembro.
b) Sim, pois o espermatozoide permanece vivo por pelo menos 48 horas.
c) Consiste no bloqueio dos canais deferentes, impedindo a passagem dos espermatozoides.
4. B
5. A vasectomia não impede a produção de testosterona pelos testículos, porém impede a chegada dos espermatozoides até o sêmen, na vesícula seminal.
6. O DIU, em princípio, libera sais de cobre no interior do útero, o que dificulta muito a locomoção e a sobrevivência dos espermatozoides e também pode impedir a nidação do zigoto.
7. A
8. Em primeiro lugar, a produção de espermatozoides é constante e, em segundo lugar, qualquer abordagem química visando a supressão do gameta masculino deveria ser total, pois cada ejaculação contém milhões de espermatozoides; basta a existência de um espermatozoide viável para que ocorra fecundação.
9. B
10. B
11. B
12. A
13. V; V; V; F
14. O aumento e a queda de alguns hormônios (LH, FSH, progesterona, estrógeno) faz com que ocorra o desprendimento de parte do endométrio, com consequente sangramento, que é eliminado juntamente com fragmentos do óvulo não fecundado.
15. F; V; F; V; F.
16. Durante a gravidez, não deve ocorrer o descolamento da mucosa uterina – o endométrio, responsável por manter o ambiente uterino favorável a uma gestação normal.

17. Porque a testosterona é liberada diretamente no sangue; por esse motivo, ela continua atuando normalmente sobre as células mesmo após a interrupção (corte) dos vasos deferentes.
18. São o estrogênio e a progesterona. Eles agem no desenvolvimento e na manutenção do endométrio uterino, ou seja, mantêm o ambiente interno do útero favorável ao desenvolvimento embrionário e fetal. Regulam a atividade hormonal da hipófise.
19. C
20. A
21. a) A pílula anticoncepcional combinada contém hormônios ovarianos sintéticos. A elevação dos níveis de estrogênio e progesterona causa diminuição da secreção hipofisária, necessária, por meio de seus hormônios (FSH e LH), para que ocorram, respectivamente, os processos de amadurecimento folicular e ovulação. A redução desses hormônios por meio do mecanismo de *feedback* negativo não permite que esses fenômenos ocorram. Na realidade, a pílula simula uma gravidez.
- b) A utilização da pílula anticoncepcional não impedirá a menstruação. A interrupção de seu uso, durante 21 dias consecutivamente, permitirá que esse fenômeno ocorra naturalmente.
22. E
23. B
24. a) As "regras" citadas no texto correspondem ao ciclo menstrual normal que ocorre a cada 28 dias, aproximadamente. A menstruação corresponde à descamação do endométrio uterino e é determinada pela queda nos níveis dos hormônios ovarianos estrogênio e progesterona.
- b) O método anticoncepcional conhecido como "tabelinha" baseia-se no fato de que, por volta do 14º dia após o início do ciclo, deverá ocorrer a ovulação. A abstenção sexual deverá ocorrer cerca de cinco dias antes e cinco dias depois do 14º dia, porque o processo ovulatório não é preciso e também pelo fato de os espermatozoides poderem sobreviver no corpo da mulher durante algum tempo, podendo fecundar um óvulo que foi liberado horas e até mesmo dias depois de ter ocorrido a relação sexual.
25. B
26. F; F; V; V; V
27. A
28. E
29. 11
30. F; V; V; F; V
31. D
32. D
33. E
34. B
35. A
36. B
37. C
38. B
39. C

19 Tecidos epiteliais e conjuntivos

Revisando

1. Tecidos são grupos de células que normalmente desempenham os mesmos papéis e ficam dispostos em camadas componentes dos órgãos.
2. O tecido epitelial apresenta células bastante agrupadas, com forte adesão (presença de desmossomos) e pouco ou nenhum material intersticial. É um tecido avascular.
3. Os tecidos epiteliais exercem as funções de revestimento, absorção e secreção.
4. Os epitélios são classificados, em relação ao número de camadas celulares, em: uniestratificados, pluriestratificados e pseudoestratificados.
5. Quanto à forma das células componentes, os epitélios são classificados em pavimentoso, cúbico, colunar (ou cilíndrico) e de transição.
6. Os três tipos de glândulas são:
 - Glândulas exócrinas: apresentam um ducto excretor através do qual eliminam materiais para uma superfície ou uma cavidade. Exemplos: glândulas salivares e sudoríparas.
 - Glândulas endócrinas: não apresentam ducto excretor e eliminam hormônios em vasos sanguíneos. Exemplos: hipófise e tireoide.
 - Glândulas mistas (anfícrinas): são estruturas com uma parte endócrina e uma parte exócrina. Exemplo: pâncreas.
7. Queratina é uma proteína impermeável que contribui para restringir as perdas de água pela superfície corporal. Melanócitos são células situadas na base da epiderme e que produzem o pigmento melanina, que confere cor ao tecido. Glândulas sudoríparas eliminam o suor, contribuindo para a dissipação de calor e para a eliminação de excretas (ureia e excesso de sais).
8. O tecido conjuntivo apresenta células mais afastadas. Entre as células há substância intersticial abundante, constituída por substância fundamental amorfa e fibras proteicas (colágeno, elastina e reticulina).
9. Fibroblastos: células responsáveis pela síntese de fibras proteicas.
Macrófagos: células de defesa; realizam fagocitose.
Mastócitos: células que acumulam em seu citoplasma grande quantidade de heparina (anticoagulante) e de histamina (desencadeia processos alérgicos).
Plasmócitos: células que também se relacionam com defesa; são responsáveis pela produção de anticorpos.
10. Tecido conjuntivo propriamente dito frouxo: possui poucas fibras, e sua substância fundamental é viscosa e bastante hidratada.
Tecido conjuntivo propriamente dito denso: possui muitas fibras. É classificado em modelado e não modelado. O modelado é formado por fibras de colágeno com orientação fixa, o que confere ao tecido maior resistência à tensão. O não modelado tem fibras com disposição não orientada. É menos resistente à tensão.
11. O tecido adiposo é constituído por adipócitos, células que armazenam gordura. Atua como reserva alimentar, isolante térmico e propicia proteção contra choques mecânicos.

12. As células do tecido ósseo são osteócitos, osteoblastos e osteoclastos. Além de células, o tecido ósseo apresenta abundante substância intersticial (matriz óssea), na qual estão presentes fibras de colágeno (conferem resistência) e sais minerais de fosfato de cálcio (conferem rigidez).
13. Epífises: regiões localizadas nas extremidades; possuem tecido cartilaginoso, que se diferencia em tecido ósseo e provoca a elongação do osso. Diáfise: porção longa do osso.
Canais de Havers: canais com disposição longitudinal, cujo centro contém vasos sanguíneos; ao seu redor estão dispostos os osteócitos em camadas concêntricas.
Canais de Volkmann: ligam os canais de Havers.
14. As células do tecido cartilaginoso são: condrócitos, condroblastos e condroclastos. Possui grande quantidade de material intersticial, no qual estão imersas fibras de proteínas e células.

Exercícios propostos

1. C
2. C
3. B
4. D
5. C
6. B
7. D
8. A
9. D
10. E
11. D
12. C
13. E
14. D
15. C

Exercícios complementares

1. D
2. D
3. F; V; V; V; F
4. C
5. D
6. a) Indivíduos de pele clara possuem menos melanina que os indivíduos de pele escura.
b) Fibras colágenas e elásticas são responsáveis pela elasticidade da pele. Sua destruição provoca as chamadas "rugas".
c) Sua carência pode provocar o raquitismo, já que é responsável pela absorção de cálcio no organismo.
7. A
8. A
9. C
10. 44
11. D
12. D
13. B
14. D
15. E
16. V; V; F; V; F
17. D
18. B
19. C
20. A
21. C

Revisando

- O tecido muscular é responsável pela realização de movimentos, bombeamento de sangue pelo coração, sustentação (parede corporal de anelídeos e de nematelmintos), liberação de calor e reserva de nutrientes (ferro, cálcio, proteínas e glicogênio).
- Os três tipos de tecido muscular são: liso (visceral), estriado cardíaco e estriado esquelético.
- O tecido muscular liso tem células fusiformes com apenas um núcleo e que não apresentam estrias. Sua contração é lenta e involuntária. O músculo estriado cardíaco apresenta células com um a três núcleos e o citoplasma com estrias. Sua contração é involuntária. O músculo estriado esquelético tem células muito longas, com inúmeros núcleos e o citoplasma com estrias. Sua contração é rápida e voluntária.
- No movimento de flexão do antebraço, o bíceps sofre contração e o tríceps, distensão. No movimento de extensão do antebraço, o tríceps contrai-se e o bíceps distende-se.
- As fibras do tipo I apresentam contração relativamente mais lenta; seu metabolismo energético é fundamentado na respiração celular, tendo grande quantidade de mitocôndrias; há grande acúmulo de mioglobina, propiciando acúmulo de oxigênio. As fibras do tipo II realizam fermentação láctica e geram ácido láctico como resíduo; não apresentam mioglobina e são esbranquiçadas. Sua contração é mais rápida do que as fibras do tipo I, mas são mais propícias à fadiga muscular.
- A membrana da célula muscular é denominada sarcoplasma, e o retículo endoplasmático é conhecido como retículo sarcoplasmático, no qual ocorre acúmulo de cálcio, necessário para o processo de contração muscular.
- Sarcômeros são unidades funcionais das células musculares, sendo formados por blocos definidos de proteínas actina e miosina. O deslizamento das proteínas do sarcômeros é responsável pela contração e pela distensão do músculo.
- Um neurônio motor interage com o músculo esquelético por meio da junção neuromuscular. Na extremidade do axônio ocorre a liberação de acetilcolina, que provoca a excitação do músculo, provocando sua contração.
- A mioglobina armazena gás oxigênio. O glicogênio é uma reserva energética. A fosfocreatina é uma reserva de fosfatos, empregados na síntese de ATP.
- A fermentação ocorre quando o músculo não recebe a quantidade de gás oxigênio capaz de atender suas necessidades imediatas; ocorre então um processo fermentativo, liberando ácido láctico. O ácido láctico provoca dor muscular e fadiga. Ele passa para o sangue e é transportado ao fígado e aos rins, onde pode ser convertido em ácido pirúvico e glicose.

Exercícios propostos

- D
- a) Sim, o indivíduo sentirá dor muscular. Sendo a quantidade de oxigênio insuficiente para

suprir as necessidades respiratórias das fibras musculares, haverá produção de ATP também através da fermentação láctica. O acúmulo de ácido láctico nos músculos causa dor muscular.

- a → sarcômero ou miômero. É a unidade contrátil do músculo estriado.
b → actina. É uma proteína contrátil da fibra muscular que, durante a contração muscular, desliza sobre a miosina, provocando o encurtamento do sarcômero.
c → miosina. É a outra proteína contrátil da fibra muscular capaz de deslizar sobre os filamentos de actina.
A figura I representa um músculo relaxado, pois o deslizamento dos filamentos de actina ainda não ocorreu.
- A
 - Os miofilamentos de actina e de miosina deslizam uns sobre os outros de maneira que os filamentos de actina se aproximam, diminuindo a faixa H; a banda A (miosina) não se altera, enquanto a banda I (actina) diminui.
 - a) Nos músculos do velocista haverá maior quantidade de fibras tipo IIB; nos do maratonista, de fibras tipo I.
b) O maior número de mitocôndrias deverá ser encontrado nas fibras tipo I, já que estas obtêm a maior parte de sua energia por meio da respiração aeróbia – processo que depende de enzimas oxidativas em altas concentrações.
 - C
 - D
 - a) Liso: 1 núcleo por célula/estriado esquelético: 1 ou 2 núcleos por célula/estriado cardíaco: vários núcleos por célula.
b) Liso: lento, involuntário/estriado esquelético: rápido, voluntário/estriado cardíaco: rápido involuntário.
 - E
 - A
 - C
 - A
 - C
 - B
 - B
 - V; V; F; V; V
 - As unidades de contração, citadas, são os sarcômeros. Cada sarcômero é formado por filamentos de actina e de miosina, que se sobrepõem. Os filamentos de actina (filamentos finos) deslizam sobre os de miosina (filamentos grossos), levando ao encurtamento dos sarcômeros. Para que esse mecanismo ocorra, é necessária ainda a participação dos íons cálcio e da molécula de ATP, liberando a energia necessária para que a contração ocorra.

Exercícios complementares

- C
- 76
- C
- A
- B
- D
- 93
- Músculo liso não está associado ao esqueleto; faz parte da parede de vísceras como os órgãos

do tubo digestivo, artérias, bexiga urinária e útero. O músculo esquelético, ao contrário do liso, é associado ao esqueleto, além de apresentar contração vigorosa sob controle voluntário.

- a) Esquelético – fibras fusiformes, plurinucleadas, com muita estriação transversal. Liso, ou visceral – fibras alongadas, uninucleadas, com pouca estriação. Cardíaco – fibras alongadas, uni ou binucleadas, anastomosadas e separadas por discos intercalares. Apresenta muita estriação transversal.
b) Esquelético – contração rápida e voluntária. Liso – contração lenta e involuntária. Cardíaco – contração rápida, vigorosa e involuntária.
c) Vide item a.
- A
- E
- Tecido: conjunto de células idênticas, intimamente relacionadas, que exercem determinada função. Tecido muscular: formado por células constituídas por miofibrilas envolvidas pelo sarcoplasma. Tipos:
Tecido muscular liso: contração involuntária (células fusiformes com núcleo central).
Tecido muscular estriado: contração voluntária (células fusiformes com faixas claras e escuras dispostas transversalmente à célula).
Tecido muscular cardíaco: nos vertebrados, é um tecido estriado de contração involuntária (coração).
- V; F; V; V; F
- 34
- C
- 27
- B
- F; F; V; F; V
- D
- 05
- E
- B