

BIO

PRÉ-VESTIBULAR
BIOLOGIA

4



Avenida Dr. Nelson D'Ávila, 811
Jardim São Dimas – CEP 12245-030
São José dos Campos – SP
Telefone: (12) 3924-1616
www.sistemapoliedro.com.br

Coleção PV

Copyright © Editora Poliedro, 2021.

Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal, Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ISBN 978-65-5613-125-2

Autoria: Elias Avancini de Brito

Direção-geral: Nicolau Arbex Sarkis

Direção editorial: Alysson Ribeiro

Gerência editorial: Fabíola Bovo Mendonça

Coordenação de projeto editorial: Juliana Grassmann dos Santos

Edição de conteúdo: Luiza Henriques Ostrowski e Mayra Sato

Assistente editorial: Gabriel Henrique Siqueira Neves e Grazielle Baltar Ferreira Antonio

Gerência de design e produção editorial: Ricardo de Gan Braga

Coordenação de revisão: Rosangela Carmo Muricy

Revisão: Amanda Andrade Santos, Ana Rosa Barbosa Ancosqui, Bianca da Silva Rocha, Cecília Farias de Souza, Ellen Barros de Souza, Jessica Luana Anitelli, Leticia Borges, Paulo V. Coelho, Sara de Jesus Santos e Thiago Marques Pereira Silva

Coordenação de arte: Christine Getschko

Edição de arte: Lourenzo Acunzo e Nathalia Laia

Diagramação: Francisco Cláudio M. da Silva, Marina Ferreira e Suellen Sílvia Machado

Projeto gráfico e capa: Aurélio Camilo

Coordenação de licenciamento e iconografia: Leticia Palaria de Castro Rocha

Pesquisa iconográfica: Danielle Navarro Fernandes e Jessica Clifton Riley

Planejamento editorial: Maria Carolina das Neves Ramos

Coordenação de multimídia: Kleber S. Portela

Gerência de produção gráfica: Guilherme Brito Silva

Coordenação de produção gráfica: Rodolfo da Silva Alves

Produção gráfica: Anderson Flávio Correia, Fernando Antônio Oliveira Arruda, Matheus Luiz Quinhones Godoy Soares e Vandrê Luis Soares

Colaboradores externos: Tateishi & Tamakoshi Ltda (Edição), Madrigais Produção Editorial, Flávio Marcelo Vianna de Oliveira ME (Revisão) e Lima Estúdio Gráfico (diagramação)

Impressão e acabamento: PifferPrint

Fotos de capa e frontispício: hurrricanehank/Shutterstock com

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as imagens presentes nesta obra didática. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos, colocamo-nos à disposição para avaliação e consequente correção e inserção nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos no Art. 28 da lei 9.610/98.

Sumário

Frente 1

| | |
|---|-------------------------------|
| 16 Segunda lei de Mendel | 5 |
| Introdução, 6 | Texto complementar, 13 |
| Cruzamento mendeliano, 7 | Resumindo, 14 |
| Revisando, 8 | Quer saber mais?, 15 |
| Exercícios propostos, 10 | Exercícios complementares, 16 |
| 17 Interações gênicas | 19 |
| Introdução, 20 | Exercícios propostos, 26 |
| Interação gênica simples, 20 | Texto complementar, 31 |
| Epistasia, 21 | Resumindo, 31 |
| Herança quantitativa (ou poligênica), 22 | Quer saber mais?, 32 |
| Revisando, 24 | Exercícios complementares, 32 |
| 18 Linkage e mapas gênicos | 35 |
| Ligação fatorial <i>linkage</i> , 36 | Textos complementares, 44 |
| Referências para a resolução de exercícios, 39 | Resumindo, 45 |
| Revisando, 40 | Quer saber mais?, 46 |
| Exercícios propostos, 41 | Exercícios complementares, 47 |
| 19 Genoma humano e cromossomos sexuais | 49 |
| Cromossomos e sexo no ser humano, 30 | Revisando, 54 |
| Outros sistemas de determinação sexual, 50 | Exercícios propostos, 56 |
| Os cromossomos sexuais, 51 | Texto complementar, 59 |
| Herança limitada ao sexo, 51 | Resumindo, 62 |
| Herança influenciada pelo sexo, 52 | Quer saber mais?, 64 |
| Herança ligada ao sexo, 52 | Exercícios complementares, 64 |
| 20 Mutações gênicas e cromossômicas | 69 |
| Mutações, 70 | Textos complementares, 77 |
| Mutações gênicas, 70 | Resumindo, 78 |
| Mutações cromossômicas, 70 | Quer saber mais?, 78 |
| Revisando, 73 | Exercícios complementares, 79 |
| Exercícios propostos, 75 | |
| 21 Genética de populações | 83 |
| Genética de populações, 84 | Exercícios propostos, 87 |
| Equilíbrio de Hardy-Weinberg, 84 | Textos complementares, 88 |
| Alterações do equilíbrio genético da população, 84 | Resumindo, 91 |
| Teorema de Hardy-Weinberg, 85 | Quer saber mais?, 92 |
| Revisando, 86 | Exercícios complementares, 92 |

Frente 2

| | |
|--|--------------------------------|
| 18 Transporte e sustentação em plantas | 95 |
| Os tecidos de condução, 96 | Exercícios propostos, 104 |
| Os tecidos de sustentação, 96 | Texto complementar, 107 |
| A condução da seiva bruta, 97 | Resumindo, 109 |
| A condução da seiva elaborada, 100 | Quer saber mais?, 110 |
| Revisando, 102 | Exercícios complementares, 111 |
| 19 Hormônios vegetais | 113 |
| Hormônios e desenvolvimento, 114 | Exercícios propostos, 119 |
| Hormônios de crescimento, 114 | Texto complementar, 121 |
| Hormônio de redução da atividade metabólica, 116 | Resumindo, 124 |
| Hormônio de maturação, 117 | Quer saber mais?, 125 |
| Revisando, 117 | Exercícios complementares, 125 |
| 20 Movimentos vegetais e fotoperíodismo | 129 |
| Movimentos vegetais, 130 | Texto complementar, 139 |
| Fotoperíodismo, 132 | Resumindo, 140 |
| Revisando, 134 | Quer saber mais?, 141 |
| Exercícios propostos, 137 | Exercícios complementares, 141 |

| | |
|--|--------------------------------|
| 21 Plantas e ambiente | 143 |
| Introdução, 144 | Exercícios propostos, 157 |
| Alguns padrões gerais na Terra, 145 | Texto complementar, 161 |
| Biomassas do Brasil, 150 | Resumindo, 164 |
| Biomassas e aspectos ecológicos, 154 | Quer saber mais?, 168 |
| Revisando, 154 | Exercícios complementares, 169 |
| | |
| Frente 3 | |
| 17 Sistema endócrino | 171 |
| Hormônios e glândulas endócrinas, 172 | Revisando, 177 |
| Hipófise, 172 | Exercícios propostos, 179 |
| Paratireoides, 174 | Textos complementares, 183 |
| Tireoide, 174 | Resumindo, 184 |
| Suprarrenais, 175 | Quer saber mais?, 185 |
| Pâncreas, 176 | Exercícios complementares, 185 |
| Ovários e testículos, 176 | |
| | |
| 18 Sistema genital | 189 |
| Sistema genital masculino, 190 | Texto complementar, 202 |
| Sistema genital feminino, 191 | Resumindo, 204 |
| Métodos contraceptivos, 194 | Quer saber mais?, 205 |
| Revisando, 196 | Exercícios complementares, 206 |
| Exercícios propostos, 200 | |
| | |
| 19 Tecidos epiteliais e conjuntivos | 215 |
| Introdução, 216 | Texto complementar, 225 |
| Tecido epitelial, 216 | Resumindo, 225 |
| Tecido conjuntivo, 219 | Quer saber mais?, 227 |
| Revisando, 221 | Exercícios complementares, 227 |
| Exercícios propostos, 222 | |
| | |
| 20 Tecidos musculares | 231 |
| Papéis do tecido muscular, 232 | Exercícios propostos, 237 |
| Tipos de tecido muscular, 232 | Texto complementar, 241 |
| A estrutura da célula muscular, 233 | Resumindo, 242 |
| A junção neuromuscular, 234 | Quer saber mais?, 242 |
| A energia para a contração muscular, 234 | Exercícios complementares, 243 |
| Revisando, 235 | |
| | |
| Gabarito | 247 |



FRENTE 1

CAPÍTULO

16

Segunda lei de Mendel

Quando lançamos moedas e dados simultaneamente, os resultados obtidos são independentes, ou seja, um lançamento não exerce influência sobre o outro. De forma análoga, veremos que na lei da segregação independente isso também se aplica a muitos casos de características geneticamente determinadas.

Introdução

Até este momento, estudamos a herança de uma única característica, analisada isoladamente, como o sistema sanguíneo Rh, a pigmentação da pele humana, a cor do pelo de porquinhos-da-índia etc. Isso se refere ao mono-hibridismo tratado no contexto da primeira lei de Mendel.

No entanto, um indivíduo pode apresentar caracteres diferentes simultaneamente. Neste caso, os caracteres analisados podem ser 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 pelos de porquinhos-da-índia.

- 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 serão os gametas de um indivíduo duplo-heterozigoto BbL ℓ ? Cada gameta deve receber um alelo de cada gene, 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).

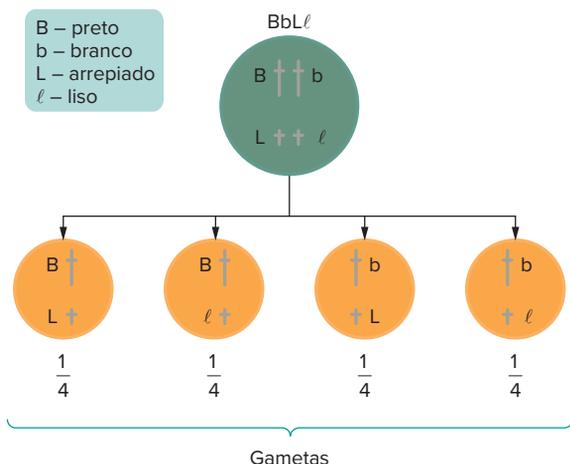


Fig. 1 Representação da segunda lei de Mendel. Os gametas formados têm um representante de cada tipo de homólogo, sendo que cada tipo de gameta tem a mesma proporção.

Atenção

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.

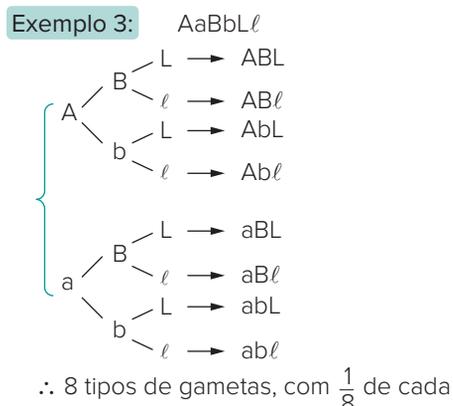
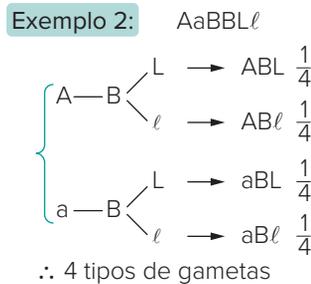


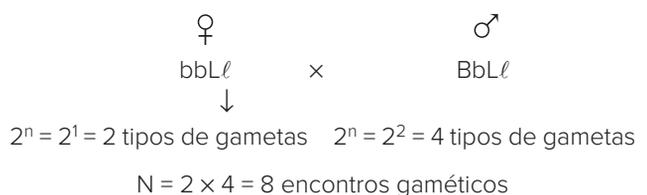
Fig. 2 Exemplos de tipos de gametas produzidos em indivíduos com heterozigose

O número de tipos de gametas pode ser obtido pela fórmula 2^n , sendo n o número de heterozigotes. 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 heterozigotes: 2^n , com $n = 2$; portanto, formam-se quatro tipos de gametas.
- **AaBbL ℓ** \Rightarrow há três heterozigotes: 2^n , com $n = 3$; portanto, formam-se oito tipos de gametas

Tomando como base os tipos de gametas é possível obter 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:



Cruzamento mendeliano

Considerando a geração parental (**P**) de porquinhos-da-índia: **fêmea** com **pelo branco e liso** e **macho** **homozigoto**, de **pelo preto e arrepiado**, obtém-se na geração **F1** todos os descendentes heterozigotos, com fenótipo **preto e arrepiado** (Fig. 3).

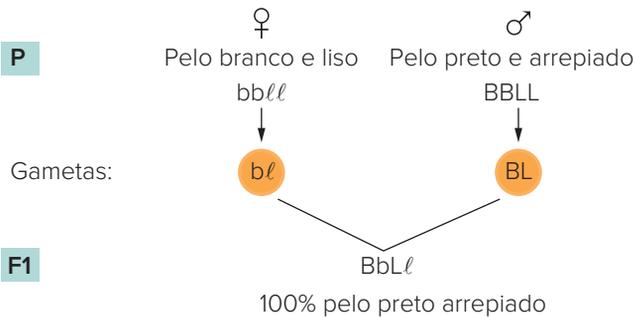


Fig. 3 Primeira etapa de cruzamento mendeliano. O cruzamento entre duplo-recessivo com duplo-dominante gera descendentes heterozigotos para as duas características.

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

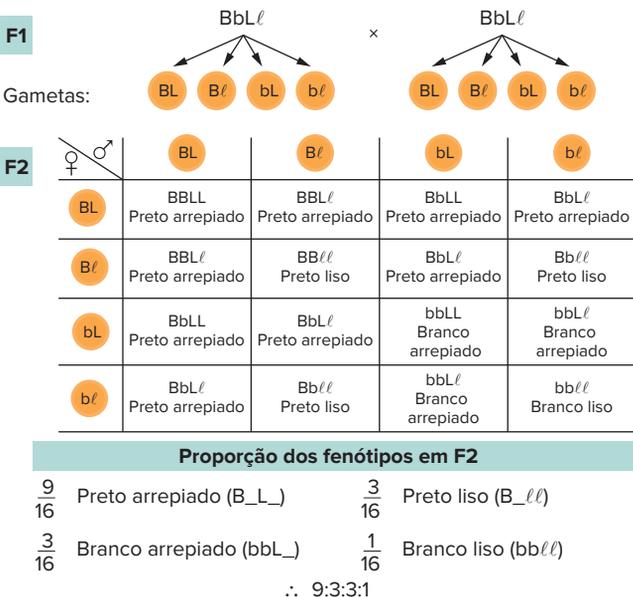
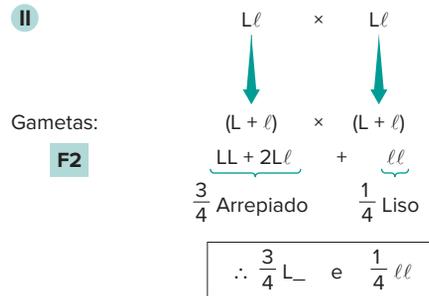
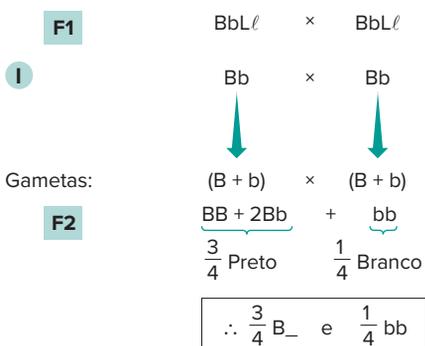


Fig. 4 Segunda etapa de cruzamento mendeliano. O cruzamento entre heterozigotos resulta em uma proporção fenotípica de 9:3:3:1.

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



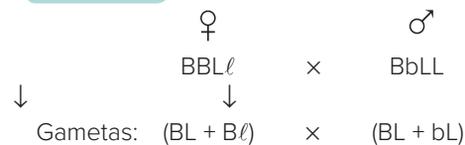
Juntando I com II, temos:

- Preto e arrepiado ($B_L_$)
 $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$
- Preto e liso (B_ll)
 $\frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{3}{16}$
- Branco e arrepiado ($bbL_$)
 $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$
- Branco e liso ($bbll$)
 $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$

Outros exemplos de cruzamentos

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

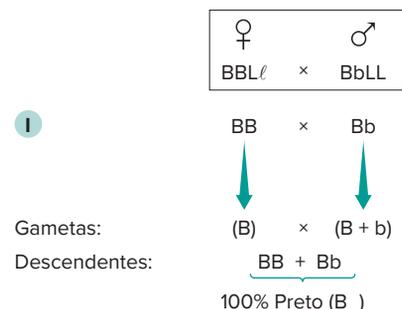
Exemplo 1:



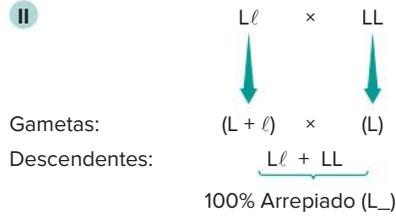
| | | |
|---------|------------------------------|------------------------------|
| ♀ \ ♂ | BL | bL |
| BL | $BBLL$ Preto arrepiado | $BbLL$ Preto arrepiado |
| $B\ell$ | $BBL\ell$ Preto arrepiado | $BbL\ell$ Preto arrepiado |

∴ 100% dos descendentes com pelo preto e arrepiado ($B_L_$).

Esse cruzamento pode ser representado por meio de binômios:

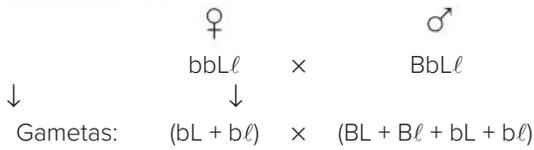


II



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

Exemplo 2:



| ♀ \ ♂ | BL | Bb | 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 |

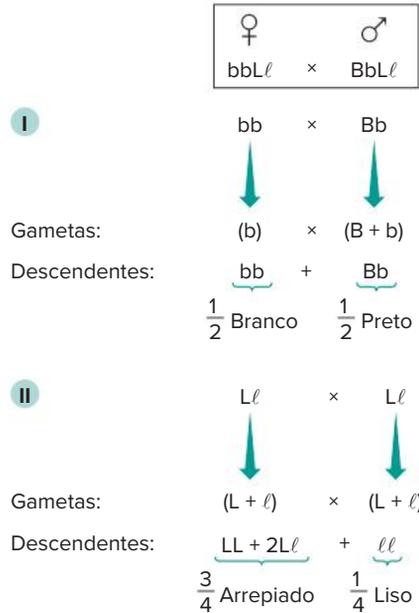
B_L_: preto arrepiado $\frac{3}{8}$

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 **UPF 2018** Segundo as Leis de Mendel, nas células somáticas, os genes encontram-se aos pares, porém, durante a formação dos gametas, eles segregam. Com base nessa informação, é possível que indivíduos com genótipo

- A DDEe produzam gametas D e Ee.
- B VvTT produzam gametas V, v e T.
- C RR produzam gametas RR.
- D CcMM produzam gametas Cc e MM
- E BBAA produzam gametas BA e Ba.

5 **UFU 2019** A fim de refazer os experimentos de Mendel, um pesquisador cruzou uma planta com sementes amarelas lisas (duplamente homocigota dominante) com uma planta pura com sementes verdes rugosas (duplamente homocigota recessiva). Foram produzidas plantas F1. A seguir, o pesquisador realizou a autopolinização de F1, produzindo a geração F2, totalizando 3200 plantas. Com base nas informações apresentadas, assinale a alternativa que apresenta o número total de plantas com uma característica dominante e uma característica recessiva.

- A 1800
- B 1200.
- C 600.
- D 200.

6 **UFRGS 2018** A mosca *Drosophila melanogaster* é um organismo modelo para estudos genéticos e apresenta alguns fenótipos mutantes facilmente detectáveis em laboratório. Duas mutações recessivas, observáveis nessa mosca, são a das asas vestigiais (v) e a do corpo escuro (e).

Após o cruzamento de uma fêmea com asas vestigiais com um macho de corpo escuro, foi obtido o seguinte:

F1 - todos os machos e fêmeas com fenótipo selvagem.

F2 - 9/16 selvagem; 3/16 asas vestigiais; 3/16 corpo escuro; 1/16 asas vestigiais e corpo escuro.

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes aos resultados obtidos para o cruzamento descrito.

- As proporções fenotípicas obtidas em F2 indicam ausência de dominância, pois houve alteração nas proporções esperadas.
- Os resultados obtidos em F2 indicam um di-hibridismo envolvendo dois genes autossômicos com segregação independente.
- As proporções obtidas em F2 estão de acordo com a segunda Lei de Mendel ou Princípio da segregação independente dos caracteres.
- Os pares de alelos desses genes estão localizados em cromossomos homólogos.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A V – V – F – F.
- B V – F – V – F.
- C V F F V
- D F – F – V – V.
- E F – V – V – F.

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

Exercícios propostos

- 1 UFRGS** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.
A famosa proporção 9:3:3:1, relacionada à Segunda Lei de Mendel, refere-se à proporção _____ esperada da _____ de dois indivíduos heterozigóticos quanto a dois pares de genes (AaBb) localizados em _____ de cromossomos.
A genotípica F2 diferentes pares
B fenotípica – F1 – diferentes pares
C fenotípica F2 um mesmo par
D genotípica – F1 – um mesmo par
E fenotípica F2 diferentes pares
- 2 Uece** 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** 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** 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** 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 condiciona 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 UFJF/Pism 2018 (Adapt.)** Até o início do século XX a explicação mais aceita para a hereditariedade era a de que os gametas eram formados por partículas provindas de várias regiões do corpo e na fecundação eles se fundiam, misturando assim as características dos pais em um novo indivíduo. Mendel postulou que fatores, ou elementos, eram responsáveis pela transmissão de tais características e que eles são recebidos dos pais, via gametas. Marque a alternativa que representa de forma CORRETA as explicações de Mendel para a hereditariedade e os conceitos atuais da genética.
A Os genes correspondem ao que Mendel denominou fatores que se unem durante a fecundação, gerando um indivíduo com as características intermediárias do pai e da mãe.
B Ao herdar dos pais dois alelos diferentes para uma mesma característica hereditária, um indivíduo pode ter manifestada apenas uma variável: o fenótipo dominante.
C Na formação dos gametas, os alelos para uma mesma característica, herdados de pai e mãe, se separam independentemente nas células diploides.
D Em um indivíduo, cada característica hereditária é condicionada por um alelo, resultante da associação de diferentes genes oriundos da fusão dos gametas do pai e da mãe.
E Na segunda fase da meiose, ocorre o pareamento dos genes alelos em cromossomos homólogos na placa equatorial da célula, para a formação de gametas.
- 7 EBMS 2018** O quadro ilustra o resultado encontrado em um importante experimento realizado pelo monge Gregor Mendel a partir de cruzamentos feitos com exemplares de ervilhas-de-cheiro.

| Gametas | VR | Vr | vR | vr |
|---------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| VR | VVRR amarelas lisas | VVRr amarelas lisas | VvRR amarelas lisas | VvRr amarelas lisas |
| Vr | VVRr amarelas lisas | VVrr amarelas rugosas | VvRr amarelas lisas | Vvrr amarelas rugosas |
| vR | VvRR amarelas lisas | VvRr amarelas lisas | vvRR verdes lisas | vvRr verdes lisas |
| vr | VvRr amarelas lisas | Vvrr amarelas rugosas | vvRr verdes lisas | vvrr verdes rugosas |

Com base nesse experimento e nas conclusões precisas obtidas pelo pesquisador, é correto afirmar:

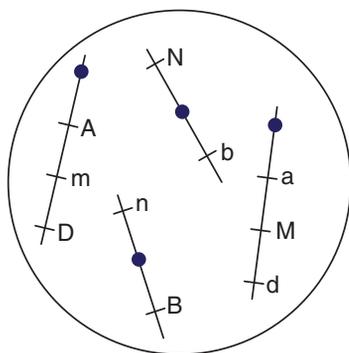
- A Esse experimento utilizou duas características, simultaneamente, em um exemplo de interação gênica quantitativa.
- B Esse resultado expressa o cruzamento entre indivíduos puros presentes na primeira geração filial (F1)
- C Os resultados obtidos divergem dos resultados esperados segundo a 1ª lei de Mendel ou Lei da Pureza dos Gametas.
- D Os gametas Vr e vR são considerados parentais e encontram-se presentes em todas as gerações estudadas.
- E O resultado da F2 expressa a presença de quatro fenótipos diferentes e uma frequência de 0,125 de genótipos também encontrados na geração parental.

- 8 Insuper 2018** Gregor Mendel demonstrou, por meio de cruzamentos em ervilhas, a segregação independente de características genéticas, como as observadas na cor e na textura das sementes produzidas por essa planta.

Considerando como dominantes os fenótipos amarelo e liso; e como recessivos os fenótipos verde e rugoso, pode-se afirmar que o cruzamento, entre plantas produtoras de ervilhas, responsável por gerar apenas indivíduos duplo-heterozigotos em F1, para os fenótipos citados, é:

- A VvRr x VvRr
- B VVRR x VvRr
- C vvRr x Vvrr
- D VVrr x vvRR
- E VvRr x vvrr

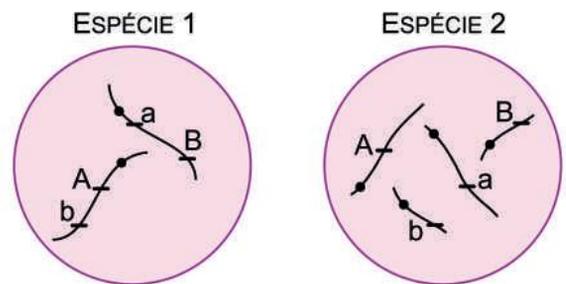
- 9 PUC-Campinas** O esquema abaixo representa o núcleo de uma célula de um organismo com $2^n = 4$ cromossomos. Os alelos de cinco genes estão indicados por letras.



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.

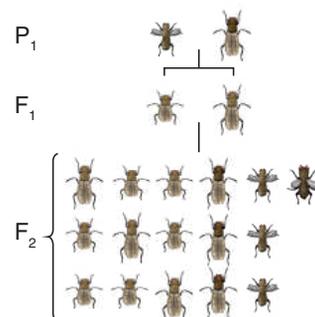
- 10 Unesp 2018** As figuras representam células de duas espécies animais, 1 e 2. Na célula da espécie 1, dois genes, que determinam duas diferentes características, estão presentes no mesmo cromossomo. Na célula da espécie 2, esses dois genes estão presentes em cromossomos diferentes.



Tendo por base a formação de gametas nessas espécies, e sem que se considere a permutação (crossing-over), constata-se a Primeira Lei de Mendel

- A tanto na espécie 1 quanto na espécie 2, mas a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 1
- B apenas na espécie 1, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 2.
- C apenas na espécie 2, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 1.
- D apenas na espécie 2, enquanto a Segunda Lei de Mendel se constata tanto na espécie 1 quanto na espécie 2.
- E tanto na espécie 1 quanto na espécie 2, mas a Segunda Lei de Mendel se constata apenas na espécie 2.

- 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

Na época dos descobrimentos de Mendel não se conhecia o mecanismo da meiose nem a natureza química do gene, o qual ele designava com o termo "fator". No entanto, realizando experimentos com ervilhas, obteve os resultados daquilo que atualmente 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

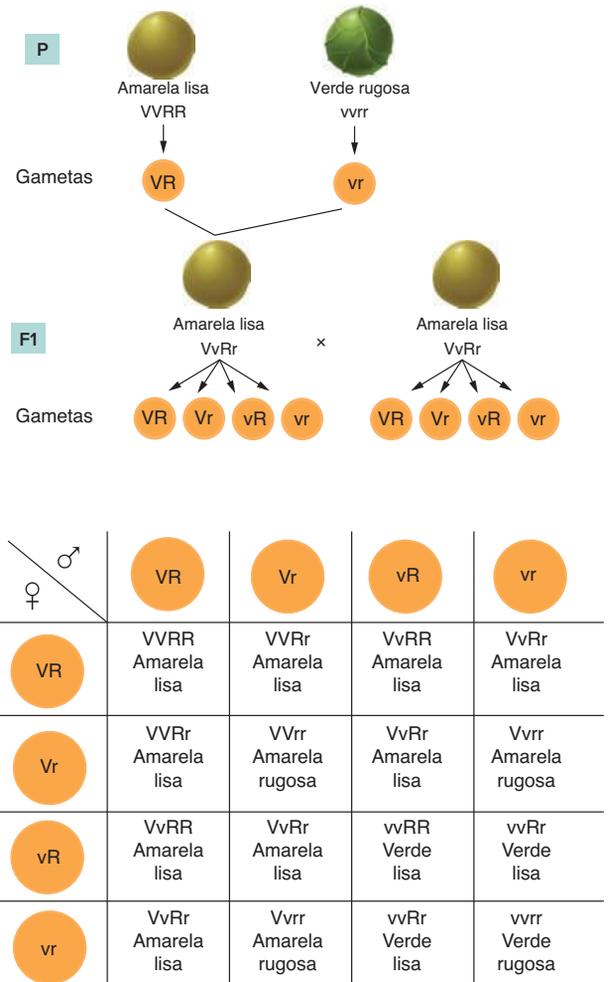
Mendel realizou a seguinte sequência de cruzamentos, utilizando linhagens puras ou homocigotas: a **geração parental (P)** foi constituída por plantas dotadas de **sementes amarelas e lisas**, que foram cruzadas com plantas que apresentavam sementes verdes e rugosas. A **geração F1** obtida era constituída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



- V_R_ : amarela e lisa → $\frac{9}{16}$
- V_rr : amarela e rugosa → $\frac{3}{16}$
- vvR_ : verde e lisa → $\frac{3}{16}$
- vvrr : verde e rugosa → $\frac{1}{16}$

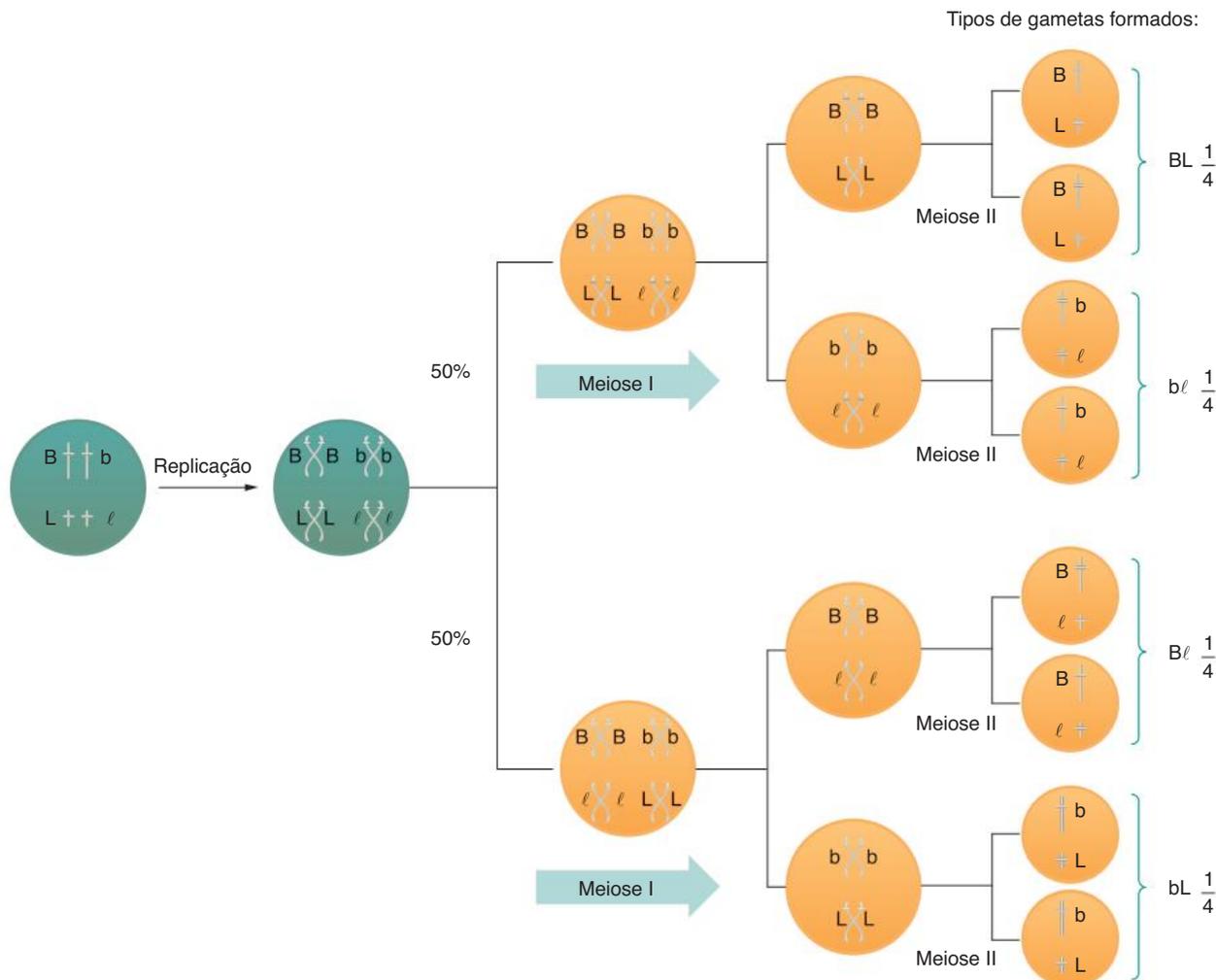
Fenótipos, genótipos e proporção fenotípica nos cruzamentos realizados por Mendel.

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

Destrinchando a lei da segregação independente

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

No caso de porquinhos-da-índia, o indivíduo duplo-heterocigoto BbLl forma quatro tipos de gametas: BL, Bl, bL e bℓ. 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

Segunda lei de Mendel

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 (**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.

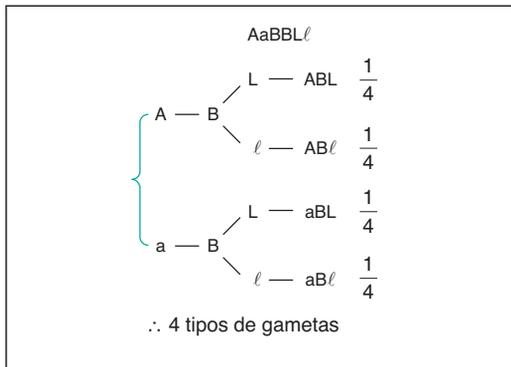
- O alelo dominante B pode estar em um gameta com L ou ℓ.
O alelo recessivo b pode estar em um gameta com L ou ℓ.
- Não há vinculação obrigatória de alelos dominantes (B e L) ou de alelos recessivos (b e ℓ) em um gameta
- Os genes B e L se separam de modo totalmente independente.

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; por exemplo:

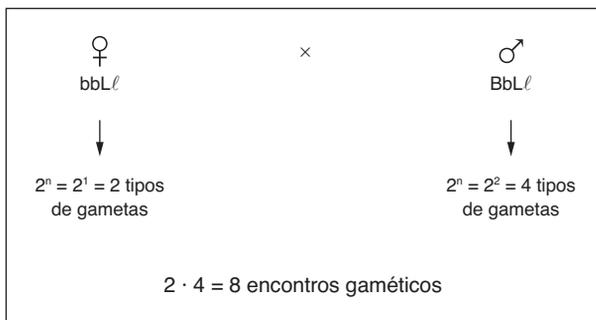


O número de tipos de gametas pode ser obtido pela fórmula 2^n , sendo n o número de heterozigoses.

Outra fórmula pode ser utilizada na determinação dos gametas:

- Número de encontros gaméticos (N):
- $N = n^2$ de tipos de gametas masculinos \times n^2 de tipos de gametas femininos.

• **Exemplo:**



• **Cruzamento mendeliano**

• O cruzamento-teste foi realizado da seguinte maneira:

Geração parental (P) de porquinhos-da-índia:

– Fêmea com pelo branco e liso – homocigota recessiva (bbℓℓ);

– Macho com pelo preto e arrepiado – homocigoto 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 – homocigota dominante para um gene e heterozigota para o outro (BBLℓ).

– Macho com pelo preto e arrepiado – heterozigoto para o primeiro gene e homocigoto 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 – homocigota 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).
Disponível em: <<http://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:

- A os cromossomos de origem materna e paterna, que contêm esses genes, podem combinar-se livremente.
- B pode ocorrer recombinação entre os genes A e B
- C os genes A e B, que se situam em diferentes pares de homólogos, distribuem-se ao acaso em diferentes gametas.
- D os genes A e B estão em grupos de ligação separados.
- E os genes A e B não são alelos.

2 UFRJ 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... |

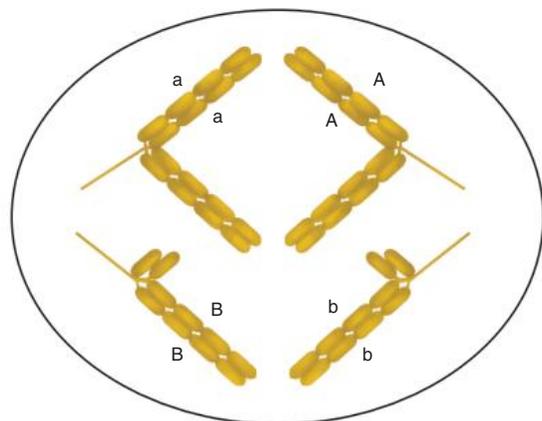
Identifique as sequências de pares de nucleotídeos das regiões cromossômicas vc e vf de uma terceira planta resultante do cruzamento entre a Planta A e a Planta B. Justifique sua resposta.

3 UFRGS 2020 Na espécie de abóbora *Cucurbita pepo*, a forma do fruto pode ser esférica ou discoide e pode também ocorrer uma variação na cor, apresentando cor de abóbora ou branco-amarelada. O cruzamento de plantas que têm frutos de forma esférica e cor de abóbora, com plantas de frutos de forma discoide e cor branco-amarelada, resultou em uma F1 com o fenótipo discoide e cor de abóbora. O cruzamento das plantas da geração F1 produziu uma F2 com 224 indivíduos, com os seguintes fenótipos: 126 discoides e cor-de-abóbora; 42 discoides e cor branco-amarelada; 40 esféricas e cor-de-abóbora; 16 esféricas e branco-amarelada.

Considerando a proporção fenotípica em F2, é correto afirmar que:

- A as proporções de cor e de forma dos frutos obtidos indicam que existem alelos múltiplos para cada uma das características no genoma da planta.
- B os resultados demonstram um tipo de herança condicionada por alelos codominantes.
- C os alelos que condicionam a forma do fruto segregam de forma independente daqueles que condicionam a cor do fruto.
- D os indivíduos da F1 eram homocigotos dominantes
- E cada um dos alelos apresenta expressividade gênica variável.

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 heterocigótico quanto a dois genes. As localizações dos alelos desses genes, identificados pelas letras Aa e Bb, estão indicadas nos cromossomos representados no desenho.

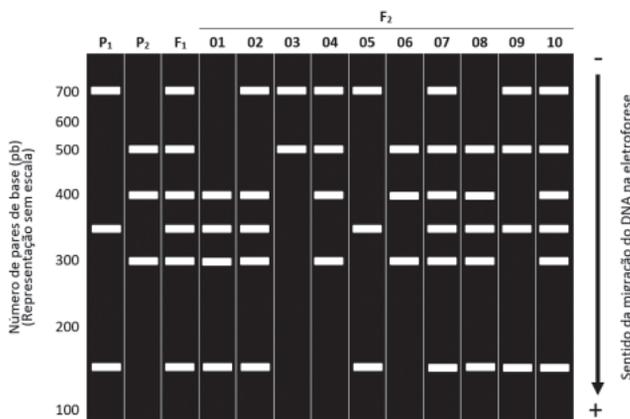


- a) Ao final da segunda divisão meiótica dessa célula, quais serão os genótipos das quatro células haploides geradas?
- b) Considerando o conjunto total de espermatozoides produzidos por esse animal, quais serão seus genótipos e em que proporção espera-se que eles sejam produzidos?

5 UFSC 2019 Com o objetivo de estabelecer conexões entre as leis de Mendel e a Biotecnologia, foram realizados os seguintes procedimentos:

1. cruzamento entre os parentais puros de ervilhas (P1 e P2) contrastantes em relação a duas características para a obtenção da primeira geração (F1);
2. realização da autofecundação de uma planta da F1 para originar a segunda geração (F2);
3. extração do DNA das folhas;
4. seleção dos segmentos de DNA correspondentes aos alelos que condicionam a cor e a forma das sementes;
5. submissão dos segmentos à ação de uma enzima de restrição (resultando em fragmentos, conforme o quadro abaixo);
6. realização de eletroforese (resultando nas faixas claras horizontais que indicam o tamanho dos fragmentos de DNA obtidos, conforme a figura).

| Alelos | Expressão dos alelos nas sementes | Número de fragmentos | Tamanho dos fragmentos em pb (pares de bases) |
|--------|--|----------------------|---|
| V | condiciona cor amarela | 1 (um) | 700 |
| v | quando homocigose, condiciona cor verde | 2 (dois) | 300 e 400 |
| R | condiciona forma lisa | 2 (dois) | 150 e 350 |
| r | quando homocigose, condiciona forma rugosa | 1 (um) | 500 |



Sobre os dados apresentados, é correto afirmar que:

- 01 na geração F2, as plantas 07 e 10 possuem mais alelos do que as demais plantas da geração F2.
- 02 o parental P1 e a planta 05 da geração F2 possuem o mesmo genótipo.
- 04 na geração F2, apenas a planta 06 possui ervilhas verdes e rugosas.
- 08 na geração F2, as plantas 01 e 08 têm as mesmas características fenotípicas.
- 16 o genótipo da planta 03 na geração F2 é VVRR.
- 32 no cruzamento entre as plantas 04 e 09 da geração F2, a probabilidade de obter plantas com ervilhas verdes e rugosas é de 6,25%.

Soma:

6 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 heterocigose.
- 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:

7 Unicamp Considere duas linhagens homocigotas 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.

- a) 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.
- b) Em que proporção essas plantas de caule curto e frutos ovais serão obtidas?

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

- A Zero.
- B 75%
- C 50%
- D 12,5%
- E 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.

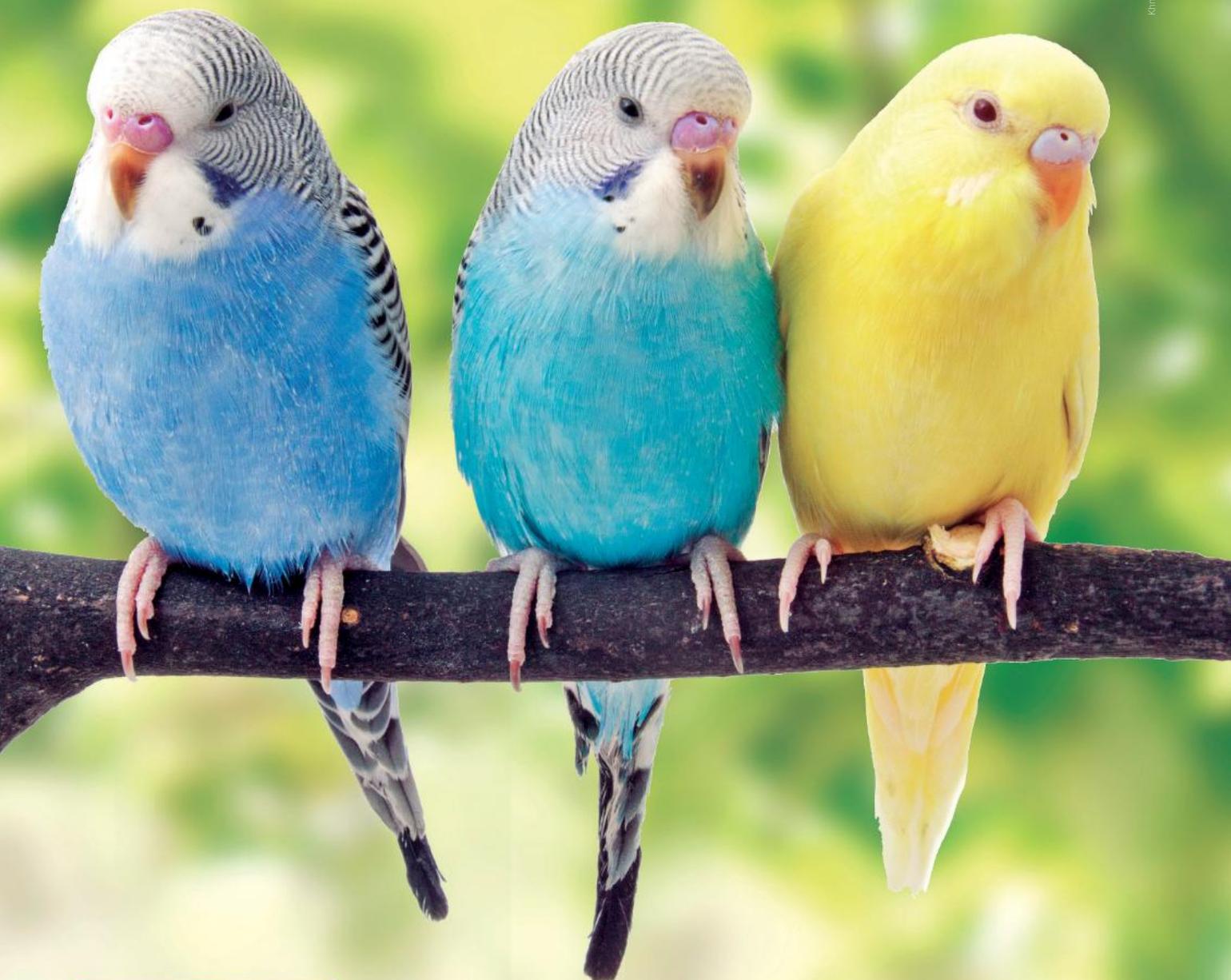
► **Dados:** gen para olhos castanhos – C
gen para olhos azuis – c
gen para mão destra – D
gen para mão canhota – d

- A CCDD e CCDD.
- B ccdd e ccdd.
- C CCdd e ccDD.
- D CcDd e CcDd.
- E 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?
- A 9 B 16 C 30 D 45 E 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 homocigotos podem ser vermelhos ou brancos. Para a textura, os homocigotos têm pelo liso ou crespo. Calcule a porcentagem esperada de descendentes fêmeas, com pelo vermelho crespo, oriundas do cruzamento de dois animais duplamente heterocigotos. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

- 12 Unifesp 2019** Um agricultor adquiriu um saco de sementes de milho comercializadas por uma indústria agropecuária. O rótulo desse saco informava que as sementes vinham do cruzamento de linhagens diferentes e geneticamente puras, ou seja, para as características fenotípicas de interesse, as linhagens eram homocigotas, mas cada uma delas homocigota para alelos diferentes. O agricultor plantou essas sementes em uma mesma área e obteve uma safra de ótima produção, com espigas uniformes e repletas de grãos. Após a colheita, o agricultor, considerando a qualidade dessas espigas, resolveu guardar algumas delas para plantar a safra seguinte. Contudo, ainda que as condições ambientais tenham se mantido, essa nova safra foi pouco produtiva, gerando espigas não uniformes e sem a mesma qualidade da safra anterior.
- a) As “linhagens diferentes”, citadas no rótulo do saco de milho, são da mesma espécie ou de espécies diferentes? Justifique sua resposta.
 - b) Explique por que as plantas obtidas pela germinação das sementes adquiridas produziram espigas uniformes e explique o porquê das diferenças fenotípicas e de produtividade da segunda safra em relação à primeira.



FRENTE 1

CAPÍTULO

17

Interações gênicas

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. Até o momento, estudamos casos em que os genes agem sozinhos na manifestação de características. E quando uma característica é determinada pela interação conjunta de diferentes genes? Chamamos a isso de interação gênica. Veja a foto da abertura deste capítulo. A cor das penas dos periquitos-australianos resulta da interação de dois genes.

Introdução

No capítulo anterior, analisamos características de pelos de porquinhos-da índia, 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: $BL\left(\frac{1}{4}\right)$, $Bl\left(\frac{1}{4}\right)$, $bL\left(\frac{1}{4}\right)$ e $bl\left(\frac{1}{4}\right)$. 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** de terminam 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).

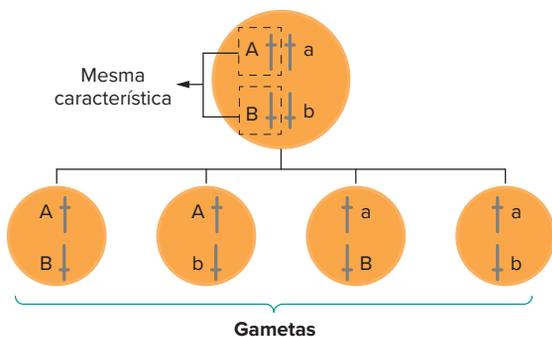


Fig. 1 Na interação gênica simples, os genes presentes em diferentes pares de cromossomos homólogos segregam-se independentemente.

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).

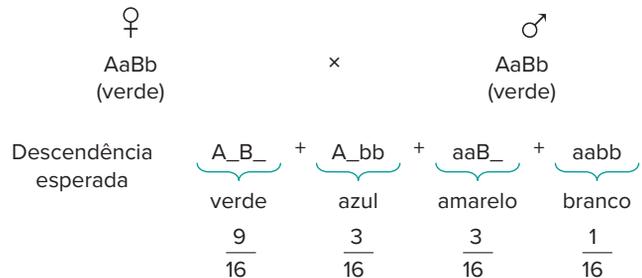


Fig. 2 Descendência esperada do cruzamento entre periquitos duplos-heterozigotos.

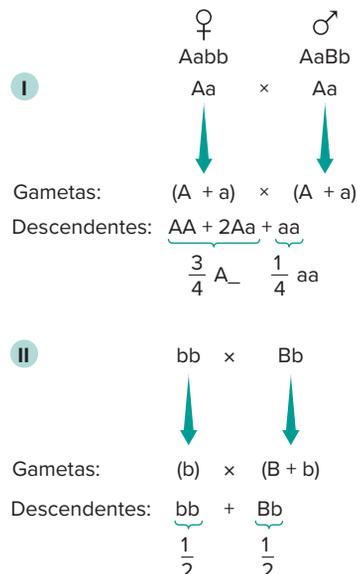
Outros tipos de cruzamento podem ser resolvidos de maneira similar à de um problema de segunda lei de Mendel. Considere o exemplo a seguir, que trata do cruzamento de um casal **Aabb** x **AaBb**.



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:

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

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

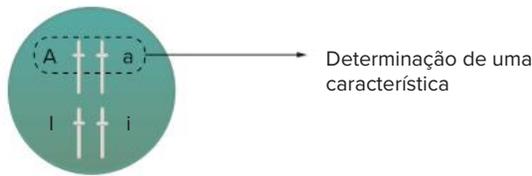
$$aaBb : \text{Amarelo} \rightarrow \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

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

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**).



I ou i → Inibição de A e a

- Epistasia dominante: I é o inibidor
- Epistasia recessiva: i é o inibidor

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 a cor de **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 I ₂ , I ₁ A ₁ , I ₁ A ₂ , I ₁ a ₁ , I ₁ a ₂ , I ₂ A ₁ , I ₂ a ₁ , I ₂ A ₂ , I ₂ a ₂ | I_ A_ |
| Pelo preto | iiA ₁ A ₁ , iiA ₁ A ₂ | ii A_ |
| Pelo marrom | iiA ₂ A ₂ , iiA ₂ a ₁ , iia ₁ a ₁ , iia ₁ a ₂ | ii 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).

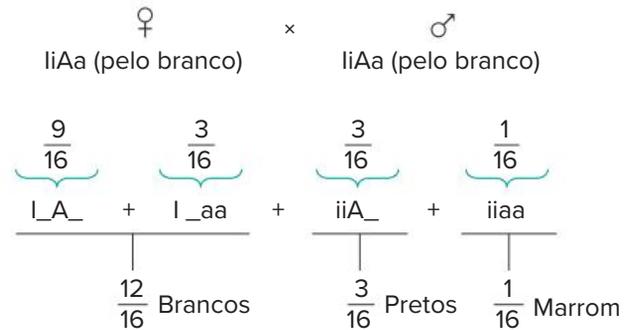


Fig. 4 Descendência esperada do cruzamento entre cães duplos-heterozigotos.

Epistasia recessiva

Esse tipo de herança ocorre com cor de **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 I ₂ A ₁ A ₁ , I ₁ I ₂ A ₁ A ₂ , I ₁ I ₂ A ₂ A ₁ , I ₁ I ₂ A ₂ A ₂ | I_ A_ |
| Pelo preto | I ₁ I ₂ a ₁ a ₁ , I ₁ I ₂ a ₁ a ₂ , I ₁ I ₂ a ₂ a ₁ , I ₁ I ₂ a ₂ a ₂ | I_ a_ |
| Pelo branco | iiA ₁ A ₁ , iiA ₁ A ₂ , iiA ₂ A ₁ , iiA ₂ A ₂ , iia ₁ a ₁ , iia ₁ a ₂ , iia ₂ a ₁ , iia ₂ a ₂ | ii A_ |

Tab. 3 Epistasia recessiva na pelagem de ratos.

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

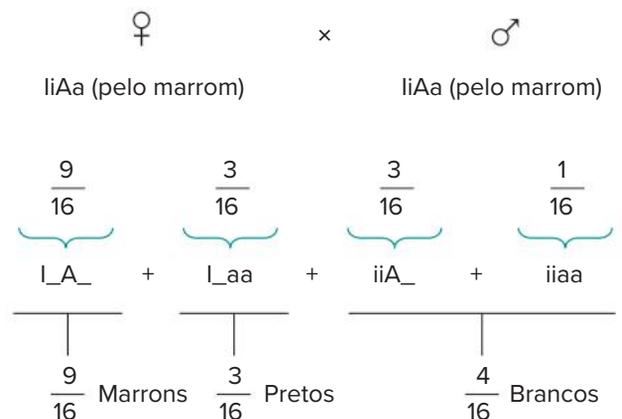


Fig. 5 Descendência esperada do cruzamento entre ratos duplos-heterozigotos.

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).

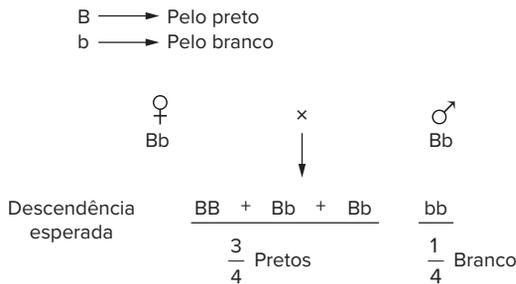


Fig. 6 Herança quantitativa na pelagem de ratos.

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**.

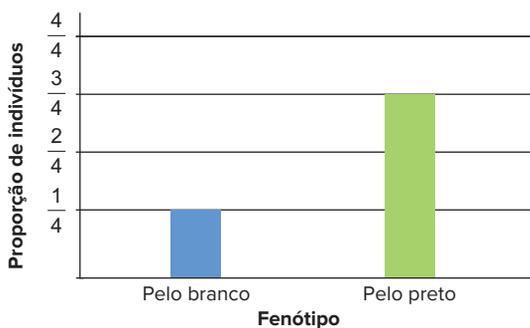


Fig. 7 Herança quantitativa descontínua. No cruzamento de cobaias heterozigotas para cor da pelagem há apenas duas categorias fenotípicas entre os descendentes: pelo preto e pelo branco.

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).

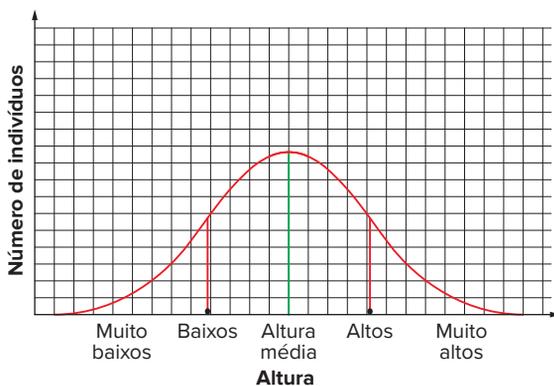


Fig. 8 Herança quantitativa contínua. Em seres humanos, há fenótipos intermediários entre os indivíduos muito baixos e os muito altos.

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 e em maior quantidade em indivíduos de pele escura; entre os extremos há tonalidades intermediárias.

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 alguns dos fenótipos possíveis e seus respectivos genótipos.

| Fenótipos | Genótipos | Número de genes aditivos |
|-----------|------------------|--------------------------|
| | aabb | 0 |
| | Aabb, aaBb | 1 |
| | AAbb, aaBB, AaBb | 2 |
| | AABb, AaBB | 3 |
| | AABB | 4 |

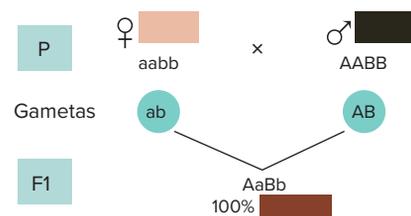
Tab. 4 Herança da pigmentação de pele em seres humanos.

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 número de pares de genes).

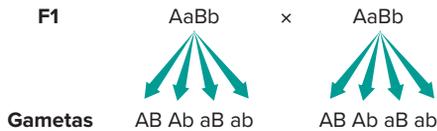
- Número de classes fenotípicas = número de genes + 1
- Número de classes fenotípicas = 2 (número de pares de genes) + 1
- Contribuição de cada alelo aditivo = (fenótipo máximo – fenótipo mínimo)/número de alelos – Pode ser usada com tamanhos, no caso de altura

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

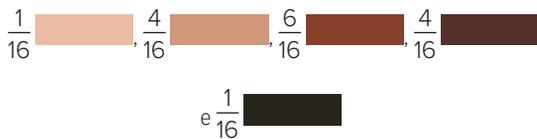


A proporção fenotípica esperada em F2 resulta do cruzamento entre duplos heterozigotos.



| ♀ \ ♂ | AB | Ab | aB | ab |
|-------|------|------|------|------|
| AB | AABB | AABb | AaBB | AaBb |
| Ab | AABb | AAbb | AaBb | Aabb |
| aB | AaBB | AaBb | aaBB | aaBb |
| ab | AaBb | Aabb | aaBb | aabb |

As proporções do cruzamento são:



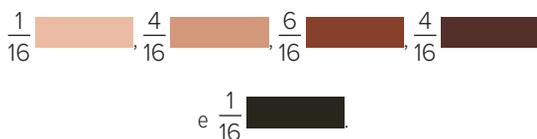
Generalização 2: o cruzamento entre indivíduos de fenótipo intermediário pode gerar descendentes de todos os fenótipos; os fenótipos mais frequentes são os intermediários; e os menos frequentes são os extremos.

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



Exercícios resolvidos

1 Em uma determinada raça de coelho, mantida com ração controlada, podemos ter indivíduos com 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 e 2100 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 = 2100 e o mínimo = 1500, temos que:

$$C_{\text{alelo}} = (2100 - 1500) / 2n$$

$$C_{\text{alelo}} = (2100 - 1500) / 2 \times 3$$

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

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

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 1500 g com 1700 g sendo todos homozigotos?

Resolução:

Geração parental:

Indivíduo com 1500 g (aabbcc) × Indivíduo com 1700 g (AAbbcc)

F1: Indivíduos com 1600 g (genótipo Aabbcc)

F2: Aabbcc × Aabbcc

Gametas: *Abc* e *abc*

Cruzamento:

| ♀ \ ♂ | Abc | abc |
|-------|------------------|------------------|
| Abc | AAbbcc 1700 g | Aabbcc 1600 g |
| abc | Aabbcc 1600 g | aabbcc 1500 g |

Descendentes F2: $\frac{1}{4}$ com 1700 g, $\frac{2}{4}$ com 1600 g e $\frac{1}{4}$ com 1500 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 heterozigotos.

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 **PUC-Campinas** 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** 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-Minas** 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 produziam frutos com os quatro fenótipos.

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

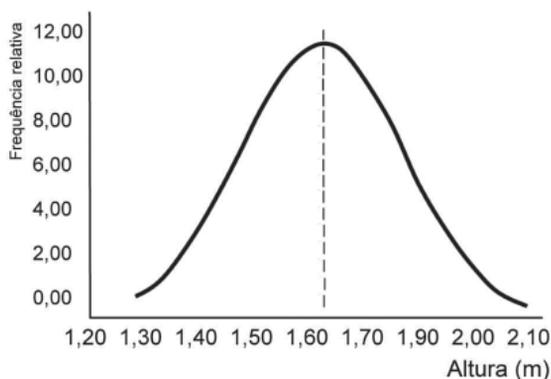
- A espera-se do cruzamento parental que a maioria dos descendentes produza frutos vermelhos.
 - B do cruzamento parental, espera-se que $\frac{1}{4}$ dos descendentes produza frutos amarelos.
 - C o cruzamento dos descendentes vermelhos produz, em F₂, $\frac{1}{16}$ de descendentes verdes.
 - D o cruzamento de plantas duplo-homozigotas nunca produz diretamente os quatro fenótipos.
- 5 **Fuvest** 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 do 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 UFJF/Pism 2019 Algumas características fenotípicas apresentam padrões de herança complexos, que dependem da interação entre diferentes genes.

- a) O que significa dizer que um gene é pleiotrópico, ou seja, que ocorreu uma pleiotropia?
- b) A figura abaixo apresenta uma curva de distribuição da altura de plantas de girassol em um cultivo. Cite e caracterize qual é o tipo de herança que está relacionado a esse padrão de distribuição fenotípica.



- c) Sabe-se que a coloração da pelagem em camundongos apresenta um padrão de herança do tipo epistasia recessiva. Os animais com genótipo A_C_ apresentam coloração aguti, aaC_ são pretos, enquanto aqueles com genótipo A_cc ou aacc são albinos, pois o alelo recessivo em homozigose inibe a formação normal do pigmento. Qual a proporção fenotípica esperada na prole de um cruzamento duplo-heterozigoto?

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 $\frac{3}{16}$
- B $\frac{4}{16}$
- C $\frac{7}{16}$
- D $\frac{9}{16}$
- E $\frac{12}{16}$

8 Acafe 2017 O termo genética foi aplicado pela primeira vez pelo biólogo inglês William Bateson (1861-1926) para definir o ramo das ciências biológicas que estuda e procura explicar os fenômenos relacionados à hereditariedade. Assim, a alternativa correta é:

- A A penetrância é a expressão percentual com que um gene se manifesta. Sabendo-se que a penetrância do gene para o nanismo acondroplásico é de 80%, pode-se dizer que a probabilidade de um homem heterozigoto, casado com uma mulher normal, ter um filho com este tipo de nanismo é de 80%.
- B Epistasia é um tipo de interação gênica em que um gene de determinado locus inibe a manifestação de genes de outro locus. Denomina-se hipostático o gene inibidor e epistático, o gene inibido.
- C A capacidade que tem um único par de alelos de produzir diversos efeitos fenotípicos, simultaneamente, no mesmo indivíduo, chama-se pleiotropia.
- D Na herança quantitativa, os indivíduos diferem de forma descontínua, apresentando como componentes da variação o genótipo e o ambiente. Dessa forma, toda a variação existente pode ser representada graficamente através de uma curva de Gauss.

9 Uece 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 homozigotos 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 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 UFPR 2018** Em uma espécie de mamíferos, a cor da pelagem é influenciada por dois genes não ligados. Animais AA ou Aa são marrons ou pretos, dependendo do genótipo do segundo gene. Animais com genótipo aa são albinos, pois toda a produção de pigmentos está bloqueada, independentemente do genótipo do segundo gene. No segundo gene, o alelo B (preto) é dominante com relação ao alelo b (marrom). Um cruzamento entre animais AaBb irá gerar a seguinte proporção de prole quanto à cor da pelagem:

- A 9 pretos 3 marrons 4 albinos
 B 9 pretos 4 marrons 3 albinos.
 C 3 pretos – 1 albino.
 D 1 preto – 2 marrons – 1 albino.
 E 3 pretos – 1 marrom.

- 12 UFMG** 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 loci. (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 UFSC 2019** O esquema abaixo representa vias metabólicas dos aminoácidos fenilalanina e tirosina. Sabe-se que:

Os alelos recessivos “a”, “b” e “d” não possuem a informação genética necessária para a produção das enzimas “A”, “B” e “D”, respectivamente.

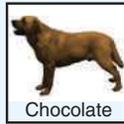
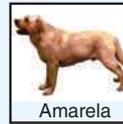
Indivíduos com o genótipo “dd” possuem uma doença conhecida como fenilcetonúria, responsável por diversas complicações devido ao nível de acúmulo da fenilcetona, que danifica tecidos moles, especialmente os do cérebro. Entre as complicações, pode-se citar: retardo mental, falha em andar ou falar, convulsões, hiperatividade, tremor, microcefalia e atraso no desenvolvimento



Considerando apenas as informações presentes nas vias metabólicas apresentadas, responda:

- a) Um geneticista afirmou, após a análise de testes genéticos específicos, que determinado casal de albinos só poderia ter filhos com capacidade de produzir melanina (filhos não albinos). Qual é o genótipo desse casal?
 b) Sabe-se que um casal não possui a doença PKU, assim como nenhum de seus respectivos pais, contudo ambos apresentam um irmão com a doença. Qual a probabilidade de esse casal gerar uma criança com o genótipo da doença fenilcetonúria?
 c) Construa um heredograma de acordo com as normas usuais da Genética indicando os genótipos de todos os indivíduos referidos no item “b”.

- 14 PUC Minas** 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 heterozigotos, 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.
- B II, III e IV, apenas.
- C I, III e IV, apenas.
- D I, II, III e IV.

15 Acafe 2018 A inteligência é hereditária? Um amplo estudo publicado em Julho de 2017, na revista científica Nature Genetics, comparou os achados previamente relatados de variantes genéticas em 78.308 indivíduos e detectaram variáveis genéticas em 52 genes relacionando-as à capacidade cognitiva. Porém o impacto desses 52 genes explica apenas 4,8% da variabilidade da inteligência. Assim, fica comprovado que o componente genético não é determinado por um único gene, mas sim pela somatória de componentes genéticos e não genéticos.

Fonte: Veja, 22/09/2017 Disponível em: <http://veja.abril.com.br>

- A A variação genética, a variação ambiental e a interação genótipo x ambiente determinam a variação fenotípica em uma herança quantitativa.
- B A herança monogênica tem distribuição discreta em uma geração segregante, isto é, os indivíduos podem ser agrupados em classes fenotípicas distintas. Enquanto a herança quantitativa em uma geração segregante tem distribuição contínua.
- C Herança quantitativa ou poligênica é um tipo de herança genética, na qual participam dois ou mais pares de genes que se encontram vinculados, resultando em um efeito acumulativo, cada gene contribuindo com uma parcela para a formação da característica
- D Herdabilidade é um coeficiente genético que expressa a relação entre a variância genotípica e a variância fenotípica, ou seja, mede o nível da cor respondência entre o fenótipo e o genótipo

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?

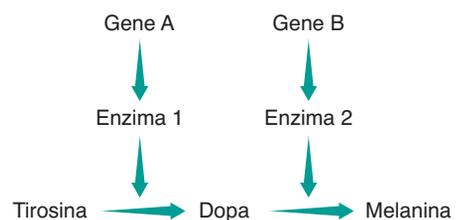
17 Mackenzie (Adapt.) Suponha que, na espécie humana, a pigmentação da pele seja devida a dois pares de genes autossômicos com efeito aditivo. A tabela adiante indica os fenótipos existentes.

| Nº genes dominantes | Fenótipo |
|---------------------|----------|
| 4 | |
| 3 | |
| 2 | |
| 1 | |
| 0 | |

A expressão desses genes pode ser impedida pela presença de um par de genes autossômicos recessivos. Nesse caso, o indivíduo é albino. Um casal 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:

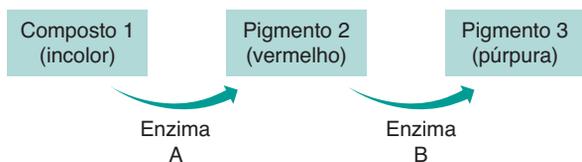
- Que denominação se dá a esse tipo de interação entre os genes *A* e *B*?
- Quais os genótipos das plantas I e II?

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

- Ocorre poligenia quando dois genes não alelos colaboram na mesma característica, completando seus efeitos.
- Dois genes não alelos colaboram na mesma característica, complementando seus efeitos e produzindo um fenótipo igual aos fenótipos produzidos por cada gene isoladamente.
- Ocorre poligenia quando um gene tem efeito simultâneo sobre várias características do organismo.
- Ocorre epistasia quando um gene, ao invés de determinar uma característica, impede a manifestação de outro gene, não alelo.
- 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 $AaBb \times AaBb$.

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 F_1 .

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

- $AABB$ e $AaBb$.

23 PUC-Minas O esquema adiante representa o cruzamento artificial (em P) de duas variedades puras de um determinado vegetal, que se reproduz por autopolinização (em F_1). O caráter em estudo é a cor das flores.

P : **Branca** \times **Branca** Linhagens puras

F_1 : **100% Coloridas** di-híbridas

F_2 : $\left\{ \begin{array}{l} \frac{9}{16} \text{ Coloridas} \\ \frac{7}{16} \text{ Brancas} \end{array} \right.$

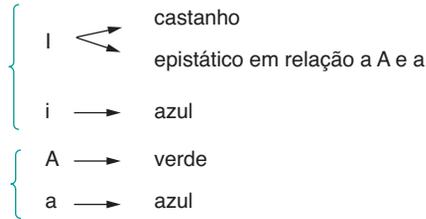
Com base nos resultados, é correto afirmar, exceto:

- trata-se de um caráter determinado por interação gênica.
- os duplos-heterocigotos apresentam flores coloridas.
- os indivíduos de F_1 produzem quatro tipos de gametas para o caráter em estudo.
- a fecundação cruzada das plantas com flores brancas de F_2 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.

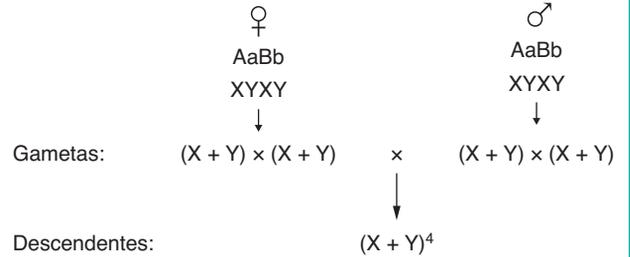
| Fenótipos | Genótipos | Genótipos genéricos |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|
| Olhos castanhos | IIAA, IIAa, IiAA, IiAa, Iiaa, Iiia | $I_A_ , I_aa$ |
| Olhos verdes | iiAA, iiAa | $iiA_$ |
| Olhos azuis | iiaa | $iiaa$ |

Herança da cor dos olhos: fenótipos e genótipos.

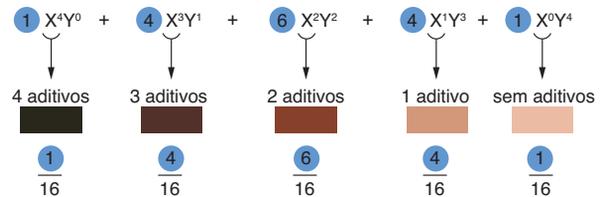
Herança quantitativa e binômios

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

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 vão 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.

- 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

- 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.
Disponível em: <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.
Disponível em: <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.

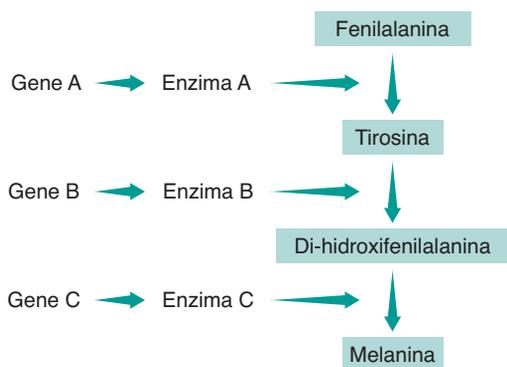
- 3 Fuvest 2018** Nos cães labradores, a cor da pelagem preta, chocolate ou dourada depende da interação entre dois genes, um localizado no cromossomo 11 (alelos B e b) e o outro, no cromossomo 5 (alelos E e e). O alelo dominante B é responsável pela síntese do pigmento preto e o alelo recessivo b, pela produção do pigmento chocolate. O alelo dominante E determina a deposição do pigmento preto ou chocolate nos pelos; e o alelo e impede a deposição de pigmento no pelo.
- Dentre 36 cães resultantes de cruzamentos de cães heterozigóticos nos dois loci com cães duplo homozigóticos recessivos, quantos com pelagem preta, chocolate e dourada, respectivamente, são esperados?
- 0, 0 e 36.
 - 9, 9 e 18.
 - 18, 9 e 9.
 - 18, 0 e 18.
 - 18, 18 e 0.

4 Famerp 2019 A cor da pelagem em camundongos é determinada por dois genes. A pelagem preta é determinada pelo alelo M e a pelagem marrom é determinada pelo alelo m. O alelo B permite o depósito de pigmento marrom ou preto e o alelo b não permite a deposição de pigmentos, determinando a pelagem branca. Os genes envolvidos estão em diferentes pares de cromossomos homólogos.

- Quais são os possíveis fenótipos dos descendentes gerados do cruzamento entre uma fêmea MMbb e um macho mmBb?
- Em um cruzamento-teste, uma fêmea branca foi cruzada com um macho preto, gerando descendentes de pelagens preta, branca e marrom, sendo que cada um deles apresentava apenas uma cor. Quais os genótipos dessa fêmea e desse macho? Qual a probabilidade de nascer um filhote marrom na descendência gerada desse cruzamento-teste?

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 homocigotas 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.



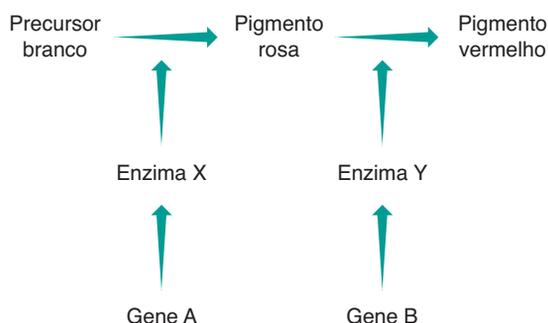
Com base no esquema e sabendo que indivíduos incapazes de sintetizar a melanina são albinos, julgue os itens seguintes.

- Na produção de melanina a partir de fenilalanina, atuam três mRNAs.
- Indivíduos albinos podem apresentar homocigose 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 UFMS 2019 Em um determinado organismo, o gene para manifestação da cor branca (B) é epistático em relação ao gene que manifesta a cor azul com o alelo dominante (A) e a cor vermelha com o alelo recessivo (a). Do cruzamento entre dois organismos com genótipos heterocigotos para os dois genes, qual a probabilidade de surgirem descendentes brancos?

- 1/4
- 3/4.
- 2/7.
- 4/5.
- 1/2.

8 Ufes Analisando a via metabólica hipotética, temos que:



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

Responda:

- No cruzamento entre indivíduos de genótipos AaBb × aabb, qual será a proporção fenotípica esperada na progênie?
- Quais são os possíveis genótipos para os indivíduos vermelhos?
- 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.

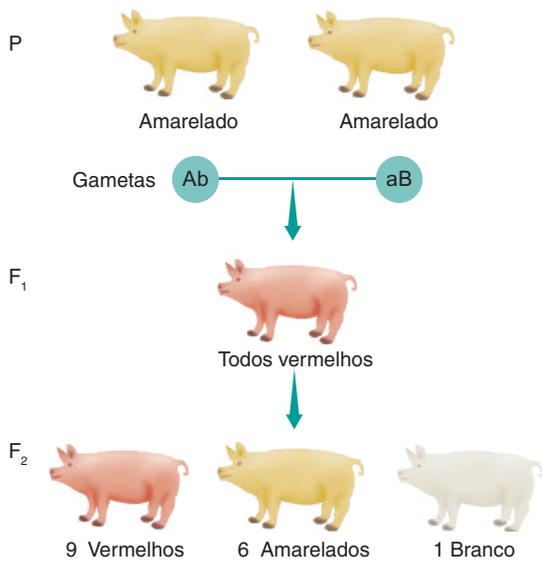
Um galo de crista noz cruzado com uma galinha de crista rosa produziu a seguinte geração: $\frac{3}{8}$ noz, $\frac{3}{8}$ rosa, $\frac{1}{8}$ ervilha e $\frac{1}{8}$ simples. A partir desses dados, responda às seguintes questões.

- Quais os genótipos paternos?
- Os genes em questão obedecem à Segunda Lei de Mendel? Justifique sua resposta.

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.

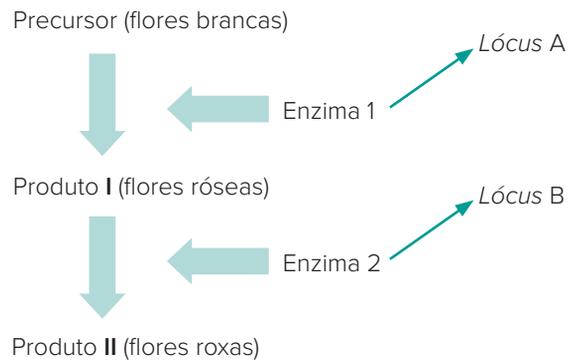
Observe os dois pares de genes envolvidos e os fenótipos relativos aos tipos de coloração dos camundongos.

A_B_ = Aguti
A_bb = Preto
aaB_ e aabb = Albinos

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 Fuvest 2019 Em uma variedade de petúnia, as flores podem ser brancas, róseas ou roxas. Suponha que essas cores de flores resultem de pigmentos cuja síntese é determinada por genes com segregação independente que participam de uma mesma via metabólica, conforme esquematizado abaixo:



Apenas a presença de alelos dominantes em cada um dos dois *loci* determina enzimas ativas capazes de mediar as respectivas etapas de produção dos pigmentos.

- a) Quais são os possíveis genótipos de uma planta que apresenta flores róseas?
- b) Quais são as proporções genotípica e fenotípica esperadas entre os descendentes do cruzamento de plantas com genótipos AaBb × aabb?
- c) Qual é a proporção fenotípica esperada no cruzamento de indivíduos heterozigóticos para os dois *loci*?



DAVID MARCHALUSIstockphoto.com

© YURY KHRISTICH Dreamsstime.com

REPRODUÇÃO

FRENTE 1

CAPÍTULO

18

Linkage e mapas gênicos

Apesar de muito bem elaboradas, a primeira e a segunda lei de Mendel não são suficientes para explicar todos os padrões de herança que observamos na natureza. Isso porque elas descrevem a herança de pares de alelos que se segregam independentemente, isto é, que estão em cromossomos diferentes. Mas como estudar a herança de dois ou mais pares de alelos situados no mesmo cromossomo? Veremos agora quais são os mecanismos genéticos desse tipo de herança.

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 com o 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).

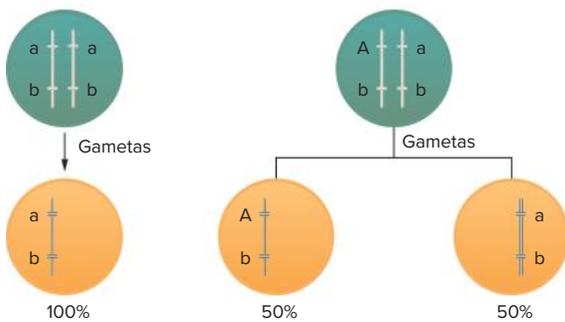


Fig. 2 O indivíduo homozigoto aabb gera apenas um tipo de gameta (ab). O indivíduo Aabb produz dois tipos de gametas (Ab e ab).

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).

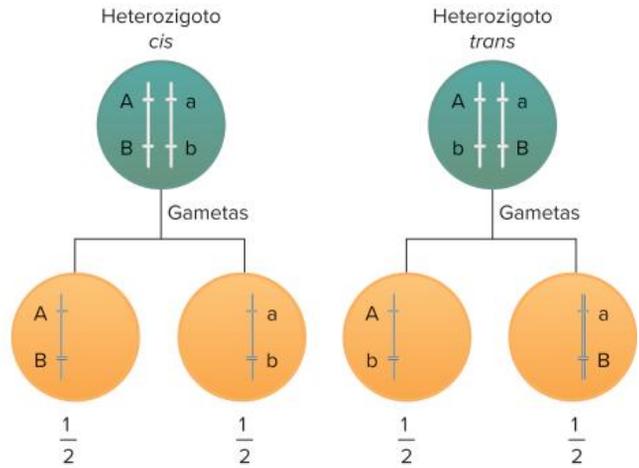


Fig. 3 Tipos de heterozigotos: o *cis* apresenta genes dominantes em um dos homólogos e genes recessivos em outro homólogo; o heterozigoto *trans* tem, em cada homólogo, um gene dominante e um gene recessivo

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 gerarão novas possibilidades de combinação de alelos nos gametas.

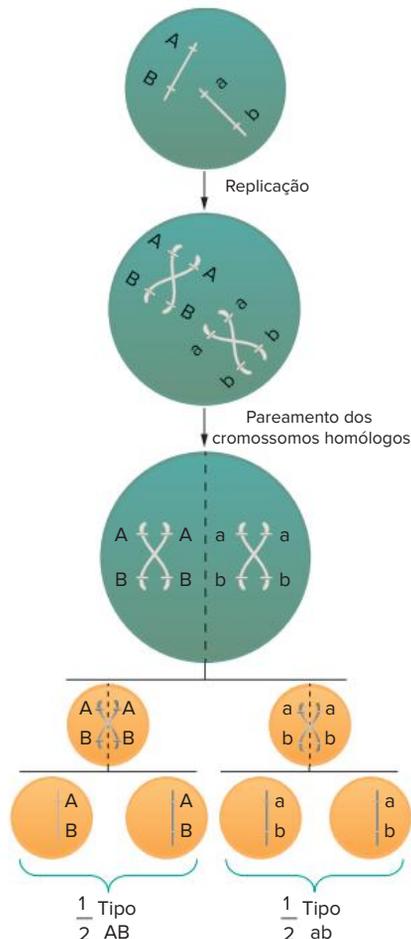


Fig. 4 Formação de gametas em heterozigoto *cis*. A meiose gera dois tipos de gametas: AB e ab.

Crossing-over

Os casos anteriormente descritos de formação de gametas não levaram em consideração a ocorrência de *crossing-over* (**permutação, recombinação** ou **quiasma**), que normalmente se verifica na **prófase I da meiose**, quando os cromossomos homólogos são tracionados por filamentos proteicos. Com o tracionamento dos homólogos, podem ocorrer quebras nas cromátides em pontos correspondentes, seguidas 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 (que se formariam sem *crossing-over*) 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).

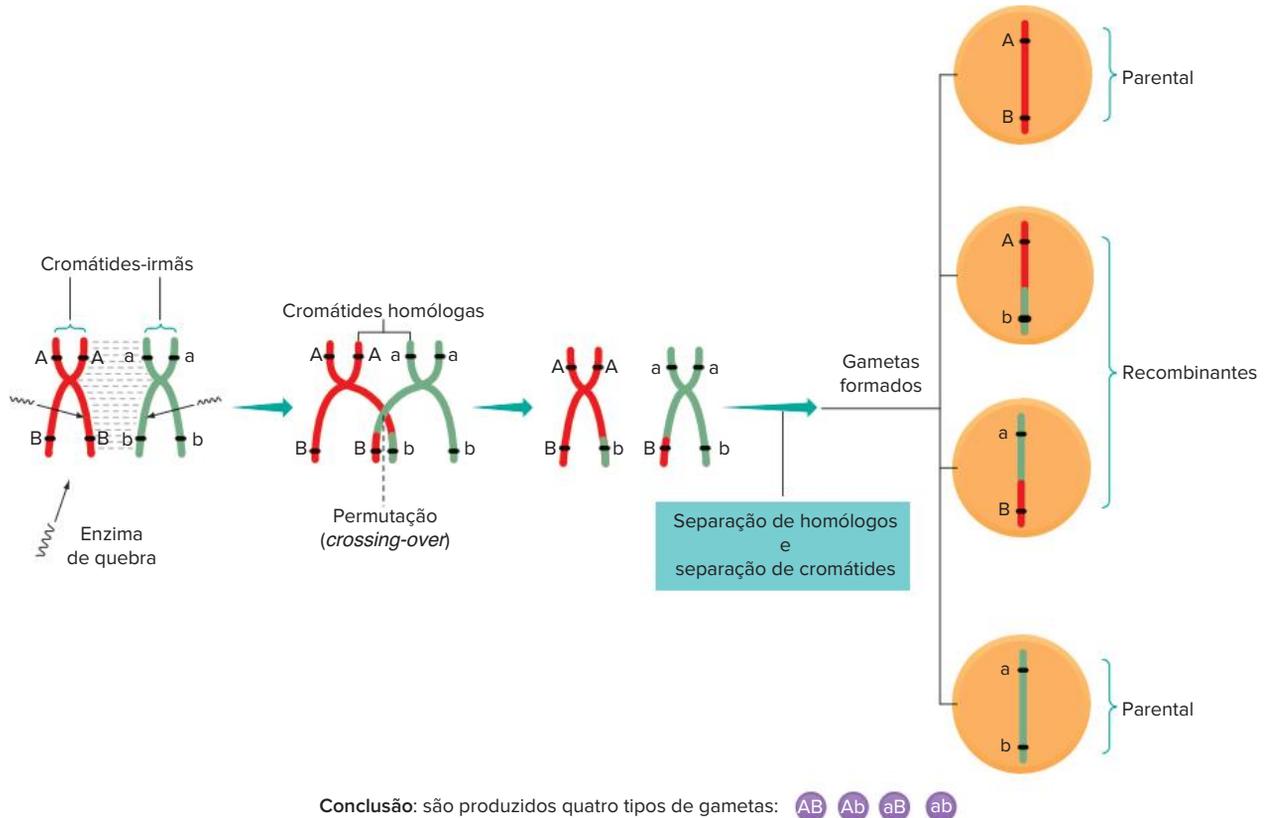


Fig. 5 Processo de *crossing-over* e os tipos de gametas formados. Gametas parentais têm a disposição original de genes. Gametas recombinantes têm genes em disposição alterada, resultante do *crossing-over*.

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).

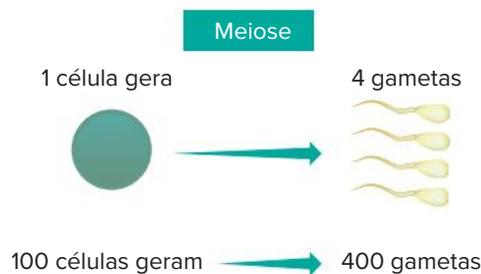


Fig. 6 Proporções na formação de gametas. Para efetuar os cálculos, é necessário lembrar que uma célula gera, por meio de meiose, quatro gametas

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

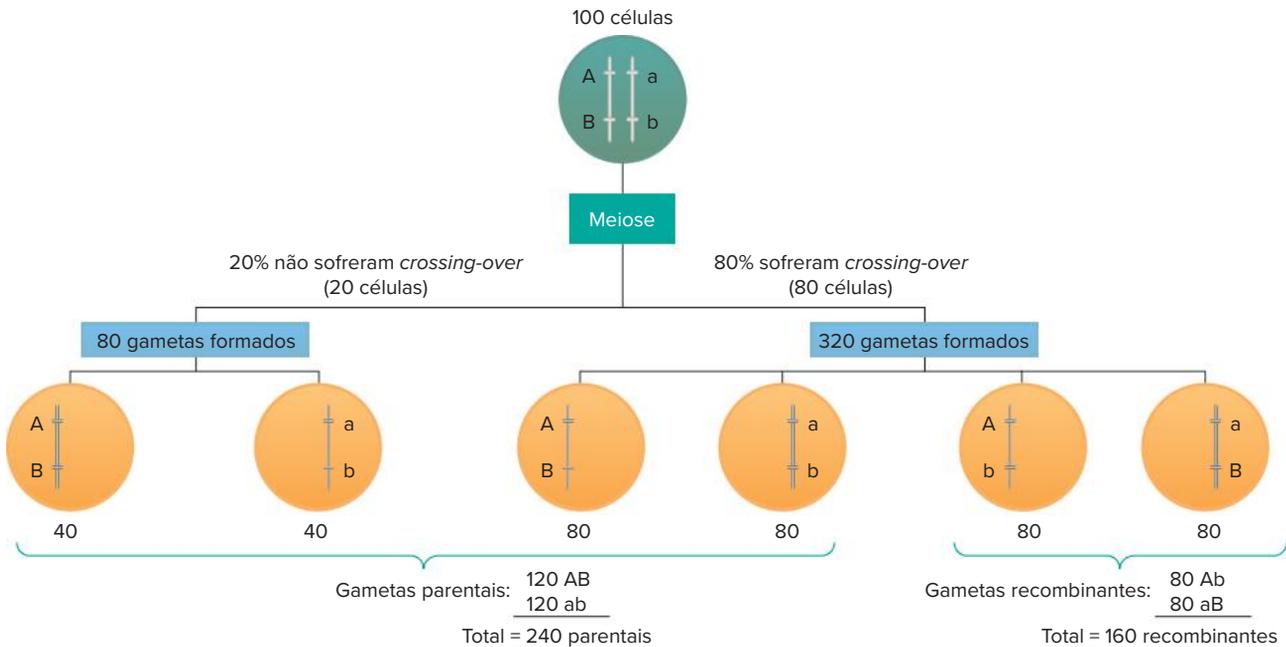


Fig. 7 Proporção na formação de gametas com ocorrência de *crossing-over*. Nesse fenômeno, os gametas parentais são mais abundantes do que os recombinantes.

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).

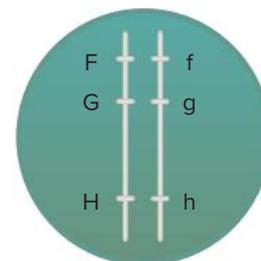


Fig. 8 Mapa genético: representação da disposição dos genes em cromossomos homólogos.

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 cromosomo 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**, denominação feita em referência ao geneticista Tomas Morgan (leia o Texto Complementar); atualmente, empregam-se os termos **centimorgan** ou **unidade de recombinação (UR)**. 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 destacados para facilitar a resolução de exercícios relacionados a *linkage* e *crossing-over* (Fig. 9).



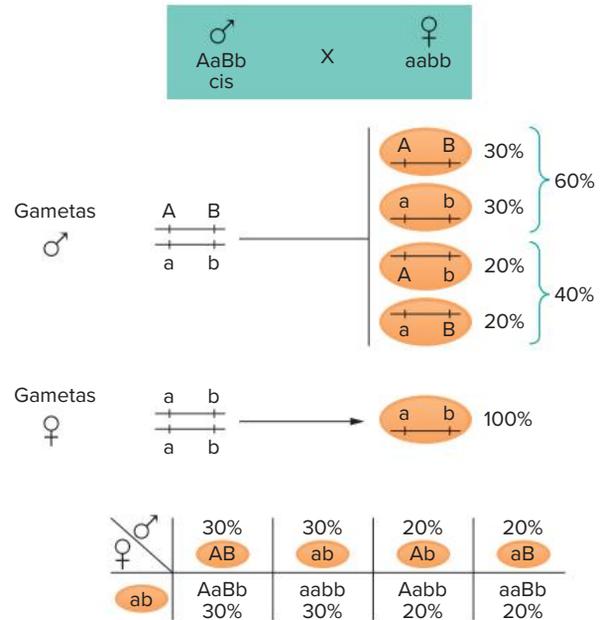
Fig. 9 Aspectos principais envolvidos na construção de mapas genéticos. Há uma relação entre a porcentagem das células que sofrem *crossing-over* e a taxa de recombinação, sendo esta a indicadora da distância entre os genes.

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 macho heterozigoto *cis* (**AaBb**) e 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 30% de **AaBb**, 30% de **aabb**, 20% de **Aabb** e 20% de **aaBb**.

Dessa forma, promovendo cruzamentos-testes e determinando a taxa de permutação que ocorre entre os genes, pode-se descobrir a distância entre os genes localizados no mesmo cromossomo e estabelecer a posição 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 **Enem 2019** Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

TURNPENNY, P. D. *Genética médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (Adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

- A A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
- B Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
- C As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
- D Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
- E O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose

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 Uefs 2017** A partir de um heterozigoto AaBb em *trans*, e sabendo-se que a distância entre os seus genes é de 8 morgânídeos, o percentual possível de gametas AB, considerando-se que houve permutação, é de
 A 46%. B 23%. C 8%. D 4%. E 2%.
- 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 Unifesp 2017** Em tomateiros, o alelo dominante A condiciona frutos vermelhos e o alelo recessivo a condiciona frutos amarelos. O alelo dominante B condiciona flores amarelas e o alelo recessivo b, flores brancas. Considere que em uma planta adulta os alelos A e B estão em um mesmo cromossomo e distantes 15 unidades de recombinação (UR), da mesma forma que os alelos a e b, conforme mostra a figura.



- a) Quais os gametas recombinantes produzidos por essa planta?
- b) Qual a porcentagem esperada de gametas recombinantes produzidos por essa planta? Do cruzamento dessa planta com uma planta duplo-homozigótica recessiva foram geradas 1000 sementes. Quantas sementes originarão plantas com frutos vermelhos e flores brancas?
- 2 UFRJ** 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 UFU 2016 Nos camundongos, o gene *e*, recessivo, produz pelos encrespados, e seu alelo dominante, pelos normais. Em outro par de genes alelos, o gene recessivo *a* produz fenótipo albino, enquanto seu alelo dominante produz fenótipo selvagem. Quando camundongos di-híbridos foram cruzados com camundongos albinos e de pelos encrespados, foram obtidos 79 camundongos de pelos encrespados e selvagens, 121 com pelos encrespados e albinos, 125 de pelos normais e selvagens e 75 com pelos normais e albinos.

Qual esquema representa a posição dos genes no di-híbrido?



4 UFU 2018 Em uma aula de biologia sobre conceitos clássicos da genética, uma professora apresentou duas situações de cruzamentos em ervilha de cheiro (*Lathyrus odoratus*) Situação A, e em uma espécie de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) Situação B, conforme esquema abaixo

| Situação A | |
|--|---------------------------------------|
| Flor púrpura/Pólen alongado (PpLl) | Flor vermelha/Pólen redondo (ppll) |
| Descendentes | |
| Flor púrpura/Pólen alongado (481) | |
| Flor vermelha/Pólen alongado (52) | |
| Flor púrpura/Pólen arredondo (51) | |
| Flor vermelha/Pólen redondo (480) | |
| Situação B | |
| Fruto arredondado/Folha normal (AaMm) | Fruto oval/Folha manchada (aamm) |
| Descendentes | |
| Fruto oval/Folha manchada (74) | |
| Fruto arredondado/Folha manchada (125) | |
| Fruto oval/Folha normal (129) | |
| Fruto arredondado/Folha normal (72) | |

(Genética na escola, v. 12, n. 1, 2017. Adaptado.)

Considerando-se as situações descritas, pergunta-se:

- qual mecanismo de herança genética explica as frequências observadas de descendentes na situação A e B?
- qual a taxa de permutação entre os genes e qual a posição que eles estão nos cromossomos na situação B?
- Na situação A, quais são os tipos de gametas produzidos por uma ervilha de cheiro duplamente heterozigota para Flor Púrpura/Pólen Alongado.

5 UFPel 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-heterozigoto 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 primeira situação pode representar um caso de pleiotropia, e a segunda mostra um caso de ligação gênica.
- a primeira situação pode representar um caso de pleiotropia, e a segunda evidencia uma segregação independente dos genes.
- a primeira situação evidencia ligação gênica, e a segunda mostra a segregação independente dos genes.
- em ambas as situações ficou evidenciado o efeito pleiotrópico entre os genes.
- 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 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-heterozigotas, em arranjo *cis* para esses genes, com plantas duplo-homozigotas de cor verde-fosco e textura lisa.

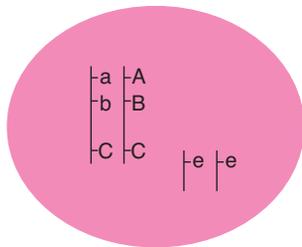
Com base nas informações e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir, com as proporções esperadas destes cruzamentos.

- 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 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 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 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.

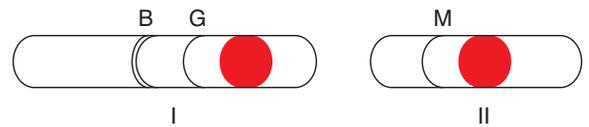
- A descendência desse retrocruzamento apresentou:
- 15% de permuta entre os locos M e N;
 - 25% de permuta entre os locos M e O;
 - 10% de permuta entre os locos N e O.

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?

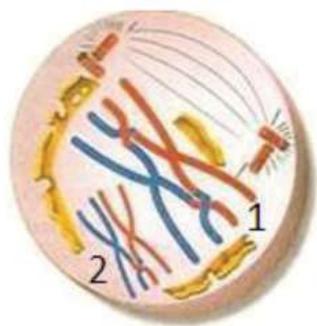
10 UFV Considere que os genes autossômicos, identificados nos cromossomos (I e II), correspondam a aptidões para aprender biologia (B), matemática (M) e tocar guitarra (G). Em um dado loco, um indivíduo com genótipo recessivo não apresenta aptidão; um indivíduo heterozigoto apresenta aptidão mediana; 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 UPE 2018 A meiose é um tipo de divisão celular, que persiste entre os seres vivos como um mecanismo gerador de variabilidade e uma consequente evolução biológica. Assinale a alternativa que indica a fase da divisão celular de acordo com o que é observado na célula e que garante essa possibilidade de diversidade.



- A Na Prófase I, ocorre o *crossing-over*. Na figura, observam-se dois quiasmas no par 1 e um quiasma no par 2.
- B Na Prófase II, ocorre a permutação. Na figura, observam-se três quiasmas entre cromossomos não homólogos.
- C Na Interfase, ocorre a formação das cromátides-irmãs. Na figura, observam-se dois pares de centríolos auxiliando a separação dos centrômeros.
- D Na Anáfase I, ocorre a formação do fuso acromático. Na figura, observam-se dois pares de cromossomos acrocêntricos (pares 1 e 2).
- E Na Metáfase II, ocorre a formação dos quiasmas. Na figura, observa-se a variabilidade resultante da troca entre cromátides homólogas dos pares 1 e 2.

Texto complementar

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 postulara 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.

TEIXEIRA, M. *O Projeto Genoma Humano*. São Paulo: Publifolha, 2000.

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:

1ª Os gametas parentais são mais abundantes que os recombinantes.

2ª 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:

1ª A probabilidade de ocorrência de quebra no cromossomo é a mesma ao longo de todo o cromossomo.

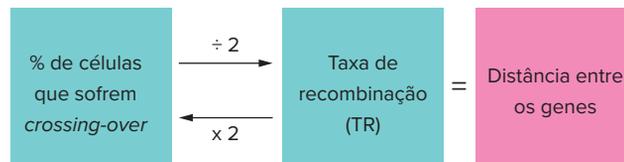
2ª Genes com maior distância entre si apresentam mais pontos sujeitos à quebra, apresentando maior chance de ocorrência de *crossing-over* (e maior taxa de recombinação).

3ª Genes muito próximos têm pequena probabilidade de ocorrência de *crossing-over*, tendendo a zero.

4ª A convenção que relaciona a taxa de recombinação e a distância entre os genes é:

Taxa de recombinação = unidade de distância (centimorgan)

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



Quer saber mais?



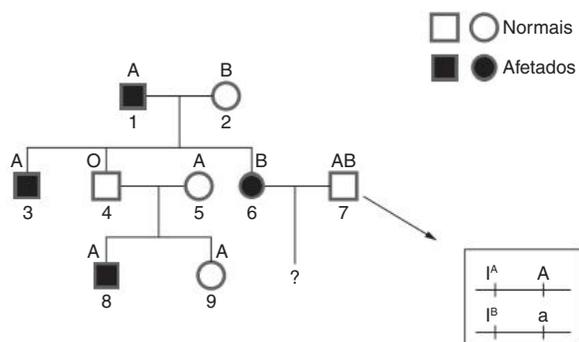
Sites

- Estudo de *linkage* revela os genes da gagueira.
Disponível em: <www.youtube.com/watch?v=86gzkJeQaAO>.
- Estudo de mapeamento genético leva ao desenvolvimento de linhagens de peixes resistentes a bactérias.
Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/desenvolvida-a-primeira-linhagem-de-peixe-sul-americano-resistente-a-patogeno-comum-na-piscicultura/35144/>>.
- Reportagem sobre mapeamento genético que ajuda a entender o câncer de sangue.
Disponível em: <<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-Minas** 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-Minas** A posição ocupada pelos alelos que de terminam 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 loci gênicos é de 10%. São frequências esperadas de descendentes para o cruzamento 6 x 7, exceto:
- A 22,5% AB normais.
 B 45% de A normais.
 C 50% de afetados.
 D 50% B normais ou afetados
- 3 **USCS 2016** Na gametogênese da maioria dos animais, verifica-se a redução da ploidia nas células em formação, assim como a segregação independente de genes alelos. Esses dois processos estão relacionados à diversidade genética das espécies.

- a) Por que é necessária a redução da ploidia no processo de formação dos gametas? Em que etapa da divisão celular (gametogênese) ocorre tal redução?
- b) Considerando o genótipo duplo heterozigoto $AaBb$ e a ausência de permutação, indique os possíveis genótipos dos gametas gerados quando: 1) tais alelos estão em ligação gênica do tipo *cis* (AB/ab); e 2) quando estão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos.

- 4 **Uefs 2018** Em tomateiros, os genes *a* e *c* encontram-se ligados. O cruzamento entre um tomateiro de genótipo $AaCc$ e outro de genótipo $aaCC$ originou plantas adultas em proporção genotípica de 43% $AaCC$, 43% $aaCc$, 7% $AaCc$ e 7% $aaCC$. A distância entre os genes *a* e *c* nos cromossomos do tomateiro é
- A 7 UR.
 B 14 UR.
 C 43 UR.
 D 50 UR.
 E 86 UR

- 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-Minas** 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 UPE 2017** Um pesquisador está buscando descobrir se pares de genes alelos, que atuam em duas características para cor (colorido B e incolor b) e aspecto (liso R e rugoso r) do grão do milho, se situam em pares de cromossomos homólogos ou no mesmo cromossomo (*Linkage*). Ele efetuou o cruzamento de um duplo-heterozigoto com um duplo recessivo, ou seja,

P: BbRr × bbr



Fonte: http://www.nacozinhabrasil.com/wordpress/wpcontent/uploads/2011/08/800px-Peruvian_corn.jpg.

Assinale a alternativa que resulta na CORRETA F1.

- A** Distribuição independente, de acordo com a 1ª Lei de Mendel, apresentando 4 genótipos e 2 fenótipos: coloridos/rugosos e incolores/lisos.
- B** Distribuição independente, de acordo com a 2ª Lei de Mendel, apresentando as proporções 280 coloridos/lisos, 290 incolores/rugosos, 17 coloridos/rugosos e 13 incolores/lisos.
- C** *Linkage* com *crossing-over* apresentando 4 genótipos e 2 fenótipos coloridos/lisos e incolores/rugosos.
- D** *Linkage* sem *crossing-over* apresentando as proporções 75% BbRr : 25% bbr.
- E** *Linkage* com 4 genótipos e 4 fenótipos com dois tipos parentais em alta frequência, sem *crossing* e dois tipos recombinantes em baixa frequência com *crossing-over*.
- 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 Dezesseis.
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 morganiões, a taxa de recombinação entre eles é de:

A 8% **C** 32% **E** 84%
B 16% **D** 42%

- 11 Unicamp** Os locos gênicos A e B se localizam em um mesmo cromossomo, havendo 10 unidades de recombinação (morganiões) 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 homozigoto para os genes A, B, C, D, todos localizados em um mesmo cromossomo, é cruzado com outro, que é homozigoto 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.

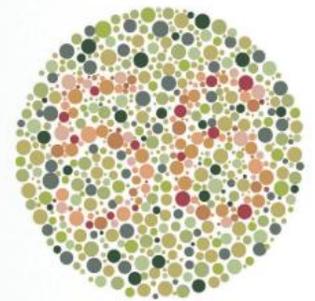
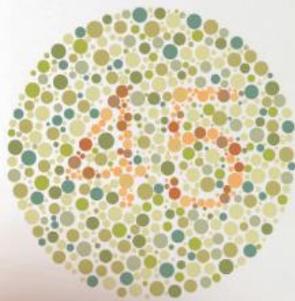
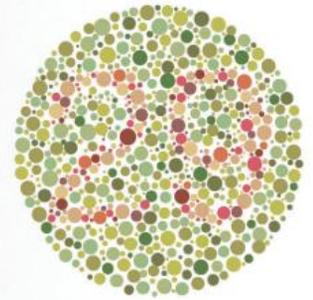
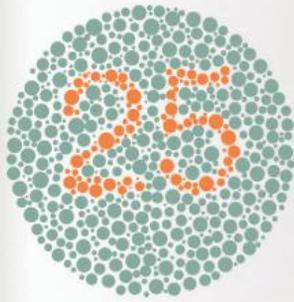
- 13** Considerando os genes X, Y e Z de um cromossomo, sabe-se que há 15% de recombinação entre os genes X e Y, entre Y e Z há 30% e entre os genes Z e X ocorre 45%. Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

A ZXY
B XYZ
C YZX
D XZY
E YXZ

- 14 UEM 2017** Assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01 A propriedade de produzir gametas com recombinações de alelos diferentes das que foram recebidas dos pais é resultante da epistasia, que influencia mais de uma característica no indivíduo.
- 02 Unidades de recombinação expressam a unidade de distância entre os locos gênicos no cromossomo.
- 04 Mapa cromossômico é a representação gráfica das posições dos genes e suas distâncias relativas em um cromossomo.
- 08 A troca de pedaços entre duas cromátides-irmãs na meiose é chamada ligação gênica.
- 16 *Linkage* é o termo utilizado para definir troca de cromossomos entre genes homólogos

Soma:



FRENTE 1

CAPÍTULO

19

Genoma humano e cromossomos sexuais

Algumas condições genéticas podem ser mais frequentes em um sexo do que no outro. O daltonismo, por exemplo, é mais presente em homens do que em mulheres. Veja os círculos acima: eles são conhecidos como teste de Ishihara, que usa cores para detectar daltonismo. Portadores de daltonismo não conseguem distinguir o número presente nas imagens. Vamos estudar os mecanismos por trás desta e de outras condições genéticas cuja herança está relacionada ao sexo do indivíduo.

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 no homem os cromossomos sexuais têm combinação XY, e, na mulher, combinação XX. Durante a formação dos gametas, metade dos 46 cromossomos pode ser observada na célula final, sendo 22 autossômicos e um sexual, totalizando 23 cromossomos em cada gameta.

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).

{ 44 autossômicos (A)
2 sexuais: X e Y

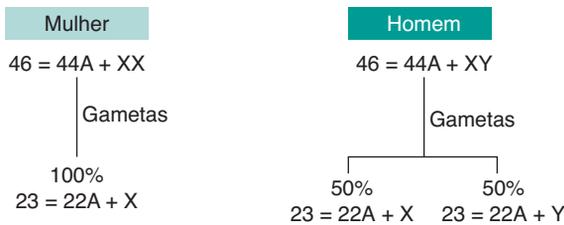


Fig. 1 Os tipos de cromossomos em seres humanos.

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).

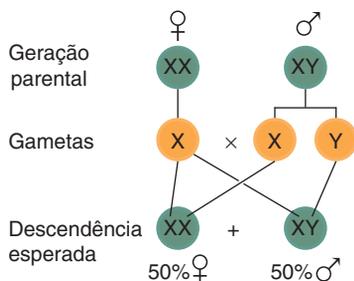


Fig. 2 Determinação do sexo em humanos.

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

Outros sistemas de determinação sexual

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

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

Tab. 1 Principais aspectos dos sistemas XO e ZW.

Sistema XO

O **sistema XO** 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).

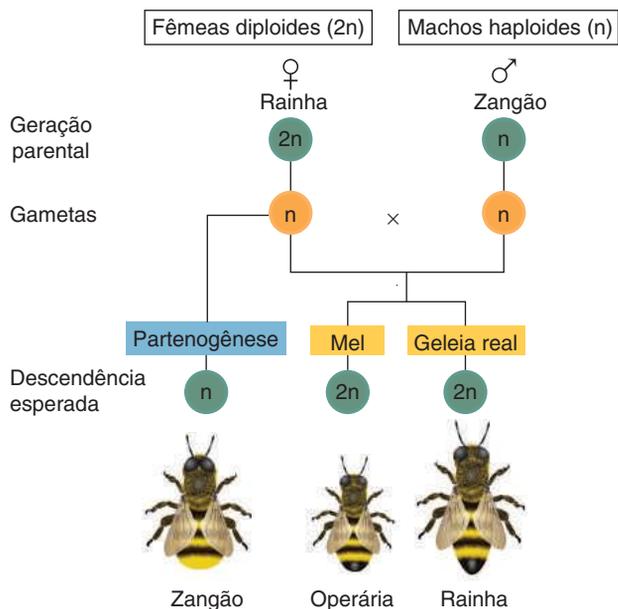


Fig. 3 Determinação do sexo no sistema n/2n

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).

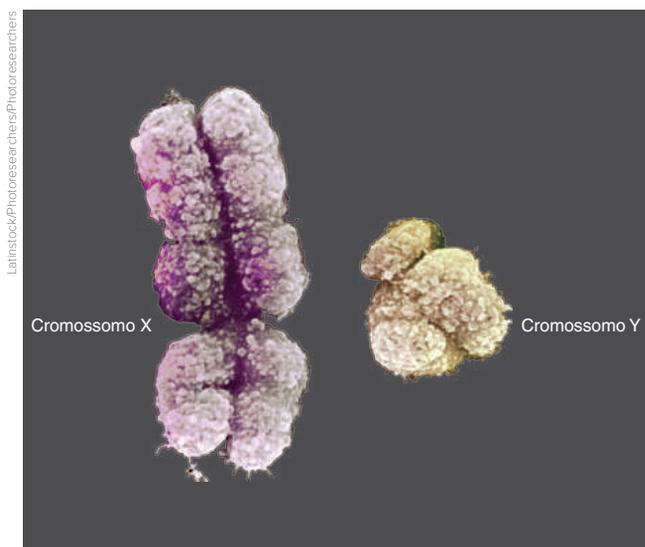


Fig. 4 Os cromossomos sexuais X e Y apresentam grande diferença de tamanho.

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, convencionou-se usar uma representação didática desses cromossomos (Fig. 5), mostrando uma curvatura no cromossomo Y (que, na realidade, ele não tem).

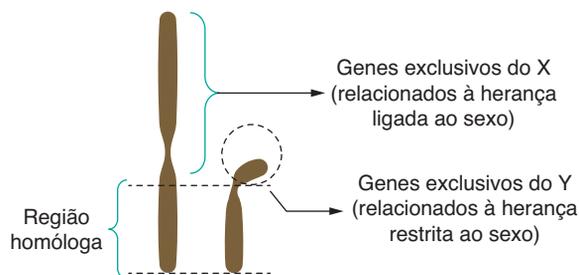


Fig. 5 Representação esquemática dos cromossomos sexuais. Os cromossomos X e Y apresentam áreas homólogas; há regiões presentes apenas no X e outras regiões são exclusivas do Y.

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:

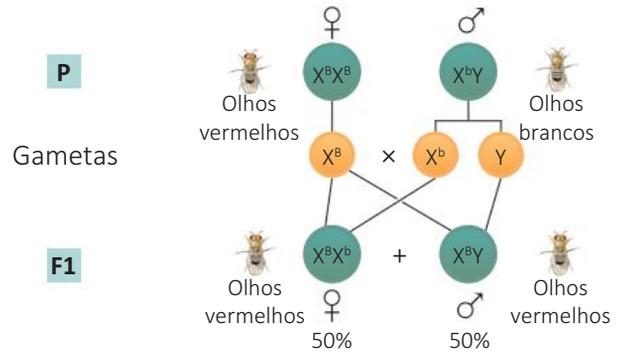
| Genótipo | Fenótipo | |
|-----------|----------------------|---|
| $X^B X^B$ | ♀ de olhos vermelhos |  |
| $X^B X^b$ | ♀ de olhos vermelhos |  |
| $X^b X^b$ | ♀ de olhos brancos |  |
| $X^B Y$ | ♂ de olhos vermelhos |  |
| $X^b Y$ | ♂ de olhos brancos |  |

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

Vamos analisar alguns exemplos de cruzamentos.

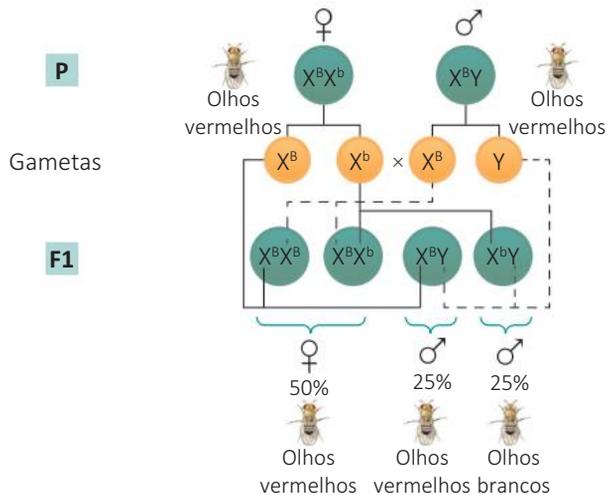
Exemplo 1:

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 fêmeas 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.

| Gametas | 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 (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 apenas um alelo X^d ; já uma mulher daltônica precisa ter dois alelos X^d . Assim, é comum que haja mais homens do que mulheres com daltonismo em uma população.

Uma mulher heterozigota ($X^D X^d$) pode transmitir o alelo para daltonismo aos seus filhos e filhas.

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

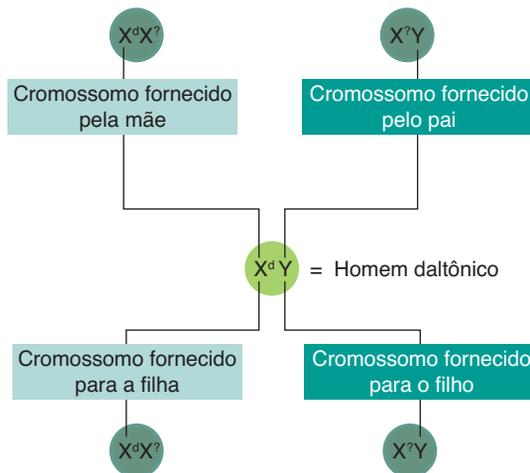


Fig. 6 O gene para daltonismo em um homem daltônico: herança e transmissão.

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).

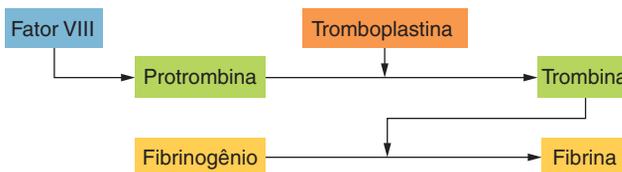


Fig. 7 Processos envolvidos na coagulação do sangue.

Atualmente, os portadores de hemofilia A recebem tratamento com fator VIII produzido por engenharia genética.

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 de um homem apresenta, em interfase, uma diferença nítida em relação à de uma mulher. Essa diferença reside no núcleo: a célula feminina tem **cromatina sexual**, anteriormente chamada **corpúsculo de Barr**, ausente na célula masculina

Enquanto um dos cromossomos X da mulher encontra-se descondensado, o outro se mantém condensado e inativo, constituindo a cromatina sexual. O homem apresenta um cromossomo X, que se mantém descondensado e não há, portanto, cromatina sexual. O cromossomo descondensado tem genes ativos, ou seja, apenas os seus genes se manifestam na célula (Fig. 8).

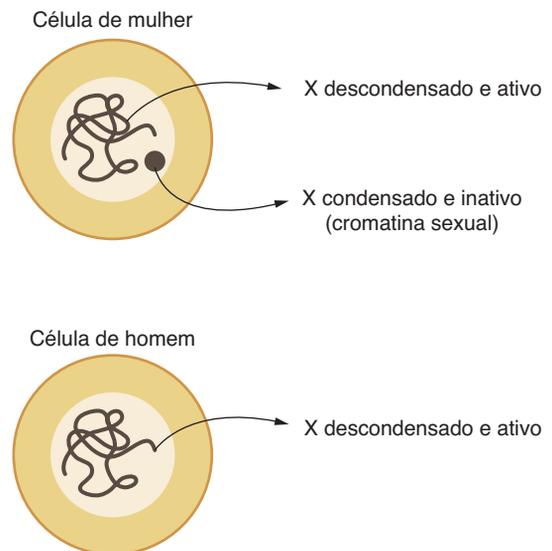


Fig. 8 Células femininas têm dois cromossomos X; um deles é condensado e constitui a cromatina sexual. Células masculinas têm um único cromossomo X, o qual está descondensado.

Algumas alterações 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 terá 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, resultando na presença dos dois tipos de células, possivelmente em todos os órgãos (Fig. 9).

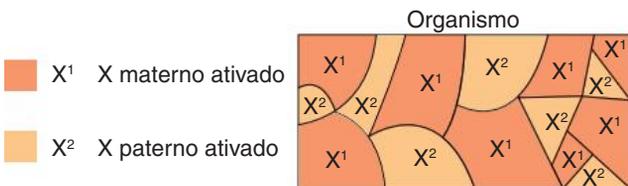


Fig 9 Distribuição de células femininas em mosaico. Há regiões do corpo com o cromossomo X de origem paterna ativado; em outras regiões é ativado o cromossomo X de origem materna

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 |
|-----------|-------------------------------|
| $X^A Y$ | 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 |

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 Gata 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.

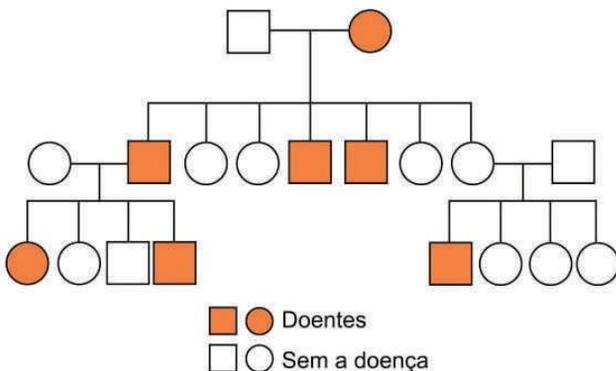
3 Escreva a fórmula cromossômica do homem e a dos gametas masculinos.

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

- 5 UFRGS 2019** Nas galinhas, existe um tipo de herança ligada ao cromossomo sexual que confere presença ou ausência de listras (ou barras) nas penas. Galos homocigotos barrados (ZB ZB) foram cruzados com galinhas não barradas (Zb W), resultando em uma F1 de galos e galinhas barradas. Considerando uma F2 de 640 aves, a proporção fenotípica esperada será de
- A 480 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 80 galinhas barradas.
 - B 80 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 480 galinhas barradas.
 - C 40 galos barrados, 80 galinhas não barradas e 520 galinhas barradas.
 - D 320 galos barrados, 160 galinhas não barradas e 160 galinhas barradas.
 - E 160 galos barrados, 160 galinhas não barradas e 320 galinhas barradas.

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

- 7 Famerp 2019** Analise o heredograma que apresenta uma família com algumas pessoas afetadas por uma doença.



A partir do heredograma, conclui-se que a doença em questão é determinada por gene

- A dominante ligado ao cromossomo X.
- B mitocondrial.
- C recessivo ligado ao cromossomo Y.
- D dominante autossômico
- E recessivo ligado ao cromossomo X.

- 8** O que é herança limitada ao sexo?

- 9 UFSC 2018** Uma espécie de parasita encontrada em cavalos possui $2n = 2$. Com base nessa informação, é correto afirmar que:

- 01 o número haploide dos gametas será igual a 2.
- 02 na primeira divisão da meiose, cada célula-filha resultante terá um único cromossomo.
- 04 a quantidade de DNA presente nas células filhas após a primeira divisão da meiose será igual à da célula-mãe.
- 08 na célula-mãe, todos os genes estarão em ligação independentemente da distância entre eles, embora alguns se comportem como se estivessem em cromossomos diferentes.
- 16 a determinação do sexo é do tipo ZW, como nas aves, sem considerar os demais cromossomos desses parasitas.

Soma:

- 10 IFCE 2019** O daltonismo é um distúrbio da visão que interfere na percepção das cores e, na quase totalidade dos casos, tem causa genética. O alelo responsável pelo distúrbio é recessivo e está ligado ao cromossomo sexual X. Beatriz é uma mulher daltônica que se casou com Humberto, homem de visão normal. Sobre esse casal, é correto afirmar que

- A Beatriz, obrigatoriamente, é filha de pai daltônico.
- B Humberto, obrigatoriamente, é filho de pai de visão normal.
- C espera-se que 50% dos filhos homens do casal sejam daltônicos
- D é esperado que 50% das filhas mulheres do casal sejam daltônicas.
- E o casal tem 0% de chance de ter um filho homem daltônico, visto que o pai tem visão normal.

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

Exercícios propostos

1 Uece 2019 No que diz respeito à hemofilia, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirmar nos itens abaixo.

- A incapacidade de produzir o fator VIII de coagulação sanguínea apresentada pelos hemofílicos pode levar à morte e segue a herança ligada ao sexo.
- Mulheres do genótipo X^hX^h e homens do genótipo X^hY são hemofílicos; portanto, a hemofilia segue o padrão típico de herança ligada ao cromossomo Y.
- Os homens hemofílicos não transmitem o alelo mutante para a prole do sexo masculino
- As filhas de uma mulher hemofílica são hemofílicas, pois herdam um alelo selvagem da mãe.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- A V, V, V, F. C V, F, V, F.
B F, V, F, V. D F, F, F, V.

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. C III. E II e III.
B II. D I 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 Unesp 2020 Comportamento do casal pode definir sexo do bebê, dizem pesquisadores. Muitas pessoas sonham não só com o nascimento de um bebê, mas com o sexo dele. Não é possível escolher se você vai gerar uma menina ou um menino, mas alguns pesquisadores sugerem que alguns fatores, como fazer sexo exatamente no dia da ovulação, ou a frequência das relações sexuais, aumentariam a chance de ter uma criança de determinado sexo.

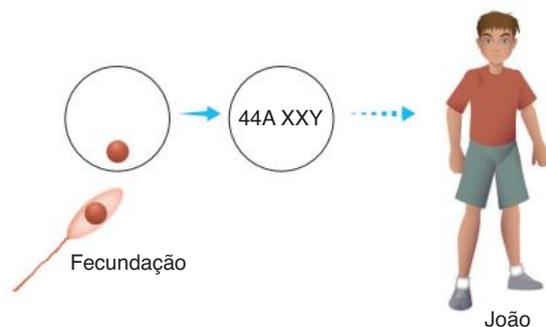
(Ivonete Lucirio. <https://universa.uol.com.br>, 06.08.2012. Adaptado.)

A notícia traz hipóteses ainda em discussão entre especialistas, mas o que o conhecimento biológico tem como certo é que, na espécie humana, o sexo da prole é definido no momento da fecundação e depende da constituição cromossômica do

A espermatozoide, que é definida na meiose I da gametogênese do pai e a mãe não tem participação na determinação do sexo da prole.

- B óvulo, que é definida na meiose II da gametogênese da mãe e o pai não tem participação na determinação do sexo da prole.
- C espermatozoide, que é definida na meiose II da gametogênese do pai e a mãe não tem participação na determinação do sexo da prole
- D óvulo e do espermatozoide, que são definidas na meiose II da gametogênese de ambos os genitores e o pai e a mãe participam, conjuntamente, da determinação do sexo da prole.
- E óvulo, que é definida na meiose I da gametogênese da mãe e o pai não tem participação na determinação do sexo da prole.

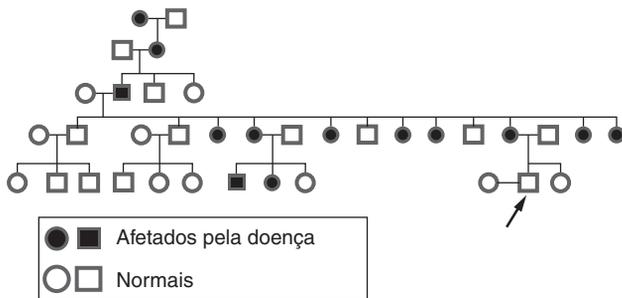
5 PUC-Minas O esquema a seguir representa a ontogênese de João, que nasceu com Síndrome de Klinefelter e daltonismo, embora seus pais não apresentem alterações cromossômicas numéricas em suas células somáticas. Sabendo que o daltonismo é uma herança recessiva ligada ao sexo, é correto afirmar, exceto:



- 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 UFPR 2019** Uma doença genética muito rara tem padrão de herança dominante. Um homem, filho de mãe afetada e pai normal, é afetado pela doença e é casado com uma mulher que não é afetada pela doença. A respeito dos filhos desse casal, é correto afirmar:
- A Um filho desse casal tem probabilidade de 75% de ser afetado pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado num cromossomo autossômico.
- B Uma filha desse casal tem probabilidade de 100% de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X.

- C Um filho desse casal tem probabilidade de 50% de ser afetado pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X
- D Uma filha desse casal tem probabilidade de 25% de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado num cromossomo autossômico.
- E Uma filha desse casal tem 0% de probabilidade de ser afetada pela mesma doença do pai, no caso de o gene em questão estar localizado no cromossomo X.

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 UFRGS 2019 Em agosto de 2018, foi divulgada, na revista Nature, a descoberta de um fóssil híbrido entre duas espécies humanas já extintas. Trata-se do fóssil de uma garota de 13 anos, de mãe neandertal e pai denisovano que viveu há 50 mil anos. Sabendo-se que o DNA das duas espécies, bem como o da garota híbrida, foi sequenciado, considere as afirmações abaixo.

- I A garota pode ser considerada um híbrido, pois apresenta genes típicos de cada uma das espécies na mesma proporção.
- II. A mãe era neandertal, conforme evidenciado pelas mitocôndrias da garota.
- III. O pai era denisovano, conforme evidenciado pelo cromossomo Y do fóssil híbrido.

Quais estão corretas?

- A Apenas I.
- B Apenas III.
- C Apenas I e II.
- D Apenas II e III.
- E I, II e III.

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-RJ 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 PUC-Campinas 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 daltônicas.
- 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** 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 homocigoto recessivo para esse gene.
 B é heterocigoto para essa característica.
 C recebeu o gene de sua mãe, heterocigota para essa característica.
 D recebeu o gene de seu pai, heterocigoto para essa característica.
 E recebeu o gene de seu pai, uma vez que o loco gênico está no cromossomo Y.

- 14 FGV** 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-Minas** 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.

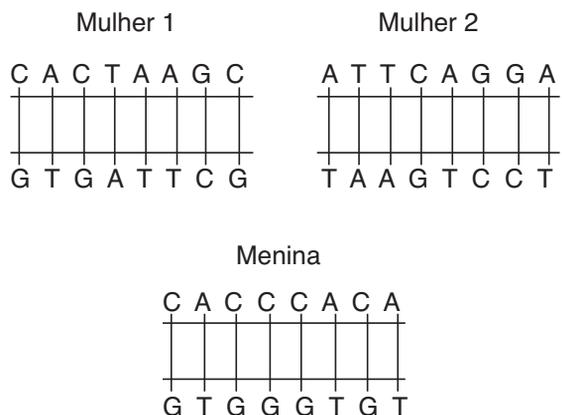
Sabendo-se que o daltonismo é uma característica determinada por gene recessivo ligado ao sexo, é incorreto afirmar que:

- A o pai de Maria não é portador, mas Maria é portadora do gene que causa daltonismo.
 B os dois gêmeos podem ter recebido o gene recessivo que determina o daltonismo.

C se o gêmeo afetado for o do sexo masculino, Manuel certamente é normal.

D 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:

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

- 17 Uece 2019** A hemofilia é uma enfermidade recessiva ligada ao cromossomo X e a calvície é uma característica autossômica dominante no homem e recessiva na mulher. Sabendo disso, considere o cruzamento entre os seguintes fenótipos:

Cruzamento 1: $X^H X^h \times X^h Y$

Cruzamento 2: $X^C X^c \times X^C Y^C$

Assim, é correto afirmar que os genótipos de uma filha hemofílica do Cruzamento 1 e de um filho calvo do Cruzamento 2 são, respectivamente,

- A $(X^H X^h)$ e $(X^C Y^C)$ ou $(X^c Y^C)$
 B $(X^H X^H)$ e $(X^c Y^C)$ ou $(X^c Y^c)$.
 C $(X^h X^h)$ e $(X^C Y^C)$ ou $(X^c Y^c)$.
 D $(X^h X^h)$ e $(X^C Y^C)$ ou $(X^c Y^c)$.

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.

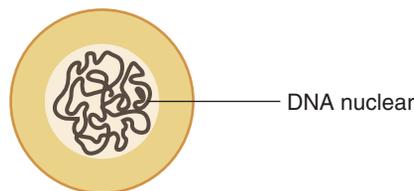
Outro caso é o de elucidação de crimes. Um cadáver pode armazenar em suas unhas células de um agressor, obtidas enquanto a vítima tentava se defender. Coletadas as amostras das células e tendo um suspeito (apontado, por exemplo, por câmeras de vigilância), faz-se o teste com o DNA do suspeito e da amostra;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

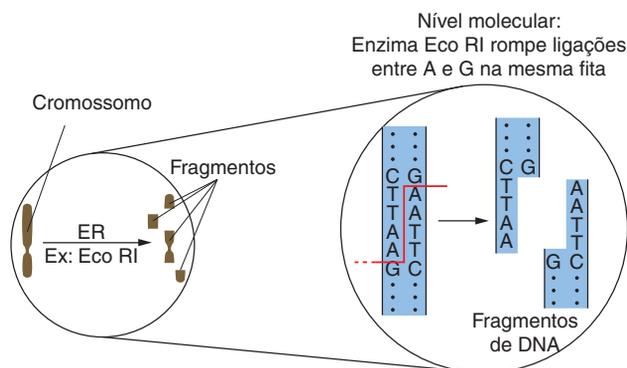
O teste de DNA apresenta grande complexidade. A seguir são apresentados os passos principais.

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



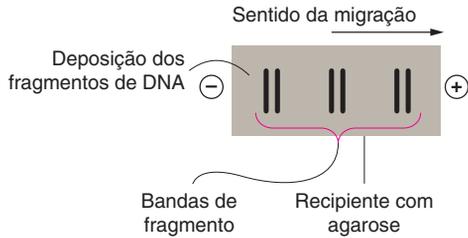
O material genético utilizado nos testes de DNA pode ser obtido de fontes variadas.

- 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).

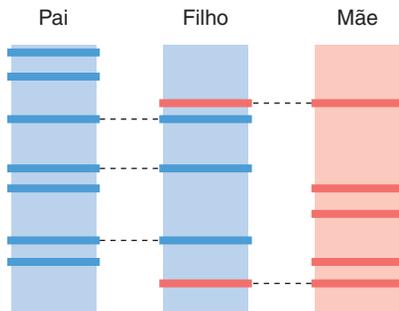


A migração dos fragmentos de DNA na agarose forma bandas de material genético

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.

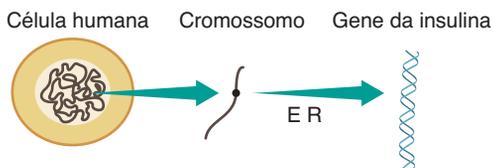
Os transgênicos

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

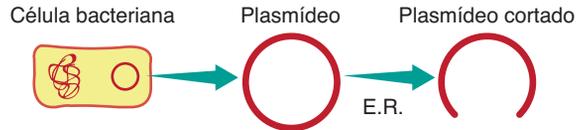
Para esclarecer os fundamentos da técnica, utilizaremos o exemplo da **produção de insulina humana por células bacterianas**. Os passos são:

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.)



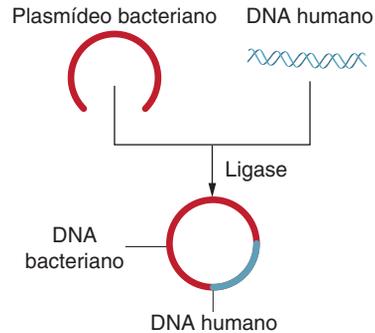
Enzimas de restrição podem ser utilizadas na extração de genes específicos.

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



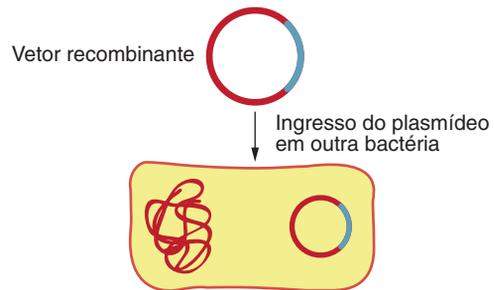
O corte de plasmídeos também pode ser feito utilizando-se enzimas de restrição.

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.



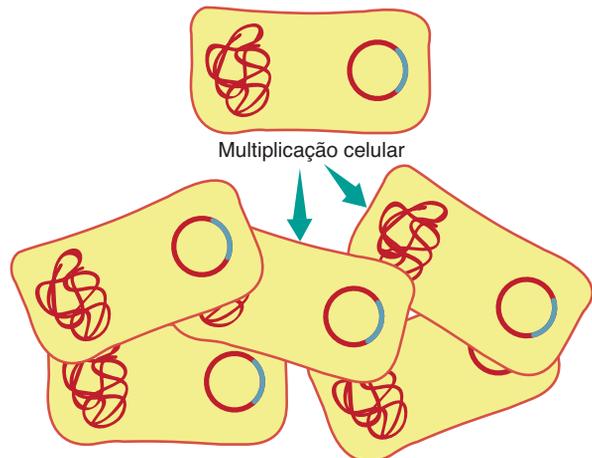
A enzima ligase é utilizada para unir segmentos de DNA

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>.

Viver com hemofilia

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.

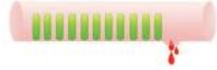
Quando ocorre uma lesão, os fatores de coagulação (identificados com numeração romana) entram em funcionamento sucessivamente. Cada fator ativa, então, o seguinte, como uma verdadeira cadeia de dominós. Cadeia essa que acaba por formar um coágulo que estanca a hemorragia e cobre a ferida, enquanto o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

Coagulação normal Indivíduo não hemofílico



Ruptura do vaso sanguíneo



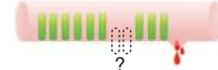
Forma-se um coágulo e o processo de reparação pode prosseguir



Coagulação interrompida Indivíduo hemofílico



Ruptura do vaso sanguíneo



O processo de reparação é interrompido



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.).

White. Thromb. Haemost. 2001

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 XO

O sistema XO 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?



Livro

- **RIDLEY, Matt.** *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

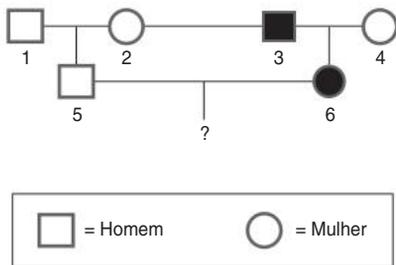


Sites

- 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:
Disponível em: <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
Disponível em: <www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/home.shtml>.
- Determinação do sexo em abelhas: dois mecanismos distintos que induzem e mantêm o caminho feminino.
Disponível em: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2758576/>

Exercícios complementares

- 1 **PUC-SP** 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:

- A não terá chance de apresentar descendentes com a doença.
 - B poderá ter apenas descendentes do sexo feminino com a doença.
 - C poderá ter apenas descendentes do sexo masculino com a doença.
 - D poderá ter metade de seus descendentes com a doença
 - E terá todos os seus descendentes com a doença.
- 2 **UFMS** Considerando-se indivíduos hemofílicos do sexo masculino, pode-se afirmar que suas células somáticas e gaméticas, respectivamente, possuem:
- A 46 autossomos – 23 alossomos.
 - B 44 alossomos + XX – 22 alossomos + X ou X.
 - C 44 alossomos + XY – 22 alossomos + X ou Y.
 - D 46 autossomos + XX 23 autossomos + X ou X
 - E 44 autossomos + XY 22 autossomos + X ou Y

- 3 **PUC-Rio** 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:

- A tem 50% de chance de ser daltônica.
- B tem 50% de chance de ser hemofílica.
- C tem 25% de chance de ser hemofílica.
- D tem 75% de chance de ser daltônica
- E não tem chance de ser daltônica.

- 4 **UFMG** 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 a mãe das crianças é heterozigótica para a hemofilia.
- B a probabilidade de esse casal ter outra criança hemofílica é de 25%.
- C as crianças do sexo feminino têm fenótipo normal.
- D 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 A uma cebola
- B A um homem
- C A uma drosófila.
- D A uma mulher
- E 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?

- A $\frac{1}{2}$
- B $\frac{1}{4}$
- C $\frac{1}{8}$
- D $\frac{1}{16}$
- E 1

7 UFSC 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:

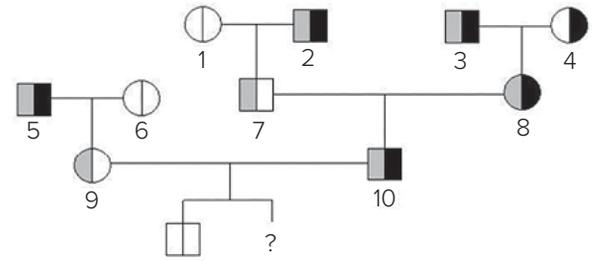
8 UEPG A respeito de herança autossômica e de herança relacionada ao sexo, assinale o que for correto.

- 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 dos 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:

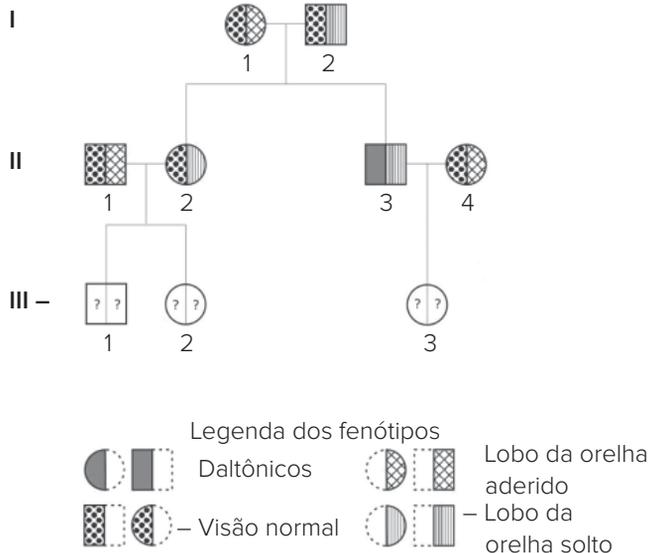
9 Unioeste 2019 Sabe-se que, na espécie humana, o formato do lóbulo da orelha é uma característica hereditária determinada por um par de alelos, do qual o alelo recessivo é responsável pelo lóbulo preso ou aderente. A hemofilia é um distúrbio da coagulação sanguínea, o qual é condicionado por um alelo recessivo localizado no cromossomo X. Analise

o heredograma abaixo e responda qual é a probabilidade do segundo filho homem do casal 9 x 10 nascer com o lóbulo da orelha preso e ser hemofílico.



- A 1/4.
- B 1/8
- C 2/3.
- D 3/4.
- E 1/2.

10 UFRGS 2020 O daltonismo é um tipo de cegueira nos seres humanos, referente às cores e condicionado por herança ligada ao X. O lobo solto da orelha, herança autossômica, é um fenótipo dominante em relação ao lobo aderido. No heredograma a seguir, estão representados os indivíduos com as respectivas características.



Considerando a genealogia apresentada e considerando que o indivíduo II-4 é heterozigoto para daltonismo, a probabilidade de os indivíduos III-1, III-2 e III-3 serem daltônicos e terem lobo da orelha solto, respectivamente, é

- A 12,5%, 0% e 25%.
- B 0%, 12,5% e 25%.
- C 12,5%, 12,5% e 50%.
- D 25%, 0% e 50%.
- E 12,5%, 50% e 75%.

11 UFSCar 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.

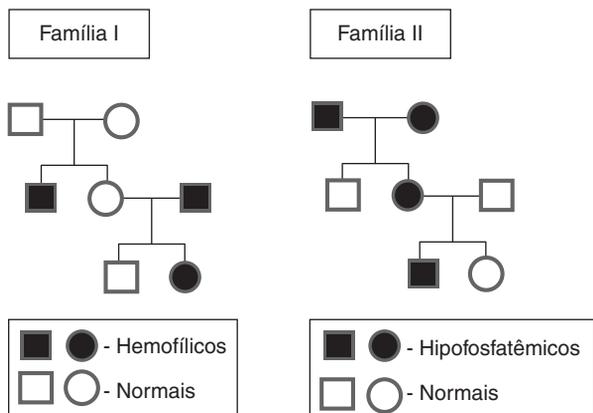
- Por que o médico afirmou que a acusação não era pertinente?
- O alelo causador da doença é dominante ou recessivo? Justifique.

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%

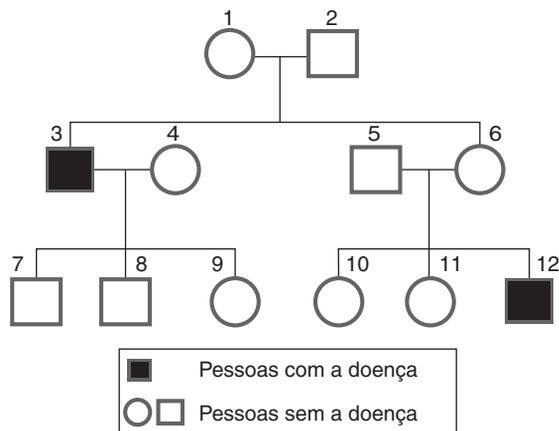
13 PUC-Minas Os dois heredogramas a seguir foram montados para que os estudantes pudessem comparar dois tipos de “herança ligada ao sexo”: na família I, pode-se estudar a ocorrência de hemofilia A (herança na qual os afetados podem apresentar episódios recorrentes de sangramento, devido a uma deficiência 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:

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

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



Considere as afirmações:

- Os indivíduos 1, 6 e 9 são, certamente, portadores do gene mutado.
- Os indivíduos 9 e 10 têm a mesma probabilidade de ter herdado o gene mutado.
- 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 C III E II e III
B II D I e II

15 Famerp 2020 Ao se analisar o núcleo de uma célula de uma mulher com 23 pares de cromossomos, nota-se a presença de uma cromatina sexual aderida ao envoltório nuclear durante a intérfase.

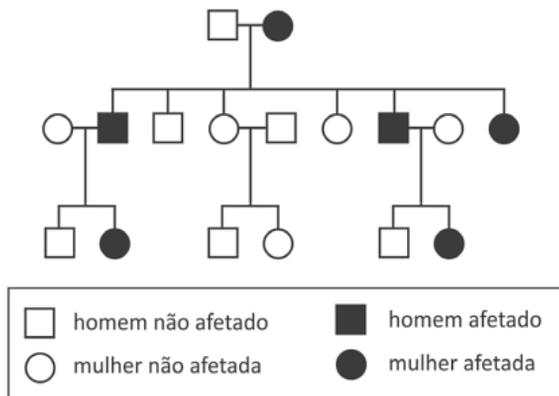
- Qual cromossomo sexual corresponde a essa cromatina? Cite a fase da intérfase em que é mais provável visualizar a cromatina sexual.
- A formação da cromatina sexual pode igualar a quantidade de proteínas existentes nas células de um homem e de uma mulher. Baseando-se na atividade dos genes, explique por que, com a formação da cromatina sexual nas mulheres, a quantidade de proteínas seria semelhante nas células dos homens e das mulheres

16 UEL 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:

- casamento de consanguíneos diminui a probabilidade de nascimento de mulheres hemofílicas.
- 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 heterozigota para esse gene.

17 Fuvest 2020 Analise a seguinte genealogia de uma doença:



Foi levantada a hipótese de que a doença possui padrão de herança dominante ligada ao cromossomo X. O que levou a tal conclusão foi a

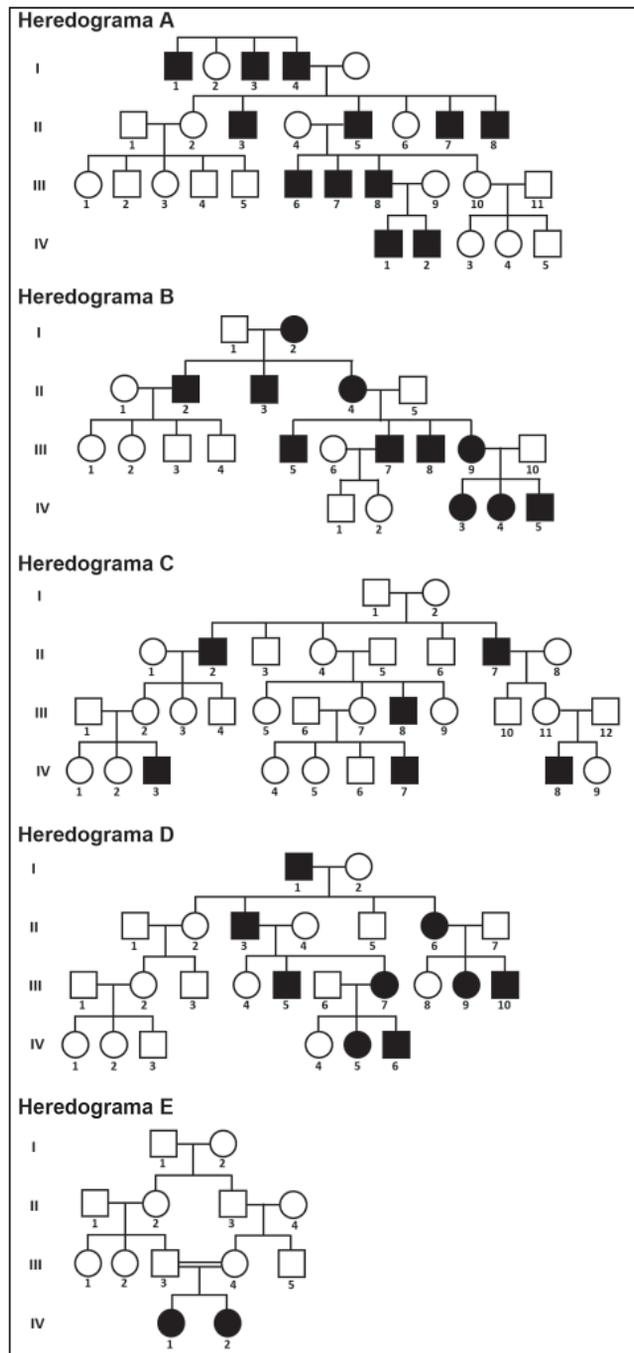
- A incidência da doença em mulheres e homens.
- B transmissão do alelo mutante apenas às filhas de um homem afetado.
- C presença de pessoas afetadas em todas as gerações.
- D transmissão do alelo mutante às filhas e aos filhos de uma mulher afetada.
- E presença de pelo menos um dos genitores afetados.

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 UFSC 2020 Cada heredograma abaixo representa uma história familiar relacionada a determinada doença rara do ser humano (cada uma proveniente exclusivamente de um modo de herança diferente, que pode ser autossômico dominante, autossômico recessivo, ligado ao Y, recessivo ligado ao X e mitocondrial). Os indivíduos que possuem uma dessas doenças, independentemente da herança, são destacados nos heredogramas com símbolos cheios.



Sobre os heredogramas apresentados e com base nos conhecimentos de Genética, é correto afirmar que:

- 01 o modo mais provável de herança do heredograma B é o mitocondrial, pois se observa a transmissão da doença das mães afetadas para a prole, o que não ocorre em relação aos pais afetados.
- 02 o modo de herança do heredograma E é recessivo ligado ao X, pois apenas indivíduos do sexo feminino são afetados.
- 04 o modo de herança ligado ao Y é observado no heredograma A, porém a doença do heredograma C possui um padrão em que não se descarta a possibilidade de haver esse modo de herança.
- 08 a doença presente no heredograma D pode ter uma herança autossômica dominante ou recessiva, porém é mais provável que seja uma herança

autossômica recessiva por se tratar de uma doença rara e pelo fato de os indivíduos sem a doença não serem portadores do alelo raro responsável pela manifestação da doença

- 16 o heredograma C possui o modo de herança recessivo ligado ao X, porém não se descarta a possibilidade de ele ser dominante ligado ao X ou autossômico.
- 32 a probabilidade de a próxima criança do casal III-3 e III-4 do heredograma E ser afetada e ser do sexo feminino é de 25%.
- 64 é possível que apenas um indivíduo da primeira geração do heredograma E tenha um único alelo raro que foi transmitido aos seus descendentes; o encontro desse alelo é promovido casamento consanguíneo, resultando em indivíduos com a doença na quarta geração.

Soma:

- 20 PUC-Minas** A Displasia Ectodérmica Anidrótica (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** 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.



FRENTE 1

CAPÍTULO

20

Mutações gênicas e cromossômicas

Inúmeras causas naturais e antrópicas geram mutações gênicas. As mutações podem prejudicar o indivíduo e até levá-lo à morte, mas também podem contribuir, a longo prazo, 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 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**, antigamente conhecidas por **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 mutação cromossômica (Fig. 1).



Fig. 1 Tipos de mutações. O albinismo (à esquerda) é uma mutação gênica. A síndrome de Down (à direita) é uma mutação cromossômica.

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).

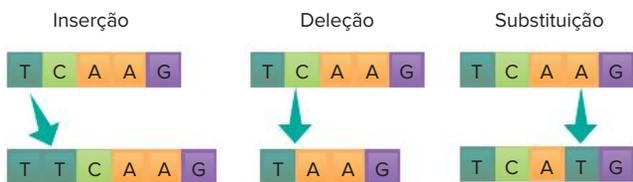


Fig. 2 Representação das principais alterações nos nucleotídeos que ocorrem nas mutações gênicas.

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 esse gameta participe de uma fecundação, será formado um indivíduo que terá todas as células portadoras da mutação.

Utilizando a ilustração anterior 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 **agentes mutagênicos**.

Mutações cromossômicas

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

Mutações estruturais

As mutações estruturais podem ser de quatro tipos principais: **deleção (deficiência)**, **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 crossing-over | | |
| | | |

Tab. 1 Mutações cromossômicas estruturais.

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).

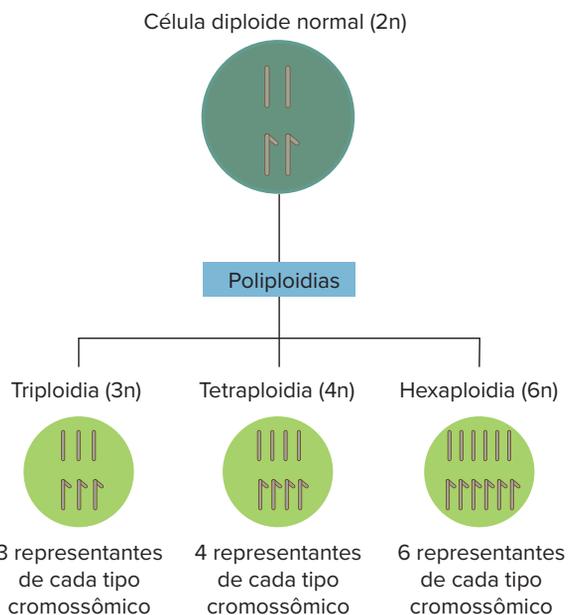


Fig. 3 Mutações cromossômicas numéricas: euploidias. Células poliploides apresentam mais de dois representantes de cada tipo cromossômico.

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).

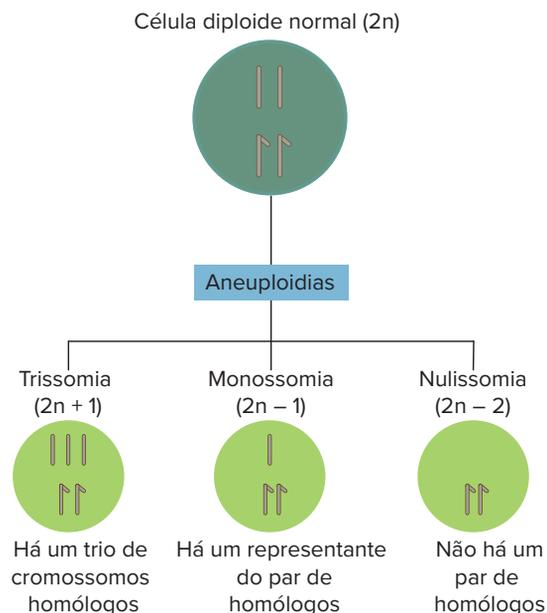


Fig. 4 Mutações cromossômicas numéricas: aneuploidias. Nas aneuploidias, um dos pares de cromossomos homólogos é afetado, com número acima ou abaixo do normal.

O caso de monossomia que merece destaque é o da **síndrome de Turner**, alteração cromossômica que determina no indivíduo o fenótipo feminino e a fórmula cromossômica **45 = 44A (autossomos) + X0**. 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 capacidade cognitiva comprometida.
- **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 mutação cromossômica mais comum, ocorrendo, aproximadamente, um caso a cada 800 nascimentos. Trata-se de uma **trisomia do cromossomo 21**, não havendo alteração nos 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 cognição bastante variável. É comum a ocorrência de problemas cardiovasculares, que podem levar à morte na infância ou na idade adulta. A frequência de incidência dessa síndrome é maior de acordo com a idade da mãe: quanto mais tarde a mulher engravidar, maiores as chances de nascimento de bebês com síndrome de 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).

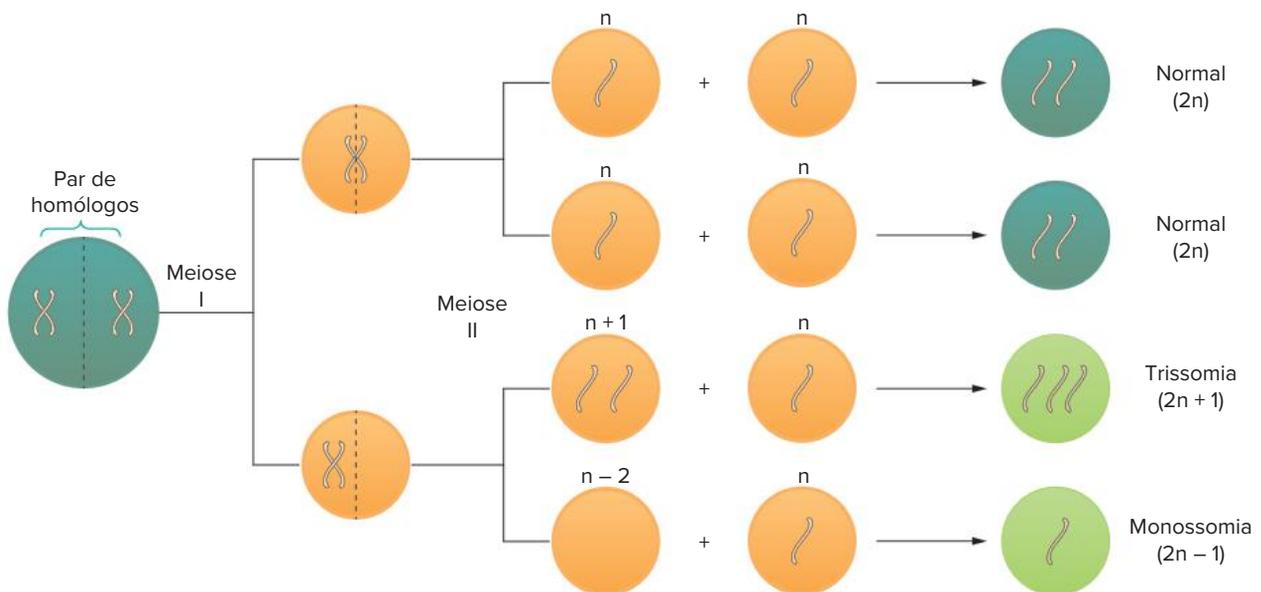


Fig. 5 Formação de gametas anormais e as aneuploidias.

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 sua resposta.

4 Qual é a importância das mutações para os seres vivos?

5 Quais são os dois tipos de mutações cromossômicas?

6 **UFPR 2019** O vírus da imunodeficiência adquirida (HIV) é um retrovírus. No interior de uma célula humana, durante a replicação viral, é feita uma cópia de DNA a partir do RNA viral, pela ação da enzima transcriptase reversa. Inibidores de transcriptase reversa, como o fármaco nevirapina, se ligam à enzima, impedindo a retrotranscrição do genoma viral. Uma pequena fração dos vírus pode ter uma mutação genética que altera o local de ligação da droga à enzima, fazendo com que a droga não seja mais capaz de se ligar à enzima e inibir a atividade da transcriptase reversa. Os vírus com essa mutação de resistência se reproduzem mesmo na presença da nevirapina e, ao longo das gerações, podem ser restabelecidos os níveis virais presentes antes da administração da droga. Considerando ainda que o HIV é um vírus que se replica muito rapidamente, o que facilita a ocorrência de erros na hora da replicação, faça o que se pede:

a) Explique se o surgimento dessas mutações é dependente ou independente da presença do fármaco. Justifique sua resposta.

b) Por que, ao longo das gerações, podem ser restabelecidos os níveis virais presentes antes da administração da droga?

7 UFRGS 2019 Pessoas que apresentam Síndrome de Down são em geral trissômicas para o cromossomo 21. Esse problema ocorre predominantemente devido à não disjunção do par cromossômico na

- A anáfase I da meiose.
- B prófase II da meiose.
- C metáfase da mitose.
- D telófase I da meiose.
- E metáfase II da meiose.

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?

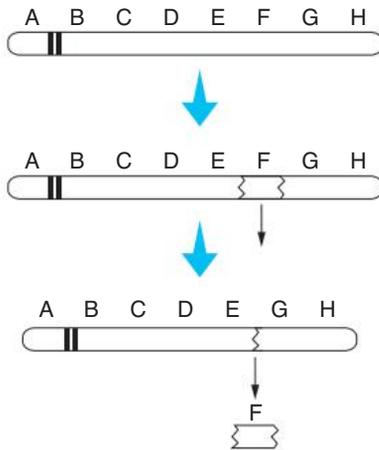
10 O que são aneuploidias? Qual é a principal causa de sua ocorrência?

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 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 ovogênese 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 cromátinas 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 **Enem 2018** Em pacientes portadores de astrocitoma pilocítico, um tipo de tumor cerebral, o gene BRAF se quebra e parte dele se funde a outro gene, o KIAA1549. Para detectar essa alteração cromossômica, foi desenvolvida uma sonda que é um fragmento de DNA que contém partículas fluorescentes capazes de reagir com os genes BRAF e KIAA1549 fazendo cada um deles emitir uma cor diferente. Em uma célula normal, como os dois genes estão em regiões distintas do genoma, as duas cores aparecem separadamente. Já quando há a fusão dos dois genes, as cores aparecem sobrepostas.

Disponível em: <http://agencia.fapesp.br> Acesso em: 3 out 2015.

A alteração cromossômica presente nos pacientes com astrocitoma pilocítico é classificada como

- A estrutural do tipo deleção
- B numérica do tipo euploidia.
- C estrutural do tipo duplicação.
- D numérica do tipo aneuploidia.
- E estrutural do tipo translocação.

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 **UPE 2018** Leia o texto a seguir:

As bactérias empregaram o oxigênio reativo para aprimorar os processos celulares de transformação de energia, no que talvez constitua o maior exemplo de reciclagem de todos os tempos, cumprindo as seguintes etapas: oxidando o material que produziam, ao aprisionarem a energia da luz, as bactérias fotossintéticas roxas aumentaram sua capacidade de metabolizar ATP, o composto de armazenagem de energia usado por todas as células de todos os seres vivos. Decompondo as moléculas orgânicas e produzindo dióxido de carbono e água,

as bactérias desviaram a combustão natural do oxigênio para seus próprios fins. Os organismos fermentadores foram atacados por bactérias, que usavam oxigênio e se multiplicaram em seu interior. É provável que os invasores – linhagem roxa – tenham sido as proto mitocôndrias, que, alimentadas e protegidas num meio ambiente vivo, poderiam sair-se melhor, não destruindo seus hospedeiros, intolerantes ao oxigênio.

Fonte: MARGULIS, L.; SAGAN, D. O que é vida. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. 2002. (Adaptado).

Sobre isso, assinale a alternativa CORRETA.

- A Os quatro processos celulares de transformação de energia nos seres vivos envolvem a luz do sol. São divididos em dois grupos: os de incorporação de energia, a exemplo da respiração e fermentação, e os de liberação de energia, tais como fotossíntese e quimiossíntese.
- B Em média, duas moléculas de ATP são produzidas pela respiração de uma molécula de glicose, enquanto essa mesma quantidade de glicose, com a evolução da fermentação, passou a gerar até 36 moléculas de ATP.
- C Admitir uma hipótese heterotrófica para explicar a origem dos seres vivos implica a aceitação da ocorrência de reações químicas muito mais complexas, pois o metabolismo dependia da presença de oxigênio, com rendimento energético menor e, conseqüentemente, menor descendência.
- D Por causa de mutações no material genético de seres heterótrofos, surgiram células autótrofas com a capacidade de produzir o seu próprio alimento a partir do uso de gás carbônico e de água do ambiente, utilizando a luz solar como fonte de energia para a síntese de matéria orgânica.
- E Atualmente, apesar de as mitocôndrias possuírem o seu próprio DNA linear e continuarem a se reproduzir como bactérias, o parasitismo se tornou permanente. Assim, ela não pode sobreviver sozinha, embora sua hospedeira o faça.

- 10 PUC-Campinas** 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

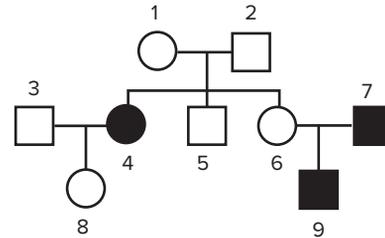


As aberrações cromossômicas dos cariótipos II e III são, respectivamente, do tipo:

- A monossomia e trissomia.
- B monossomia e poliploidia.

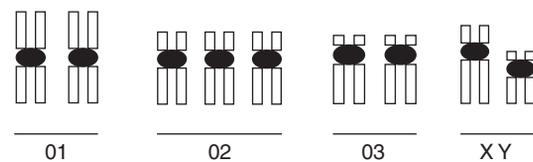
- C nulissomia e trissomia
- D nulissomia e poliploidia.
- E nulissomia e monossomia

- 11 FMP 2019** No esquema apresentado a seguir, os indivíduos assinalados em preto apresentam surdez causada pela mutação do gene conexina 26, de padrão autossômico recessivo.



No heredograma acima, são obrigatoriamente heterozigotos os indivíduos:

- A 4, 7 e 9
 - B 1, 2, 6 e 8
 - C 3, 6 e 8
 - D 1, 2, 5 e 6
 - E 1 e 2
- 12 UEMG 2018** Na espécie humana, as mutações denominadas cromossômicas, como a aneuploidia, são conseqüências de não disjunções na meiose e podem originar a
- A distrofia muscular de Duchenne.
 - B hemofilia.
 - C síndrome de Down.
 - D adrenoleucodistrofia.
- 13 Unemat** 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

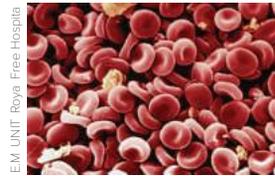
A molécula de hemoglobina é responsável pelo transporte de gás oxigênio dos pulmões até os tecidos. Cada molécula é constituída por duas cadeias alfa e duas cadeias beta, cada qual com aproximadamente 150 aminoácidos, em um total de cerca de 600 aminoácidos

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 o termo da anomalia causada pela mutação da proteína: **anemia falciforme** (em forma de foice). Essas hemácias têm tendência de 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.

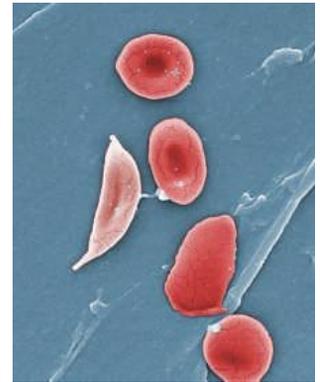
Os portadores dessa enfermidade têm transtornos circulatórios e dores; geralmente, morrem na infância.

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 homocigotos recessivos (ss) morrem precocemente, não deixam descendentes. No entanto, indivíduos heterocigotos (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 heterocigotos 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



Hemácias normais são arredondadas e bicôncavas.



Hemácias com 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 homocigotos (ss) morrem precocemente; no entanto, o efeito pode ser benéfico, pois heterocigotos (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>>
Acesso em: 12 abr. 2021.

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 (espeiação 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) + XO .

Quer saber mais?



Sites

- Klinefelter Syndrome Information and Support. Informações e apoio aos portadores da síndrome de Klinefelter (*site* em inglês). Disponível em: <<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. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/ciencia/noticias/mutacao-genetica-cria-humanos-superfortes>>.
- Você já ouviu falar em epigenética? Disponível em: <www.biomedicinapadiao.com/2011/10/epigenetica.html>.

Exercícios complementares

1 Mackenzie 2019 Considere a não separação das cromátides-irmãs do cromossomo sexual X durante a espermatogênese humana, mais precisamente na anáfase II da meiose. Nesse caso, a partir de um único espermatócito I (espermatócito primário), a proporção de espermatozoides anômalos produzidos capazes de gerar uma criança com síndrome de Turner (cariótipo 45, X0), caso um deles venha a fecundar um ovócito normal, será de

- A 1/8 C 3/8. E 3/4.
B 1/4. D 1/2.

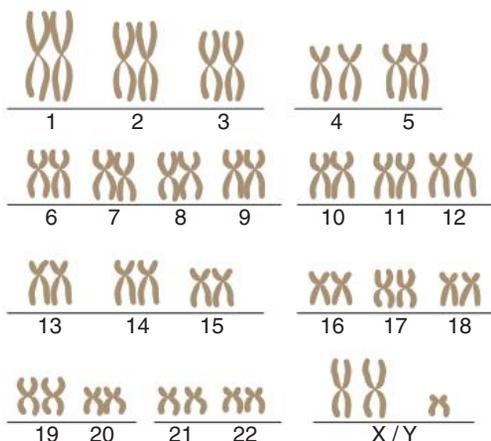
2 Na espécie humana, a anomalia conhecida como síndrome de Down deve-se à:

- 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 Acafe 2020 Genética é uma área da Biologia que estuda os mecanismos da hereditariedade, ou seja, como ocorre a transmissão de características de um indivíduo aos seus descendentes.

Em relação aos conceitos básicos de genética, relacione as colunas.

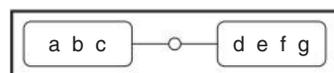
- 1) Gene alelo.
2) Epistasia.
3) Euploidia.
4) Aneuploidia.
5) Polialelia.

- Alteração cromossômica numérica em que todo o conjunto cromossômico é alterado.
- Condição em que um alelo de um gene bloqueia a expressão dos alelos de outro gene.
- Alteração cromossômica numérica que afeta, na maioria das vezes, um único par de cromossomos.
- Forma alternativa de um mesmo gene que ocupa o mesmo locus em cromossomos homólogos.
- Três ou mais formas alélicas diferentes para um mesmo locus.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A 5 4 1 3 2
B 3 2 4 1 5
C 3 5 2 1 4
D 4 2 3 1 5

6 Ufal Considere o cromossomo esquematizado a seguir. Assinale a alternativa que representa esse cromossomo após um rearranjo do tipo inversão.



- A
B
C
D
E

7 UFJF 2020 Um filme argentino lançado no ano de 2007 conta a história de Alex, um menino que, devido a uma alteração genética, apresenta características físicas femininas. Qual é a aneuploidia observada em Alex e o nome desta síndrome?

- A XY0 e Síndrome de Down.
- B XXXY e Síndrome do triplo X.
- C X0 e Síndrome de Turner.
- D XYY e Síndrome do XYY
- E XXY e Síndrome de Klinefelter

8 Fatec 2019 Atualmente existem exames pré-natais não invasivos capazes de detectar anomalias cromossômicas nos embriões humanos a partir da décima semana de gestação apenas com a análise de uma amostra de sangue materno, do qual é recolhido DNA fetal diluído. Suponha que uma mulher tenha se submetido a um desses exames durante a gravidez, e que o resultado do laboratório tenha indicado que o feto tem exatamente um par de cromossomos 13, exatamente um par de cromossomos 18, exatamente um par de cromossomos 21, apenas um cromossomo X e nenhum cromossomo Y. Contando apenas com esses dados, o laudo do exame deve ser o de que o bebê, quando nascer, apresentará sexo biológico

- A feminino e síndrome de Turner.
- B feminino e síndrome de Klinefelter.
- C masculino e síndrome de Edwards.
- D masculino e síndrome de Down.
- E masculino e síndrome de Patau.

9 UFRGS 2020 George W. Beadle e Edward L. Tatum, na década de 1940, realizaram experimentos com o mofo do pão, *Neurospora crassa*, observando uma rota metabólica para a síntese de arginina. Esse fungo tem o genoma haploide na maior parte do seu ciclo de vida. Para realizar a investigação, os cientistas provocaram mutações na cepa do tipo selvagem, por meio de raios X, e colocaram diferentes tipos de mutantes em meios de cultivo mínimo, com nutrientes básicos originais, e em meios com diferentes suplementos. O quadro abaixo mostra os resultados obtidos pelos pesquisadores: o sinal "+" indica que houve crescimento da colônia de fungos, e o sinal "-" indica que não houve crescimento.

| Cepa | Suplementos adicionados ao meio | | | |
|-----------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Meio de cultivo mínimo | Apenas ornitina | Apenas citrulina | Apenas arginina |
| Selvagem | + | + | + | + |
| Mutante 1 | - | - | - | + |
| Mutante 2 | - | - | + | + |
| Mutante 3 | - | + | + | + |

Com base nos dados apresentados, é correto afirmar que

- A a cepa mutante 2 apresenta mutação no gene que codifica a enzima, a qual converte citrulina em arginina.

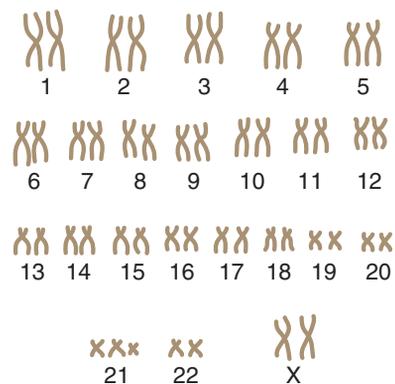
- B o experimento indica que há quatro genes envolvidos na produção de uma enzima que permite a conversão direta de um precursor inicial em arginina.
- C a cepa mutante 3 apresenta mutação no gene que codifica a enzima, a qual converte o precursor em ornitina.
- D o crescimento da colônia na cepa mutante 1, apenas com a adição de arginina no meio, indica que ela consegue converter a citrulina e a ornitina em arginina.
- E a cepa selvagem apresenta mutações em todos os genes que codificam as enzimas.

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 Uece 2019 As anomalias cromossômicas podem ser de dois tipos: anomalias numéricas e anomalias estruturais. Considerando essas anomalias, assinale a afirmação verdadeira.

- A A síndrome de Down, causada principalmente pela trissomia do cromossomo 21, é um exemplo de alteração cromossômica numérica do tipo aneuploidia.

- B As anomalias estruturais que envolvem alteração na estrutura de um conjunto extra de cromossomo são denominadas de aneuploidias.
- C As anomalias numéricas caracterizadas pela ausência ou adição de um cromossomo são denominadas de poliploidias.
- D As anomalias estruturais do tipo poliploidias identificadas na espécie humana são espontaneamente abortadas ou têm viabilidade restrita ao nascer.

13 UFSC 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 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

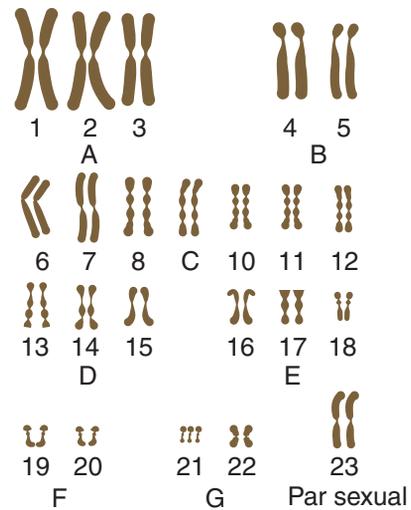
- I. Esses gêmeos são dizigóticos.
- II. A Síndrome de Down é uma aneuploidia sexual.
- III. A síndrome dessa menina pode ser decorrente de um erro durante a meiose I ou II.

Quais estão corretas?

- A Apenas I.
- B Apenas II.
- C Apenas III.
- D Apenas I e III.
- E Apenas II e III.

15 UFF O cariótipo humano é constituído pelo conjunto completo dos cromossomos ordenados de um indivíduo.

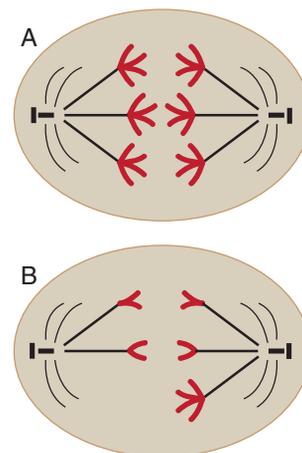
No exame pré natal de um casal cuja futura mãe tenha mais de 35 anos de idade e apresente casos de doenças genéticas na família, o médico deve indicar uma avaliação do cariótipo fetal.



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 autosomos 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.



FRENTE 1

CAPÍTULO

21

Genética de populações

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. Vamos estudar agora alguns mecanismos que levam à alteração na frequência de determinados genes em uma população.

Genética de populações

A genética de populações é responsável pelo estudo da distribuição e frequência dos alelos determinantes de características em uma população. Como vimos anteriormente, 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, independentemente 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, para que uma população permaneça em **equilíbrio genético**, ela deve respeitar 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 organismos 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, considera-se que os cruzamentos ocorram 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 **deriva genética**.

Seleção natural

Uma modificação na porcentagem de alelos de uma população, determinada por seleção natural, corresponde a um caso de evolução. Retomando o exemplo do DDT, uma população de insetos em que foi aplicado um inseticida apresenta seleção de insetos resistentes, que passam a predominar. O inseticida é uma pressão seletiva que provoca aumento na porcentagem do alelo que condiciona resistência.

Evolução é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pela seleção natural.

Deriva genética ou oscilação 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.

Deriva 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 = frequência do alelo dominante "A" (0,8)

q = 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 genotípicas 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

- Uma população em equilíbrio tem 1000 indivíduos, sendo 90 albinos. Calcular a frequência de AA, Aa e aa dessa população.

Resolução:

90 albinos (aa) em 1000

$$f(aa) = \frac{90}{1000} \text{ ou } 0,09 \rightarrow f(aa) = q^2$$

$$q = \sqrt{0,09} = 0,3$$

$$p + q = 1$$

$$p = 1 - q$$

$$p = 0,7$$

$$f(A) = p = 0,7$$

$$f(a) = q = 0,3$$

| 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 Uece 2015 Em 1908, G. H. Hardy, um matemático britânico e um médico alemão, W. Weinberg, independentemente desenvolveram um conceito matemático relativamente simples, hoje denominado de princípio de Hardy-Weinberg, para descrever um tipo de equilíbrio genético (BURNS; BOTTINO, 1991).

O princípio citado é fundamento da genética de

- A redução alélica.
- B determinantes heterozigóticos.
- C populações.
- D determinantes homozigóticos.

2 Unioeste 2018 Em 1908, dois matemáticos – G. H. Hardy e W. Weinberg – comprovaram, teoricamente, o que aconteceria com a frequência de dois alelos (“A” e “a”) na ausência de fatores evolutivos. A partir desta afirmativa, assinale a alternativa CORRETA.

- A Esta comprovação foi calculada em uma população pequena para que não houvesse erros de amostragem, os cruzamentos eram ao acaso, e não havia mutações nem migrações.
- B Na comprovação matemática dos dois pesquisadores, eles atribuíram ao alelo “A” a frequência inicial p^2 e ao seu alelo “a”, a frequência inicial q^2 .
- C Assumindo-se também a 1ª Lei de Mendel e os princípios da probabilidade, a proporção de indivíduos homozigotos dominantes na geração seguinte seria de $2p$, assim como dos homozigotos recessivos seria $2q$.
- D A população hipotética pan-mítica não existe na realidade, pois sempre há fatores evolutivos ocorrendo em uma população, tais como mutação e seleção natural, mantendo-se assim a frequência dos alelos.
- E A partir da população hipotética, foi possível caracterizar matematicamente que a evolução ocorre quando a frequência dos alelos de uma população se altera ao longo das gerações.

3 Udesc 2016 Considere que em uma determinada população em equilíbrio de Hardy-Weinberg existe um gene com dois alelos com relação de dominância entre si. Sabendo-se que a frequência do alelo recessivo nesta população é de 0,3, a frequência esperada de indivíduos com a característica dominante é de:

- A 91%
- B 50%
- C 25%
- D 75%
- E 12,5%

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 deriva genética?

8 Unicamp 2019 Uma população de certa espécie é constituída apenas por três tipos de indivíduos diploides, que diferem quanto ao genótipo em um loco. No total, há um número N_{AA} de indivíduos com genótipo AA, N_{Aa} de indivíduos com genótipo Aa, e N_{aa} de indivíduos com genótipo aa. Considerando apenas o loco exposto no enunciado, a frequência do alelo A nessa população é igual a

A $\frac{N_{AA}}{N_{AA} + N_{Aa}}$

B $\frac{N_{AA} + N_{Aa}}{N_{AA} + N_{Aa} + N_{aa}}$

C $N_{AA} + N_{Aa}$

D $\frac{2N_{AA} + N_{Aa}}{2(N_{AA} + N_{Aa} + N_{aa})}$

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 1000 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 Uerj 2019 Considere uma população de 200 camundongos que foi criada em laboratório e se encontra em equilíbrio de Hardy-Weinberg. A pelagem desses camundongos é determinada por dois genes, B e b. O gene B é dominante e determina a pelagem marrom; o gene b é recessivo e determina a pelagem branca. A frequência de indivíduos com o genótipo recessivo bb é de 16% nessa população. Sabe-se, ainda, que p representa a frequência do gene B e q a frequência do gene b. Em relação a essa população de camundongos, determine os valores de p e q e, também, o número de indivíduos heterozigotos.

Em seguida, aponte uma condição necessária para que uma população seja considerada em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

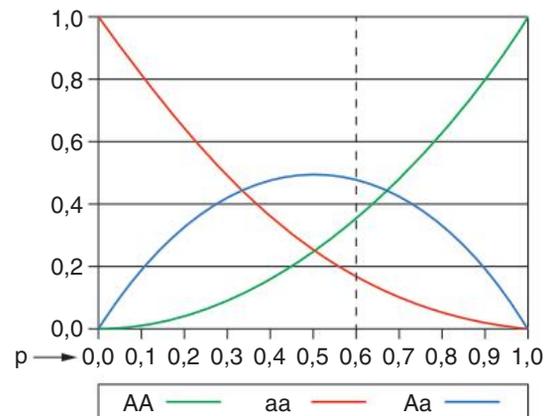
3 Unesp Considere duas populações diferentes, 1 e 2, cada uma com 200 indivíduos diploides, portanto, com 400 alelos. A população 1 apresenta 90 indivíduos com genótipo AA, 40 indivíduos com genótipo Aa e 70 indivíduos com genótipo aa. A população 2 apresenta 45 indivíduos com genótipo AA, 130 indivíduos 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 homozigotos? Explique.

4 UEL 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 D 0,56 e 0,44
B 0,44 e 0,56 E 0,34 e 0,66
C 0,50 e 0,50

5 UFRJ 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 UEG 2015 Em uma população hipotética de estudantes universitários, 36% dos indivíduos são considerados míopes. Sabendo-se que esse fenótipo é associado a um alelo recessivo "a", as frequências genotípicas podem ser calculadas pela fórmula de Hardy-Weinberg. Nesse contexto, as frequências de AA, Aa e aa correspondem a

- A 58%, 24% e 18% C 34%, 48% e 18%
B 40%, 24% e 36% D 16%, 48% e 36%

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 | 1787 | 0,30 |
| N | NN | 1303 | 0,21 |
| MN | MN | 3039 | 0,49 |
| | Total | 6129 | 1,00 |

- a) Quais as frequências dos alelos M e N nessa população?
- b) Essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg para esse *loco* 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%
B 61%
C 50%
D 49%
E 42%
- 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%
B 48%
C 36%
D 16%
E 10%
- 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 Acafe 2017** Por volta de 1900, o médico austríaco Karl Landsteiner verificou que, quando amostras de sangue de determinadas pessoas eram misturadas, em alguns casos, as hemácias se aglutinavam. Essa aglutinação ocorre devido à reação de antígenos (aglutinogênio) presentes na membrana das hemácias e anticorpos (aglutininas) presentes no plasma sanguíneo. No sistema sanguíneo ABO, a presença do antígeno é condicionada por alelos múltiplos: I^A , I^B e i . Em certa população, a frequência desses genes está assim distribuída: $I^A = 35%$, $I^B = 5%$ e $i = 60%$. Acerca das informações acima e dos conhecimentos relacionados ao tema, assinale a alternativa correta.
- A Espera-se que menos de 1% da população (0,17%) seja do grupo sanguíneo AB.
B Analisando-se a frequência do alelo i , pode-se dizer que o tipo sanguíneo mais frequente nessa população é o grupo sanguíneo O (ii).
C Nessa população, a maioria das pessoas (54,25%) são do grupo sanguíneo A.
D A frequência esperada de indivíduos do grupo sanguíneo B é de aproximadamente 0,25%.
- 13 UFJF 2019** Uma determinada espécie vegetal é composta de flores de três cores: vermelhas, rosas e brancas. Uma população desta espécie é composta de 30 indivíduos com flores vermelhas (com genótipo AA), 50 indivíduos com flores rosa (genótipo Aa) e 20 indivíduos com flores brancas (genótipo aa).
- a) Quais as frequências dos alelos A e a nesta população?
b) Se esta população se acasalar ao acaso, qual a frequência na descendência de indivíduos com o genótipo Aa?
c) Explique como a seleção natural atuaria sobre as frequências alélicas desta população.

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. Na 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 desencovou 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.

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. Pertença a outra geração política. É impossível explicar”, disse a ministra.

Lizia Bydlowski. *Veja*, 3. 1997. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/030997/p_036.html>.

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 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.



© Szelefi / 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*].

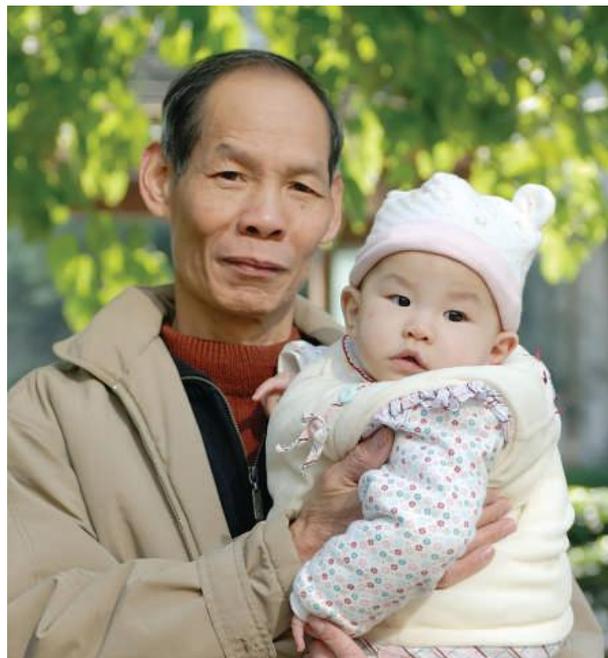
Apesar da controvérsia, a China continua a procurar maneiras de melhorar suas políticas populacionais. A NPFPC está planejando programas e

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/controlpopulacional-na-china.htm>>.



A China pode enfrentar problemas como uma força de trabalho menor, constituída de filhos únicos e de uma grande população envelhecida

© Hupeng - Dreamstime.com

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.
- **Deriva genética** (ou **oscilação 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:

$$f(A) = p \text{ e } f(a) = q$$

Frequência de alelos:

$$f(A) + f(a) = 1$$

$$p + q = 1$$

Frequência de genótipos:

$$(p + q)^2 = 1$$

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$f(AA) + f(Aa) + f(aa) = 1$$

 **Sites**

- Uma doce batalha entre os sexos.
Reportagem com estudo que demonstra a relação da seleção sexual e a competição para a escolha de parceiros entre machos e fêmeas <<https://cienciahoje.org.br/coluna/uma-doce-batalha-entre-os-sexos/>>.

 **Filmes**

- **A grande árvore genealógica.** EUA, NatGeo. 90 min.
- **Evolução genética.** EUA, Green Umbrella Limit PBS 47 min

- **Diabo-da tasmânia resistente a câncer pode salvar espécie**
Reportagem traz estudo de pesquisadores australianos sobre as causas do desaparecimento de algumas espécies, entre elas o chamado diabo-da-tasmânia.
<<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,diabo-da-tasmania-resistente-a-cancer-pode-salvar-especie,149173>>.

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.

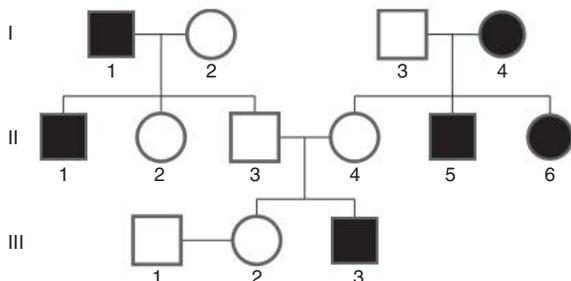
Em 2.700 casamentos ocorridos entre membros saudáveis dessas comunidades, o número esperado de casamentos com risco de gerar crianças com degenerescência nervosa é:

- A 0,3 C 45 E 90
B 3 D 60

2 FGV 2016 Em uma população caracterizada pelo equilíbrio gênico de Hardy-Weinberg, com todos os pressupostos que o tornam válido, a frequência de homozigotos recessivos para um par de alelos autossômicos é 0,49. Com base nessa informação, estima-se que, nessa mesma população, a frequência de heterozigotos seja

- A 0,03. C 0,21. E 0,51.
B 0,07. D 0,42.

3 PUC-Campinas 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 x 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 encontre 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 UPE 2018 Analise as informações a seguir:

| Fenótipo | Genótipo | Frequência genotípica observada |
|---|----------|---------------------------------|
|  | VV | 0,34 |
|  | VA | 0,48 |
|  | AA | 0,18 |

Fonte: <<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-4-numero-2-2009.html>>. (Adaptado.)

Admita que a cor das asas das joaninhas é determinada por dois alelos codominantes. O alelo V forma o pigmento vermelho, e sua frequência alélica é de $p = 0,58$. Por sua vez, o alelo A forma o pigmento amarelo, e sua frequência alélica é de $q = 0,42$. As joaninhas de asas vermelhas estão bem camufladas dos predadores, enquanto as de asas laranjas e amarelas estão razoavelmente camufladas. Apesar de as condições de equilíbrio de Hardy-Weinberg não serem alcançadas na natureza, considere que a população é numerosa, os cruzamentos são aleatórios e nenhum fator evolutivo está ocorrendo, o que permite aplicar a fórmula $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

Desse modo, qual a frequência esperada de heterozigotos para a população de joaninhas?

- A 0,181
- B 0,244
- C 0,348
- D 0,487
- E 0,843

- 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%
- B 12,5%
- C 25%
- D 50%
- E 75%

- 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 1600
- 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%
- B 19%
- C 42%
- D 81%
- E 91%

- 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%
- B 75%
- C 49%
- D 42%
- E 21%

- 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% |

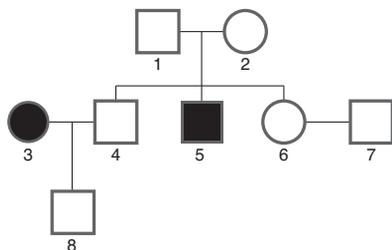
Calcule a frequência do alelo M nas duas populações e determine se a população da Europa, como um todo, é uma população pan-mítica, isto é, uma população em que os casamentos ocorrem ao acaso. Justifique sua resposta.

- 13 Unesp 2017** Em uma ilha isolada, havia uma população de roedores cuja cor da pelagem era determinada pelos alelos A e a. O alelo dominante determinava pelagem escura e o alelo recessivo determinava pelagem clara. A proporção genotípica para cada 100 indivíduos era de 50 homozigotos recessivos, 30 homozigotos dominantes e 20 heterozigotos. Um terremoto local separou a ilha em duas porções de terra, uma maior e outra menor, e cada uma ficou com a metade da população inicial de roedores, sem que houvesse fluxo de animais entre as porções. Casualmente, na porção menor, não havia roedores de pelagem clara e as condições ambientais mudaram drasticamente. Uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara nessa ilha. Após décadas, biólogos constataram que a população da ilha menor constituía uma nova espécie.

Qual a frequência do alelo recessivo na população da ilha antes do terremoto? Por que, uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara na ilha menor? Explique como a seleção natural contribuiu para a formação da nova espécie de roedores na ilha menor

- 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-Minas** 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.

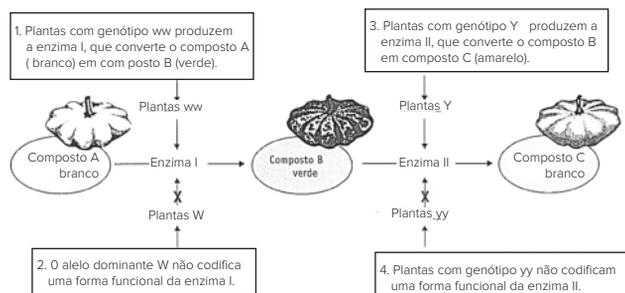
- 16 UEL** Supondo populações africanas com incidência endêmica de malária, onde a anemia falciforme não sofra influência de outros fatores e onde novas mutações não estejam ocorrendo, a frequência do gene:
- A S permanece constante.
 - B S tende a diminuir.
 - C S tende a aumentar.
 - D s permanece 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 PUC-Campinas** 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 $\frac{1}{500}$
- B $\frac{1}{12.500}$
- C $\frac{1}{25.000}$
- D $\frac{1}{50.000}$
- E $\frac{1}{100.000}$

- 19 UFSC 2016** Considere a via bioquímica de produção do pigmento amarelo em abóboras representada abaixo.



LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. *Bio.* 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013, p. 225. v. 2. (Adaptado.)

Suponha as seguintes frequências alélicas em determinada população em equilíbrio de plantas que produzem abóboras:

- 50% W e 50% w
- 40% Y e 60% y

Sobre genética e evolução e com base no que foi apresentado, é CORRETO afirmar que:

- 01 nesta população, há menos plantas produtoras de abóboras verdes do que de amarelas.
- 02 o alelo W é epistático em relação aos alelos Y e y.
- 04 espera-se, nesta população, uma distribuição de 50% de plantas que produzam abóboras brancas e 50% de plantas que produzam abóboras coloridas.
- 08 uma população está em equilíbrio, com as frequências alélicas e genotípicas constantes ao longo das gerações, quando ocorre seleção natural e deriva gênica.
- 16 o genótipo das plantas produtoras de abóboras verdes é wwyy.

Soma:



FRENTE 2

CAPÍTULO

18

Transporte e sustentação em plantas

A árvore viva com maior biomassa de que se tem registro no planeta fica no Parque Nacional das Sequoias, no estado da Califórnia, EUA. Trata-se de uma sequoia, batizada de General Sherman. A árvore tem cerca de 11 metros de diâmetro e por volta de 1486 metros cúbicos. Embora não seja a sequoia mais alta do parque, a árvore de pouco mais de 83 metros de altura, o equivalente a um prédio de 23 andares, pode ser considerada uma gigante. Estima-se que sua idade esteja entre 2 300 e 2 400 anos. Como um organismo com essas dimensões se mantém vivo ao longo de tanto tempo? Além de estar em uma área de preservação, a manutenção da planta pode ser explicada graças aos tecidos de sustentação que a compõem e à existência de tecidos que realizam o transporte de seiva orgânica e inorgânica para todas as suas partes.

Os tecidos de condução

Este capítulo trata 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 **floema** e o **xilema**, que 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 outra, no sentido da raiz para a folha. Pode haver também fluxo lateral de seiva, o que é fundamental quando um 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** ou **traqueídes** (presentes em pteridófitas, gimnospermas e angiospermas). Os elementos dos vasos lenhosos apresentam uma grande abertura em cada extremidade (superior e inferior), denominada **perfuração**, e as paredes laterais apresentam orifícios menores, conhecidos como **pontuações**. Os traqueídeos têm pontuações tanto nas paredes laterais quanto em suas extremidades (Fig. 1).

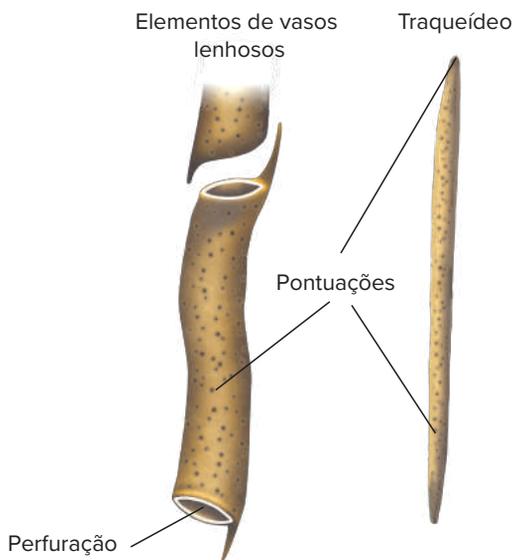


Fig. 1 Células condutoras do xilema.

O **parênquima lenhoso** é formado por células vivas, que têm como função a reserva de nutrientes

Floema (ou líber)

É responsável pelo transporte de **seiva elaborada (orgânica)**. É constituído por **vasos liberianos**, **parênquima** e **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, e 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.

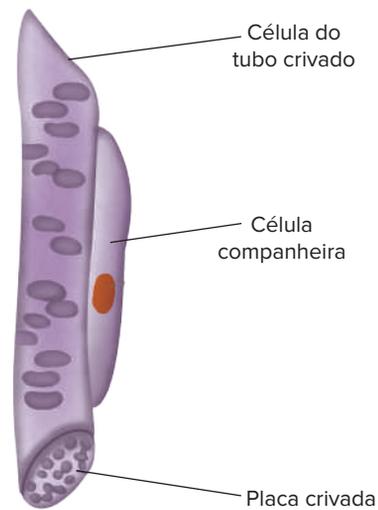


Fig. 2 Células condutoras do floema.

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, o que 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** ou **esclereídes** são células que possuem paredes espessadas e lignificadas, com muitas pontuações. Eles têm formato irregular e podem ser encontrados dispersos nos tecidos do parênquima (como na polpa do pseudofruto da pera) ou em agrupamentos, formando estruturas extremamente rígidas (como no caroço de frutos; por exemplo, o do pêssago) (Fig. 3).

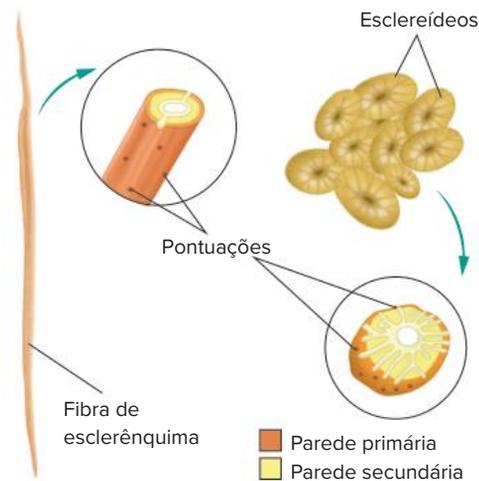


Fig. 3 Fibras e esclereídeos em corte, mostrando as paredes espessadas e as pontuações.

Colênquima

É formado por células vivas de parênquima, alongadas e reunidas em feixes, cujas paredes apresentam reforços de celulose (Fig. 4). Por ter grande força e flexibilidade, ajuda a suportar órgãos em crescimento. 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.

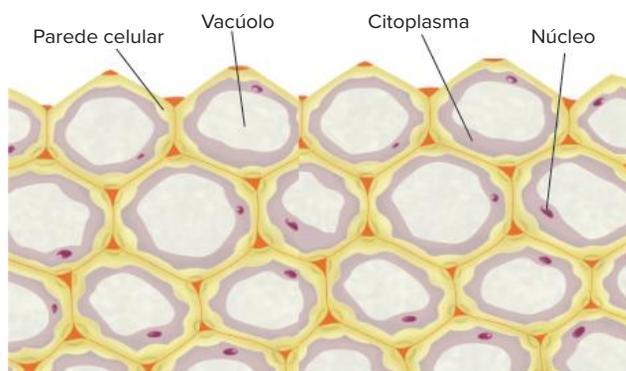


Fig. 4 Células do colênquima em corte transversal.

A condução da seiva bruta

A seiva bruta passa por tecidos da raiz até atingir os **vasos lenhosos**, sendo posteriormente conduzida, pelo caule, até chegar às folhas. A seguir, são apresentados os aspectos fisiológicos relacionados à seiva bruta, como 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.

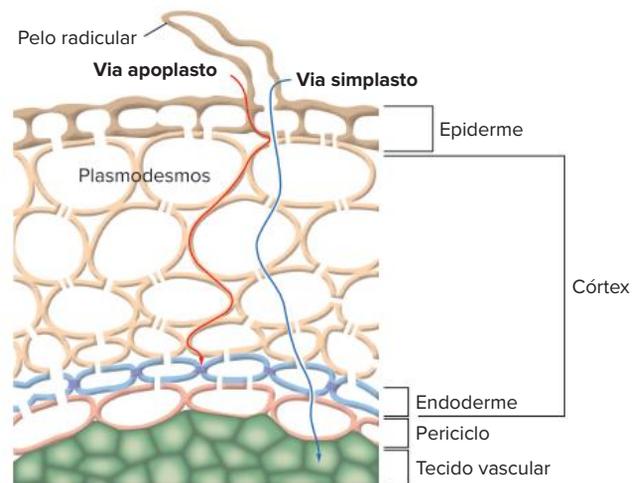


Fig. 5 Vias de transporte de água e nutrientes na raiz.

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).

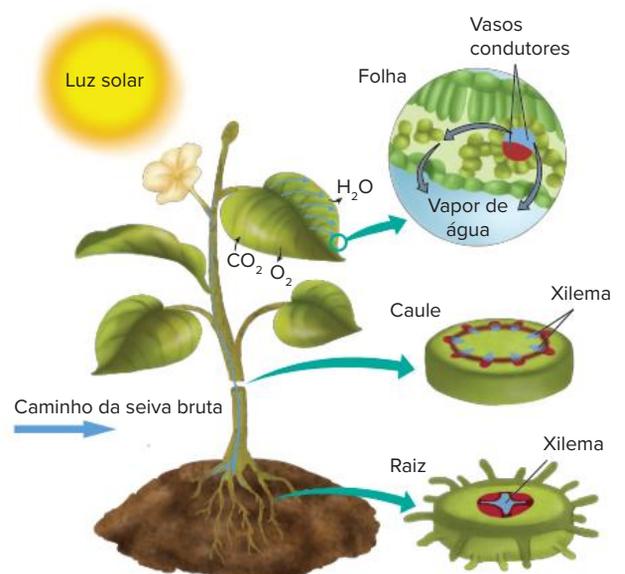


Fig. 6 A seiva bruta atravessa os pelos absorventes da raiz e chega ao xilema, pelo qual é transportada até as folhas.

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 de 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.

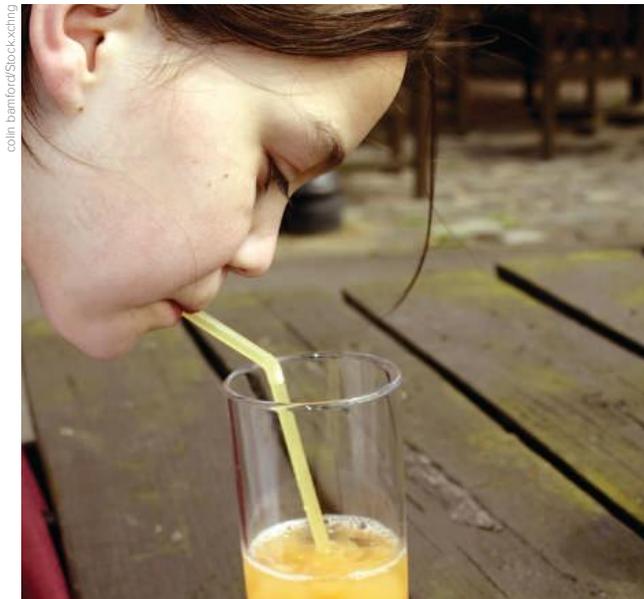


Fig. 7 A pressão atmosférica é responsável pela subida de líquido no interior do canudo.

A subida de seiva bruta pelo xilema depende da ação de mais fatores, que atuam de maneira conjunta; são eles: **capilaridade**, **pressão positiva de raiz** e **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 por 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.

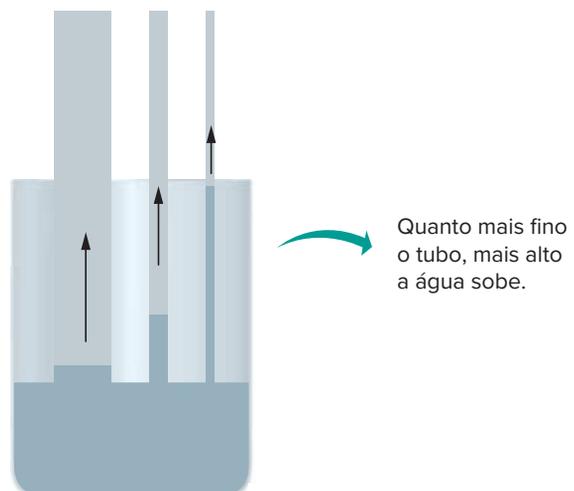


Fig. 9 O experimento mostra o efeito da capilaridade na subida do líquido.

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, ocorre o movimento de materiais do solo ao xilema por **transporte ativo**, ou seja, com gasto de energia (ATP).

Geralmente, 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 chuva ou é irrigado; 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**, também denominada sudação.

Exsudação é a perda de água na forma líquida em uma região que foi cortada; geralmente isso acontece no caule e deve-se 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**, que são estruturas complexas situadas nas bordas de folhas e em extremidades de nervuras com 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.

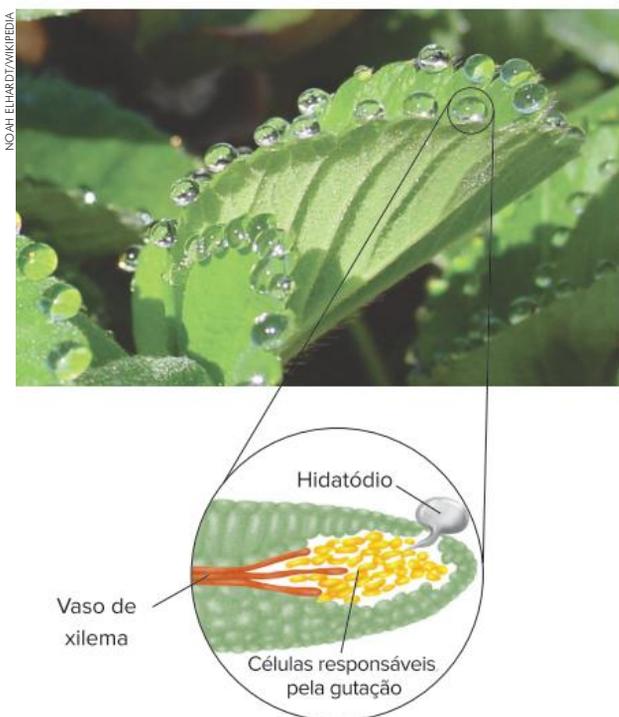


Fig. 10 Gutação em folha e detalhe da estrutura do hidatódio.

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 geralmente é muito menor do que a pressão atmosférica; é o que se denomina **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).

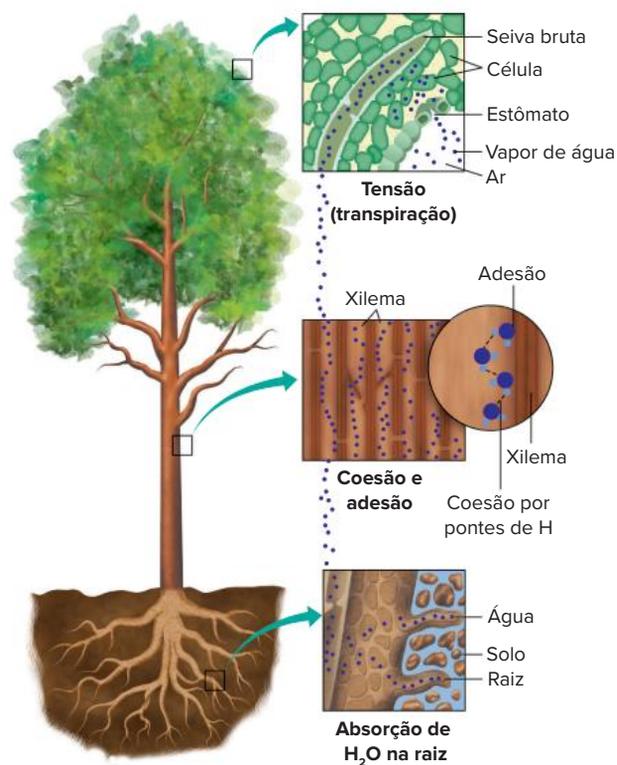


Fig. 11 Representação da hipótese de Dixon, envolvendo a manutenção da coluna de água no interior do xilema e a sua movimentação proporcionada pela sucção da copa.

A água é utilizada nas células do parênquima clorofiliano foliar para a realização de **fotosíntese** 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 retirada de solvente. Dessa maneira, há 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:

$$S_c = S_i \quad M$$

em que:

S_c = sucção celular;

S_i = sucção interna (pressão osmótica);

M = resistência da membrana celulósica.

Isso pode ser comprovado facilmente por meio de um corte de um ramo de uma planta: haverá entrada de ar no xilema e não saída de água, o que 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 quantidade muito elevada. 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 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 geralmente é oriunda dos parênquimas clorofilianos e flui pelo floema, sendo distribuída a 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 (hipótese do arrastamento molecular)**, botânico alemão da década de 1930, propõe uma explicação que ainda é considerada de grande participação na movimentação da seiva elaborada.

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).

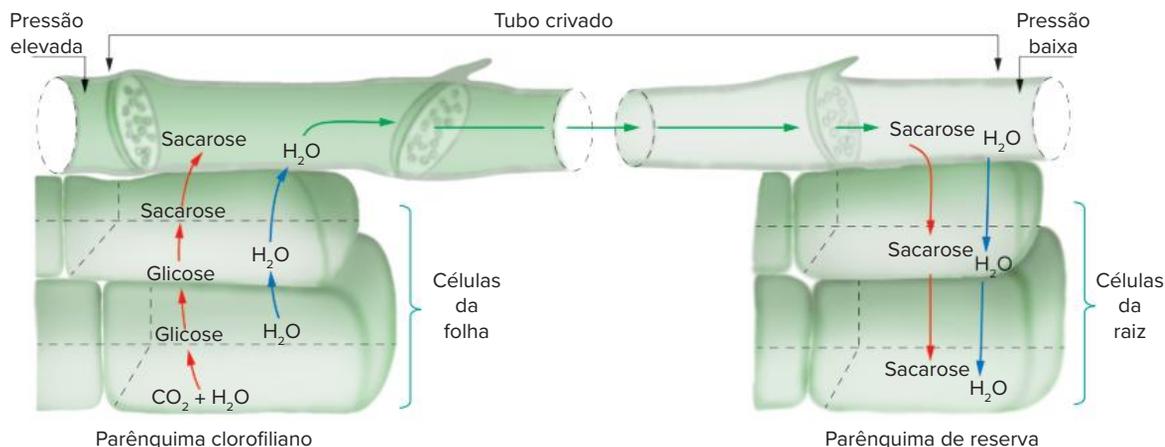


Fig. 12 Transporte de seiva elaborada segundo a teoria do arrastamento molecular.

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, o recipiente B representa a raiz e 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. 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 pelo tubo F, arrastando moléculas de sacarose até o saco B, que teve 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 pelo tubo equivalente ao floema.

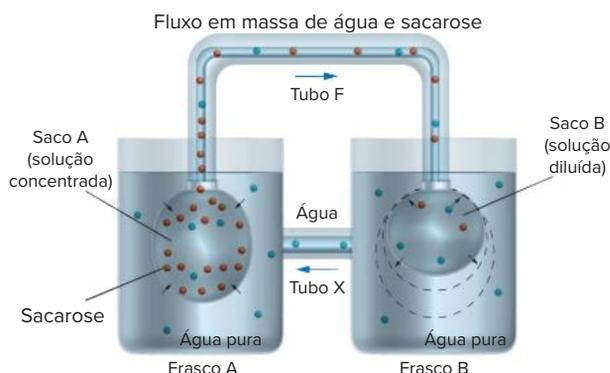


Fig. 13 Experimento de Münch para explicar o transporte de seiva elaborada

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 a pressão, entra passivamente no canal alimentar do pulgão quando ele 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 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 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 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 Uece 2019 São classificados como condutores vegetais os seguintes tecidos:

- A xilema e súber
- B xilema e floema.
- C felogênio e floema.
- D súber e felogênio.

3 UPE 2017 Para combater determinadas doenças em plantas, os agricultores recorrem aos herbicidas, uma vez que determinadas doenças virais só são possíveis de serem eliminadas, se o produto penetrar nos tecidos e nas células vegetais. Assim, focam seus estudos em substâncias que possam ser transportadas a longa distância, tanto pela associação com o floema como pelo intercâmbio entre domínios simplásticos. Quando a planta se encontra sob estresse, e as taxas de transporte via xilema e floema são mais reduzidas, os (as) _____ podem ser mais efetivos(as) no transporte das moléculas de herbicidas sistêmicos, a longa distância.

Assinale a alternativa cujo termo preenche CORRETAMENTE a lacuna.

- A vacúolos.
- B plasmodesmos.
- C estômatos.
- D lamelas médias.
- E tonoplastos.

4 FGV 2017 A fotografia mostra o corte transversal de uma raiz.



(www.ebah.com.br. Adaptado)

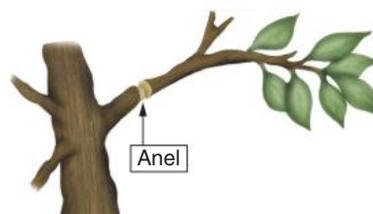
A absorção de _____ do solo através do pelo radicular ocorre por _____, atingindo o xilema

primário, tecido responsável pela condução do que foi absorvido até a porção superior dos vegetais. A principal força ascendente de condução é promovida pela _____.

Assinale a alternativa que completa, correta e respectivamente, as lacunas do texto.

- A seiva bruta ... transporte ativo ... capilaridade
- B íons minerais ... transporte passivo ... pressão osmótica
- C seiva elaborada ... difusão facilitada ... gutação
- D moléculas orgânicas ... difusão simples ... abertura estomática
- E água ... osmose ... transpiração foliar

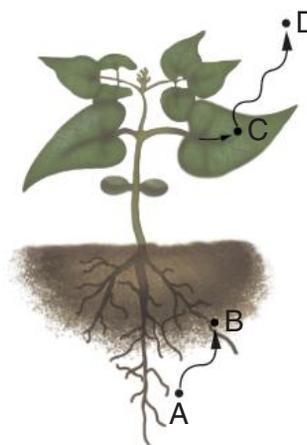
5 UFSCar O desenvolvimento de um fruto depende das substâncias produzidas na fotossíntese, que chegam até ele transportadas pelo floema. De um ramo de pessegueiro, retirou-se um anel da casca (anel de Malpighi), conforme mostra o esquema.



Responda.

- a) 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?
- b) 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.



- I. 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.

- II 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: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$.
- III. 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.
- IV. 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.
 B II e III.
 C I, II e III.
 D I e II.
 E II e IV.

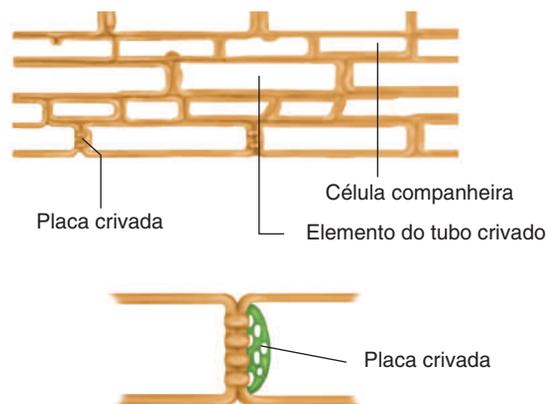
- 7 PUC-SP** Em uma planta, a coluna líquida dentro de vasos é arrastada para cima, o que se deve ao fato de as moléculas de água manterem-se unidas por forças de coesão.

A descrição acima refere-se à condução de:

- A seiva bruta pelos vasos xilemáticos.
 B seiva bruta pelos vasos floemáticos.
 C seiva elaborada pelos vasos xilemáticos.
 D seiva elaborada pelos vasos floemáticos.
 E seiva bruta pelas células companheiras, anexas aos vasos floemáticos.

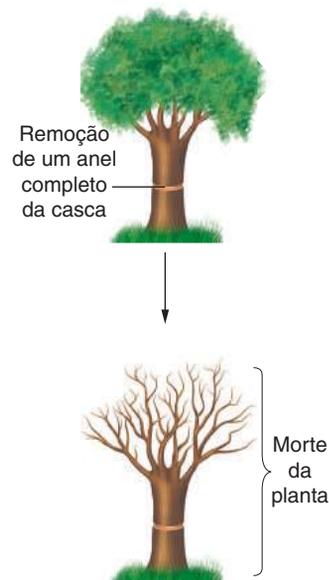
- 8 Fatec 2015** As sequoias são árvores que ocorrem na região oeste da América do Norte e que pertencem ao grupo das coníferas, também chamado de gimnospermas. Elas podem atingir mais de 100 metros de altura e para que ocorra fotossíntese em suas folhas, a água captada pelas raízes precisa percorrer toda essa distância e alcançar as suas copas. Em um edifício de altura equivalente, seria necessário o uso de potentes bombas d'água para realizar o transporte de água até os andares mais altos. Já no caso das sequoias e de qualquer outra planta de grande porte com vasos condutores de seiva, o transporte da água até o topo é explicado pela teoria da coesão-tensão de Dixon. De acordo com essa teoria, o transporte da água no interior das sequoias é decorrente, principalmente,
- A do bombeamento feito por vasos pulsáteis das raízes.
 B do aumento da temperatura das folhas e do tronco
 C da perda de água nas folhas por transpiração.
 D da entrada contínua de água pelas raízes
 E da movimentação das folhas pelo vento.

- 9 PUC-PR** A figura ilustra o sistema de que se valem os vegetais para realizar certas funções, tais como:



- A conduzir a seiva bruta, composta de água e de sais minerais.
 B realizar a transpiração.
 C conduzir seiva orgânica, das folhas à raiz
 D conduzir o dióxido de carbono, CO_2 , durante a fotossíntese.
 E 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.
 - B esclerênquima
 - C floema.
 - D parênquima.
 - E epiderme.

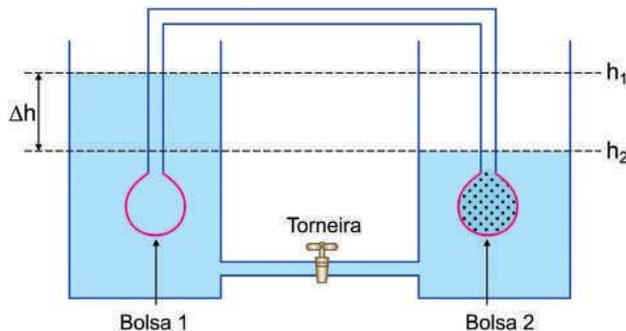
- 13 UFU 2017** Um professor de Biologia propôs a quatro grupos de alunos que pensassem sobre a explicação acerca da condução da seiva bruta no interior das plantas vasculares. Os grupos apresentaram as seguintes possibilidades explicativas:

| Grupo | Explicação |
|-------|--|
| 1. | A força impulsionadora da seiva bruta é gerada pelo diâmetro diminuto dos tubos crivados presentes nos vasos do xilema. Isso exerce adesão e coesão entre as moléculas dos vasos, promovendo a ascensão da seiva. |
| 2 | A produção de carboidratos nas folhas aumenta a concentração osmótica nesses órgãos que exercem a sucção da seiva bruta e a capilaridade no interior dos vasos do xilema. |
| 3. | A ascensão da seiva bruta é impulsionada pela sucção exercida pelas folhas quando elas perdem água pela transpiração e pela coesão das moléculas de água no interior do xilema. |
| 4. | Os solutos orgânicos acumulados no interior do xilema radicular desenvolvem uma grande pressão osmótica que mantém as forças de coesão entre as moléculas de água, impulsionando a seiva bruta até a copa das árvores. |

Qual grupo apresenta a explicação que contém aspectos nos quais se baseia a teoria de Dixon?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4

- 14 Unesp 2019** A figura reproduz o modelo físico proposto por Ernst Münch para explicar sua hipótese sobre o deslocamento de seiva nas plantas. Duas bolsas semipermeáveis, interconectadas por um tubo, são imersas em vasos que contêm o mesmo volume de água destilada. A bolsa 1 contém apenas água destilada e a 2, uma solução concentrada de água e açúcar. Os vasos são ligados por outro tubo, com uma torneira acoplada, que permanece fechada durante todo o experimento. Na figura, Δh indica o desnivelamento de água ocorrido nos vasos após o início do experimento, no curto intervalo de tempo em que o açúcar permaneceu restrito à bolsa 2.



Sobre o experimento, foram feitas as afirmações:

- I. A bolsa 1 representa o sistema radicular, enquanto a bolsa 2 representa as folhas da planta.
- II. Na bolsa que corresponderia às folhas da planta, a pressão osmótica equivale ao produto entre a densidade da água, a aceleração da gravidade e o Δh
- III. Enquanto fechada, a torneira equivale, na planta, ao método de anelamento do caule.

É verdadeiro o que se afirma em

- A I e II, apenas.
- B II e III, apenas
- C I apenas.
- D II apenas.
- E I, II e III.

- 15 UFRGS 2018** Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, sobre os mecanismos através dos quais água e solutos são transportados dentro da planta

- A água e os sais minerais podem passar entre as paredes celulares ou podem atravessar o citoplasma, nas células do córtex da raiz.
- O movimento ascendente da seiva pelo floema ocorre devido à pressão positiva na raiz
- O transporte de água para dentro do xilema ocorre por osmose, já os sais minerais são transportados por processo ativo, no cilindro central.
- A tensão provocada pela transpiração é responsável pelo transporte de sacarose.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A V V F F
- B V F V F
- C F F F V
- D V V F V
- E F V V F

- 16 UFPR** 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.

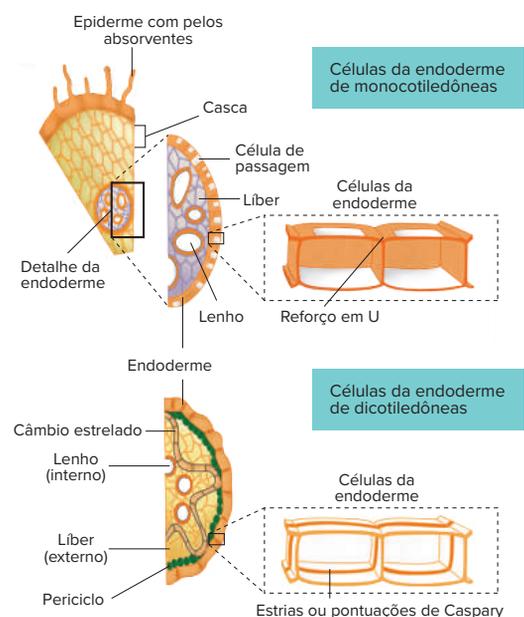
Textos complementares

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 (via simplasto) 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 estampa sua folha e, além disso, a árvore 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

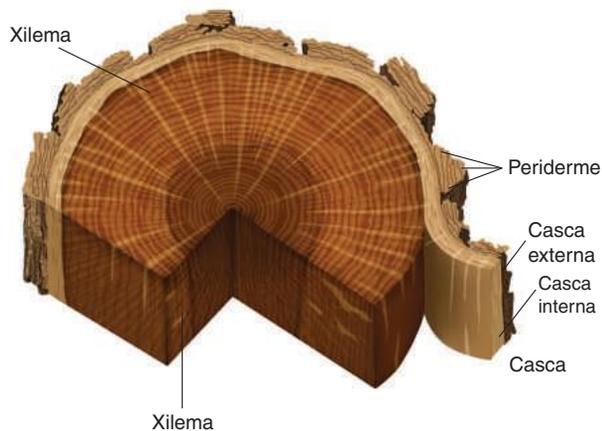


Árvore conhecida como bordo, da qual é extraído um líquido adocicado que contém os açúcares produzidos no processo de fotossíntese.

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)



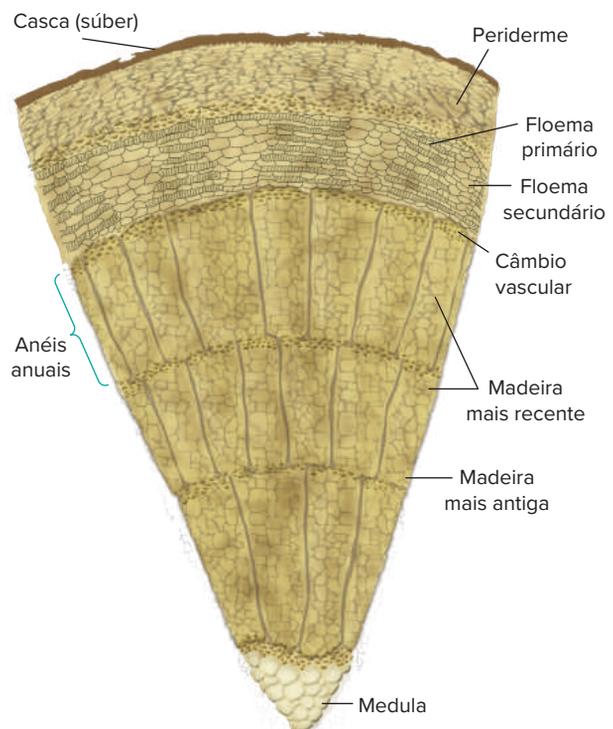
Corte de caule com crescimento secundário.

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 junto 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 de

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 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 da raiz para a folha, e também com fluxo lateral de seiva, útil quando há obstrução nos vasos. Há dois tipos de células componentes dos vasos lenhosos:
 - **Traqueídeos ou traqueídes:** 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 líber): 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 ou esclereídes:** 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 geralmente 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 geralmente no caule.

- **Sudação** (ou **gutação**): perda de água líquida pelas bordas da folha por meio de **hidatódios**, estruturas complexas que apresentam células parenquimáticas recobrimo 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, pela região posterior. 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?



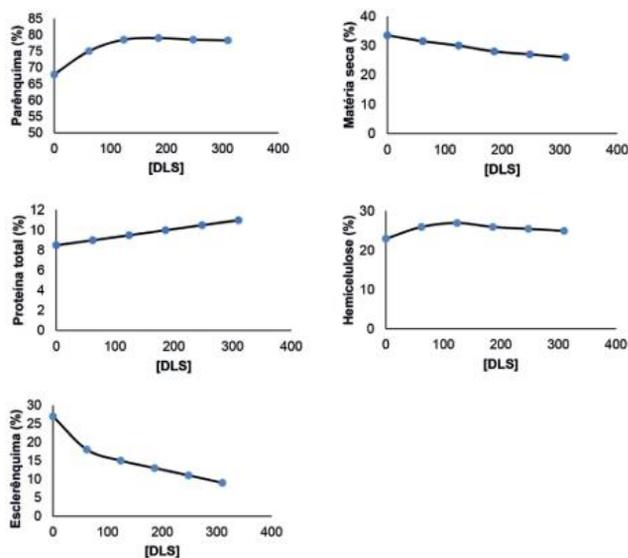
Sites

- Panorama explicativo sobre o transporte das plantas. Slides e ilustrações interessantes que permitem maior entendimento sobre a fisiologia do transporte de seiva nos vegetais.
Disponível em: <www.cientic.com/tema_plantas_pp4.html>.
- “Como sabemos a idade de uma árvore?”. Reportagem e infográfico com explicações sobre os métodos de se avaliar a idade de uma planta por meio do seu sistema de transporte de seiva.
Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Galileu/0,,EDG85318-7946-209,00-COMO+SABEMOS+A+IDADE+DE+UMA+ARVORE.html>>.

Exercícios complementares

- 1 UFC** 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.
- Coesão entre as moléculas de água, adesão entre essas moléculas e as paredes do xilema, tensão gerada no interior dos vasos pela transpiração foliar.
 - Aumento da concentração osmótica no interior dos vasos xilemáticos da raiz, entrada de água por osmose, impulsão da seiva para cima.
 - Semelhança dos vasos do xilema a tubos de diâmetro microscópico, propriedades de adesão e coesão das moléculas de água, ocorrência do fenômeno da capilaridade.
 - Permeabilidade seletiva das células do córtex da raiz, presença da endoderme com as estrias de Caspary, transporte ascendente da seiva bruta.
 - Produção de carboidratos nas folhas, aumento da concentração osmótica nesses órgãos, ascensão da seiva bruta por osmose e capilaridade nos vasos do xilema.

- 2 UFPR 2020** A grama-missioneira-gigante (um híbrido de *Axonopus jesuiticus* × *A. scoparius*) é utilizada para alimentação animal em pastagens da região Sul do Brasil. Para estudar formas de melhorar sua digestibilidade, foi aplicado dejetos líquidos suíno (DLS), em diferentes concentrações, sobre áreas com a grama, por dois anos. Os demais parâmetros do experimento foram controlados. Os resultados observados estão apresentados nas figuras abaixo:



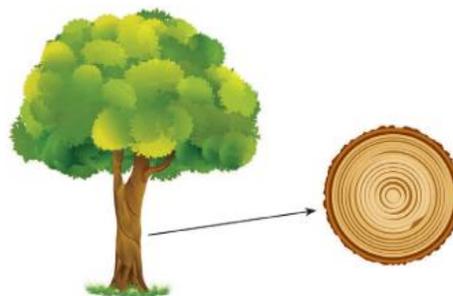
O componente que teve relevância para o aumento da digestibilidade em função do aumento da concentração de DLS foi:

- o parênquima.
- a matéria seca.
- a hemicelulose.
- a proteína total.
- o esclerênquima.

- 3 UFSCar** 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:

- elementos do xilema, no interior dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por forças de coesão.
- elementos do floema, no interior dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica.
- elementos do parênquima, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica e forças de coesão.
- elementos do parênquima e floema, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por forças de coesão.
- elementos do xilema e do floema, dentro dos quais as moléculas de água se mantêm unidas por pressão osmótica.

- 4 Uerj 2019 (Adapt.)** A contagem e a análise dos anéis de crescimento presentes nos troncos de árvores e arbustos possibilitam estimar a idade da planta e investigar as condições climáticas de épocas preexistentes. Sabe-se que a grande disponibilidade de água, durante os períodos úmidos, favorece o crescimento de células com grande calibre, formando anéis claros. Já em períodos mais secos, as células ficam mais compactadas, formando anéis escuros. Observe a ilustração de um corte transversal do tronco de uma árvore, com anéis de crescimento claros e escuros:



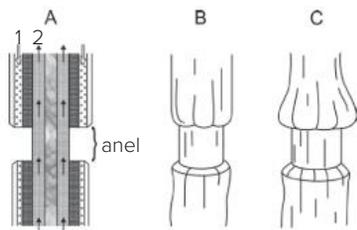
Adaptado de revistas ufpr br

Indique o tipo de tecido condutor responsável pela formação dos anéis de crescimento. Indique, também, dentre as substâncias químicas presentes nesse tecido, aquela que confere mais rigidez às paredes das células. Aponte, ainda, as duas principais funções desse tecido para os vegetais.

- 5 Famerp 2020** Um jovem morador do litoral usou água do mar para regar cinco vasos de azaleias. Fez isso por duas semanas ininterruptamente. Depois desse período, todas as plantas estavam mortas, evidenciando um caso de seca fisiológica. Sabe-se que a azaleia é uma planta eudicotiledônea, que deve receber água todos os dias, sobretudo no verão.

- a) Na raiz íntegra de azaleia, quais estruturas são responsáveis pela absorção de água e de minerais? De qual tecido essas estruturas se originam?
- b) O que é a seca fisiológica? Explique a relação entre a prática realizada pelo jovem e esse fenômeno que levou as plantas à morte

6 UEL 2020 As figuras a seguir ilustram a prática conhecida como Anel de Malpighi.



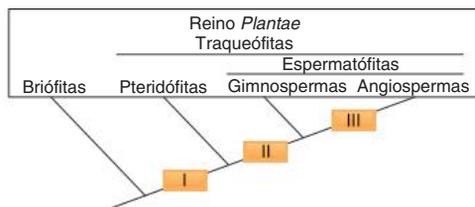
Essa prática consiste na retirada de um anel contendo alguns tecidos do caule ou dos ramos de uma árvore. Em A, está representado o movimento da condução de seiva, em B, o caule principal da planta após a retirada do anel e, em C, o aspecto apresentado pelo caule principal após algumas semanas.

Com base nas figuras, responda aos itens a seguir.

- a) Qual a função dos tecidos representados pelos números 1 e 2 em A? Em C, o que ocorrerá com a planta após algum tempo e por quê?
- b) O anel de Malpighi interfere no fluxo em massa de solutos. Como ocorre esse fluxo em massa?
- 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:
- A parênquima clorofiliano e súber.
 B xilema e cotilédones.
 C esclerênquima e xilema.
 D floema e súber.
 E floema e cotilédones.

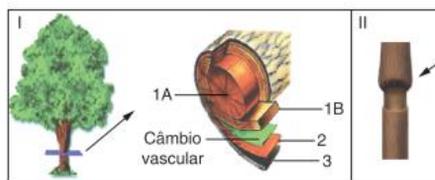
- 8 UFRGS** A planta denominada erva-de-passarinho é uma hemiparasita. Nesse caso, o tecido vegetal da árvore hospedeira, onde os elementos nutritivos são absorvidos, é o:
- A colênquima. D parênquima.
 B floema. E xilema.
 C esclerênquima.

9 Unicamp 2010 O esquema a seguir representa o mais recente sistema de classificação do Reino *Plantae*.



- a) 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?
- b) A dupla fecundação é característica das angiospermas. Em que consiste e quais os produtos formados com a dupla fecundação?

10 UFF Com base nos conhecimentos sobre anatomia e fisiologia vegetal e nas figuras I e II:



- a) identifique e diferencie funcionalmente as duas regiões, 1A e 1B, do tronco da árvore mostrada na figura I.
- b) indique o número do tecido responsável pela condução da seiva elaborada mostrado na figura I e o nome dele.
- c) 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).
- d) informe o que acontecerá com a planta após um período prolongado sem esse anel. Explique.

11 Udesc 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.

- A V – F – F – V – V D F – F – V – V – F
 B V V V F F E F F V F V
 C V V F F V

FRENTE 2

CAPÍTULO

19

Hormônios vegetais

Diversos fatores podem influenciar o desenvolvimento das plantas. Entre eles, está a ação dos hormônios vegetais, substâncias relacionadas a vários processos fisiológicos, como a germinação de sementes, o crescimento, a curvatura do caule em direção à luz e a produção de flores e frutos.

As respostas fisiológicas a estímulos externos, como a redução de atividade metabólica em determinadas estações do ano – por exemplo, durante o inverno e a queda de folhas no outono – ou mesmo a determinação dos períodos de florescimento e frutificação são eventos mediados por hormônios. Além disso, essas substâncias também podem ser produzidas de modo sintético e aplicadas em diferentes técnicas agrícolas, possibilitando o aumento da produtividade.

Hormônios e desenvolvimento

O desenvolvimento das plantas 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 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 toda a planta por meio 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 A produção das citocininas 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 As giberelinas 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).

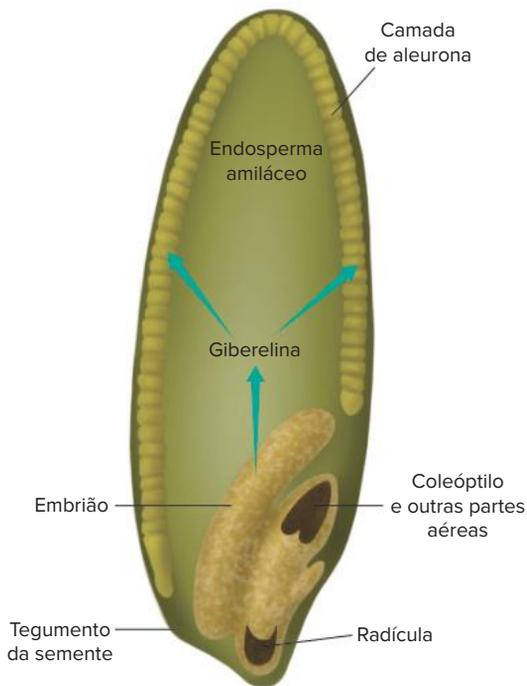


Fig. 3 A atuação de giberelinas em sementes estimula a germinação.

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).

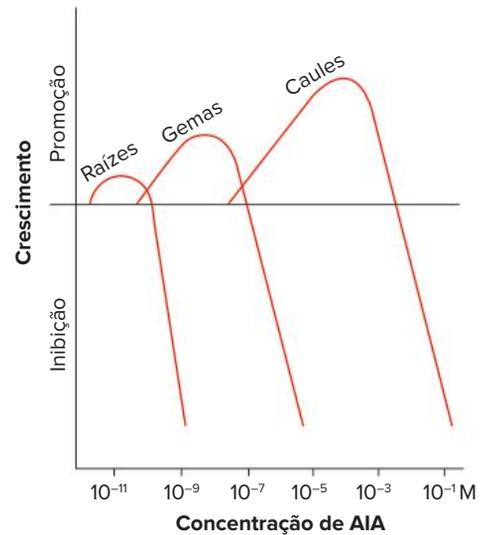


Fig. 4 Sensibilidade de partes da planta à auxina. A concentração ótima para o crescimento do caule promove inibição de gemas laterais e de raízes.

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).

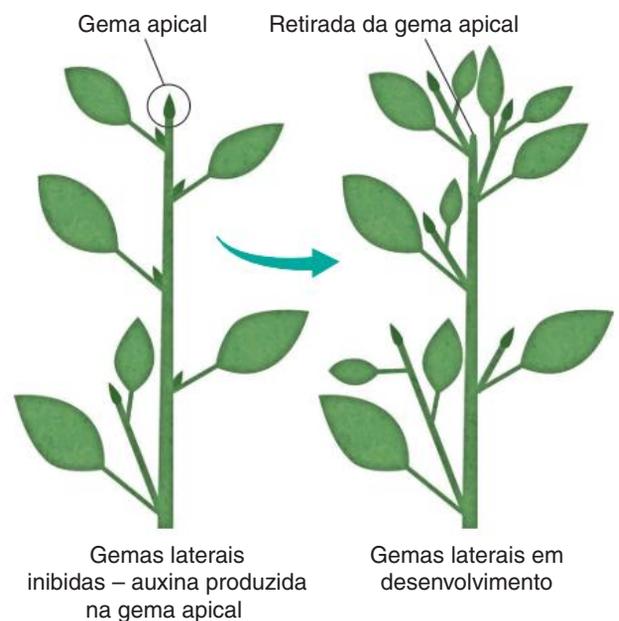


Fig. 5 Dominância apical da auxina.

Efeito herbicida

O 2,4D é o principal componente de um herbicida muito empregado na agricultura, que 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).

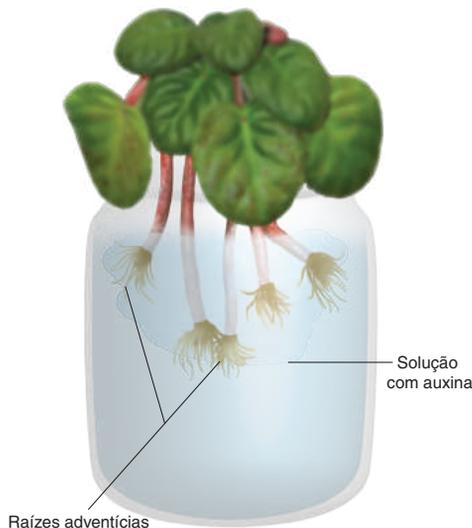


Fig. 6 A presença de auxina na solução estimula a formação de raízes adventícias.

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).

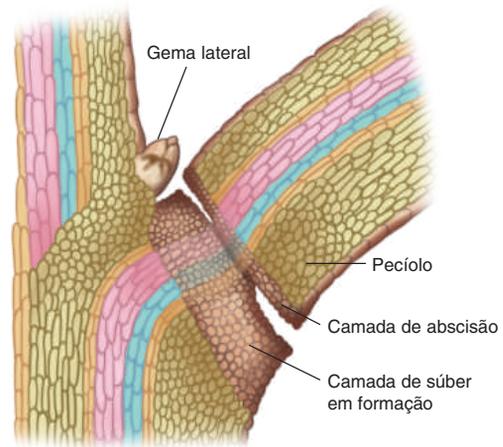


Fig. 7 Folhas senescentes apresentam redução na síntese de auxina; isso provoca a formação de um tecido de abscisão no pecíolo.

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 (C₂H₄)**, 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 o desenvolvimento de uma planta?

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?

10 Como é chamado o hormônio de maturação nas plantas? Qual a ação dele na planta e na manutenção da espécie vegetal?

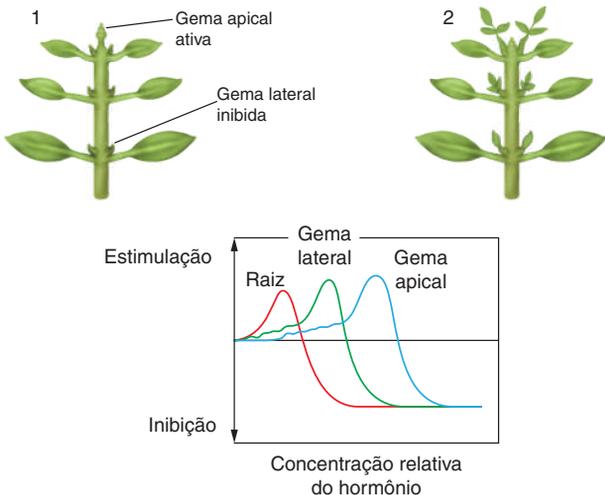
Exercícios propostos

- 1 **UFF** Dividiu-se um cacho de bananas verdes em duas partes: a primeira foi colocada em um saco pouco arejado e a segunda foi exposta ao ar. Após alguns dias, verificou-se que as frutas colocadas no saco amadureceram mais rapidamente. Isso se deu em consequência:
- A da diminuição da pressão parcial de O_2 , que estimula a liberação de auxinas
 - B do aumento da pressão parcial de CO_2 , que estimula a liberação de giberelinas.
 - C da liberação de um hormônio de natureza gasosa.
 - D da liberação de ácido abscísico, hormônio de natureza proteica.
 - E da diminuição da ação das auxinas, que são ativadas pela luz.
- 2 **Uerj** A senescência e queda das folhas de árvores são fenômenos observados com grande intensidade no outono, em regiões de clima temperado, quando as noites se tornam progressivamente mais frias e os dias mais curtos. A diminuição da temperatura e a menor iluminação acarretam as seguintes alterações de níveis hormonais nas folhas:
- A diminuição de auxina e aumento de etileno.
 - B aumento de auxina e diminuição de etileno.
 - C aumento de giberelina e aumento de auxina.
 - D diminuição de giberelina e aumento de auxina.
- 3 **UEPG** Sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas:
- 01 a giberelina inibe o crescimento do caule e das folhas.
 - 02 a auxina estimula o crescimento de raízes e caules.
 - 04 o ácido abscísico estimula o crescimento da planta como um todo.
 - 08 a citocinina estimula a divisão e o crescimento celular.
 - 16 o etileno promove o amadurecimento dos frutos.
- Soma:
- 4 **FMP 2019** Durante o século XIX, quando o gás do carvão foi usado como combustível para a iluminação pública, foi verificado que o vazamento de tubulação de gás provocava a queda de folhas de árvores próximas. O gás responsável por esse fato era o gás etileno. Além da abscisão foliar, outra função desse fitormônio é
- A promover o amadurecimento de muitos tipos de frutos.
 - B estimular o crescimento do tubo polínico durante a dupla fecundação
 - C inibir a formação da raiz e de pelos absorventes.
 - D retardar o envelhecimento da folha por inibição da degradação de proteínas.
 - E atuar no fototropismo e no geotropismo.
- 5 **UFRJ** O etileno é um hormônio vegetal gasoso e incolor, produzido nas folhas, nos tecidos em fase de envelhecimento e nos frutos, onde determina o seu amadurecimento e sua queda. Que relação pode ser feita entre a ação do etileno e o hábito, bastante comum, de se embrulhar em jornal os frutos verdes, retirados precocemente, para que amadureçam mais rapidamente?
- 6 **UEL** Muitas pessoas cortam folhas de violeta-africana e as enterram parcialmente para que enraízem e formem novos indivíduos. Em relação a este fato, é correto afirmar:
- A só as gemas na planta adulta produzem auxinas para o enraizamento.
 - B o ácido abscísico é o principal fitormônio envolvido na formação das plantas filhas.
 - C as giberelinas inibem a dominância apical.
 - D as auxinas estimulam o enraizamento e também o alongamento celular.
 - E só se formam raízes se a citocinina estiver em concentração elevada.
- 7 **UFU** Considere as afirmativas a seguir e assinale a alternativa correta.
- I O AIA (ácido indolilacético) nem sempre estimula o crescimento vegetal, podendo também inibi-lo, dependendo de sua concentração e do órgão onde atua
 - II. Citocinina é um nome geralmente dado a certas substâncias naturais ou sintéticas que, nos vegetais, estimulam divisões celulares.

- III Os efeitos mais marcantes da ação do etileno nos vegetais referem-se à quebra de dormência de sementes e à formação de frutos partenocárpicos
- A I e II estão corretas.
 B Apenas I está correta.
 C II e III estão corretas.
 D I e III estão corretas.

- 8 UCS 2017** Os vegetais constituem-se a base alimentar do Planeta. O desenvolvimento e o crescimento das plantas são regulados pelos fitormônios ou hormônios vegetais (do grego *horman*, colocar em movimento). Embora a definição seja essa, existe um hormônio que pode inibir o crescimento das plantas, principalmente no inverno, e também ser responsável pelo controle da abertura dos estômatos em estiagens, além de causar a dormência de sementes. Assinale a alternativa que apresenta o hormônio caracterizado acima.
- A Auxina D Giberelina
 B Ácido abscísico E Etileno
 C Citocinina

- 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 UFJF 2018

“O crescimento e o desenvolvimento de um organismo pluricelular não seriam possíveis sem que houvesse uma comunicação efetiva entre as suas células, tecidos e órgãos. Tanto nas plantas quanto nos animais, a regulação e a coordenação do metabolismo, do crescimento e da morfogênese dependem de sinais químicos, denominados hormônios. O termo “hormônio” provém do grego *horman*, que significa “estimular”.”

Raven, P.H.; Evert, R.F; Eichhorn, S.E. 2014. *Biologia Vegetal*. 8ª ed. Ed. Guanabara Koogan S.A., RJ.

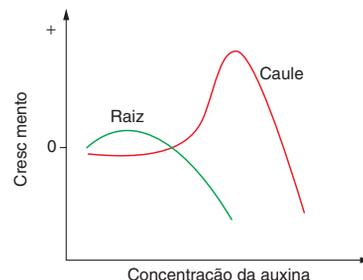
São feitas as seguintes afirmativas sobre hormônios vegetais:

- As auxinas são responsáveis pelo crescimento do vegetal, pela dominância apical e pelo desenvolvimento de frutos.
- O etileno promove o amadurecimento de frutos.
- As giberelinas promovem a germinação de sementes e o alongamento do caule
- As citocininas são inibidoras de crescimento e promotoras de dormência de gemas e sementes.
- O ácido abscísico estimula o desenvolvimento de gemas e retarda o envelhecimento de órgãos.

São CORRETAS:

- A I, II e III.
 B II, III e IV.
 C III, IV e V.
 D I, II e V
 E II, IV e V

- 12 UFSCar** O crescimento das raízes e dos caules das plantas é devido à ação de hormônios vegetais, entre 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, em pesquisas independentes, as auxinas e as giberelinas, por Went e Kurosawa, respectivamente.

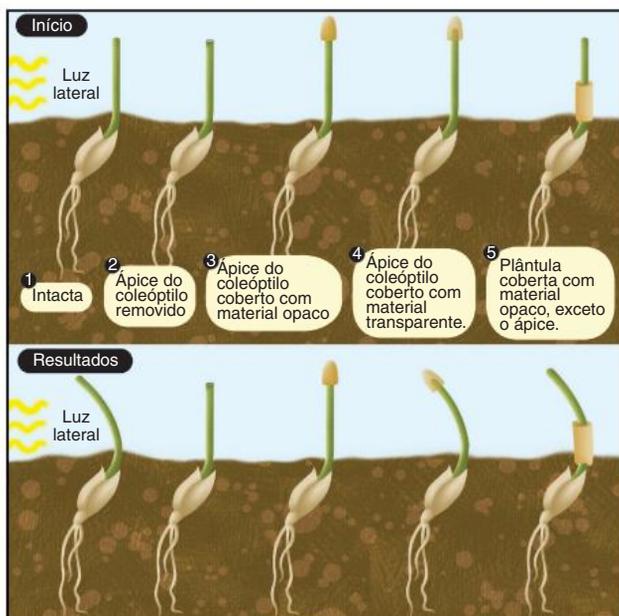
O trabalho de Went

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



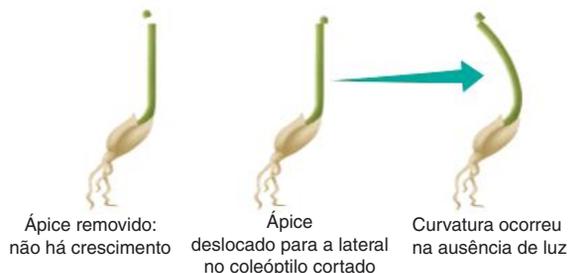
Estrutura de um coleóptilo.

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.



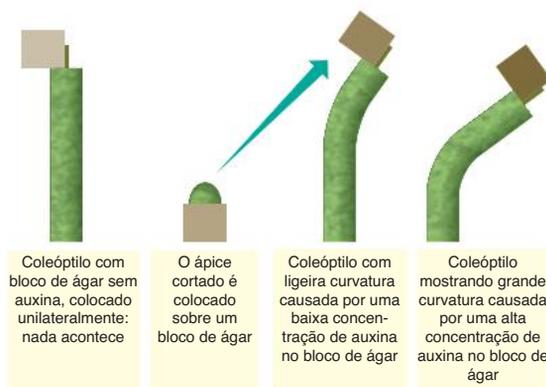
Experimentos de Darwin.

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”.

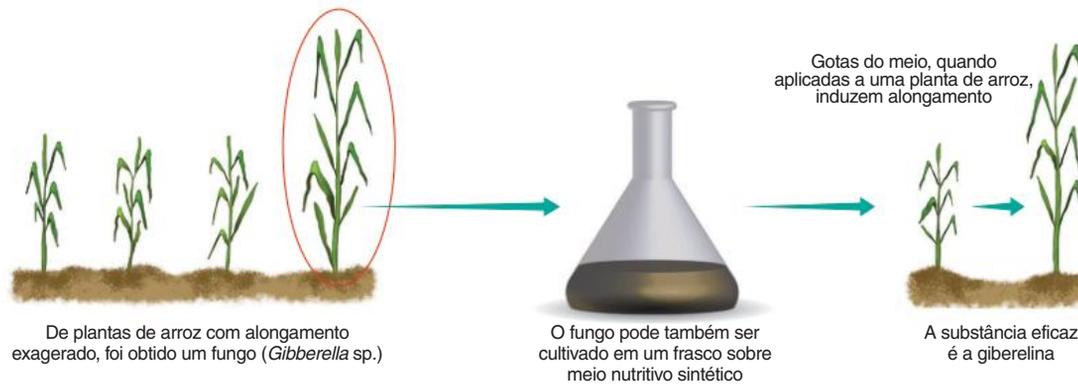


Atuação da auxina como indutor de crescimento.

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 Ewiti 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

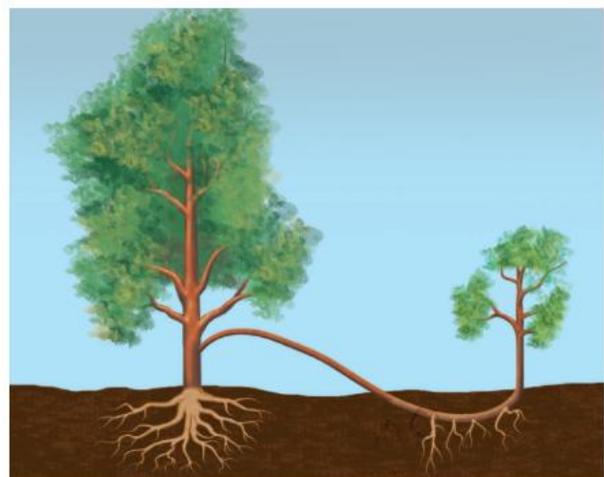
Há muitas técnicas agrícolas de **propagação vegetativa de plantas**, realizadas por meio de processos assexuados. Isso permite obter plantas geneticamente idênticas à planta-mãe, conservando características que se deseja preservar na descendência. Outra vantagem desse tipo de procedimento é a rapidez 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.



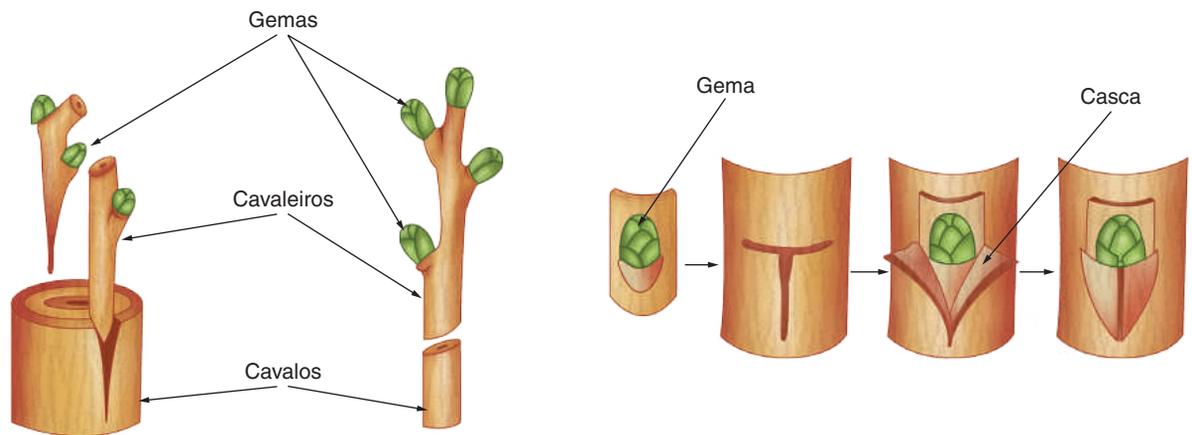
Mergulhia.

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: <<https://agencia.fapesp.br/compensacao-indesejada/8602/>>. (Adapt.).

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 pela planta por meio 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 no início da 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 ao longo do percurso. Assim, 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** (ácido naftaleno acético).

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 (C₂H₄)** 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.



Sites

- Câncer em plantas Colunista mostra como surgem os tecidos tumorais em vegetais, também chamados de galhas Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/coluna/cancer-em-plantas/>>.

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 UFJF 2016** Hormônios vegetais atuam em concentrações muito reduzidas sobre grupos de células específicas. Sobre os hormônios vegetais são feitas as seguintes afirmativas:
- Auxina é importante na dominância apical e no desenvolvimento de frutos.
 - Giberelinas estimulam o alongamento do caule.
 - Citocininas estimulam divisões celulares e o desenvolvimento de gemas.
 - Ácido abscísico promove a dormência de gemas e o fechamento de estômatos.
 - Etileno estimula o amadurecimento de frutos.

São CORRETAS:

A I, II e V.

C I, III e IV.

E I, II, III, IV e V.

B I, IV e V.

D II, III, IV e V.

- 3 Unesp 2017** Uma gimnosperma conhecida como cedrinho (*Cupressus lusitânica*) é uma opção de cerca-viva para quem deseja delimitar o espaço de uma propriedade. Para isso, mudas dessa espécie são plantadas a intervalos regulares. Podas periódicas garantem que o espaço entre as mudas seja preenchido, resultando em uma cerca como a ilustrada na imagem.



(www.mariplantas.com.br)

Para se obter uma cerca-viva de altura controlada, que crie uma barreira física e visual, deve-se

- estimular a produção de auxinas pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente a gema apical.
- estimular a produção de auxinas pela gema apical das plantas, podando periodicamente as gemas laterais.
- inibir a produção de auxinas pela gema apical e pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente as gemas laterais e a gema apical.
- inibir a produção de auxinas pela gema apical das plantas, podando periodicamente as gemas laterais
- inibir a produção de auxinas pelas gemas laterais das plantas, podando periodicamente a gema apical

4 Fatec 2017

Hormônio do crescimento de plantas é alvo de pesquisa chinesa

Um grupo de pesquisadores tem como principal objetivo desvendar o funcionamento dos hormônios nas plantas

“Um desses fitormônios é o etileno, molécula de gás que regula uma ampla gama de processos, incluindo o amadurecimento de frutos, o envelhecimento de folhas e de flores, a tolerância ao estresse e a defesa contra patógenos”, explicou o pesquisador Hongwei Guo, professor da Escola de Ciências da Vida da Universidade de Pequim

“Temos estudado fatores que medeiam a regulação de respostas de plantas ao etileno, como a interação com outros fitormônios. Essas interações indicam a existência de complexas redes de sinalização na ação do etileno nas plantas”. Entre esses outros hormônios, o pesquisador mencionou a citocinina, a auxina e a giberelina

“Identificamos que os fatores de transcrição conhecidos como EIN3 e EIL1 representam uma integração fundamental nas ações entre o etileno e outros fitormônios”, disse Guo.

<http://tinyurl.com/jrz82hw>. Acesso em: 24.08.2016. Adaptado

Na caatinga brasileira, plantas como os mulungus (*Erythrina* spp) são classificadas como caducifólias porque apresentam a perda sazonal das folhas.

O hormônio e a adaptação diretamente relacionados a esse mecanismo fisiológico são, respectivamente,

- A ácido abscísico e aumento da transpiração.
- B auxina e diminuição da fotossíntese.
- C citocinina e aumento da transpiração
- D etileno e diminuição da transpiração.
- E giberelina e aumento da fotossíntese.

5 UEG 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 UEL 2016 Hormônios são substâncias produzidas por um determinado grupo de células ou tecidos e estimulam, inibem ou modificam a resposta fisiológica e o desenvolvimento de outras regiões do próprio organismo. Nas plantas, eles também são chamados de fitormônios e participam de diferentes fases do desenvolvimento vegetal. Sobre os fitormônios, responda aos itens a seguir.

- a) Muitas espécies de plantas ornamentais e frutíferas são podadas entre as estações reprodutivas. Que tipo de resposta fitormonal essa poda costuma desencadear e qual a sua consequência?
- b) Quais são os efeitos do fitormônio etileno?

7 Uerj Fitormônios são substâncias que desempenham importantes funções na regulação do metabolismo vegetal. Os frutos sem sementes, denominados partenocárpicos, 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-SP 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:

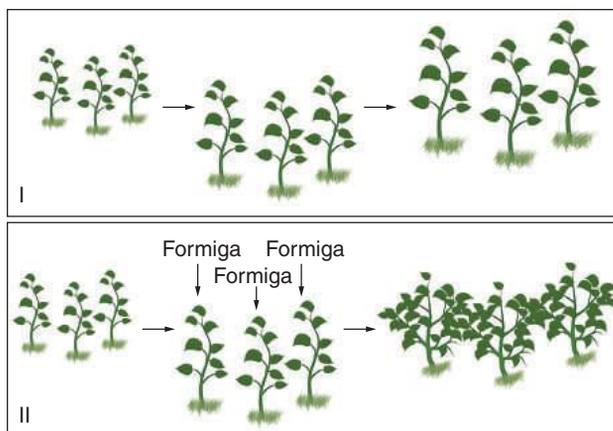
- A o efeito das auxinas A e B depende do órgão em que atuam.
- B a ação da auxina é diretamente proporcional à concentração de auxina usada.
- C a ação da auxina depende da espécie vegetal considerada na experiência
- D os resultados obtidos independem do tipo de auxina utilizada.
- E os resultados obtidos com a auxina B são os mesmos que foram obtidos apenas com água.

9 Unifesp 2017 Os estômatos constituem uma das principais rotas de entrada de patógenos em plantas. O hormônio vegetal ácido abscísico (ABA) regula muitos processos envolvidos no desenvolvimento da planta e na sua adaptação a estresses bióticos e abióticos. Recentemente, vários estudos têm demonstrado que o ABA tem importante função na resposta do vegetal ao ataque de vários agentes patogênicos que entram pelos estômatos, tais como bactérias, fungos e vírus. Na fase pré-invasiva, ocorre aumento na concentração do ABA nas folhas que resulta em resistência contra o ataque de patógenos.

(Chae Woo Lim *et al* / International Journal of Molecular Sciences Julho de 2015. Adaptado.)

- Em que tecido foliar os estômatos são encontrados? Cite um fator abiótico que interfere nos movimentos estomáticos.
- Quando os estômatos são invadidos por patógenos, qual o efeito do ABA sobre a concentração de íons potássio (K^+) e sobre o volume de água no interior das células estomáticas?

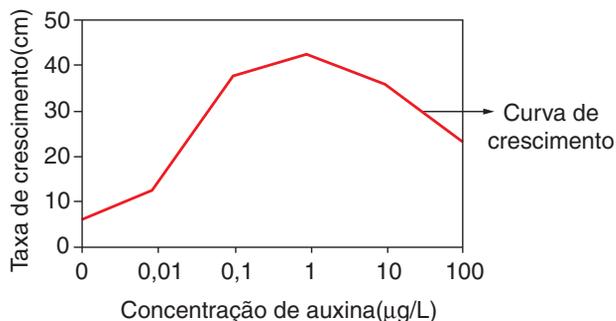
10 UFMG Analise os esquemas I e II, em que estão representadas diferentes situações de crescimento de uma mesma espécie vegetal.



A partir dessa análise, é correto afirmar que a mudança observada nas plantas do esquema II decorre de:

- redirecionamento dos hormônios de crescimento
- aumento da concentração dos hormônios de dormência.
- estimulação dos hormônios de envelhecimento
- produção de hormônios de amadurecimento.

11 UFSC 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



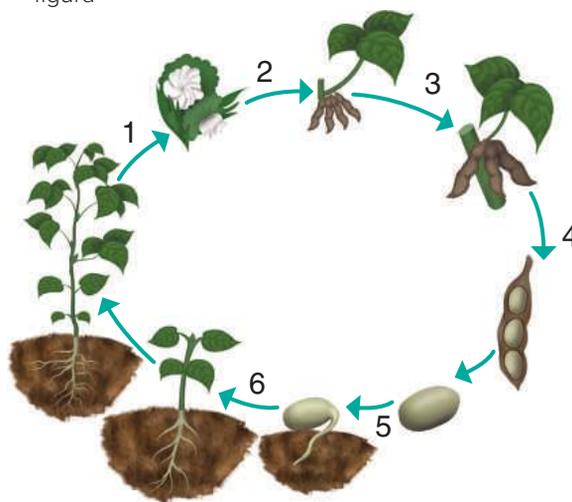
Pela análise do gráfico, é correto afirmar que:

- quanto maior a concentração do hormônio, maior será o desenvolvimento vegetal.

- acima da concentração $1 \mu\text{g/L}$, há acentuado crescimento vegetal.
- concentrações entre $0,1 \mu\text{g/L}$ e cem vezes esta concentração são consideradas ideais para quem quiser obter plantas em torno de 40 cm .
- $0,01 \mu\text{g/L}$ é a concentração em que ocorre melhor desenvolvimento do vegetal.
- um centésimo de $1 \mu\text{g/L}$ dessa auxina é suficiente para fazer com que o vegetal atinja pouco mais de 20 centímetros
- o conhecimento das concentrações ótimas das auxinas é valioso na produção de espécies vegetais comercialmente vantajosas.

Soma:

12 UFPE 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 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.



FRENTE 2

CAPÍTULO

20

Movimentos vegetais e fotoperiodismo

Nem sempre percebemos, mas as plantas apresentam movimentos durante todo o seu desenvolvimento, desde a germinação das sementes. Esses movimentos podem ser reversíveis ou irreversíveis e são estimulados por uma série de fatores como a luminosidade, a presença de determinadas moléculas e até mesmo estímulos mecânicos. Além desses estímulos, alguns movimentos vegetais podem ser mediados por hormônios.

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**.

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).

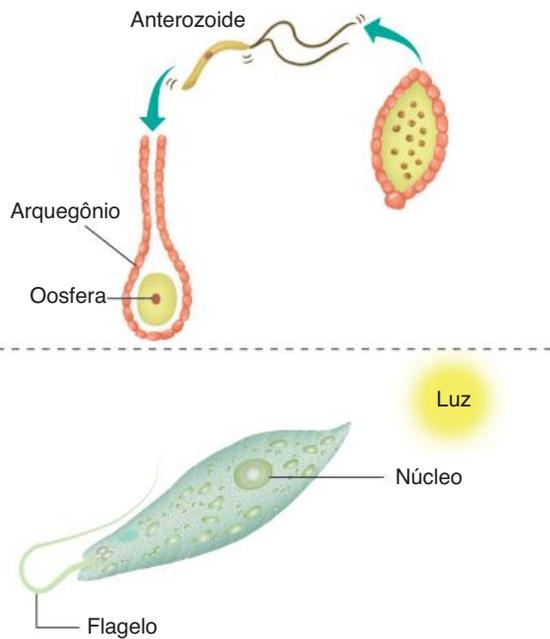


Fig. 1 Tactismos. No alto, quimiotactismo: anterozoide deslocando-se em direção à oosfera. Embaixo, fototactismo: alga deslocando-se em direção à luz.

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)

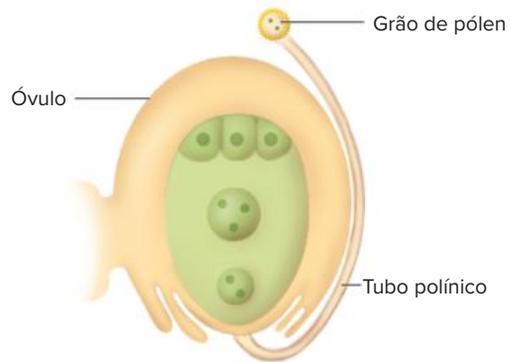


Fig. 2 Quimiotropismo: tubo polínico crescendo em direção ao óvulo.

• 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 do crescimento; 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.

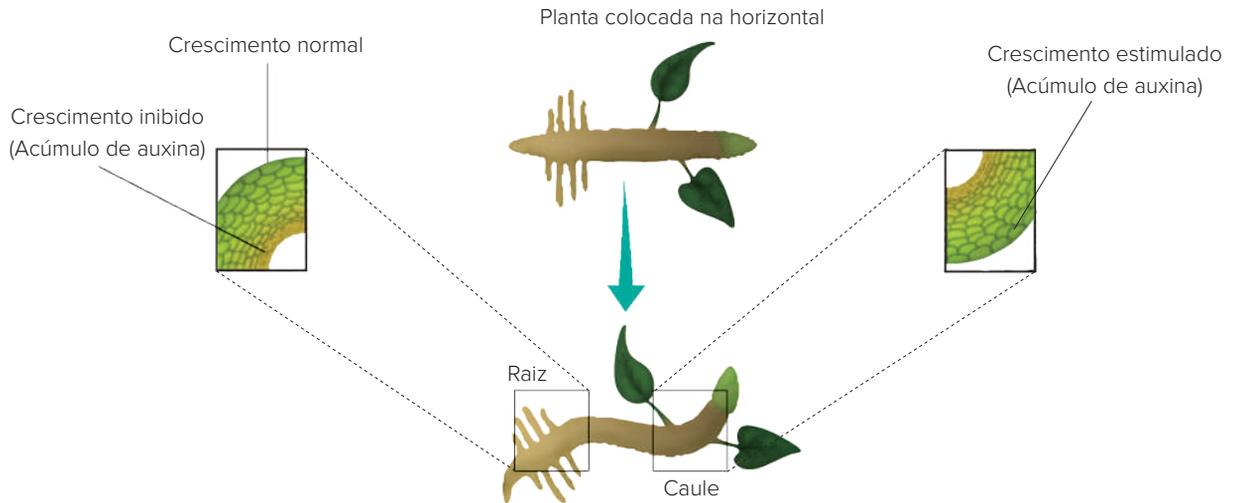


Fig. 4 Geotropismo ou gravitropismo. Uma planta na posição horizontal tem auxina acumulada em sua face inferior; o caule volta-se para cima (gravitropismo negativo), e a raiz volta-se para baixo (gravitropismo positivo).

• 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 cresce mais. 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 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 (Fig. 5).

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.

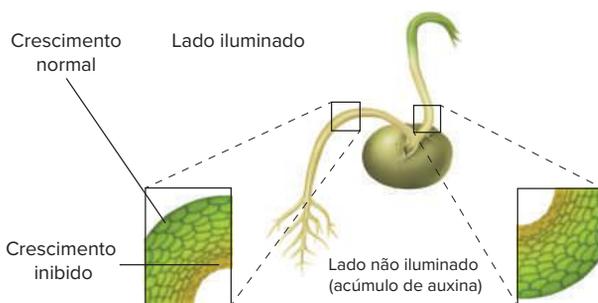


Fig. 5 Fototropismo. Em uma planta iluminada em uma das faces, a luz promove deslocamento de auxina para o lado não iluminado. O caule inclina-se para a luz (fototropismo positivo), e a raiz afasta-se da luz (fototropismo negativo).

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 ilustram bem esse tipo de movimento. A abertura da estrutura ocorre 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 estimulada pela claridade. Esse movimento é denominado **fotonastismo** (Fig. 6).

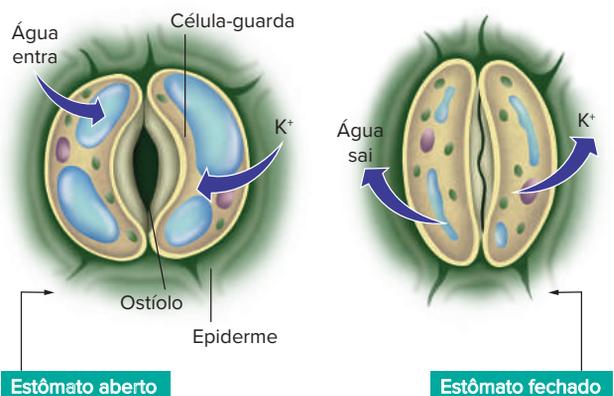


Fig. 6 Fotonastismo em estômatos; a luz favorece a abertura do estômato, e a falta de luz promove seu fechamento.

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**.

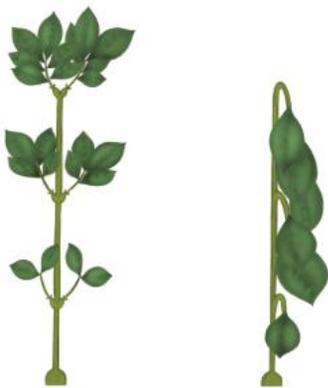


Fig. 7 Nictinastismo: as folhas de leguminosas ficam elevadas durante o dia e abaixadas durante a noite.

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 com 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).

Primavera } Dias longos
Verão } Noites curtas

Outono } Dias curtos
Inverno } Noites longas

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)

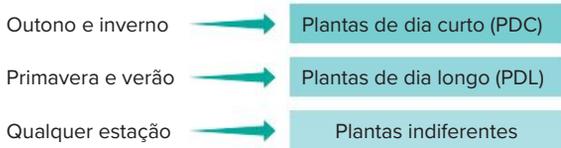


Fig. 11 Classificação das plantas quanto ao fotoperíodo.

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 pelos **fitocromos**, pigmentos azulados, de natureza proteica e presentes em pequenas quantidades nas plantas. Esse pigmento é estimulado pela luz vermelha, comprimento de onda altamente absorvido pelo pigmento azulado. O fitocromo pode provocar alterações metabólicas que induzem 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).

Resultado desse experimento:

Plantas de dia curto (fotoperíodo crítico = 15 horas)



Resultado desse experimento:

Plantas de dia longo (fotoperíodo crítico = 12 horas)



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)

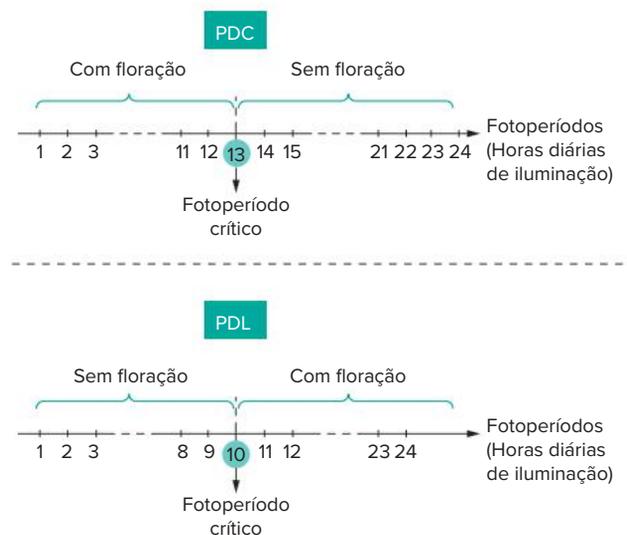


Fig. 13 Determinação do fotoperíodo crítico. Plantas de dia curto florescem no fotoperíodo crítico e abaixo dele. Plantas de dia longo florescem no fotoperíodo crítico e acima dele.

3 O que é 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?

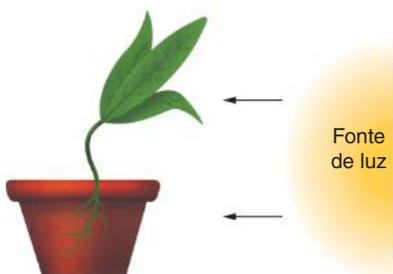
15 O que são fitocromos?

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** 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** 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:

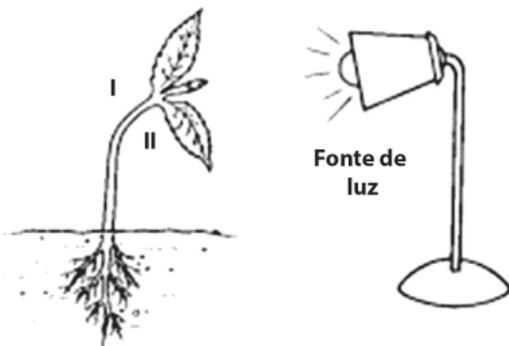
3 UFJF 2019 Sobre tropismos, marque a alternativa CORRETA:

- A Raízes crescem por geotropismo negativo, por ação do etileno.
- B Caules crescem por geotropismo positivo, por ação de auxinas.
- C Caules crescem com fototropismo positivo, por ação de auxinas.
- D Algumas plantas crescem por tigmotropismo, em contato com o suporte, por ação do ácido abscísico.
- E Em espécies vegetais não há quimiotropismo, diferentemente do que ocorre entre os protistas.

4 Udesc 2016 A luminosidade é um fator de grande influência no crescimento dos caules pois, normalmente, eles têm um crescimento em direção à luz, o chamado fototropismo positivo. Assinale a alternativa que contém o nome do principal hormônio vegetal envolvido no fototropismo positivo dos caules.

- A noradrenalina
- B citosina
- C giberelinas
- D auxina
- E etileno

5 Uefs 2017 Na figura Ilustrada, observa-se o fototropismo do caule, e o seu desenvolvimento depende da concentração de AIA em regiões específicas do vegetal.

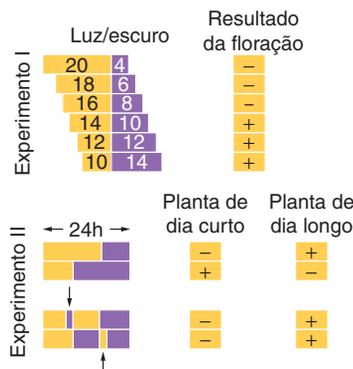


Em relação à concentração de AIA, para o crescimento desse vegetal, é correto afirmar:

- A A concentração de AIA é distribuída de maneira uniforme na região apical do caule
- B A concentração do AIA é maior no lado I
- C A região II foi a que mais cresceu
- D Na raiz, a distribuição na concentração de AIA é a mesma observada no caule
- E O AIA é sintetizado por todo o vegetal e não apresenta dominância apical.

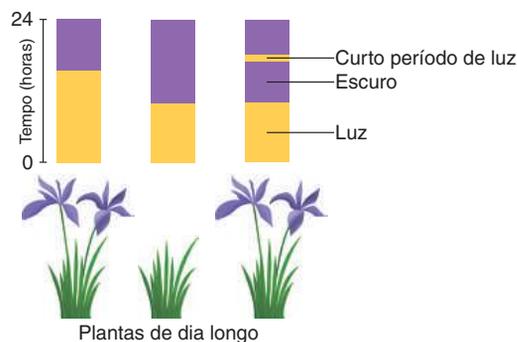
6 Unesp Foram feitos experimentos em laboratório, variando artificialmente os períodos em horas, de exposição à luz e ao escuro, com o objetivo de observar em que condições de luminosidade (luz ou escuro) determinadas plantas floresciam ou não. No experimento I, exemplares de uma planta de dia curto 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.



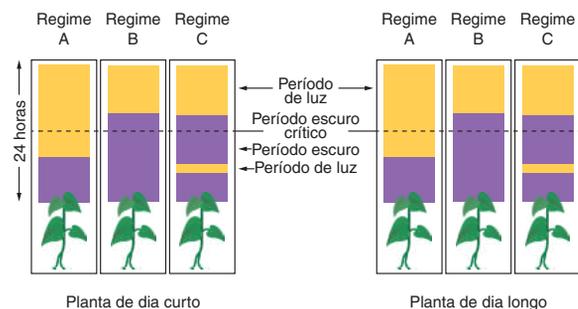
- a) Interprete os resultados do experimento I, considerando as exigências de exposição à luz e ao escuro para que ocorra a floração dessa planta.
- b) Considerando o experimento II, qual das interrupções a que ocorreu durante o período de exposição à luz ou ao escuro – interferiu no processo de floração? Qual é o nome da proteína relacionada à capacidade das plantas responderem ao fotoperíodo?

7 Ufal 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 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 F** (de *far red*, termo da língua inglesa empregado para designar vermelho com comprimento de onda mais longo) e o fitocromo inativo é também conhecido como **fitocromo R** (do inglês *red*, que significa vermelho).

| Condição do fitocromo | Período do dia |
|-----------------------|----------------|
| Ativo (F) | Claro |
| Inativo (R) | 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 |

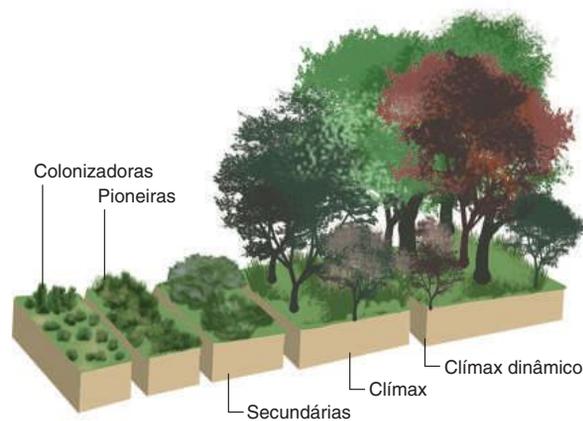
Aspectos envolvidos entre estações do ano, fitocromos e floração

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 habitat 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.



eef153Morguetle

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 se enrolam 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 girassol. 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 **dormideira**, 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, independentemente 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 vai 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.

São estimulados pela luz vermelha, presente durante o dia

| Condição do fitocromo | Período do dia |
|-----------------------|----------------|
| Ativo (R) | Claro |
| Inativo (F) | Escuro |

– Podem 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 influencia a 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.
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ipxAf80jqw4>>
- Vídeos que apresentam o crescimento de plântulas, mostrando o geotropismo das raízes e o fototropismo do caule.
Disponíveis em: <<https://www.youtube.com/watch?v=w77zPATvTul>> e <<https://www.youtube.com/watch?v=sMKBKUYM0s>>

Exercícios complementares

1 UPF 2016 (Adapt.) As plantas são capazes de reagir a estímulos ambientais, produzindo movimentos. Entre os tipos de movimento, destacam-se os tropismos e os nastismos ou nastias. Considere as afirmativas abaixo sobre esses tipos de movimento vegetal, assinalando com V as verdadeiras e com F as falsas.

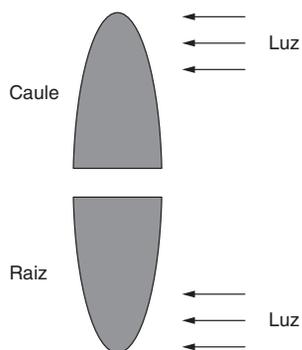
- Tropismos resultam do crescimento de uma planta, ou parte dela, em resposta a um estímulo externo e dependem da posição do estímulo
- Nastismos ocorrem em resposta a um estímulo externo, mas o movimento independe da posição do fator estimulante.

- As gavinhas das plantas que se enrolam em diversos tipos de suporte apresentam um tipo de tropismo denominado gravitropismo.
- Como exemplo de nastismo, pode-se citar as folhas de *Mimosa pudica* (sensitiva ou dorme-dorme), que se fecham quando são tocadas.
- O crescimento diferencial de uma planta observado durante o fototropismo positivo resulta da ação do fitormônio giberelina sobre o alongamento celular.

A sequência correta de cima para baixo, é:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | V | V | F | F | V | D | V | V | F | F | F |
| B | V | V | F | V | F | E | F | F | V | V | F |
| C | F | F | V | F | V | | | | | | |

2 UEL Considere o esquema a seguir.



Considere também as seguintes afirmações.

- I. A auxina migra do lado iluminado para o não iluminado, tanto no caule como na raiz.
- II. O caule passará a apresentar fototropismo positivo porque a maior concentração de auxina no lado não iluminado faz com que nele ocorra distensão celular.
- III. 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:

- A I, somente. D II e III, somente.
 B I e II, somente. E I, II e III.
 C I e III, somente

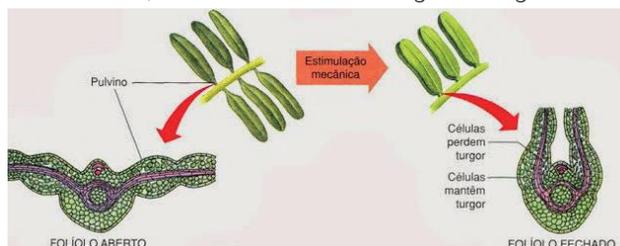
3 Uerj 2016 O padrão de movimentação das plantas é influenciado por diferentes estímulos, de natureza química ou física. Considere as plantas como a dama-da-noite, que abrem suas flores apenas no período noturno. Identifique o tipo de movimento vegetal que promove a abertura noturna das flores da dama-da-noite e indique o estímulo responsável por esse movimento. Em relação às flores que se abrem à noite, apresente duas características morfológicas típicas responsáveis pela atração de polinizadores noturnos.

4 Ufal (Adapt.) As proposições a seguir referem-se a movimentos nos vegetais. Assinale com V as verdadeiras e com F as falsas.

- 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 UFU 2016 As folhas da planta *Mimosa pudica*, popularmente conhecida como sensitiva ou dormideira,

dobram-se rapidamente quando estimuladas mecanicamente, conforme ilustrado na figura a seguir.



Disponível em: <<http://www.angelobranco.com.br/2015/01/>>. Acesso em: 04 de jan.2016.

A partir das informações, faça o que se pede.

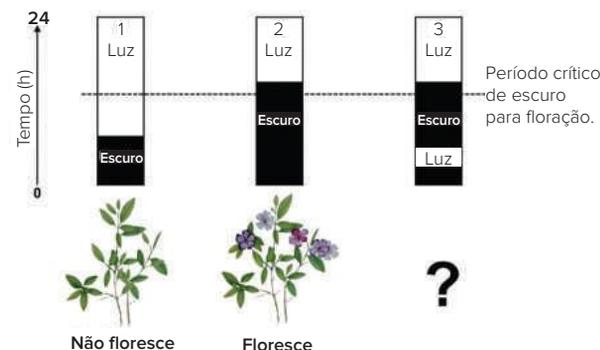
- a) Como é denominado esse tipo de movimento das folhas da referida planta?
- b) Explique o mecanismo da resposta iônica que provoca as alterações no turgor das células do pulvino que levam ao fechamento dos folíolos.

6 PUC-Minas 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 UFPR 2017 Foi realizado um experimento para verificar a influência do fotoperíodo na floração de uma espécie de planta. O grupo 1 foi submetido a um fotoperíodo em que o tempo de escuro era menor que o período crítico para floração; o grupo 2, a um tempo de escuro maior que o crítico para floração; o grupo 3 foi submetido ao mesmo período de escuro que o grupo 2, mas com uma breve exposição à luz no meio do período escuro. Na figura estão representados os grupos e o resultado obtido nos grupos 1 e 2.



Com base nessas informações, responda:

- a) Na situação 3, a planta floresce ou não?
- b) Justifique sua resposta, considerando a ação dos dois principais fitocromos reguladores do fotoperíodo nas plantas.



Renata Marcelli da Rosa/
Shutterstock.com

FRENTE 2

CAPÍTULO

21

Plantas e ambiente

As condições físicas e químicas nas diferentes regiões do planeta interferem na biodiversidade de cada ambiente. Por isso, é possível constatar a ocorrência de comunidades com populações de espécies vegetais ou animais restritas ou comuns a determinadas regiões geográficas. Os ecossistemas inseridos em padrões climáticos típicos e que exibem flora e fauna semelhantes são classificados como biomas. O Pantanal mato-grossense, mostrado na imagem, é um exemplo de bioma brasileiro. Além da caracterização dos biomas, vale lembrar que, entre diferentes ecossistemas, podem ser identificadas zonas de transição, que abrigam comunidades semelhantes existentes nos ecossistemas adjacentes ou mesmo espécies endêmicas. Essas regiões são classificadas como ecótonos.

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 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 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 os habitats de espécies diferentes são semelhantes. Com a semelhança do habitat, 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 **especiações**, 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 biomas 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**.

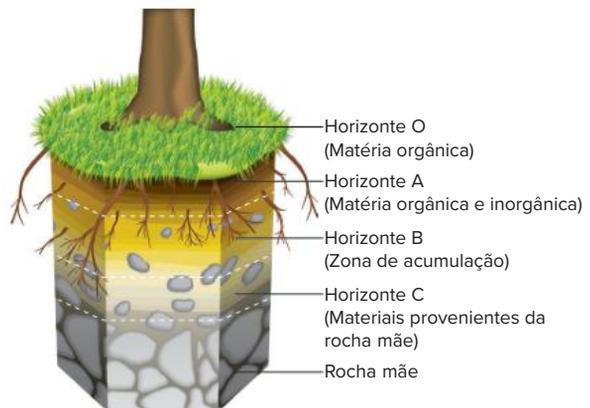


Fig 1 Os horizontes do solo são genericamente divididos em O, A, B e C

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, de maior tamanho; as de silte têm tamanho intermediário. Isso interfere na porosidade do solo e, conseqüentemente, 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).

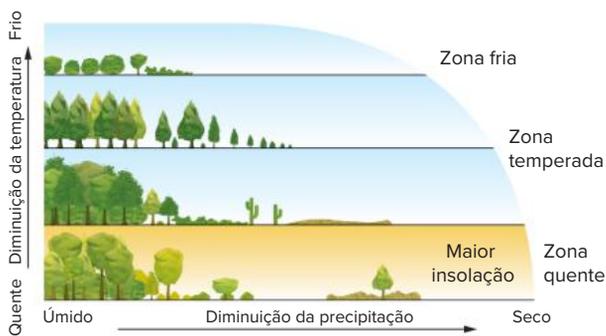


Fig. 2 Variação da cobertura vegetal de acordo com a temperatura e a umidade. A biodiversidade vegetal é mais exuberante em locais com maior insolação, temperaturas mais elevadas e alta umidade.

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 caducifólia (o típico bosque europeu) tem biodiversidade intermediária.

Dois fatores são essenciais para a determinação do perfil de uma comunidade vegetacional: 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 caducifólia (floresta temperada decídua), taiga, tundra** e **pico com neve e gelo** (Fig. 3).

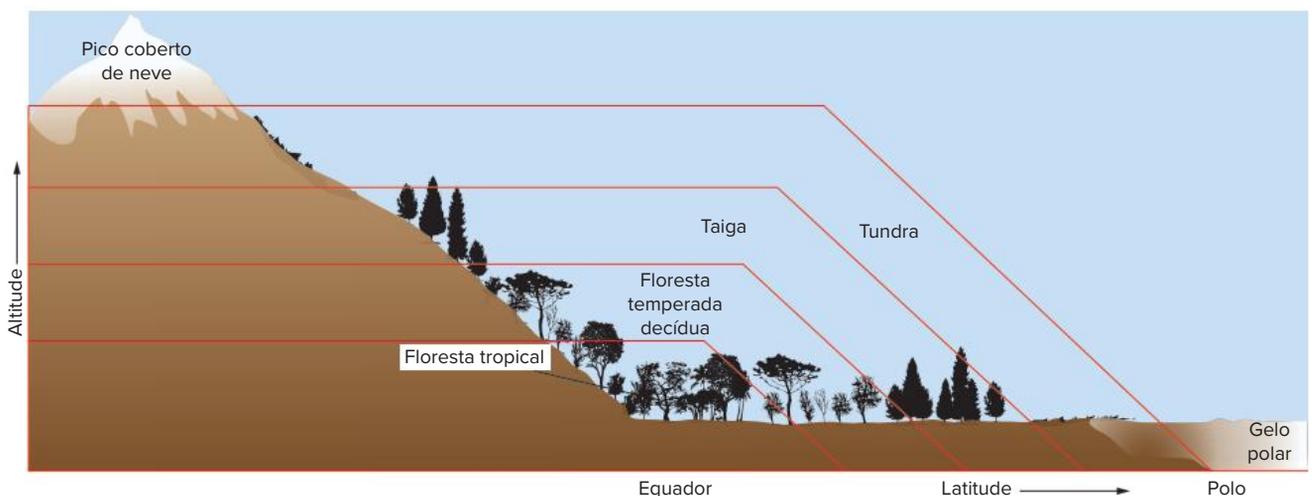


Fig. 3 Variação da cobertura vegetal de acordo com a latitude e a altitude. No Hemisfério Norte, há uma correspondência entre aumento de altitude e aumento de latitude; o tipo de cobertura vegetal tem similaridade.

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 caducifolia** (ou **decídua**); **savanas** e **desertos** (Fig. 4).

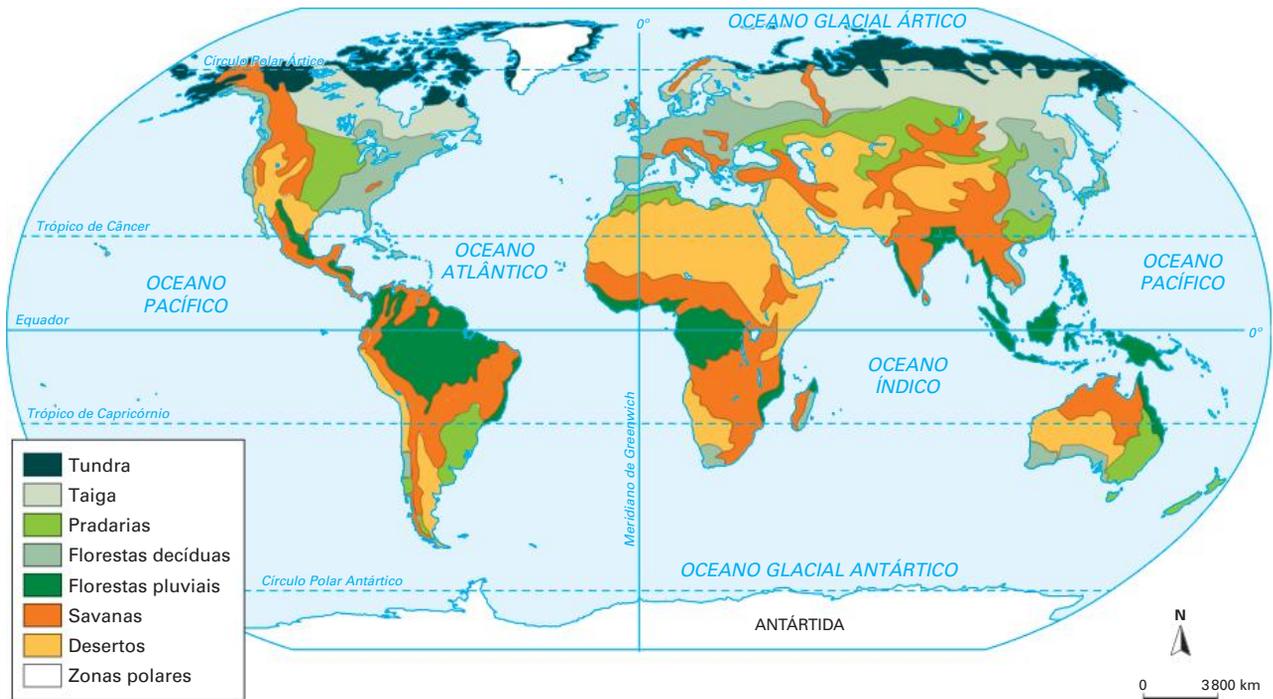


Fig. 4 Grandes biomas terrestres e sua distribuição no planeta.

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, extremamente pobre em nutrientes, é 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, quando a produtividade é um pouco maior, e 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, com 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 a 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 amplamente na América do Norte, na Europa, na 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 para 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).

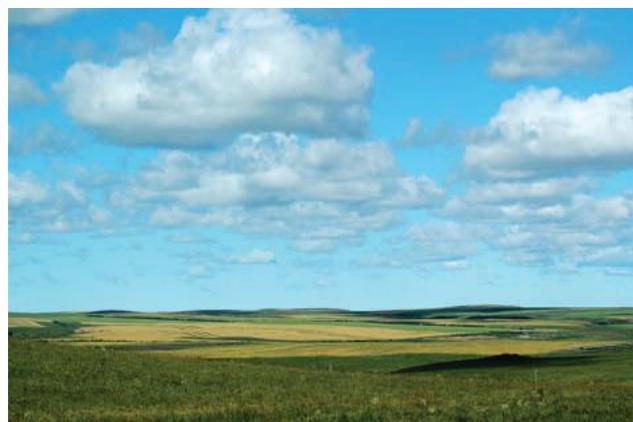


Fig. 7 Pradaria. Predomínio de vegetação herbácea; vegetação de maior porte junto de cursos d'água (mata ciliar).

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 a pecuária, o que pode levar à 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 caducifolia (o típico bosque europeu) tem biodiversidade intermediária.

Floresta caducifolia (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 noqueiras 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, o arbustivo, o 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.

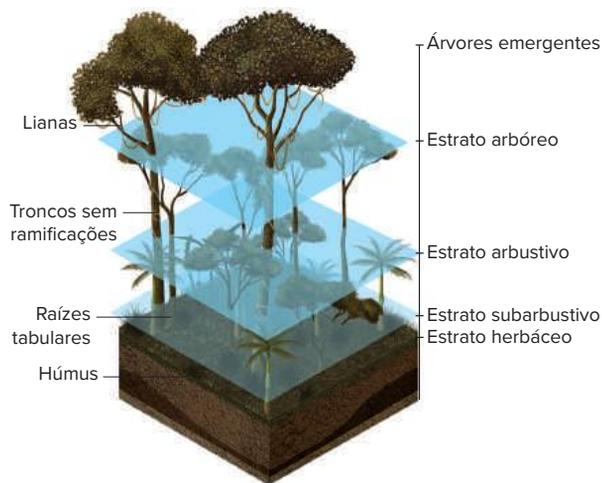


Fig. 9 Estratificação de floresta pluvial.

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 perde 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 faz com que elas sejam influenciadas por inúmeros fatores climáticos e regionais, que tornam 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).

ProfessorX/Wikimedia Commons



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 crasuláceas (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).



© paul moore - Dreamstime.com

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 ter hábitos 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, mas são ecossistemas muito frágeis, com pouca resistência a impactos. Regiões de clima mais instável e que estejam localizadas em regiões de latitude subtropical correm sérios riscos de sofrer processos de desertificação. Desvios de cursos d'água e criação extensiva de grandes rebanhos podem acarretar esse processo.

Biomos do Brasil

O Brasil abrange grande parte da América do Sul, apresentando grande variação de latitude; a geografia dispõe de cadeias de montanhas e planícies em locais estratégicos; é um país de extensão continental, com grandes variações climáticas e geomorfológicas. Da 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, entre eles, algumas zonas de transição. Em Biologia, consideramos que o Brasil apresenta seis principais biomas terrestres: **Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga e Pampas**. Os **Manguezais** e as **Matas dos Cocais** podem ser considerados áreas de transição ecótonos entre os biomas adjacentes e, atualmente, a **Mata de Araucárias** é considerada um subtipo vegetacional existente no bioma Mata Atlântica



Fig. 13 Distribuição dos seis principais biomas brasileiros, considerando o Manguezal e a Mata dos Cocais como ecossistemas de transição entre os biomas limitrofes e a Mata de Araucárias, um subtipo vegetacional do bioma Mata Atlântica.

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. Essas alterações promovem a diversificação de espécies, que foram selecionadas ao longo do tempo evolutivo de acordo com a resistência a elas.

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. 14).



Fig. 14 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 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 interiores, 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 o 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 proliferam em abundância (Fig 15) Esse tipo de floresta apresenta regiões de transição com manguezais, Mata de Araucárias e alguns biomas brasileiros como Cerrado, Caatinga e Pampas.



Fig. 15 Mata Atlântica. Vegetação disposta em estratos, entre os quais lianas e epífitas.

Em decorrência de queimadas e ocupação humana, restou cerca de 7% da cobertura original desse ecossistema no país. Com sua destruição, muitas espécies, endêmicas ou não, foram extintas.

Mata de Araucárias

Com clima mais frio, típico do Sul do país, as matas de araucárias são consideradas um subtipo vegetacional do bioma Mata Atlântica. Trata-se de 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 vegetal várias espécies, mas sua espécie mais emblemática é o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) (Fig 16)



Fig. 16 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.

Conforme mencionado anteriormente, 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 em relação às 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 17).



Fig. 17 Cerrado. Há vegetação herbácea, com arbustos e árvores esparsos; essas plantas têm ramos retorcidos e apresentam casca grossa.

O Cerrado 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 pelo 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.

Pampa

Os Pampas gaúchos estão contidos na região Sul do país, localizados no Rio Grande do Sul. Podem ser considerados um exemplo de pradarias. 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. 18).



Fig. 18 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

O bioma pode ser dividido 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. 19)



Fig. 19 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.

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, é importante que não só 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 é o Paraguai; é ele e seus afluentes que servem de base para tal equilíbrio.

No Pantanal, há uma heterogeneidade espacial e temporal de vegetação, com áreas de transição com o Cerrado, com a Caatinga, com a Floresta Amazônica e com diversos campos. Assim, a vegetação é caracterizada de acordo com a altitude (que influencia no alagamento). Extensas áreas de campos com gramíneas são salpicadas com os capões (ilhas de vegetação florestal com características de Cerrado) e as matas de galeria, que se mantêm em locais mais altos e secos durante o extravasamento de água dos rios (Fig. 20).

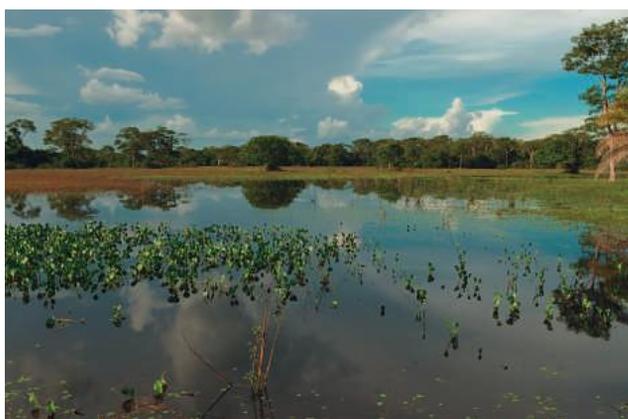


Fig. 20 Pantanal. As planícies inundadas e a presença de diversas áreas de transição com outros biomas são algumas de suas características marcantes.

A vegetação aquática também é muito importante, pois dá suporte à fauna, proporcionando proteção, abrigo e alimento. Como adaptação, as plantas apresentam fisiologia que suporta o alagamento periódico e, no caso das plantas aquáticas, apresentam adaptações, como aerênquima, es-tômatos 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 tradição pantaneira, juntamente com a pesca de subsistência, principal fonte de proteína da população. Outras atividades, como o turismo ecológico e a pesca esportiva, movimentam a economia regional, alavancando novas possibilidades que não só a extração e a pecuária.

Zonas de transição

Consideradas ecótonos, as áreas de transição são regiões adjacentes a dois ou mais ecossistemas que compartilham espécies e apresentam condições abióticas características que possibilitam a presença de espécies endêmicas.

Manguezal

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.

Os manguezais litorâneos encontram-se nas terras próximas dos estuários, onde os rios desembocam no mar. São considerados como um ecossistema de transição (ecótono) 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 a 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, as quais dispersam seus propágulos por hidrocoria, apresentando ramos caulinares de escora e raízes respiratórias (pneumatóforos) (Fig. 21).



Fig. 21 Manguezais são “berçários” da vida marinha; apresentam plantas com raízes respiratórias e ramos caulinares 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 os ramos das 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 a retirada de camarão, 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 as grandes ameaças ao Manguezal.

Mata dos Cocais

As chamadas Matas dos Cocais compreendem uma região de transição entre os biomas da Floresta Amazônica, do Cerrado 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 que se aproxima das formações florestais amazônicas (Fig. 22).



Rafael Drake/Wikimedia Commons

Fig. 22 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.

Biomas e aspectos ecológicos

Em um bioma, em razão da grande complexidade e elevada **biodiversidade** que pode apresentar, podem ser observadas **relações inter e intraespecíficas**, muitas vezes essenciais para que o bioma em questão se mantenha íntegro e funcional. A quebra dessas relações pode acarretar **desequilíbrios ecológicos** sérios, que desestabilizam a rede formada pelos seres vivos daquele local. Isso é notado quando um ecossistema constituinte de determinado bioma sofre **impactos**: espécies nativas são extintas, espécies exóticas são introduzidas, o meio físico é afetado por poluição ou erosão, e também quando a área de vida das espécies é reduzida. Fatores como esses ocasionam a quebra das teias alimentares e subsequente ruptura dos fluxos de energia e biomassa. Assim, toda intervenção 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.

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 Enem 2016 A Caatinga é um ecossistema que se encontra nos lados equatoriais dos desertos quentes, com índices pluviométricos muito baixos. Chove pouco no inverno e as chuvas, quando ocorrem, acontecem no verão. Apresenta plantas semelhantes às das regiões de deserto quente, do tipo xerófitas, como as cactáceas, com adaptações às condições de escassez de água

SADAVA, D. et al. Vida: a ciência da biologia. Porto Alegre: Artmed, 2009 (adaptado)

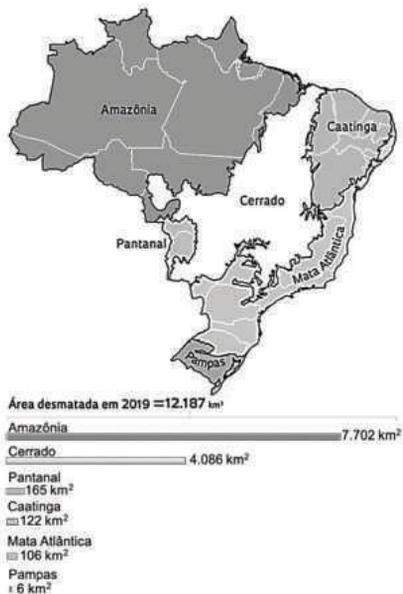
Uma característica que permite a sobrevivência dessas plantas, na condição da escassez citada, é a presença de

- A caule subterrâneo.
- B sistema radicular fasciculado.
- C folhas modificadas em espinhos.
- D parênquima amilífero desenvolvido.
- E limbo foliar desprovido de estômatos.

3 Unicamp 2021 O primeiro relatório do desmatamento no Brasil, publicado pelo MapBiomas, apresentou dados preocupantes sobre a situação no ano de 2019. Foram cortados cerca de 12.000 km² de vegetação nativa no país. Após sobreposição com bases de dados oficiais, constatou-se que 99,5% da área de desmatamento detectada pelos alertas apresentaram irregularidades que incluem desde a localização em áreas protegidas ou com restrição legal até a ausência de autorização para supressão da vegetação.

(Adaptado de Relatório anual do desmatamento no Brasil 2019. São Paulo, SP, MapBiomas, 2020.)

O mapa a seguir representa os biomas brasileiros. As barras indicam as respectivas áreas desmatadas no ano de 2019, conforme o relatório.



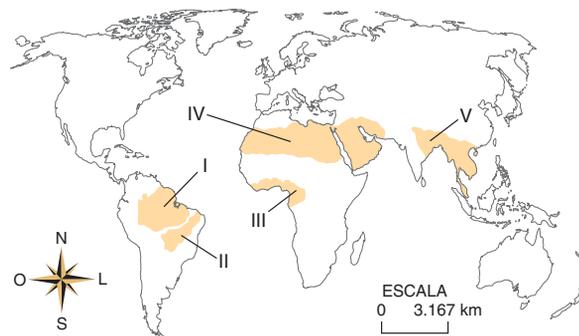
(Adaptado de M. Pivetta. Pesquisa Fapesp, São Paulo, v. 292, p. 73-75, jun. 2020.)

Considerando os conhecimentos sobre os biomas brasileiros e as informações fornecidas, é correto afirmar:

- A O bioma com menor área de desmatamento apresenta planície aluvial e é influenciado por rios que alagam a região, processo fundamental para a abundância de nutrientes no solo.

- B Um terço do total da área desmatada corresponde ao bioma característico de savana, com floresta estacional e campo, e elevado potencial aquífero que favorece a biodiversidade.
- C O bioma com maior área de desmatamento é exclusivamente brasileiro, sendo o mais fragilizado em razão de sua grande biodiversidade, que inclui vegetação típica de floresta tropical.
- D Dois terços da área desmatada representam o bioma com grande reserva de madeira tropical, vegetação rica em espécies de plantas suculentas e com espinhos, e fonte de riqueza natural.

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.

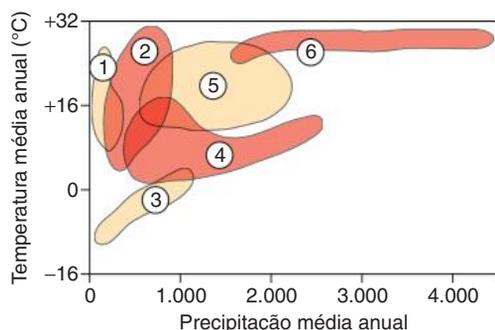
6 Fuvest 2019 A tabela lista características bióticas e abióticas associadas a alguns biomas brasileiros.

| Bioma | Tipo de vegetação predominante | Volume de chuvas | Zona climática |
|-------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| I | arbóreo | moderado a grande | tropical, subtropical |
| II | herbáceo | moderado | temperada |
| III | arbóreo | grande | equatorial, tropical |
| IV | arbóreo, arbustivo e herbáceo | moderado | tropical, subtropical |

Escolha a alternativa que lista os biomas corretos, na ordem em que aparecem nas linhas da tabela (I a IV)

- A I-Floresta Amazônica; II-Cerrado; III-Mata Atlântica; IV-Caatinga
 B I-Floresta Amazônica; II-Pampas; III-Mata Atlântica; IV-Cerrado
 C I-Mata Atlântica; II-Cerrado; III-Floresta Amazônica; IV-Caatinga
 D I-Mata Atlântica; II-Pampas; III-Floresta Amazônica; IV-Cerrado
 E I-Pampas; II-Mata Atlântica; III-Cerrado; IV-Floresta Amazônica

- 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 Enem 2016** Em uma aula de biologia sobre formação vegetal brasileira, a professora destacou que, em uma região, a flora convive com condições ambientais curiosas. As características dessas plantas não estão relacionadas com a falta de água, mas com as condições do solo, que é pobre em sais minerais, ácido e rico em alumínio. Além disso, essas plantas possuem adaptações ao fogo. As características adaptativas das plantas que correspondem à região destacada pela professora são:
- A Raízes escoras e respiratórias.
 B Raízes tabulares e folhas largas.
 C Casca grossa e galhos retorcidos.
 D Raízes aéreas e perpendiculares ao solo.
 E Folhas reduzidas ou modificadas em espinhos.

- 9 UFRGS 2017 (Adapt.)** Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as queimadas constatadas em julho de 2016 saltaram de 104 para 864, ano em que as geadas secaram os pastos antes do previsto. O uso do fogo, no manejo de propriedades rurais, gera polêmicas, e técnicos advertem que essa prática, além de ser ilegal,

degrada a vegetação e o solo. O IBAMA fiscaliza queimadas principalmente no Centro-Oeste e na Amazônia.

Campos ardentes. *Correio do Povo*. 07 ago. 2016.

A coluna da esquerda, abaixo, lista dois Biomas que ocorrem nessas regiões fiscalizadas; a da direita, características que os distinguem. Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.

- | | |
|-------------|--|
| 1. Amazônia | ■ Vegetação arbórea esparsa com raízes profundas. |
| 2. Cerrado | ■ Árvores e arbustos com cascas grossas. |
| | ■ Vegetação arbórea densa disposta em diferentes estratos. |
| | ■ Predomínio de gramíneas recobrando o solo. |
| | ■ Árvores altas com raízes tabulares. |

A sequência correta, de cima para baixo, é

- A 2 – 1 – 1 – 2 – 2.
 B 1 – 1 – 2 – 1 – 2.
 C 1 – 2 – 1 – 1 – 1.
 D 2 – 1 – 2 – 1 – 2.
 E 2 – 2 – 1 – 2 – 1.

- 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.

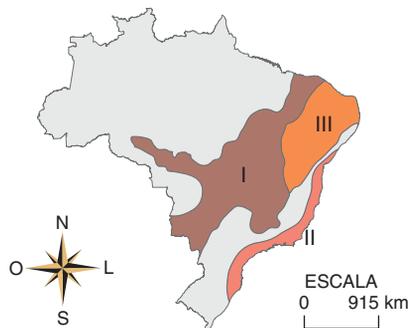
- I As marés, quando entram no estuário, fornecem os nutrientes que alimentam o manguezal
 II A perda da folhagem não influenciará a diversidade das espécies animais ocorrentes no mangue
 III. As espécies vegetais com raízes aéreas não são afetadas pela interrupção do fluxo das marés.
- A Somente I é 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 Fuvest 2018** Muitas plantas adaptadas a ambientes terrestres secos e com alta intensidade luminosa apresentam folhas

- A pequenas com estômatos concentrados na parte inferior, muitos tricomas claros, cutícula impermeável e parênquima aquífero.
 B grandes com estômatos concentrados na parte inferior, poucos tricomas claros, cutícula impermeável e parênquima aerífero.

- C pequenas com estômatos concentrados na parte superior, ausência de tricomas, cera sobre a epiderme foliar e parênquima aquífero.
- D grandes com estômatos igualmente distribuídos em ambas as partes, ausência de tricomas, ausência de cera sobre a epiderme foliar e parênquima aerífero.
- E pequenas com estômatos concentrados na parte superior, muitos tricomas claros, cera sobre a epiderme foliar e parênquima aerífero

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). Anali-se as características a seguir 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 UPE 2016 Os manguezais são florestas inundadas diariamente pelas marés, com árvores adaptadas às variações de salinidade ao longo do dia. Essa incrível adaptação aconteceu há 50 milhões de anos, quando as angiospermas evoluíram a fim de conquistar o ambiente estuarino. Entretanto, outras adaptações foram necessárias à conquista definitiva do ambiente do entre-marés. Quanto à reprodução e à dispersão das espécies típicas de mangues, é CORRETO afirmar que produzem

- A frutos carnosos que são dispersos por zoocoria.
- B sementes aladas que são dispersas por anemocoria.
- C propágulos que são dispersos por hidrocoria.
- D frutos pequenos que são dispersos por ictiocoria.
- E diásporos flutuantes que são dispersos pelas marés.

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 PUC-Campinas 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.

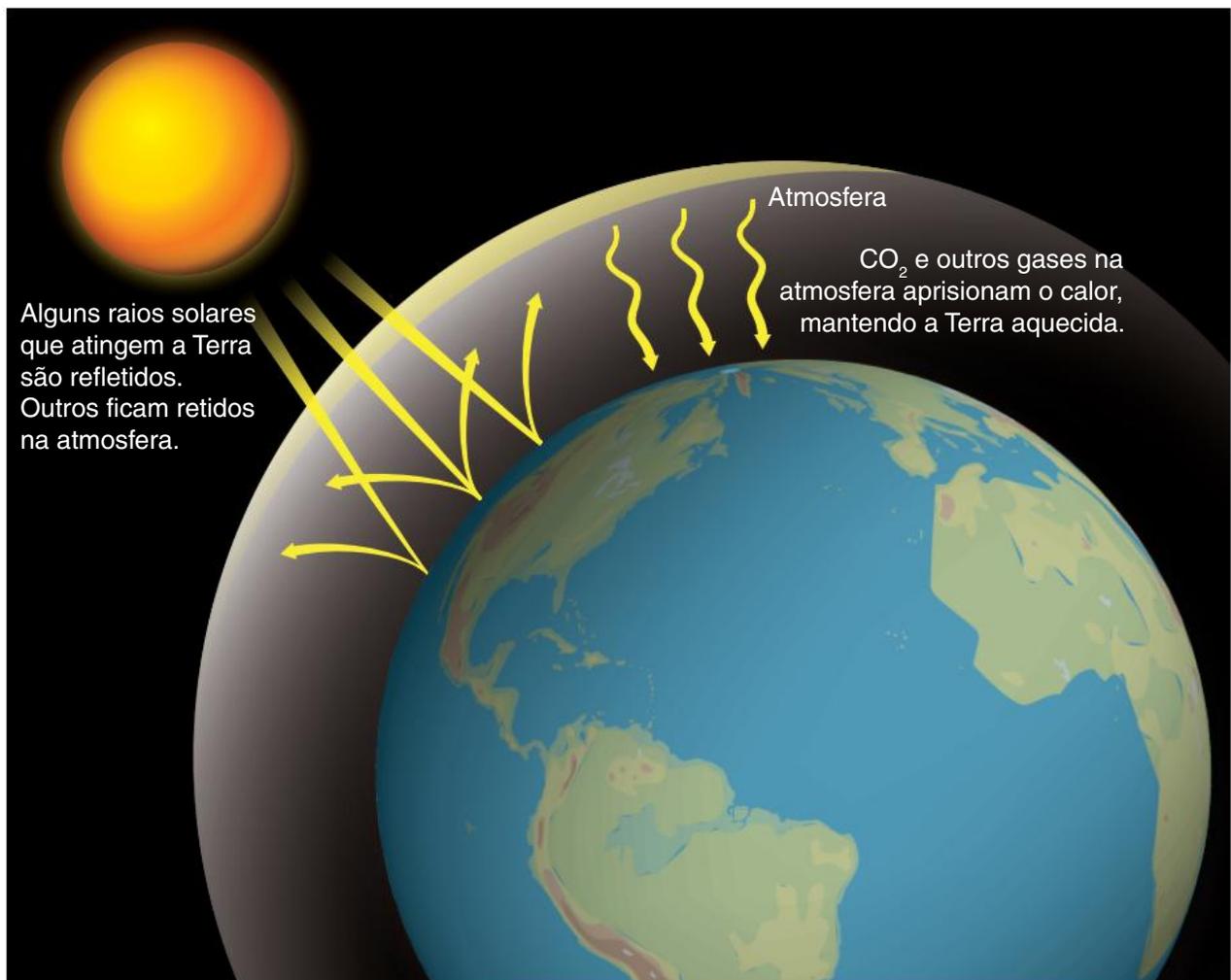
- 17 **UFMG** Plantas xerófitas ocorrem, geralmente, em regiões desérticas, assim como em caatinga e cerrado. Essas plantas estão intimamente relacionadas com fatores externos importantes ao seu desenvolvimento e que correspondem essencialmente a:
- A baixo teor de água e condições atmosféricas que ocasionam 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?

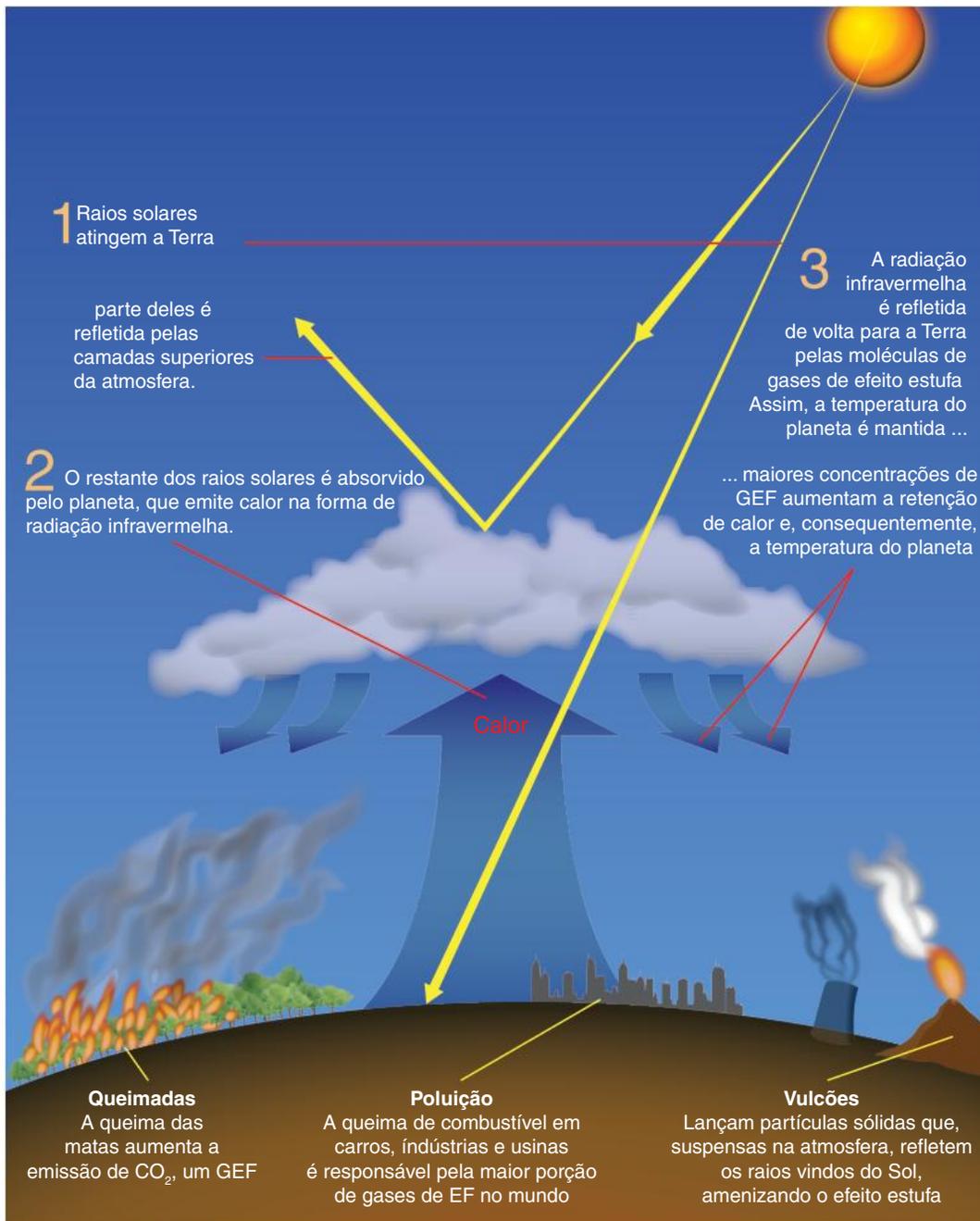
É bastante claro que todas as características da flora e da fauna dos biomas são dependentes dos fatores climáticos das regiões em que se encontram. Sabe-se que o planeta Terra apresenta ciclos geológicos que compreendem eras glaciais intercaladas por períodos mais quentes, e que esses ciclos foram responsáveis 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 Níger, 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.

- Biomias 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
- Biomias estão em um equilíbrio dinâmico.
- Biomias 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 caducifólia, 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 caducifólia (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 caducifólia (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: a **Mata Atlântica**, a **Floresta Amazônica**, a **Mata de Araucárias**, o **Cerrado**, a **Caatinga**, os **Pampas** e o **Pantanal**. Além dos biomas, há as chamadas **zonas de transição**, adjascentes a dois ou mais ecossistemas. No Brasil, temos o **Manguezal** e a **Mata dos Cocais**.

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 Araucárias, 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 Araucárias

- 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.

Pampa

- 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.

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 inundações.
- 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

Manguezal

- Manguezais são 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
- Presente em todo o litoral brasileiro.

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.

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 **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?



Sites

- O que é o Pampa?
Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154231/1/Nosso-Pampa-Desconhecido-1.pdf>>.
- Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação
Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/284/o/Cerrado_Parte1.pdf>.
- Conheça e preserve a Caatinga
Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/wp-content/uploads/Conhe%C3%A7a_e_Conserve_a_Caatinga_-_Volume_1__O_Bioma_Caatinga.pdf>.
- Atlas dos manguezais do Brasil
Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf>.

Exercícios complementares

1 Unifesp 2019 Leia o trecho da letra da canção “Flor do Cerrado”, de Caetano Veloso.

Todo fim de mundo é fim de nada é madrugada e
[ninguém
tem mesmo nada a perder
Eu quero ver
Olho pra você
Tudo vai nascer
Mas da próxima vez que eu for a Brasília eu trago
[uma flor
do Cerrado pra você

(www.vagalume.com.br)

- a) A que grupo vegetal pertence a planta da qual pretende-se colher a flor referida na música? Além da flor, que outro órgão é exclusivo desse grupo vegetal?
- b) Supondo que essa flor tenha sido colhida de uma árvore típica do Cerrado, cite uma característica morfológica adaptativa dessa planta e justifique por que essa característica é importante para a sobrevivência da planta nas condições ambientais do Cerrado

2 Fuvest Analise as afirmativas a seguir.

- I. As florestas tropicais possuem maior diversidade biológica que as temperadas.
- II. As florestas tropicais possuem maior diversidade vegetal e menor diversidade animal que as savanas.
- III. As florestas temperadas possuem maior biomassa que a tundra
- IV. 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 UFRGS 2019 (Adapt.) O Bioma Pampa tem importância local e mundial, pois abriga uma grande biodiversidade e apresenta, inclusive, algumas espécies endêmicas tais como o Tuco-tuco (*Ctenomys flamarioni*), o Beija-flor-de-barba-azul (*Heliomaster furcifer*) e o Sapinho-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus atroluteus*).

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes ao Bioma Pampa.

- A ocupação de áreas com grandes monoculturas e a introdução de pastagens compostas por espécies exóticas promovem a degradação do Pampa.
- As espécies vegetais predominantes no Pampa apresentam sistema radicular fasciculado.
- O Bioma Pampa é um tipo de savana tropical, semelhante às que ocorrem na África central e ocidental
- O pampa, na América do Sul, ocupa o norte do Rio Grande do Sul, Paraná e Argentina.

A sequência correta, de cima para baixo, é

- A V – V – F – F.
B V F V F.
C V F F V.
D F – V – F – V.
E F F V V.

4 Acafe 2016

Riqueza no sertão

Quem pensa no sertão como uma região pobre em biodiversidade pode se surpreender com o número: ali existem cerca de três mil espécies vegetais, nativas ou exóticas, que se combinam e formam a flora da caatinga. Um estudo da Embrapa Caprinos e Ovinos sinalizou que essa é uma importante fonte de alimento para as criações de gado locais, dispensando a criação de pastos artificiais e garantindo aos rebanhos alimento ao longo de todo o ano.

Fonte: Ciência Hoje, 12/04/2016. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>

Em relação às características físicas, biológicas e climáticas dos diferentes biomas brasileiros, correlacione as colunas a seguir.

1. Cerrado
2. Caatinga
3. Mata Atlântica
4. Pantanal
5. Amazônia

■ Bioma constituído por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude. A fauna desse bioma é composta por mi-co-leão-dourado, onça pintada, tamanduá bandeira, arara-azul-pequena, tatu canastra e o bugio.

■ Considerado o maior bioma brasileiro e uma das maiores reservas de diversidade biológica. É caracterizado por elevadas temperaturas e grande índice pluviométrico. Sua flora nativa é composta por andiroba, pupunha, açaí, seringueira, mogno, cedro, sumaúma, castanha-do-pará e, sua fauna, por anta, preguiça, sagui de bigode, ariranha, suçuarana, arara-vermelha e tucano.

■ Estende-se por grande parte da região Centro-Oeste, Nordeste e Sudeste do país. É um bioma característico do clima tropical continental, com duas estações bem definidas – uma úmida (verão) e outra seca (inverno), possui uma vegetação com árvores e arbustos de pequeno porte, troncos retorcidos, casca grossa e, geralmente, caducifolia (as folhas caem no outono). A fauna da região é bastante rica, constituída por capivaras, lobos-guarás, tamanduás, antas e seriemas.

Possui grande diversidade e riqueza, tanto de espécies animais quanto vegetais, sendo, inclusive, o bioma que abriga o maior número de aves em todo o continente. Apresenta áreas inundadas ricas em gramíneas, arbustos e árvores. A fauna é composta por: peixe dourado, pacu, arara, capivara, tamanduá, onça e o jacaré do papo amarelo.

Trata-se da região mais seca do país, localizando-se na zona de clima tropical semiárido. Sua vegetação é composta, principalmente, por plantas xerófilas como as cactáceas e caducifólias. A fauna desse bioma é composta por uma grande variedade de répteis, cutia, gambá, preá, veado-catingueiro e tatupeba.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A 3 - 5 - 1 - 4 - 2.
- B 2 - 5 - 1 - 3 - 4.
- C 1 - 4 - 5 - 3 - 2.
- D 4 - 3 - 2 - 5 - 1.

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.

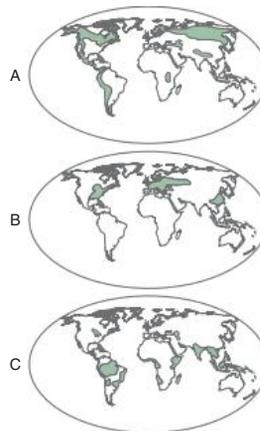
6 Ufes O manguezal é um ecossistema litorâneo, característico das regiões tropicais, que se localiza ao redor de ambiente aquático. Sobre esse ecossistema, analise as afirmativas a seguir.

- 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.

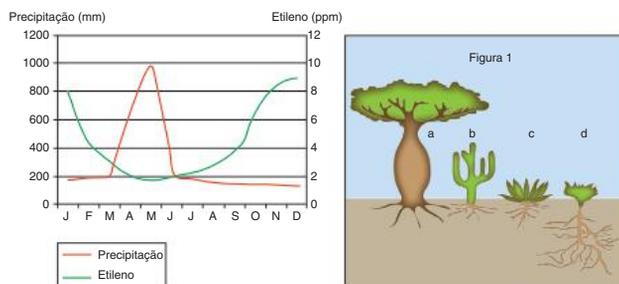


Entre esses biomas, um é caracterizado por apresentar densa cobertura vegetal disposta em estratos; rápido processo de decomposição de matéria orgânica e solo pobre; e desenvolver-se em clima de temperaturas elevadas e altos índices de precipitação. O bioma caracterizado é:

- 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

CAPÍTULO

17

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 e 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 e 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**, **suprarrenais**, **pâncreas**, **ovários** e **testículos** (Fig. 2)

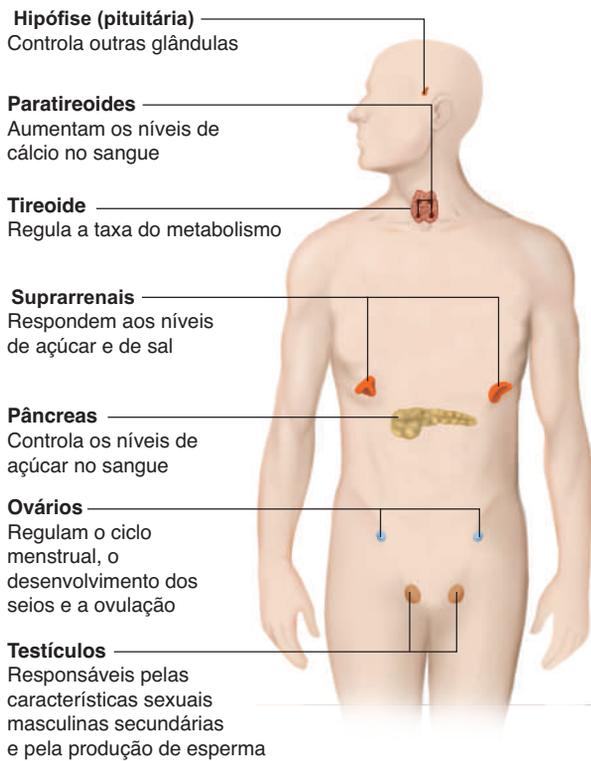


Fig. 2 Glândulas do sistema endócrino e suas principais funções.

Além dessas glândulas, outros órgãos produzem hormônios, como 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, e 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 tireoidianos 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 dois lobos distintos, a **adenoi-pófise (lobo anterior da hipófise)** e a **neuroi-pófise (lobo posterior da hipófise)**, que podem ser consideradas duas glândulas distintas, pois têm a sua origem em diferentes tipos de tecido (Fig. 3)

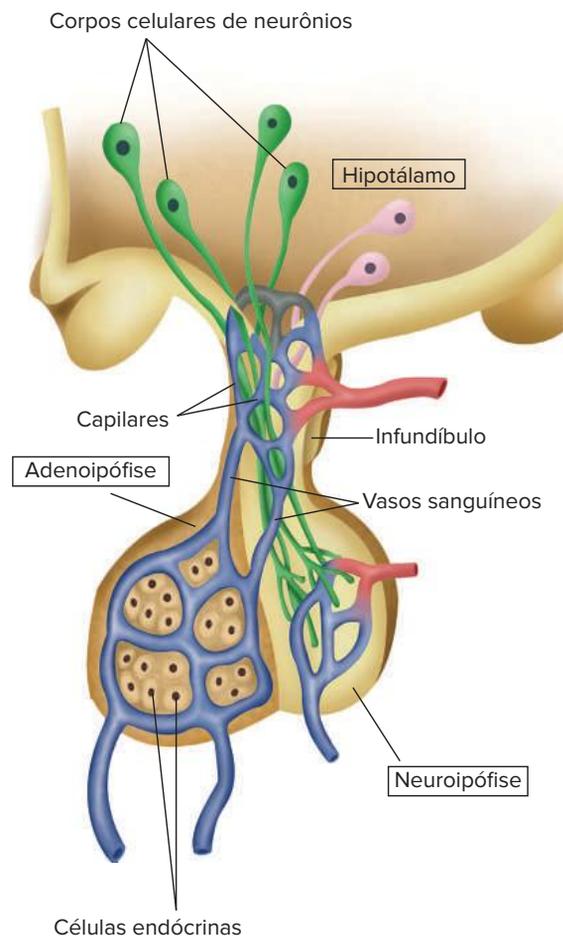


Fig. 3 As divisões da hipófise e sua relação com o hipotálamo.

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 **neuroipófise**, os quais ficam ali armazenados, sendo liberados para os vasos sanguíneos quando necessário.

Alguns dos hormônios liberados pelo **hipotálamo** passam para a **adenopófise** por meio de vasos sanguíneos; essas substâncias são **hormônios reguladores da adenoipófise**: os hormônios **RH** estimulam (*releasing hormone*) e os **IH** inibem (*inhibiting hormone*) certas células a produzirem ou não outros hormônios.

No que diz respeito à atuação dessas glândulas, a **adenopófise** controla o crescimento, a maturação sexual, a atividade de outras glândulas endócrinas e a produção de leite nas glândulas mamárias. Já a **neuroipófise** atua sobre a quantidade de urina eliminada pelos rins e sobre a expulsão do leite pelas glândulas mamárias (Fig. 4).

Hormônios da neuroipófise

O lobo posterior da 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 **neuroipófise** 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.

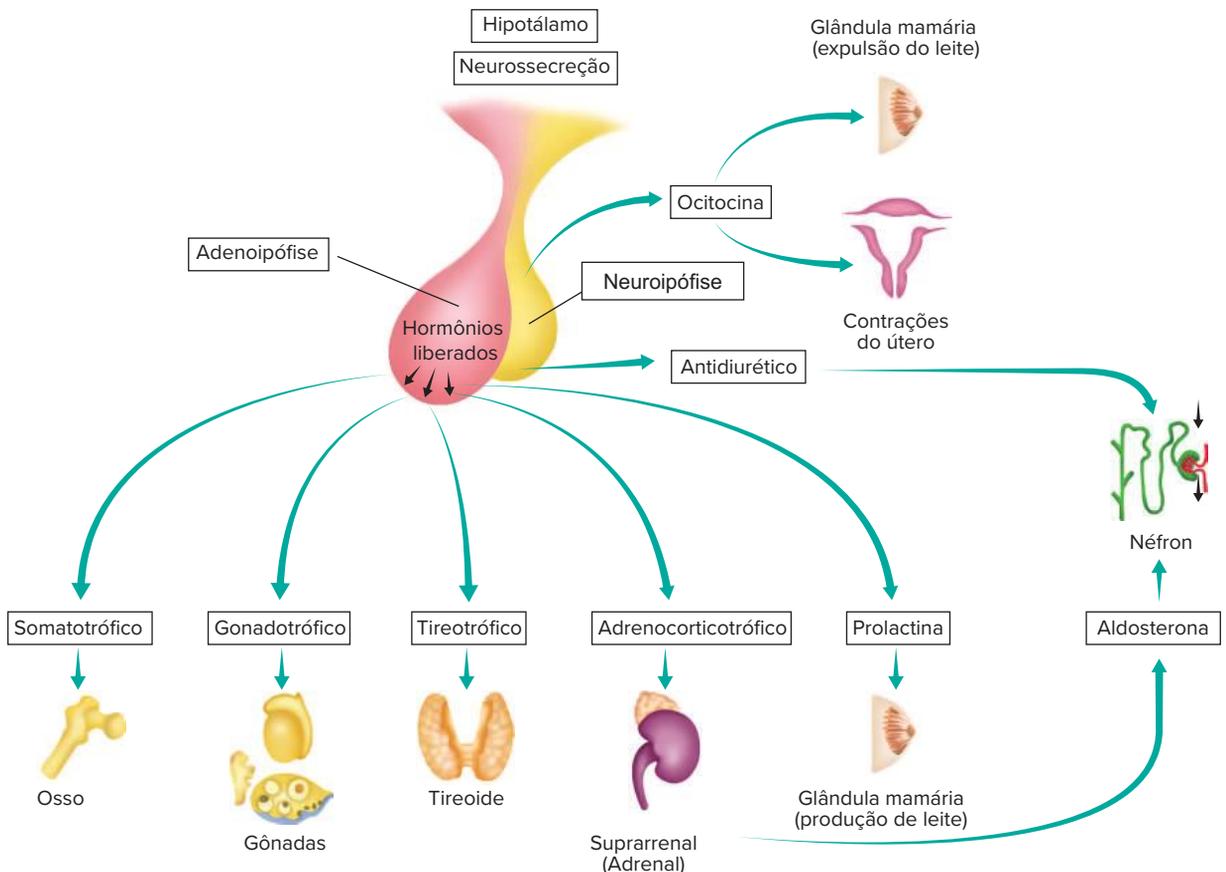


Fig. 4 Os hormônios hipofisários exercem o controle da atividade de diversas estruturas do organismo.

Hormônios da adenoipófise

- **Prolactina (ou hormônio lactogênico):** 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 **adenoipófise** 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 foliculosestimulante**).
- **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).

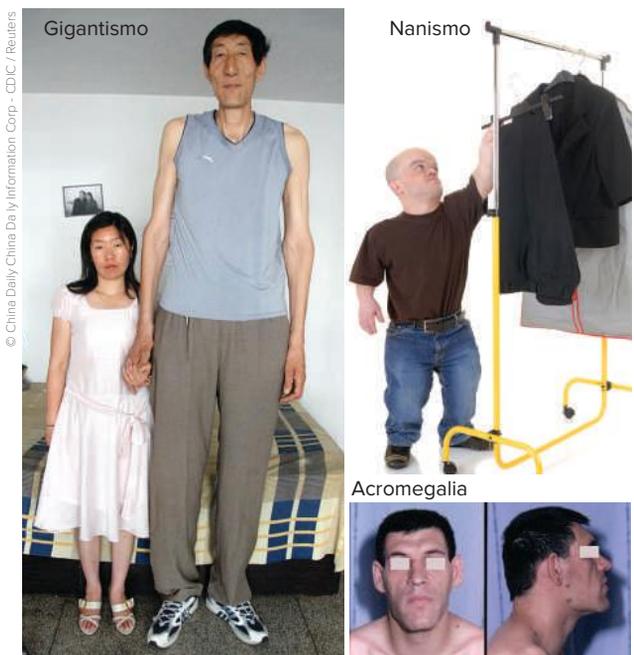


Fig. 5 Distúrbios na produção do hormônio do crescimento e suas consequências no fenótipo de pessoas afetadas.

Paratireoides

São **quatro pequenas glândulas** localizadas na parte posterior da tireoide, que está ligada à faringe e à traqueia (Fig. 6).

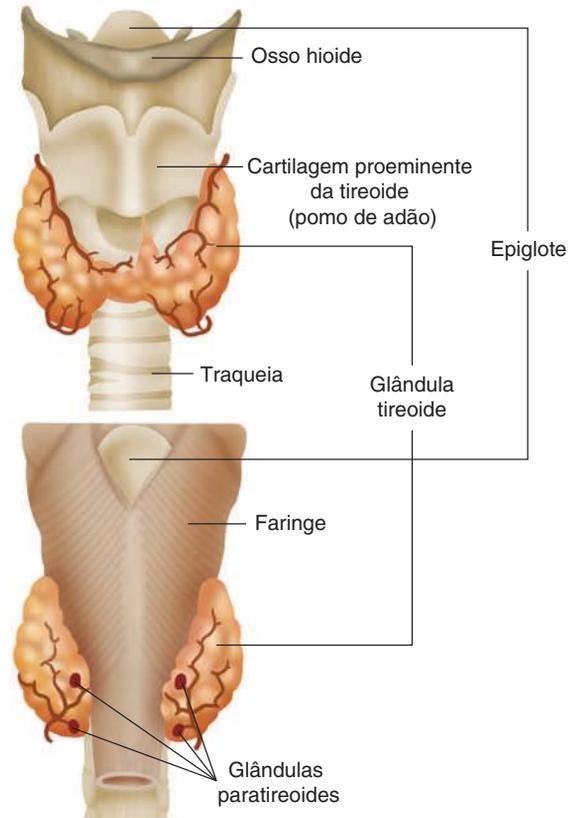


Fig. 6 Tireoide e sua relação anatômica com a laringe. No alto, vista anterior. Embaixo, vista posterior, com a presença das glândulas paratireoides.

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 **triiodotironina (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 **triiodotironina (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 **adenoiopófise**, que é controlada pelo **hipotálamo**. A **adenoiopófise**, 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)

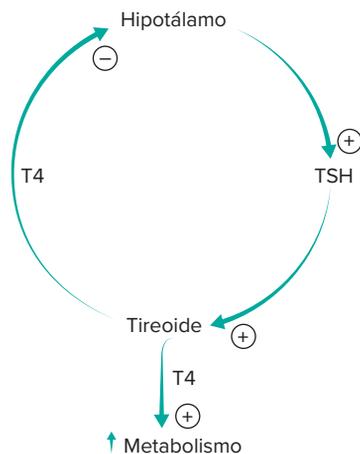


Fig. 7 Controle da produção de hormônios tireoidianos: o hipotálamo é o responsável por estimular a hipófise a produzir TSH, que estimula (+) a tireoide a produzir T4. Esse hormônio é estimulante (+) do metabolismo celular, mas concentrações elevadas de T4 inibem (-) o hipotálamo a desencadear a liberação 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).

Suprarrenais

As **suprarrenais** (antigamente chamadas de adrenais) 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)

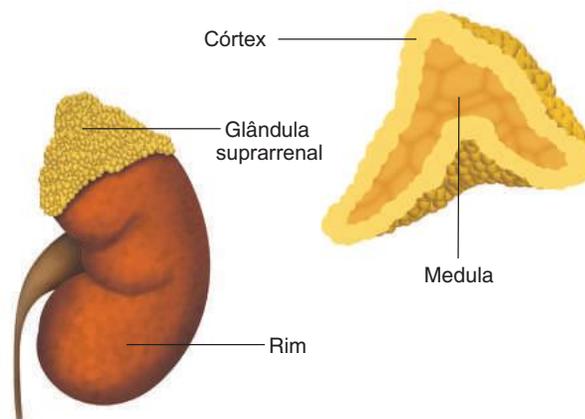


Fig. 9 Glândula suprarrenal e sua relação anatômica com o rim. No corte, o córtex e a medula de uma glândula.

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 suprarrenais e em grande quantidade nos testículos. Em mulheres, tumores do córtex das glândulas suprarrenais 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.

Almaz/Wikimedia Commons

Jonathan Trobe, M.D.

Pâncreas

O pâncreas é uma glândula de secreção mista, pois tem uma **parte exócrina**, que libera substâncias 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 pancreáticas** (ou **ilhotas de Langerhans**), 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).

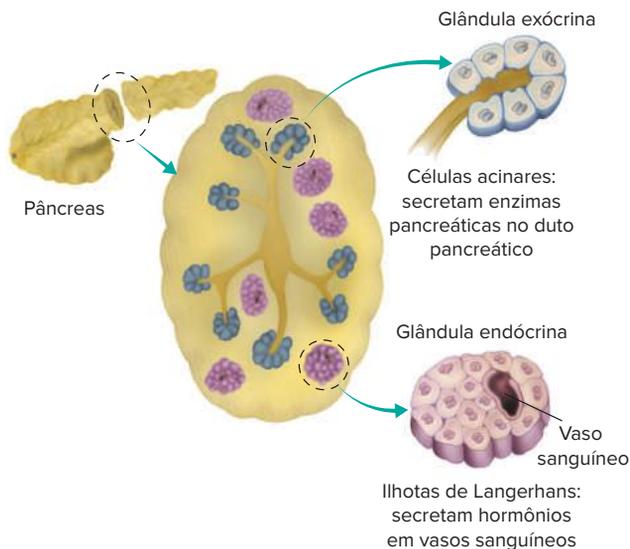


Fig. 10 Pâncreas e seus componentes exócrinos e endócrinos.

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).

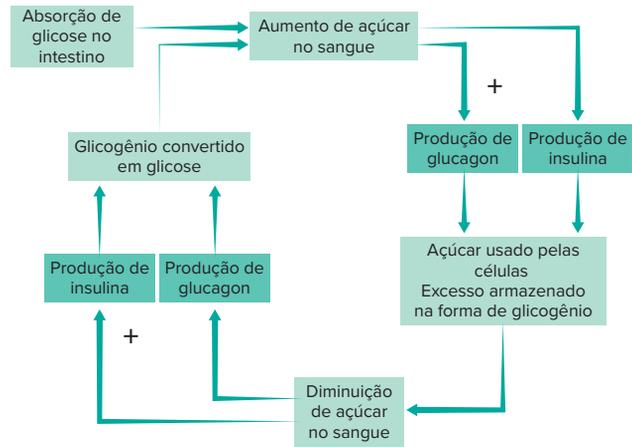


Fig. 11 Mecanismo do controle da glicemia, envolvendo a participação da insulina e do glucagon

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 açúcarado). 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 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 **adenoiipófise**. 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 do 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 neuroipófise 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 adenoipófise 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 antagonista 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

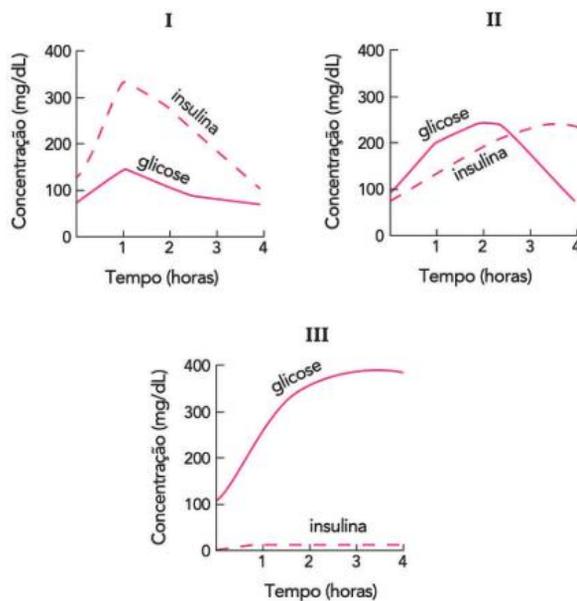
2 **Cesgranrio 2011** O metabolismo dos carboidratos é fundamental para o ser humano, pois, a partir dessas moléculas, obtém-se grande parte da energia para as funções vitais. Desequilíbrios nesse processo podem provocar hiperglicemia ou hipoglicemia.

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 **Uerj 2019** O diabetes *mellitus* é uma síndrome metabólica que interfere na produção do hormônio insulina, alterando os níveis de glicose no sangue. Admita que os gráficos a seguir apresentam as taxas de glicose e de insulina presentes no sangue de três indivíduos



Identifique o gráfico que corresponde ao indivíduo com diabetes *mellitus*, justificando sua resposta com base nas taxas de glicose e insulina

Em seguida, nomeie o órgão responsável pela produção da insulina e aponte a função exercida por sua porção exócrina.

4 **Uerj 2020** Em situações de perigo, o sistema nervoso autônomo simpático produz uma série de alterações fisiológicas importantes para o corpo humano. Essa resposta do organismo é chamada de reação de luta ou fuga e provoca a liberação de adrenalina na corrente sanguínea. A liberação desse hormônio resulta na redução do seguinte processo vital:

- A sístole ventricular
- B batimento cardíaco
- C dilatação brônquica
- D peristaltismo intestinal

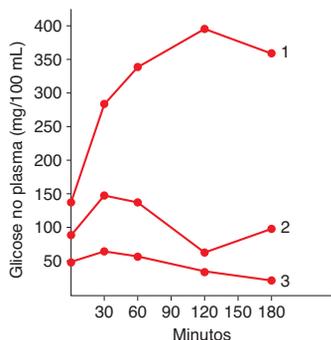
5 Uece Analise o texto.

“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 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 Uncisal 2019 As doenças autoimunes são aquelas em que o sistema imunológico ataca as células do próprio organismo. Cientistas suíços conseguiram reprogramar o sistema imunológico de roedores para eliminar uma doença autoimune, feito que pode abrir caminho para novos tratamentos contra condições clínicas para as

quais ainda não se obteve a cura, como diabetes melito do tipo 1 (DM-1)

Nos pacientes com DM-1, a produção de insulina no pâncreas é insuficiente, razão por que eles precisam, então, de injeções de insulina para conseguir manter a glicose em níveis normais no sangue.

No estudo, os pesquisadores modificaram uma proteína que, uma vez inserida em camundongos com DM-1, foi capaz de eliminar completamente os sintomas da doença nos animais. Isso ocorreu porque a proteína modificada atacou os linfócitos T, células do sistema de defesa cuja disfunção agride as células do pâncreas, acarretando esse tipo de diabetes.

Disponível em: <http://veja.abril.com.br>. Acesso em: 10 nov. 2018 (adaptado).

- O DM-1 é uma doença
- A tratada pela remoção de insulina do sangue.
- B causada pela liberação de uma proteína no sangue.
- C causada por linfócitos T, que liberam glicose no sangue.
- D relacionada a uma resposta imunológica insuficiente do pâncreas.
- E relacionada ao ataque de células do próprio indivíduo por seu sistema imunológico.

8 Unirio 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 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.

- B O pâncreas é uma glândula produtora dos hormônios insulina e glucagon, que atuam no controle da glicemia
- C 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.
- D Os indivíduos diabéticos apresentam normalmente altas concentrações de glicogênio hepático e muscular

15 UFC O momento do vestibular, sem dúvida, causa nos candidatos uma mistura de sensações como prazer, por estar próxima a tão sonhada aprovação; emoção, por vivenciar 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.

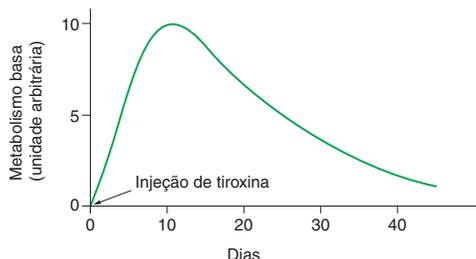
- A Suprarrenal e adrenalina.
 B Tireoide e adrenalina.
 C Tireoide e calcitonina.
 D Hipófise e adrenalina.
 E Pineal e melatonina.

16 Enem 2017 Os distúrbios por deficiência de iodo (DDI) são fenômenos naturais e permanentes amplamente distribuídos em várias regiões do mundo. Populações que vivem em áreas deficientes em iodo têm o risco de apresentar os distúrbios causados por essa deficiência, cujos impactos sobre os níveis de desenvolvimento humano, social e econômico são muito graves. No Brasil, vigora uma lei que obriga os produtores de sal de cozinha a incluírem em seu produto certa quantidade de iodeto de potássio.

Essa inclusão visa prevenir problemas em qual glândula humana?

- A Hipófise. D Suprarrenal.
 B Tireoide. E Paratireoide.
 C Pâncreas.

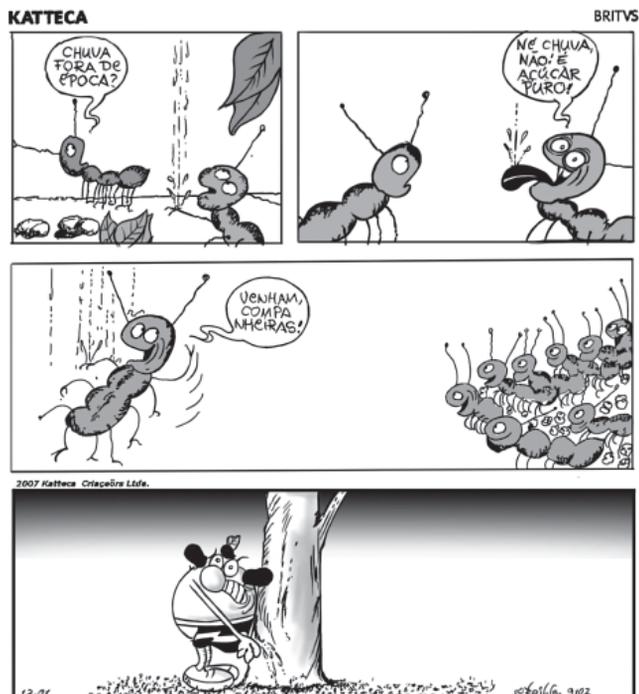
17 UFMG Analise este gráfico, em que está representado o efeito da tiroxina sobre o metabolismo basal.



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 Leia a tira a seguir.

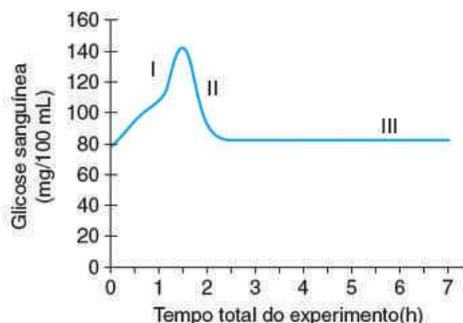


Katteca O Popular Goiânia, 15 maio 2007 Magazine. (Adapt)

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.

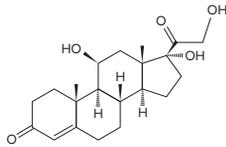
19 Unicamp A figura a seguir apresenta os resultados obtidos durante um experimento que visou medir o nível de glicose no sangue de uma pessoa saudável após uma refeição rica em carboidratos. As dosagens de glicose no sangue foram obtidas a intervalos regulares de 30 minutos



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 IFGO 2020 A ansiedade é um quadro emocional representado por sintomas que remetem ao medo, à inquietude, ao temor e à preocupação, envolvendo alterações comportamentais, psicofisiológicas e cognitivas, que estão relacionadas aos níveis de alguns hormônios e neurotransmissores, dentre eles a noradrenalina, a serotonina, a dopamina, a glicina, o cortisol e os neuropeptídeos. A figura a seguir apresenta a estrutura química do cortisol, um dos hormônios relacionados à ansiedade.



A vida moderna apresenta uma quantidade consideravelmente maior de situações estressantes que podem levar a alterações fisiológicas, tais como

- A** aumento da frequência cardíaca, dos níveis de glicose no sangue e da pressão arterial.
- B** redução da secreção dos hormônios adrenalina e noradrenalina, pela região medular das glândulas suprarrenais.
- C** diminuição da atividade fisiológica do cortisol, hormônio que possui 7 carbonos quirais na sua estrutura molecular.

D elevação das sensações de bem-estar e relaxamento provocadas pelo aumento da liberação de dopamina e serotonina

21 FPS 2019 O sistema endócrino é constituído por glândulas que produzem hormônios os quais influenciam praticamente todas as funções do organismo humano. Esse sistema interage com o sistema nervoso e recebe informações sobre o meio externo. Observe o quadro abaixo e assinale a alternativa que relaciona corretamente glândula secretora, hormônio produzido e função hormonal.

| | Glândula secretora | Hormônio produzido | Função hormonal |
|----------|--------------------|----------------------|---|
| A | Hipotálamo | Prolactina | Estimula a secreção de leite nos mamíferos. |
| B | Hipófise | Adenocorticotrópico | Controle no balanço hídrico. |
| C | Tireoide | Tireoideotrópico | Aumenta a taxa do metabolismo. |
| D | Hipófise | Folículo estimulante | Estimula o crescimento. |
| E | Hipotálamo | Paratormônio | Diminui o teor de cálcio no sangue. |

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 filtragem 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.

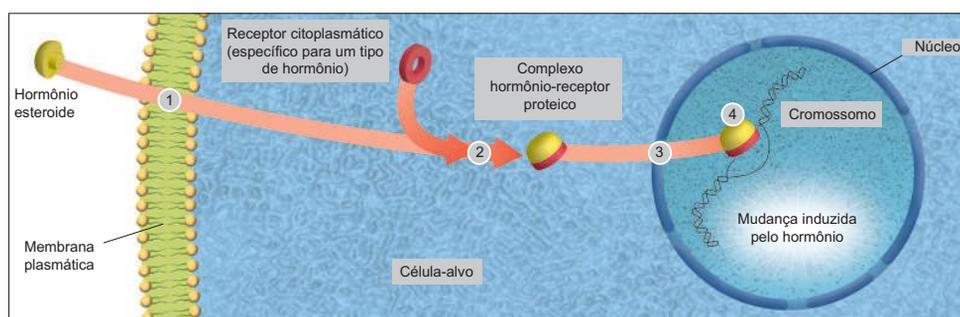
O **estômago** secreta **gastrina**, que estimula a produção de suco gástrico. A parede do **duodeno** produz **secretina**, que inibe a produção de suco gástrico e estimula no pâncreas a secreção de bicarbonato e no fígado a produção de bile, o que ajuda a neutralizar a acidez do suco gástrico que sai 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 sódio pela urina e na consequente diminuição da pressão arterial.

A atuação dos hormônios em nível celular

No interior das células, 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.

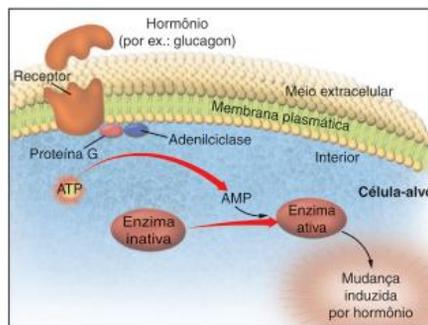
Os **hormônios esteroides** são solúveis em lipídeos e, por essa razão, atravessam a membrana plasmática (1) e interagem com receptores proteicos presentes no citoplasma (2); então, o **complexo hormônio-receptor proteico** passa para o núcleo (3) e atua sobre o DNA (4).



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 a 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.



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:

- **Neuroipófise (lobo posterior da 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.

Adenoipófise (lobo anterior da 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:

- **Prolactina (ou hormônio lactogênico) (ou prolactina):** estimula o aumento das mamas e a produção de leite pelas glândulas mamárias;
- **Somatotrofina (GH):** promove a elongação dos ossos, estimula a 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 foliculosestimulante)**
- **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 adenoipófise pelo sistema de *feedback* negativo com o TSH.

- **Triiodotironina (T3):** tem maior atividade do que o T4. Seus níveis são controlados pela adenoipófise 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. Ocasio na 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.

- **Glândulas suprarrenais (ou adrenais):** 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 **ilhas pancreáticas** (ou de **Langerhans**), 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?



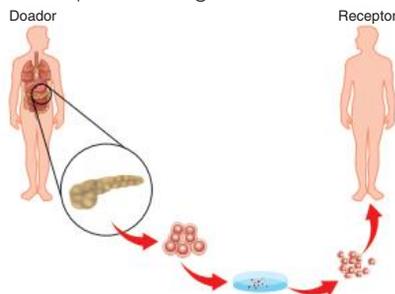
Site

- Artigo que descreve a descoberta da insulina e a sua importância no tratamento do diabetes. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/a-descoberta-da-insulina/>>.

Exercícios complementares

- 1 FMP 2017** Os rins podem excretar grande quantidade de urina diluída ou pequeno volume de urina concentrada sem grandes alterações nas excreções de solutos, como sódio e potássio. As ações do hormônio antidiurético (ADH) têm papel fundamental no controle do grau de diluição ou da concentração da urina. A secreção de ADH pode ser aumentada ou diminuída por estímulos ao sistema nervoso central, bem como por diversos fármacos e hormônios. A liberação do ADH é estimulada pelo
- consumo de álcool
 - aumento da volemia
 - vômito seguido de náusea
 - aumento da pressão sanguínea
 - decréscimo da osmolaridade plasmática

- 2 UFMG** 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

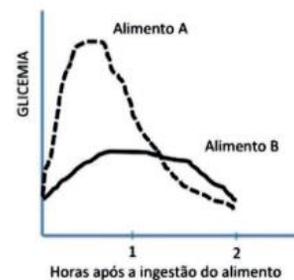


Considerando-se as informações contidas nesse esquema e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que, em tal situação, as células cultivadas são:

- pancreáticas e possuem genes para a síntese de insulina.
- hepáticas e geneticamente modificadas para sintetizar hormônios.
- hepáticas e vão sintetizar glucagon, que reduz a taxa de glicose no sangue.

- pancreáticas e capazes de captar insulina por meio de receptores.

- 3 Unicamp 2017** O gráfico a seguir representa a variação do índice glicêmico após a ingestão de dois alimentos (mesma quantidade, pela mesma pessoa, mas em momentos diferentes). A linha pontilhada representa o alimento A, enquanto a linha contínua representa o alimento B. A análise do gráfico nos permite afirmar corretamente que:



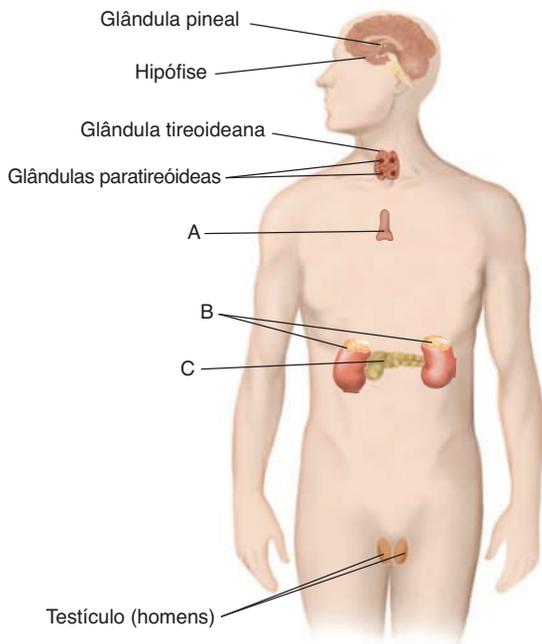
- O alimento B não afeta a concentração de glicose na circulação sanguínea
- O alimento A não possui carboidratos em sua composição.
- O alimento B ajuda a emagrecer, pois estimula a liberação de adrenalina.
- O alimento A estimula a liberação de insulina na circulação sanguínea.

- 4 UFJF** Leia os itens a seguir, que se referem às glândulas, e responda.

- 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 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 Uece 2019 Relacione corretamente os hormônios apresentados a seguir com algumas de suas funções, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

| Coluna I | Coluna II |
|---------------|--|
| 1. Insulina | Produz glicose a partir de gordura e proteína. |
| 2. Prolactina | Estimula a produção de leite nas glândulas mamárias. |
| 3. Cortisol | Capta a glicose do sangue e leva para dentro das células. |
| 4. Adrenalina | Promove resposta rápida ao estresse, acelera o batimento cardíaco e lança glicose no sangue. |

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A 4, 1, 3, 2.
 B 3, 2, 1, 4.
 C 1, 4, 2, 3.
 D 2, 3, 4, 1.

7 UEL 2017 Leia a tirinha a seguir.



(Disponível em: <<https://dicasdeciencias.com/2011/03/28/garfield-saca-tudo-de-fisica/>>. Acesso em: 27 abr. 2016.)

Garfield, um dos personagens da charge, construiu sua fama devido ao fato de apresentar algumas características, como, por exemplo, a deposição excessiva de gordura corporal. Essa condição, na qual se incluem os humanos, pode ser explicada pela ingestão de alimentos em quantidades maiores do que aquelas que podem ser utilizadas pelo organismo para a obtenção de energia.

Com base nos conhecimentos sobre metabolismo, assinale a alternativa correta.

- A A função do metabolismo é transformar moléculas grandes e complexas em pequenas, simples e solúveis, assim, o amido é convertido em ácidos graxos, as proteínas, em aminoácidos, e os lipídios, em moléculas de glicose
- B As substâncias reguladoras, por possuírem a função de suprir as necessidades energéticas, garantem um metabolismo normal e devem ser ingeridas em todas as refeições.
- C O catabolismo é a etapa na qual os nutrientes são assimilados e utilizados para formar novas substâncias indispensáveis ao crescimento, à manutenção e à regeneração do organismo.
- D O anabolismo é a etapa na qual ocorre a quebra de moléculas complexas em outras mais simples, com liberação de energia e eliminação de substâncias de excreção.

E O pâncreas produz o glucagon, que age no fígado e estimula a glicogenólise, reação que transforma o glicogênio em glicose, e a insulina, que tem por função reduzir a concentração de glicose no sangue.

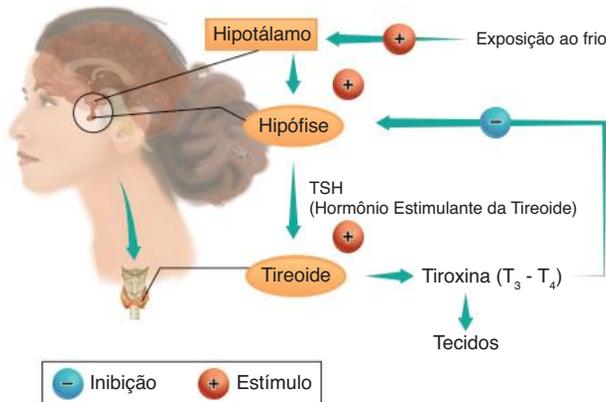
8 Unicamp O texto a seguir se refere ao relato de um viajante inglês que esteve em Minas Gerais entre 1873 e 1875.

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.)

- Das causas mencionadas pelo autor, alguma é realmente responsável pelo aparecimento do bócio? Justifique.
- Qual a consequência do aparecimento do bócio para o organismo?
- Que medida foi tomada pelos órgãos de saúde brasileiros para combater o bócio endêmico?

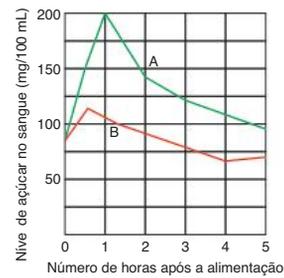
9 PUC-Minas O esquema a seguir representa um processo de regulação endócrina por fatores internos e externos ao organismo.



De acordo com o esquema e seus conhecimentos, é correto afirmar, exceto:

- estímulo e inibição atuam coordenadamente opondo-se a grandes variações na concentração plasmática de tiroxina em indivíduos normais.
- tiroxina pode atuar como hormônio que contribui para nos adaptarmos ao frio.
- a redução nos níveis de TSH é sempre indicador de hipotireoidismo.
- a carência nutricional de iodo pode determinar a redução na produção de tiroxina e o aumento de volume da tireoide.

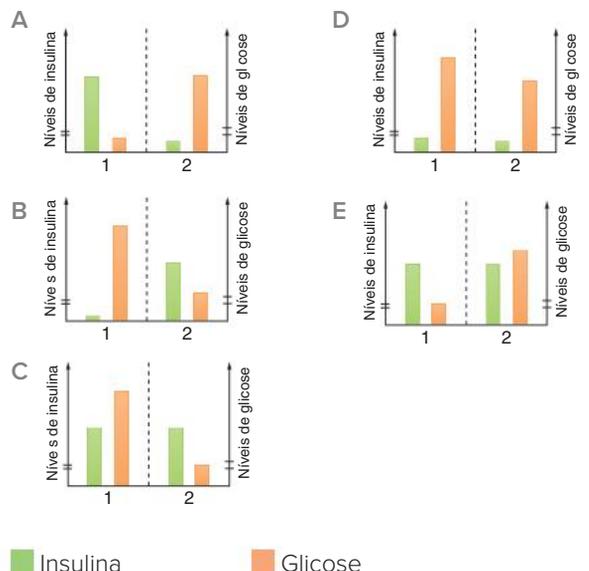
10 Fuvest Analise o gráfico a seguir.



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?

- Insulina; pâncreas.
- Insulina; fígado.
- Insulina; hipófise.
- Glucagon; fígado.
- Glucagon; suprarenal.

11 UFF 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.



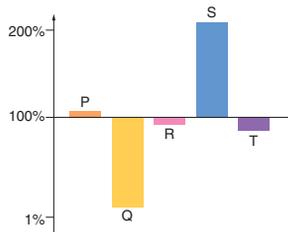
- Antes do transplante
- Depois do transplante

- 12 UFG** Diabetes *mellitus* é uma disfunção do pâncreas. O indivíduo diabético pode apresentar vários sintomas, entre eles a fraqueza muscular, que é decorrente:
- do excesso de glicose no sangue e do risco de desidratação.
 - da conversão de glicose em glicogênio e de seu armazenamento.
 - da redução de absorção de glicose e de seu consumo.
 - da formação de corpos cetônicos e da redução do pH no sangue
 - da reabsorção do excesso de glicose pelos túbulos renais e da elevação do teor de açúcar no sangue.

- 13 Enem 2018** Anabolismo e catabolismo são processos celulares antagônicos, que são controlados principalmente pela ação hormonal. Por exemplo, no fígado a insulina atua como um hormônio com ação anabólica, enquanto o glucagon tem ação catabólica e ambos são secretados em resposta ao nível de glicose sanguínea. Em caso de um indivíduo com hipoglicemia, o hormônio citado que atua no catabolismo induzirá o organismo a
- realizar a fermentação láctica.
 - metabolizar aerobicamente a glicose
 - produzir aminoácidos a partir de ácidos graxos.
 - transformar ácidos graxos em glicogênio.
 - estimular a utilização do glicogênio.

- 14 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 distúrbios metabólicos 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.
- Hormônio tireotrófico e adrenocorticotrófico – hipófise
 - Hormônio tireotrófico e do crescimento – hipófise.
 - Tiroxina e calcitonina – tireoide.
 - Tri-iodotironina e tiroxina – tireoide
 - Tri-iodotironina e calcitonina – tireoide.

- 15 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.

- 16 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).
- Qual a consequência da deficiência do funcionamento das células β (beta) no homem? Explique.
 - Além das secreções de hormônios (endócrinas), o pâncreas apresenta também secreções exócrinas. Dê um exemplo de secreção pancreática exócrina e sua função.
 - Por que neste caso a secreção é chamada exócrina?
- 17 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.

[...]

- Por que nos não diabéticos a glicemia aumenta logo após uma refeição e diminui entre as refeições?
 - Explique por que uma pessoa com diabetes melito apresenta glicemia elevada constante.
- 18 FCM 2018** O hormônio do crescimento (GH), também conhecido como somatotrofina (ST), é um hormônio proteico produzido e secretado pela glândula hipófise anterior (adenoi hipófise). A quantidade e o padrão de liberação do GH variam ao longo da vida de um indivíduo. O pico dos níveis basais encontra-se durante a infância. A amplitude e a frequência de picos são máximos durante o estirão na puberdade. Em relação à produção da secreção desse hormônio, identifique entre as alternativas quais seriam os efeitos por ele produzidos
- Decomposição química das gorduras no organismo aumentada, eliminação de sódio aumentada e síntese proteica diminuída.
 - Decomposição química das gorduras no organismo aumentada, reduzido consumo de glicose hepática e síntese proteica aumentada.
 - Decomposição química das gorduras no organismo diminuída, aumentado o consumo de glicose hepática e síntese proteica diminuída.
 - Decomposição química das gorduras no organismo diminuída, absorção de cálcio aumentada e síntese proteica aumentada.
 - Decomposição química das gorduras no organismo aumentada, eliminação de cálcio diminuída e síntese proteica diminuída.



dimitridici/stockphoto.com

FRENTE 3

CAPÍTULO

18

Sistema genital

A reprodução é uma das propriedades comuns a todos os seres vivos. É essa propriedade que permite a continuidade da vida e a perpetuação das espécies. No caso dos seres humanos, o nascimento de uma criança é o resultado de diversos processos biológicos complexos e interligados que ocorrem no organismo de seus progenitores.

Sistema genital masculino

O sistema genital 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 sistema genital masculino é constituído por diversas 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).

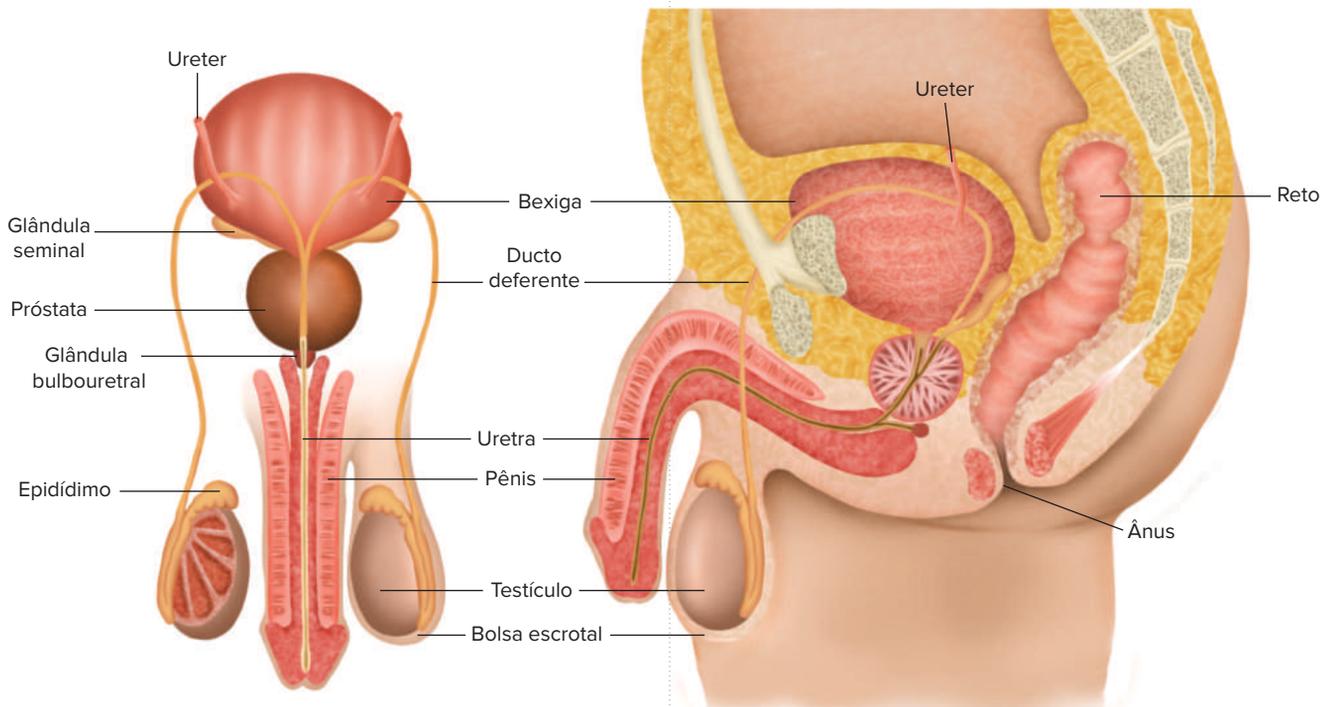


Fig 1 O sistema genital masculino tem íntima relação anatômica com o sistema urinário, compartilhando a uretra como canal de saída do sêmen e da urina.

Os epidídimos estão ligados aos **ductos deferentes**, ou 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 **glândulas seminais**, a **próstata** e a **glândula bulbouretral**.

Durante a atividade sexual, os espermatozoides armazenados nos epidídimos são transferidos para os **ductos deferentes**, dotados de musculatura involuntária, os quais conduzem os espermatozoides até a uretra, permitindo a sua liberação pela ejaculação.

A primeira secreção incorporada aos espermatozoides ocorre ainda nos ductos deferentes e é produzida pela **glândula seminal**, ou 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.

A **próstata**, localizada na base da bexiga urinária, libera outra secreção na parte posterior da uretra, levemente alcalina, que auxilia na neutralização do pH vaginal; isso garante a sobrevivência dos espermatozoides no interior do corpo da mulher.

A **glândula bulbouretral** também 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 grande quantidade de sangue, provocando o aumento de volume do pênis, processo conhecido como ereção.

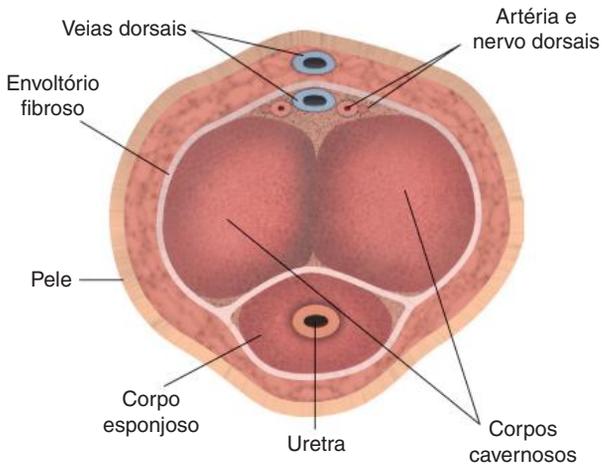


Fig. 2 No interior do pênis, passa a uretra, envolvida pelo corpo esponjoso. Também há dois corpos cavernosos, artérias e veias, responsáveis pelo processo de ereção.

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).

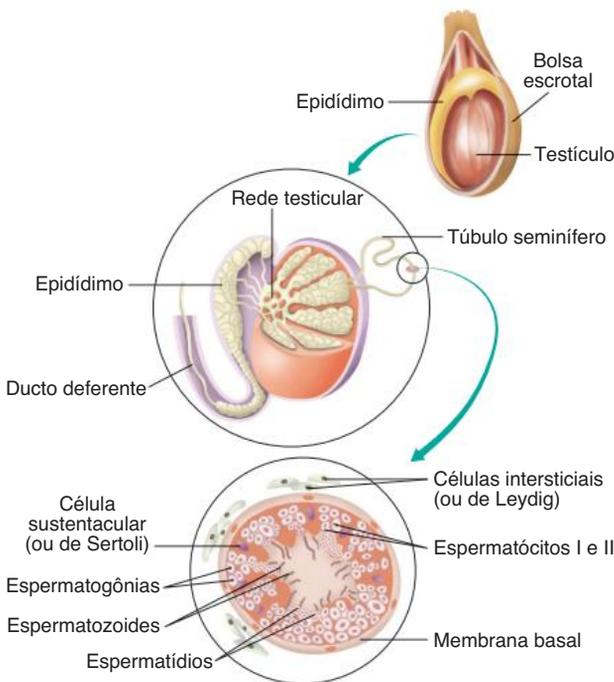


Fig. 3 Estrutura dos testículos e as células envolvidas na espermatogênese.

A **bolsa escrotal**, nos mamíferos, tem papel fundamental para a sobrevivência e 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 genital masculino e os hormônios

A **hipófise anterior** regula a atividade dos testículos por meio de duas gonadotrofinas: os hormônios FSH (hormônio foliculestimulante) 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 genital feminino

O sistema genital feminino é responsável por 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 genital 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 **clitórís** (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**, tecido rico em glândulas e vasos sanguíneos. Sua parede tem musculatura de contração involuntária, importante para a liberação do feto no momento do parto através do canal vaginal.

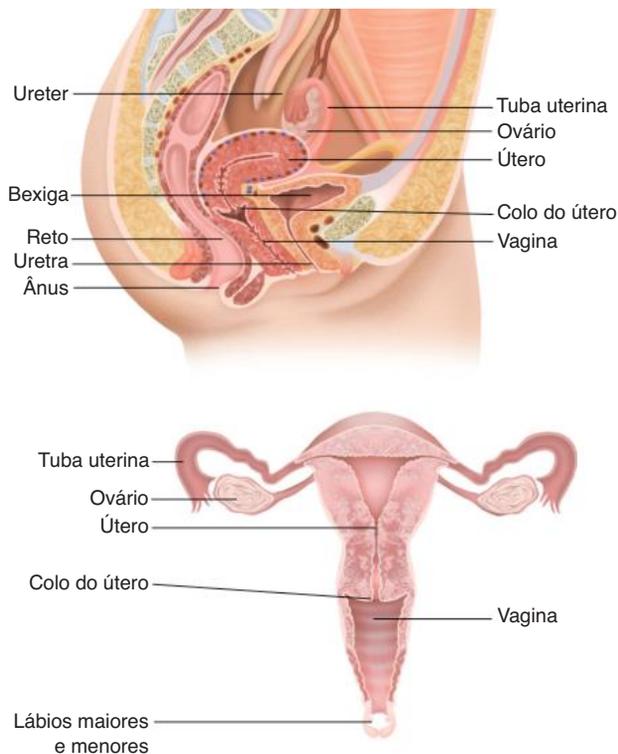


Fig. 4 Disposição dos componentes do sistema urogenital feminino.

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 clitóris, dotado de tecido erétil e de grande sensibilidade, sendo equivalente à glândula masculina. Os lábios maiores 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 variações 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 (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.

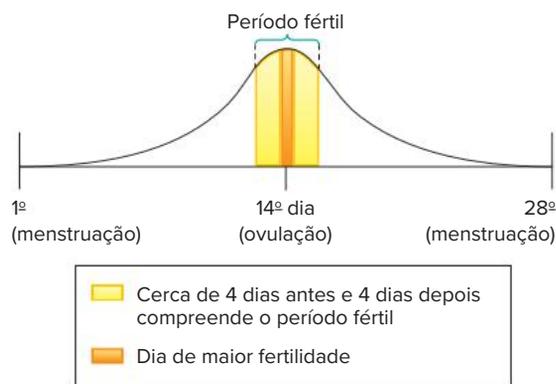


Fig. 5 Os principais eventos do ciclo menstrual e a faixa de maior probabilidade de fecundação do ovócito II liberado pelo ovário.

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).

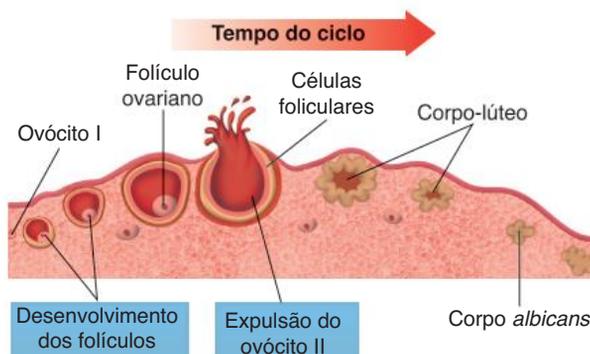


Fig. 6 Processo de ovulação, que ocorre a partir da maturação dos folículos ovarianos, no qual há a liberação de um ovócito II para a tuba uterina.

O sistema genital feminino e os hormônios

A **adenoipófise** regula a atividade dos ovários por meio de duas **gonadotrofinas**, os hormônios FSH (hormônio folículoestimulante) 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.

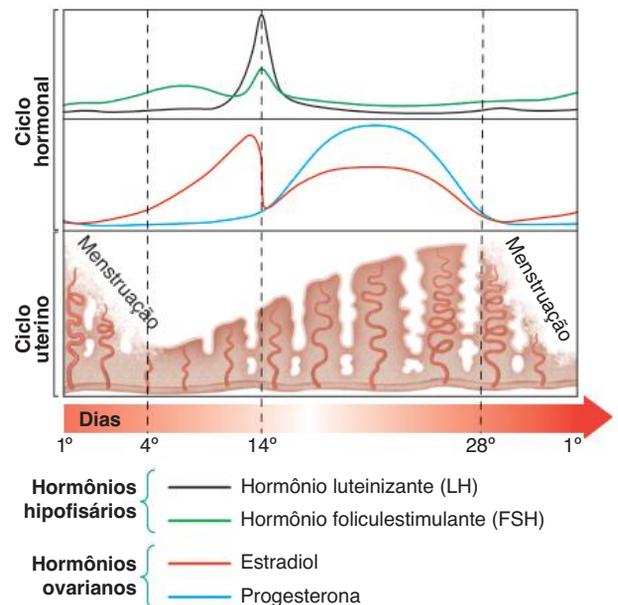
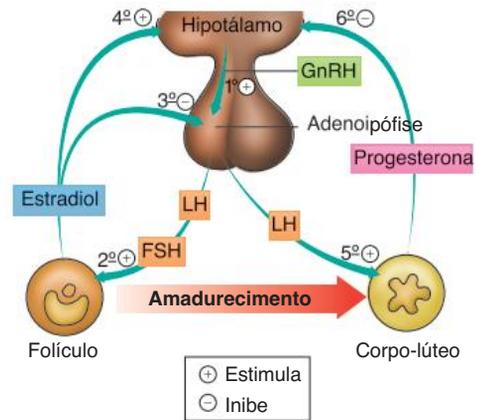


Fig. 7 Eventos do ciclo menstrual relacionados aos hormônios hipofisários e ovarianos. Note as quatro fases representadas no gráfico.

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).

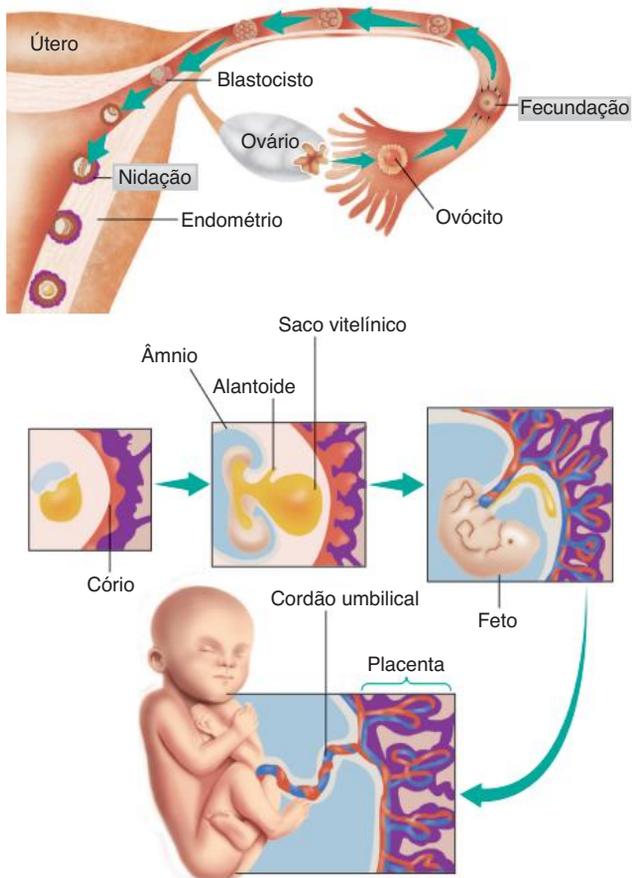


Fig. 8 Após a fecundação, ocorre a nidação, e, então, o desenvolvimento do embrião prossegue.

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 **adenopófise** 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 infecções sexualmente transmissíveis (ISTs), antigamente denominadas doenças sexualmente transmissíveis (DSTs). 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 permanente. 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).

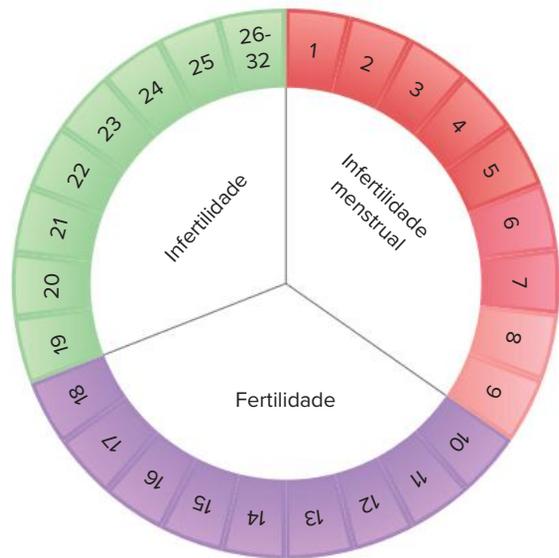


Fig. 9 Método contraceptivo comportamental: a tabelinha.

- **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 ISTs (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 ISTs (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 ISTs (Fig. 10).



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 ISTs.

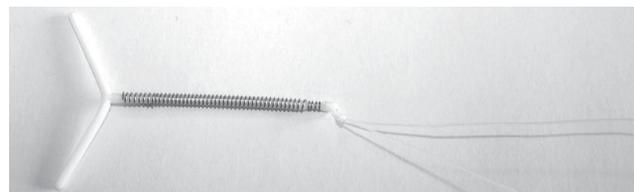


Fig. 11 Método contraceptivo DIU (dispositivo intrauterino).

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 ISTs. 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 hipótese 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 se romper). 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.

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 ISTs 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).

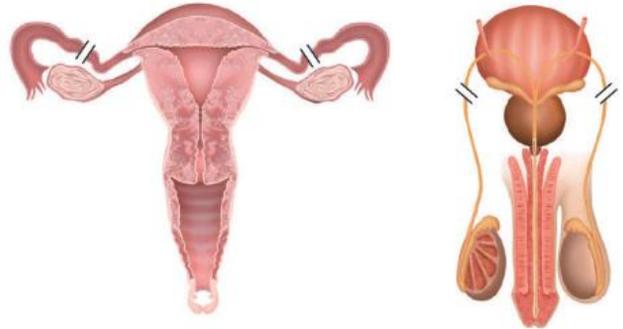


Fig. 13 Métodos contraceptivos cirúrgicos: laqueadura tubária e vasectomia.

Revisando

1 Quais são os dois produtos gerados pelo sistema genital masculino?

2 Cite os principais componentes do sistema genital masculino.

3 Em que estruturas dos testículos ocorrem a espermatogênese e a produção de testosterona?

4 O que são células sustentaculares (ou de Sertoli)?

5 Cite a função dos seguintes componentes do sistema genital 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 genital feminino.

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 genital feminino geralmente 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 geralmente dura uma gravidez e como ela chega ao fim? Quais são os hormônios envolvidos nesse processo?

21 O que são métodos contraceptivos? Cite alguns tipos e exemplos e explique como eles atuam.

22 Quais métodos contraceptivos podem também ser utilizados para a prevenção contra infecções sexualmente transmissíveis?

23 Quais métodos contraceptivos são irreversíveis? Como eles funcionam?

Exercícios propostos

- 1 Unemat** 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** 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 Unirio** 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.

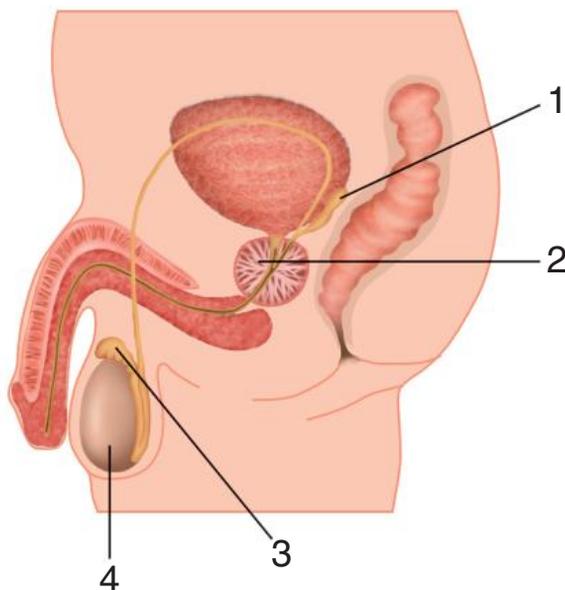
- a) Em que fase da espermatogênese a ligadura interfere?
b) Como se dá essa interferência na fertilidade masculina?

- 4 Uece** Coloque M ou F, conforme a estrutura pertença, respectivamente, ao sistema reprodutor masculino ou ao feminino.

| | |
|------------------|--------------|
| ■ Grandes lábios | ■ Útero |
| ■ Glândula | ■ Endométrio |
| ■ Uretra | ■ Escroto |

Assinale a opção que contém a sequência correta de letras, de cima para baixo.

- A M, F, M, F, M, F.
B F, M, F, F, M, M.
C F, M, M, F, F, M.
D F, F, M, M, F, M.
- 5 Udesc** 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:
- a) que órgãos constituem o aparelho reprodutor feminino dos mamíferos?
b) que hormônios reprodutivos são produzidos pelo ovário?
c) descreva o papel da prolactina nas fêmeas.
- 6 UFPR** De acordo com o aparelho reprodutor masculino representado, quais são os órgãos respectivamente designados pelos números 1, 2, 3 e 4?



- A Vesícula seminal, próstata, epidídimo e testículo.
B Próstata, epidídimo, vesícula seminal e testículo.
C Epidídimo, próstata, vesícula seminal e testículo.
D Próstata, vesícula seminal, testículo e epidídimo.
E Vesícula seminal, epidídimo, próstata, testículo.

7 Unifesp 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:

- A não tem fundamento, pois a testosterona é produzida por glândulas situadas acima dos ductos, próximo à próstata.
- B não tem fundamento, pois o seccionamento impede unicamente o transporte dos espermatozoides dos testículos para o pênis.
- C tem fundamento, pois a secção dos ductos deferentes impede o transporte da testosterona dos testículos para o restante do corpo.
- D tem fundamento, pois a produção da testosterona ocorre nos ductos deferentes e, com seu seccionamento, essa produção cessa
- E tem fundamento, pois a testosterona é produzida no epidídimo e dali é transportada pelos ductos deferentes para o restante do corpo.

8 Uece 2019 Em relação ao sistema reprodutor humano, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma a seguir:

- A próstata é a glândula responsável pela produção dos espermatozoides e da testosterona
- A uretra masculina é comum ao sistema reprodutor e excretor, ou seja, por ela saem o sêmen e a urina.
- A vagina é formada por: lábios menores e maiores; clítoris e orifício da uretra.
- Nos ovários são produzidos os hormônios estrogênio e progesterona, e as células reprodutivas femininas.

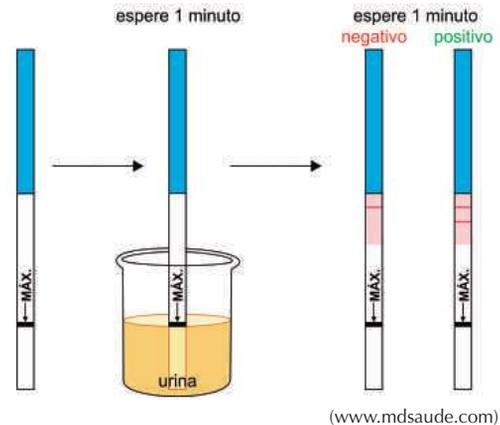
Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- A V, V, V, F.
- B V, F, V, F
- C F, V, F, V.
- D F, F, F, V.

9 Famerp 2018 Por causa de um câncer, um homem de 40 anos foi submetido a uma prostatectomia radical, ou seja, a retirada total da próstata. A ausência da próstata pode afetar a reprodução humana natural porque essa glândula

- A armazena os espermatozoides produzidos pelos testículos.
- B secreta substâncias que alcalinizam o pH do fluido vaginal.
- C secreta o volume total do sêmen, que nutre os gametas
- D produz o hormônio testosterona, que estimula a ereção peniana.
- E contém um conjunto de nervos que desencadeia a ereção peniana.

10 Unesp 2018 Marina não menstruou na data prevista e então comprou um teste para gravidez. A figura ilustra a realização do teste, que indicou que Marina estaria grávida.



No mesmo dia, Marina procurou um laboratório especializado para realizar o exame sanguíneo de gravidez, que confirmou o resultado do teste anterior. Considere o hormônio que evidenciou a gravidez nos dois testes realizados. O resultado positivo indica que a concentração de

- A gonadotrofina coriônica humana (HCG) era baixa na urina e alta no sangue circulante
- B progesterona era baixa na urina e baixa no sangue circulante.
- C hormônio folículo estimulante (FSH) era alta na urina e alta no sangue circulante.
- D progesterona era alta na urina e baixa no sangue circulante.
- E gonadotrofina coriônica humana (HCG) era alta na urina e alta no sangue circulante

11 UFSC 2019 Em um programa de auditório, especialistas discutem questões sobre sexo. A plateia interage com os especialistas fazendo afirmações relacionadas ao tema e ao corpo humano, das quais algumas são mitos e outras são verdades.

Dessa interação, foram selecionadas as seguintes afirmativas:

- I. As mulheres em geral são mais suscetíveis às inflamações na bexiga (cistite).
 - II. Cerca de 10% do volume do sêmen de homens saudáveis é constituído de espermatozoides
 - III. A ereção de partes da genitália é uma característica exclusiva dos homens.
 - IV. A próstata é responsável pela lubrificação tanto da mucosa vaginal quanto da uretra masculina ou feminina.
 - V. O Papiloma Vírus Humano (HPV) é encontrado somente no colo do útero.
- a) Em relação às afirmativas acima, indique uma que seja correta
- b) Em relação à afirmativa indicada no item "a", apresente um argumento com base na anatomia ou na fisiologia que justifique sua indicação.
- c) Cite três medidas de prevenção ao câncer de colo do útero originado pelo HPV.

12 Uerj 2018 Ao contrário da espermatogênese, a ovogênese humana é interrompida após a primeira divisão da meiose, resultando em um ovócito secundário.

Nomeie o hormônio que promove a liberação do ovócito secundário do ovário para a tuba uterina e aponte o evento biológico que permite a continuidade da divisão meiótica para formação do óvulo.

Em seguida, indique a característica do gameta feminino que contribui para o desenvolvimento inicial do zigoto.

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>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

Infecções sexualmente transmissíveis

As Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST) são causadas por vírus, bactérias ou outros microrganismos.

Elas são transmitidas, principalmente, por meio do contato sexual (oral, vaginal, anal) sem o uso de camisinha masculina ou feminina, com uma pessoa que esteja infectada. A transmissão de uma IST pode acontecer, ainda, da mãe para a criança durante a gestação, o parto ou a amamentação. De maneira menos comum, as IST também podem ser transmitidas por meio não sexual, pelo contato de mucosas ou pele não íntegra com secreções corporais contaminadas.

O tratamento das pessoas com IST melhora a qualidade de vida e interrompe a cadeia de transmissão dessas infecções. O atendimento, o diagnóstico e o tratamento são gratuitos nos serviços de saúde do SUS.

A terminologia Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST) passou a ser adotada em substituição à expressão Doenças Sexualmente Transmissíveis (DST), porque destaca a possibilidade de uma pessoa ter e transmitir uma infecção, mesmo sem sinais e sintomas.

Como se manifestam as IST?

As IST podem se manifestar por meio de feridas, corrimentos e verrugas anogenitais, entre outros possíveis sintomas, como dor pélvica, ardência ao urinar, lesões de pele e aumento de ínguas. São alguns exemplos de IST: herpes genital, sífilis, gonorreia, tricomoníase, infecção pelo HIV, infecção pelo Papilomavírus Humano (HPV), hepatites virais B e C

As IST aparecem, principalmente, no órgão genital, mas pode surgir também em outras partes do corpo (ex.: palma das mãos, olhos, língua).

O corpo deve ser observado durante a higiene pessoal, o que pode ajudar a identificar uma IST no estágio inicial. Sempre que se perceber algum sinal ou algum sintoma, deve-se procurar o serviço de saúde, independentemente de quando foi a última relação sexual. E, quando indicado, avisar a parceria sexual.

São três as principais manifestações clínicas das IST: corrimentos, feridas e verrugas anogenitais.

Corrimentos

- Aparecem no pênis, vagina ou ânus.
- Podem ser esbranquiçados, esverdeados ou amarelados, dependendo da IST.
- Podem ter cheiro forte e/ou causar coceira.
- Provocam dor ao urinar ou durante a relação sexual.
- Nas mulheres, quando é pouco, o corrimento só é visto em exames ginecológicos.
- Podem se manifestar na gonorreia, clamídia e tricomoníase.

Importante!

O corrimento vaginal é um sintoma muito comum e existem várias causas de corrimento que não são consideradas as IST, como a vaginose bacteriana e a candidíase vaginal.

Feridas

- Aparecem nos órgãos genitais ou em qualquer parte do corpo, com ou sem dor.
- Os tipos de feridas são muito variados e podem se apresentar como vesículas, úlceras, manchas, entre outros
- Podem ser manifestações da sífilis, herpes genital, cancroide (cancro mole), donovanose e linfogranuloma venéreo

Verrugas anogenitais

- São causadas pelo Papilomavírus Humano (HPV) e podem aparecer em forma de couve-flor, quando a infecção está em estágio avançado
- Em geral, não doem, mas pode ocorrer irritação ou coceira

HIV/aids e hepatites virais B e C

- Além das IST que causam corrimentos, feridas e verrugas anogenitais, existem as infecções pelo HIV, HTLV e pelas hepatites virais B e C, causadas por vírus, com sinais e sintomas específicos

Doença Inflamatória Pélvica (DIP)

- É outra forma de manifestação clínica das IST.
- Decorre de gonorreia e clamídia não tratadas.
- Atinge os órgãos genitais internos da mulher (útero, trompas e ovários), causando inflamações.

Algumas IST podem não apresentar sinais e sintomas, e se não forem diagnosticadas e tratadas, podem levar a graves complicações, como infertilidade, câncer ou até morte. Por isso, é importante fazer exames laboratoriais para verificar se houve contato com alguma pessoa que tenha IST, após ter relação sexual desprotegida sem camisinha masculina ou feminina.

Como é a prevenção das IST

O uso da camisinha (masculina ou feminina) em todas as relações sexuais (orais, anais e vaginais) é o método mais eficaz para evitar a transmissão das IST, do HIV/aids e das hepatites virais B e C. Serve também para evitar a gravidez.

Importante ressaltar que existem vários métodos para evitar a gravidez; no entanto, o único método com eficácia para prevenção de IST é a camisinha (masculina ou feminina). Orienta-se, sempre que possível, realizar dupla proteção: uso da camisinha e outro método anticonceptivo de escolha.

A camisinha masculina ou feminina pode ser retirada gratuitamente nas unidades de saúde

Quem tem relação sexual desprotegida pode contrair uma IST. Não importa idade, estado civil, classe social, identidade de gênero, orientação sexual, credo ou religião. A pessoa pode estar aparentemente saudável, mas pode estar infectada por uma IST.

A prevenção combinada abrange o uso da camisinha masculina ou feminina, ações de prevenção, diagnóstico e tratamento das IST, testagem para HIV, sífilis e hepatites virais

B e C, profilaxia pós-exposição ao HIV, imunização para HPV e hepatite B, prevenção da transmissão vertical de HIV, sífilis e hepatite B, tratamento antirretroviral para todas as PVHIV, redução de danos, entre outros.

Por que alertar as parcerias sexuais

O controle das Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST) não ocorre somente com o tratamento de quem busca ajuda nos serviços de saúde. Para interromper a transmissão dessas infecções e evitar a reinfecção, é fundamental que as parcerias também sejam testadas e tratadas, com orientação de um profissional de saúde.

As parcerias sexuais devem ser alertadas sempre que uma IST for diagnosticada. É importante a informação sobre as formas de contágio, o risco de infecção, a necessidade de atendimento em uma unidade de saúde, as medidas de prevenção e tratamento (ex.: relação sexual com uso de camisinha masculina ou feminina até que a parceria seja tratada e orientada).

AIDS e HIV

HIV é a sigla em inglês do vírus da imunodeficiência humana. Causador da aids, ataca o sistema imunológico, responsável por defender o organismo de doenças. As células mais atingidas são os linfócitos T CD4+. E é alterando o DNA dessa célula que o HIV faz cópias de si mesmo. Depois de se multiplicar, rompe os linfócitos em busca de outros para continuar a infecção.

Ter o HIV não é a mesma coisa que ter aids. Há muitos soropositivos que vivem anos sem apresentar sintomas e sem desenvolver a doença. Mas podem transmitir o vírus a outras pessoas pelas relações sexuais desprotegidas, pelo compartilhamento de seringas contaminadas ou de mãe para filho durante a gravidez e a amamentação, quando não tomam as devidas medidas de prevenção. Por isso, é sempre importante fazer o teste e se proteger em todas as situações.

Biologia

O 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.

Assim pega:

- Sexo vaginal sem camisinha;
- Sexo anal sem camisinha;
- Sexo oral sem camisinha;
- Uso de seringa por mais de uma pessoa;
- Transfusão de sangue contaminado;
- Da mãe infectada para seu filho durante a gravidez, no parto e na amamentação;
- Instrumentos que furam ou cortam não esterilizados.

Assim não pega:

- Sexo desde que se use corretamente a camisinha;
- Masturbação a dois;
- Beijo no rosto ou na boca;
- Suor e lágrima;
- Picada de inseto;
- Aperto de mão ou abraço;
- Sabonete/toalha/lençóis;
- Talheres/copos;
- Assento de ônibus;
- Piscina;
- Banheiro;
- Doação de sangue;
- Pelo ar

Sintomas e fases da aids

Quando ocorre a infecção pelo vírus causador da aids, o sistema imunológico começa a ser atacado. E é na primeira fase, chamada de infecção aguda, que ocorre a incubação do HIV (tempo da exposição ao vírus até o surgimento dos primeiros sinais da doença). Esse período varia de três a seis semanas. E o organismo leva de 30 a 60 dias após a infecção para produzir anticorpos anti-HIV. Os primeiros sintomas são muito parecidos com os de uma gripe, como febre e mal-estar. Por isso, a maioria dos casos passa despercebida.

A próxima fase é marcada pela forte interação entre as células de defesa e as constantes e rápidas mutações do vírus. Mas isso não enfraquece o organismo o suficiente para permitir novas doenças, pois os vírus amadurecem e morrem de forma equilibrada. Esse período, que pode durar muitos anos, é chamado de assintomático.

Com o frequente ataque, as células de defesa começam a funcionar com menos eficiência até serem destruídas. O organismo fica cada vez mais fraco e vulnerável a infecções comuns. A fase sintomática inicial é caracterizada pela alta redução dos linfócitos T CD4+ (glóbulos brancos do sistema imunológico) que chegam a ficar abaixo de 200 unidades por mm³ de sangue. Em adultos saudáveis, esse valor varia entre 800 a 1.200 unidades. Os sintomas mais comuns nessa fase são: febre, diarreia, suores noturnos e emagrecimento.

A baixa imunidade permite o aparecimento de doenças oportunistas, que recebem esse nome por se aproveitarem da fraqueza do organismo. Com isso, atinge-se o estágio mais avançado da doença, a aids. Quem chega a essa fase, por não saber da sua infecção ou não seguir o tratamento indicado pela equipe de saúde, pode sofrer de hepatites virais, tuberculose, pneumonia, toxoplasmose e alguns tipos de câncer. Por isso, sempre que você transar sem camisinha

ou passar por alguma outra situação de risco, procure uma unidade de saúde imediatamente, informe-se sobre a Profilaxia Pós-Exposição (PEP) e faça o teste. [...]

Tratamento para o HIV

Os primeiros medicamentos antirretrovirais (ARV) surgiram na década de 1980. Eles agem inibindo a multiplicação do HIV no organismo e, conseqüentemente, evitam o enfraquecimento do sistema imunológico. O desenvolvimento e a evolução dos antirretrovirais para tratar o HIV transformaram o que antes era uma infecção quase sempre fatal em uma condição crônica controlável, apesar de ainda não haver cura.

Por isso, o uso regular dos ARV é fundamental para garantir o controle da doença e prevenir a evolução para a aids. A boa adesão à terapia antirretroviral (TARV) traz grandes benefícios individuais, como aumento da disposição, da energia e do apetite, ampliação da expectativa de vida e o não desenvolvimento de doenças oportunistas.

Desde 1996, o Brasil distribui gratuitamente pelo SUS (Sistema Único de Saúde) todos os medicamentos antirretrovirais e, desde 2013, o SUS garante tratamento para todas as pessoas vivendo com HIV (PVHIV), independentemente da carga viral.

Também pode-se dizer que o tratamento pode ser usado como uma forma de prevenção muito eficaz para pessoas vivendo com HIV, evitando, assim, a transmissão do HIV por via sexual

Ministério da Saúde. *Infecções Sexualmente Transmissíveis*. Disponível em: <www.aids.gov.br/pt-br/publico-geral/o-que-sao-ist> Acesso em: 14 abr. 2021. (Adapt.).

Resumindo

Sistema genital masculino

O sistema genital 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 sustentculares (ou de Sertoli): servem de apoio, proteção e nutrição às espermatogônias.

• Células intersticiais (ou de Leydig): 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 genital masculino e os hormônios:

– a hipófise produz FSH (hormônio foliculestimulante), que estimula a espermatogênese;

a hipófise produz LH (hormônio luteinizante), que estimula as células intersticiais a produzirem testosterona.

Sistema genital feminino

O sistema genital 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 genital 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 adenoipófise 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

Contraceção 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 ISTs.
 - **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 ISTs. 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 ISTs. 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

- Reportagem do *site G1* aborda pesquisa segundo a qual a poluição do ar pode causar infertilidade masculina. Disponível em: <<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. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/uso-de-laptop-no-colo-pode-prejudicar-fertilidade-masculina-2929037>>.
- Reportagem sobre endometriose: a principal causa da infertilidade feminina. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/endometriose+a+principal+causa+da+infertilidade+feminina/n1237665484406.html>>.

Exercícios complementares

- 1 UFMG** 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?

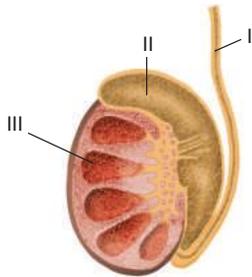
- 4 UFF** Recentemente, foram divulgados resultados de uma pesquisa sobre terapia de reposição hormonal (TRH) realizada nos Estados Unidos, com 16,6 mil mulheres de 50 a 79 anos de idade. Essa pesquisa apontou aumento da incidência de câncer de mama e de doenças cardiovasculares nas mulheres submetidas 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 Uncisal 2019** A pílula do dia seguinte é um contraceptivo de emergência que deve ser utilizado somente em último caso, como, por exemplo, quando a camisinha estourou no momento da ejaculação ou quando a mulher se esqueceu de tomar a pílula anticoncepcional durante dois, três dias e só se lembra no momento da relação sexual. Há relatos de que a pílula vem sendo ingerida por mulheres que sofreram estupro. Entretanto, não se deve fazer de seu uso um hábito nem tomar mais que uma dose por mês. O uso da pílula tem diminuído em mais de 50% a taxa de gravidez indesejada e evitado milhares de abortamentos.

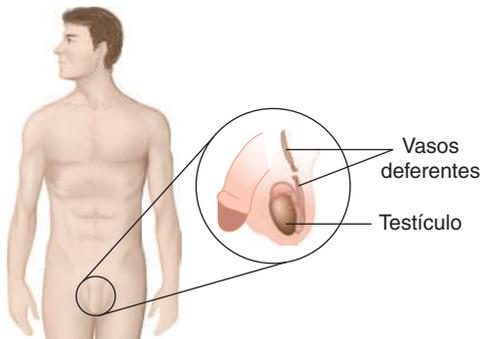
Disponível em: <https://drauziovarella.com.br>. Acesso em: 21 nov. 2018 (adaptado).

- Qual o principal efeito que a pílula do dia seguinte, utilizada para evitar uma gravidez indesejada, causa no organismo da mulher?
- A Estimula a ovulação, alterando o ciclo ovulatório.
 - B Altera o ciclo menstrual, antecipando o momento da menstruação.
 - C Elimina os espermatozoides por meio de substâncias espermicidas.
 - D Inibe a motilidade dos espermatozoides, impedindo o contato com o óvulo.
 - E Impede a implantação do embrião, liberando testosterona sintética no organismo.
- 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 epidídimo 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.

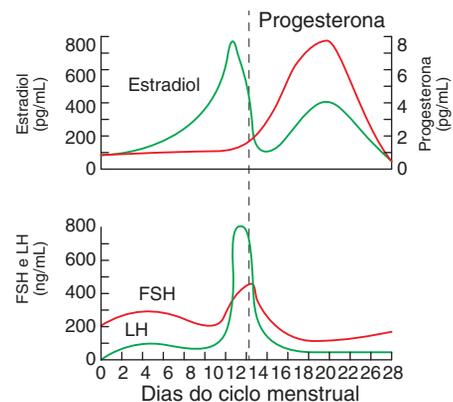


Considerando-se a utilização desse método, é correto afirmar que ele pode implicar:

- 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 Univag 2020** Atualmente são comercializados diversos tipos de pílulas anticoncepcionais. A escolha entre uma delas deve ser feita em função de uma avaliação médica, considerando as características de cada paciente. As pílulas anticoncepcionais têm ação contraceptiva porque

- A impedem a maturação do folículo ovariano.
 B inibem a produção de hormônios placentários.
 C interrompem o desenvolvimento embrionário na fase de nêurula.
 D interrompem o processo de nidação do embrião na fase de gástrula.
 E impedem a formação do endométrio uterino.

- 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.

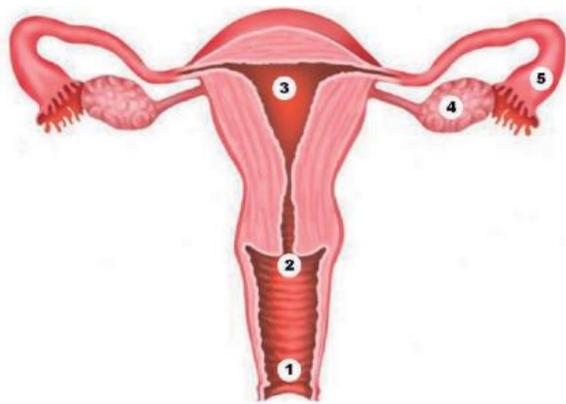
- O primeiro dia do ciclo menstrual corresponde ao primeiro dia da menstruação.
 O aumento da taxa de FSH induz o desenvolvimento dos folículos ovarianos.
 No momento da ovulação, as taxas de estrógeno e de LH estão elevadas.
 Os gráficos ilustram a situação que ocorre em mulheres que estão sob efeito de pílulas anticoncepcionais.

14 FCMSCSP Duas mulheres suecas estão carregando o útero de suas mães. Segundo os médicos responsáveis, esses são os primeiros transplantes de útero de mãe para filha. As cirurgias não tiveram complicações, mas os médicos só vão considerar o procedimento bem-sucedido se as mulheres conseguirem engravidar. Hormônios foram usados para estimular os ovários, que elas já tinham, para “amadurecer” os óvulos. Os cientistas vão fertilizar os óvulos com espermatozoides no laboratório e congelar os embriões que, depois de um tempo, serão transferidos para os úteros das pacientes se elas estiverem em boas condições de saúde.

“Suecas recebem útero de suas próprias mães”
Folha de S.Paulo, 19.09.2012. Adaptado.)

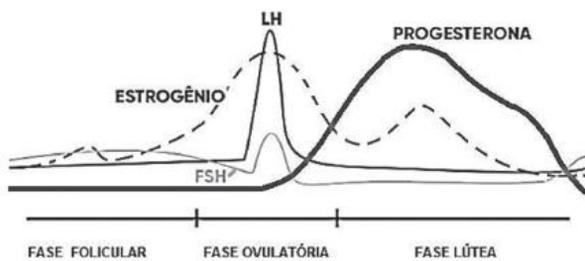
- Uma mulher menstrua desde que não tenha problemas hormonais ou no útero. Qual tecido uterino é eliminado durante a menstruação? O que acontece com a musculatura uterina quando ocorrem as cólicas?
- Cite o hormônio que estimula os ovários a “amadurecer” os óvulos. Por que o transplante de órgãos, neste caso, o útero, entre mãe e filha, muitas vezes apresenta maior viabilidade que o transplante entre mulheres não aparentadas?

15 Unifor 2018 Marina e Ricardo receberam a notícia que a tão esperada gravidez do primeiro filho do casal era ectópica. O médico afirmou, ainda, que a gravidez de Marina assemelhava-se aos 98% dos casos desse tipo de gravidez, ou seja, do tipo tubária. Conforme a imagem abaixo assinale o item que corresponde ao local (número) onde o blastocisto se implantou segundo texto acima:



A 1 B 2 C 3 D 4 E 5

16 Mackenzie-SP 2020 A partir do gráfico a seguir e de seus conhecimentos, considere as afirmativas a seguir:



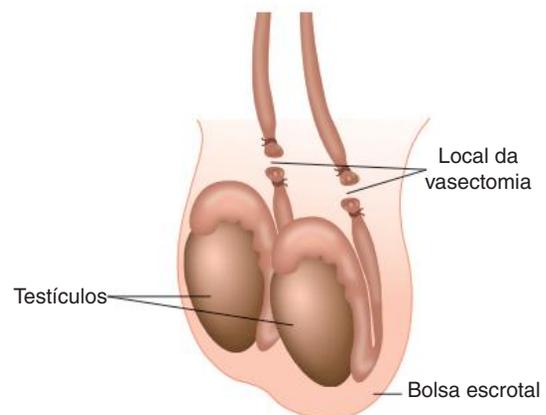
<http://labmeg.com.br/fases-do-ciclo-menstrual-normal/> (adaptada)

- O FSH, hormônio folículo estimulante, é adenoipofisário e estimula o crescimento folicular, um dos fenômenos que promovem a secreção de estrogênio e, mais tarde, dá condições para a ovulação.
- O LH, hormônio luteinizante, transforma o folículo ovariano em corpo lúteo ou amarelo, além de promover diretamente a ovulação.
- Altas taxas de estrogênio e de progesterona promovem o crescimento do endométrio, parede interna do útero, onde um embrião poderá se desenvolver.
- Manter altas as taxas de estrogênio e de progesterona desde a fase folicular são a base do funcionamento da pílula anticoncepcional.
- Os hormônios FSH e LH estão presentes na pílula anticoncepcional.

Estão corretas

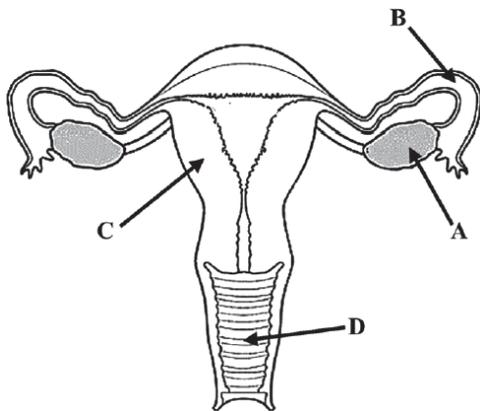
- I, II e III, apenas.
- I, II, III e IV, apenas.
- II, III, IV e V, apenas.
- I, III, IV e V, apenas.
- I, II, III, IV e V.

17 UFRJ 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.



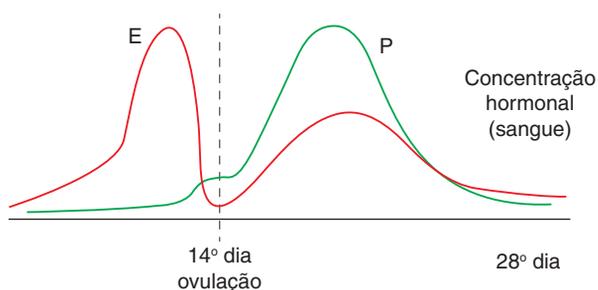
Por que a vasectomia não bloqueia os efeitos da testosterona, uma vez que esse hormônio também é produzido nos testículos?

- 18 Mackenzie 2017** O esquema abaixo representa o aparelho reprodutor feminino humano.



Assinale a alternativa correta.

- A** O FSH é um hormônio que age no órgão A enquanto que o LH age no órgão C.
- B** O órgão C é responsável por abrigar o embrião durante o desenvolvimento e também por ser o local onde ocorre a fecundação.
- C** O estrógeno é um hormônio produzido no órgão A e tem como função provocar o espessamento da camada interna do órgão C.
- D** A laqueadura é um método que consiste na obstrução do órgão D.
- E** No período fértil é quando a parede interna do órgão D se encontra mais espessada.
- 19 UFPA 2011** O gráfico a seguir representa os níveis dos hormônios estrógeno e progesterona no sangue de uma mulher, durante seu ciclo menstrual.



E - Estrógeno P - Progesterona

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** 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** 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.

- a) Como a pílula impede a gravidez?
- b) 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?

- A** Hormônio folículoestimulante (FSH) e hormônio luteinizante (LH)
- B** Hormônio folículoestimulante (FSH) e estrógeno
- C** Hormônio folículoestimulante (FSH) e progesterona.
- D** Hormônio luteinizante (LH) e estrógeno.
- E** Estrógeno e progesterona.

23 UCB-DF 2019 A gravidez é um período em que a mulher passa por diversas mudanças físicas e hormonais, o que pode causar enjoos e cansaço. Acerca do assunto e de conhecimentos adquiridos, assinale a alternativa correta.

- A A ovulação é o período do ciclo menstrual em que há um aumento do nível de estrogênio e do hormônio luteinizante.
- B O hormônio da gravidez é a progesterona.
- C Após a fecundação do óvulo e a respectiva implantação no útero, é o hormônio luteinizante que mantém o revestimento do útero até que a placenta esteja madura
- D O hormônio gonadotrofina coriônica humana começa a ser produzido no momento da fecundação do óvulo.
- E Os testes de gravidez de farmácia têm base na presença do hormônio progesterona na urina.

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.

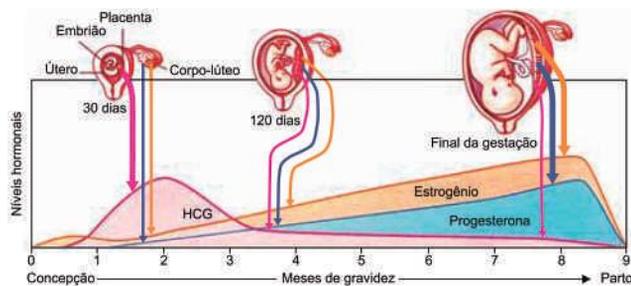
[...]

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 explicita do 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 Famema 2019 O gráfico ilustra a variação dos níveis de três hormônios durante uma gravidez. As setas verticais mais largas representam maior quantidade relativa do hormônio liberado.



(Demétrio D. Gowdak et al. *Biologia*, 2013)

- A Qual desses hormônios é detectado no exame de gravidez? Qual líquido biológico normalmente é utilizado para se detectar esse hormônio?
- B Por que os hormônios esteroides não se mantêm elevados após o parto? Por que a redução brusca e precoce desses hormônios pode causar um aborto espontâneo?

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).

Figura 1

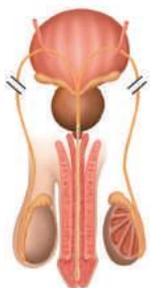


Figura 2



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** 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, gonorréia 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 chaticice da obrigação de ler Machado de Assis no prazer absoluto de ler Machado de Assis.

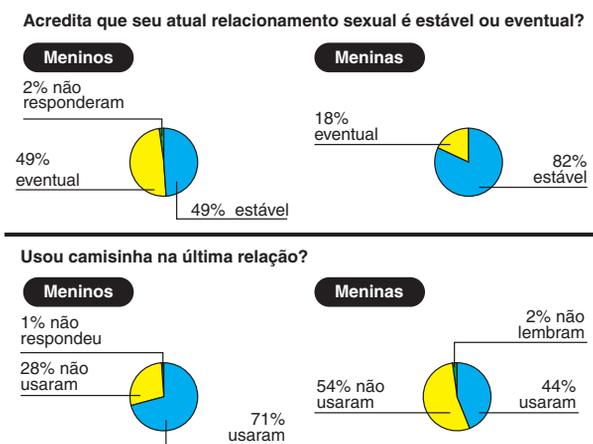
Repensar a escola também é fundamental. Dar ao aluno mais responsabilidade pelo próprio destino e a chance de se autoavaliar e avaliar seus professores. Reformular o sistema de avaliação e transformar a escola numa atividade de prazer: trazer para dentro dos colégios os temas da atualidade, além de transformar 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 Macunaíma 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.

- A Falta de adequação da camisinha ao tamanho do pênis.
- B Dificuldade de fabricação e de comercialização do produto.
- C Sensibilidade do órgão reprodutor masculino ao tipo de textura da camisinha.
- D Alto índice de casos de gravidez em casais que usaram a camisinha nas relações sexuais.
- E 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 cavalari 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:

- A 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
- B a camisinha, além de evitar gravidez, protege os parceiros sexuais da contaminação por outros microrganismos, sem provocar sobrecarga hormonal para o organismo feminino
- C 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.
- D os preservativos, ao evitarem a infecção pelo HIV, promovem aumento da contaminação por outros microrganismos, fato controlado pela pílula do dia seguinte.
- E 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.

- I Na família da adolescente podem surgir tensões devido à situação inesperada.
- II 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.
- III 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:

- A I, II e III.
- B apenas II e III.
- C apenas I e II.
- D apenas III.
- E apenas I.

36 Unifasb 2017 A menopausa refere-se à suspensão da menstruação e ovulação e, normalmente, ocorre em mulheres entre 46 e 54 anos, no entanto, a idade pode ser alterada a depender da paciente.

A causa desse fenômeno fisiológico feminino, está relacionada ao

- A declínio na produção do estradiol secretado pelo ovário.
- B aumento na produção de testosterona secretada pelo hipotálamo
- C declínio da produção do FSH, hormônio folículo estimulante, secretado pelo corpo lúteo
- D aumento na produção da progesterona secretada pela hipófise anterior
- E declínio na produção do cortisol secretado pela tireoide

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:

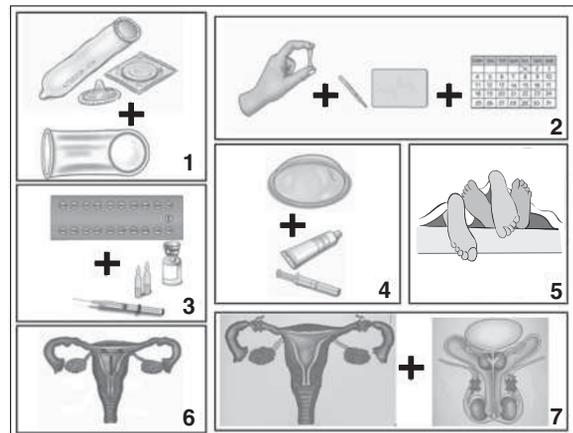
- A o diafragma impede a nidação da mórula.
- B o dispositivo intrauterino, D.I.U., impede a chegada dos espermatozoides ao útero.
- C o método hormonal feminino, pílula, impede a ovulação.
- D o método de tabela é eficiente se forem evitadas relações sexuais entre o 12º e o 14º dia do ciclo.
- E o preservativo 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 C 1; 2; 3; 6; 7 E 5; 2; 3; 4; 6
- B 1; 3; 4; 6; 2 D 4; 3; 1; 5; 2

FRENTE 3**CAPÍTULO****19****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. É em razão dessa capacidade de diferenciação que temos tecidos e órgãos distintos desempenhando as mais diversas funções no organismo completamente formado.

Introdução

Todas as células do corpo 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 substâncias através da membrana e a degradação de moléculas, possibilitando a manutenção do metabolismo celular. 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 que compõem os seres vivos, 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 desmosomos, 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 sudoríferas (antigamente chamadas sudoríparas) e sebáceas. O suor é uma modalidade de excreção executada por glândulas sudoríferas 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 por meio de diferentes critérios.

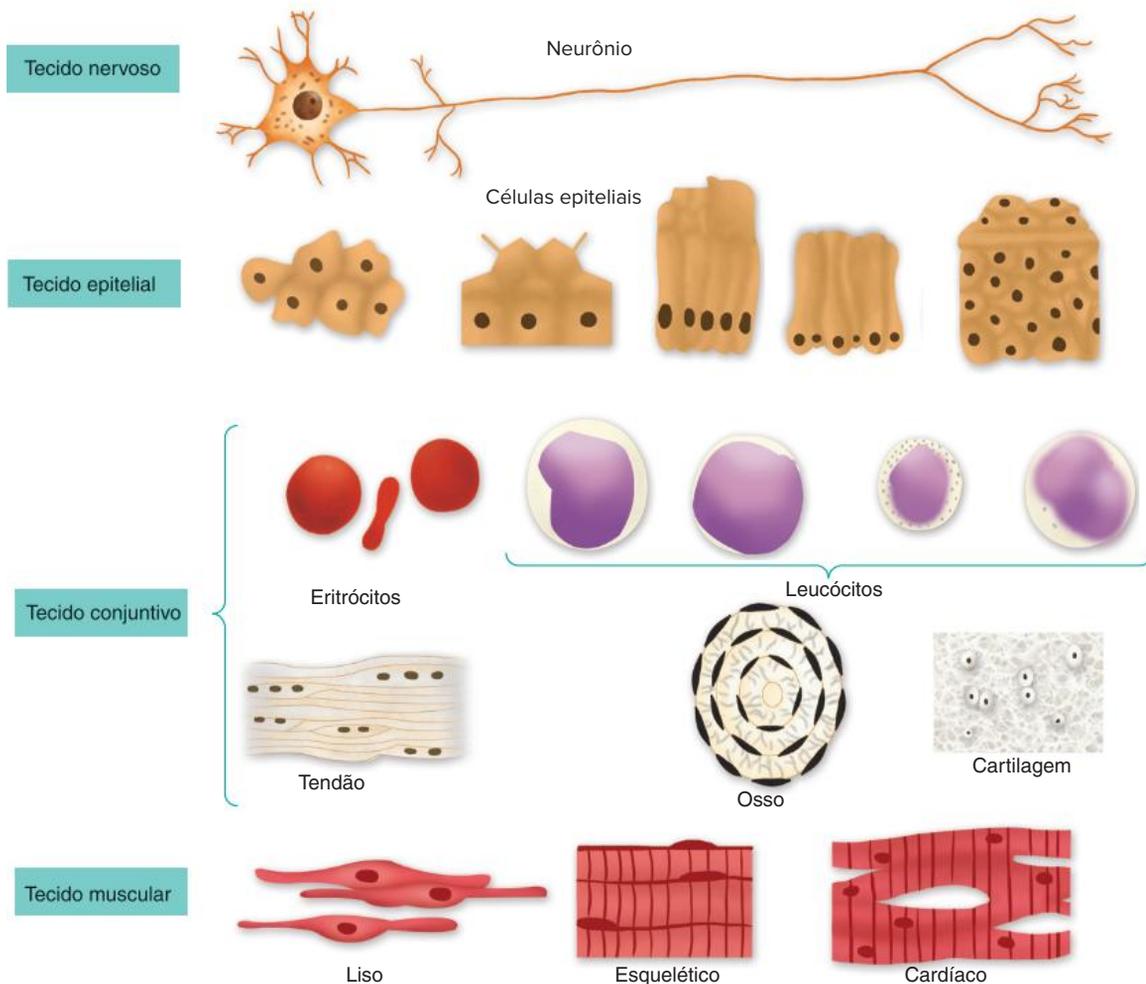


Fig. 1 Aspecto de células componentes dos principais tipos de tecidos.

Número de camadas

Epitélios podem apresentar uma ou muitas camadas de células, dependendo da sua função e localização no organismo. A classificação segundo esse critério possui:

- **Epitélio uniestratificado** ou **simples**: apresenta uma camada de células. 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 tamanhos desiguais, dão a impressão de possuir mais camadas de célula. Ocorre, por exemplo, na traqueia (Fig. 2).

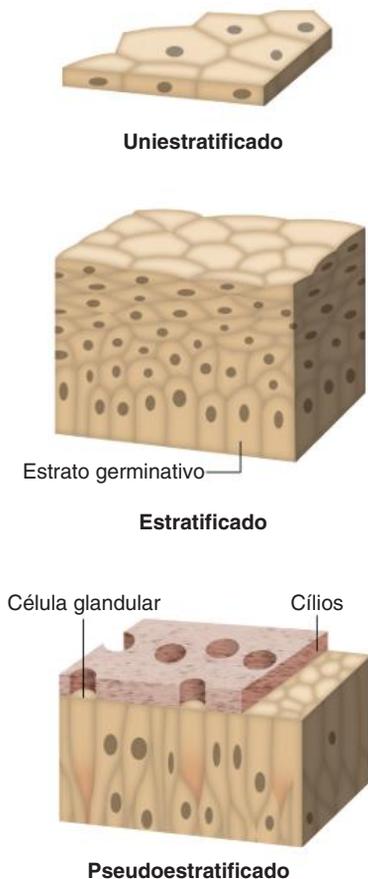


Fig. 2 Tipos de tecidos epiteliais classificados pelo número de camadas celulares

Formato das células

Os epitélios também podem ser classificados segundo o formato de suas células superficiais. 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 devido à quantidade de conteúdo de urina que o órgão apresenta (Fig. 3).

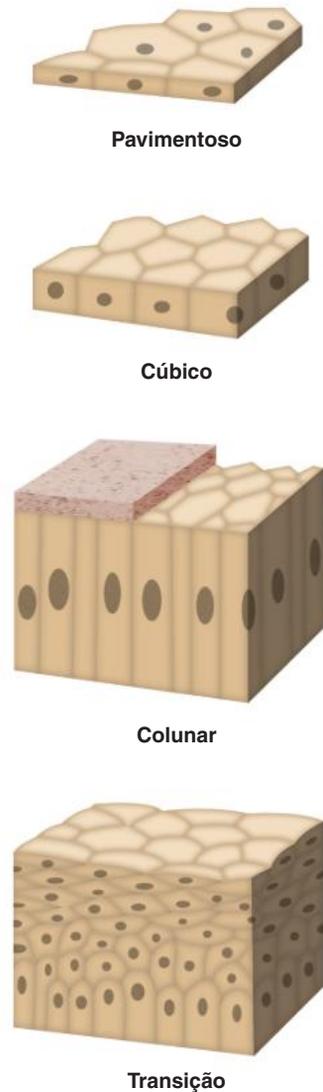


Fig. 3 Tipos de tecidos epiteliais classificados pelo formato das células

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 **apoiase 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 sudoríferas, 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 produção do suco pancreático (secreção que contém enzimas), e também no sistema endócrino, realizando a liberação dos hormônios insulina e glucagon (Fig. 4).

Novamente podemos utilizar a epiderme como exemplo de onde podemos encontrar essas glândulas. Dentre os epitélios de secreção epidérmicos, podem ser citadas as glândulas sudoríferas, 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 podem atuar em muitos animais como isolantes térmicos e como proteção contra atrito (Fig. 5).

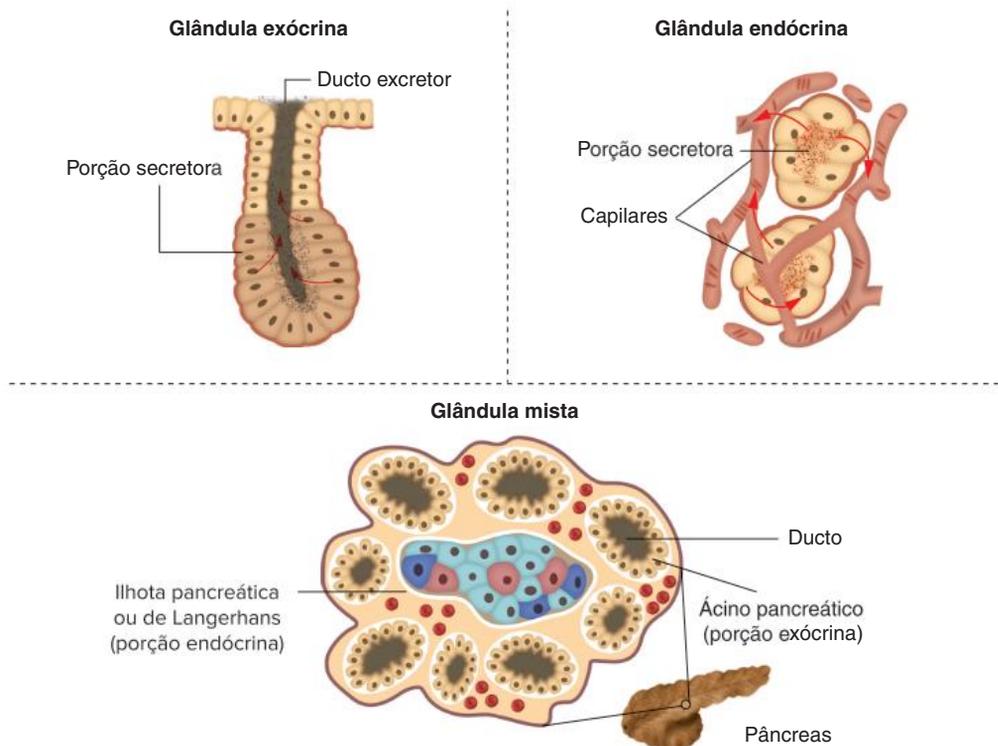


Fig. 4 Glândulas do tecido epitelial classificadas pelo modo de eliminação da secreção

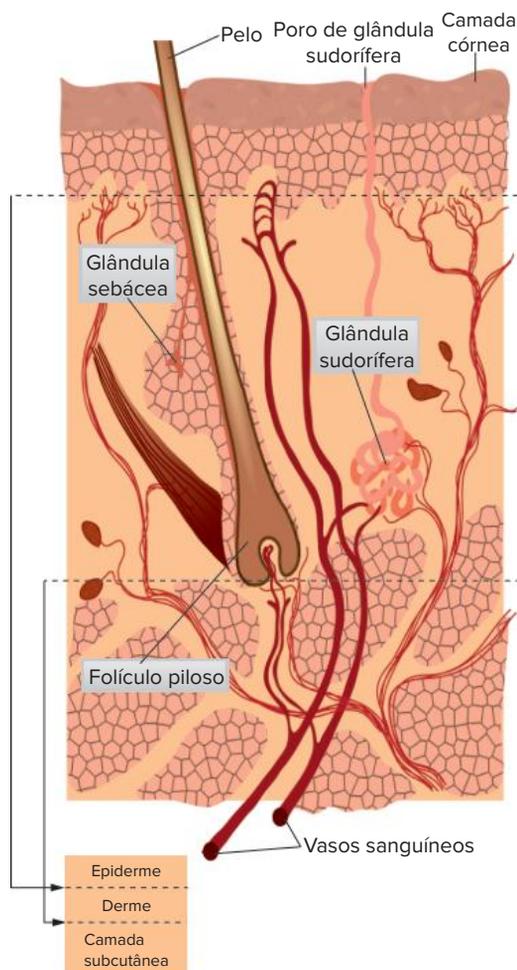


Fig. 5 A pele de mamíferos tem epiderme, derme e camada subcutânea. A epiderme tem tecido epitelial de revestimento, folículos pilosos, glândulas sebáceas e glândulas sudoríferas.

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).

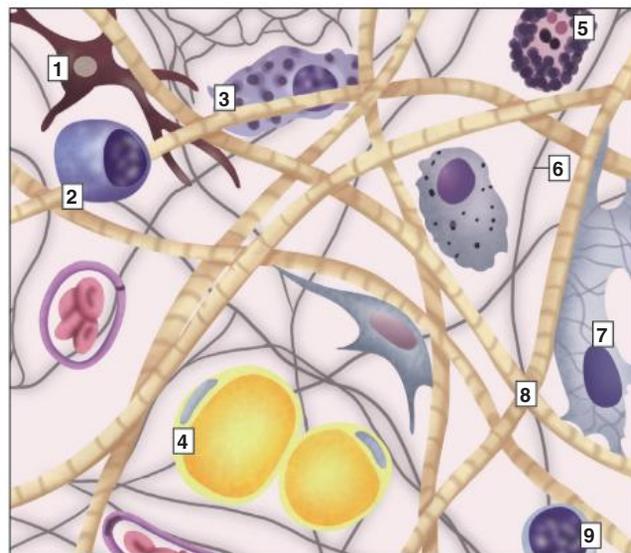


Fig. 6 Células do tecido conjuntivo: 1) melanócito; 2) plasmócito; 3) macrófago; 4) adipócito; 5) mastócito; 6) fibra elástica; 7) fibroblasto; 8) fibra de colágeno; 9) linfócito.

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, e 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, 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. Está presente 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 e 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 a responsável pela produção de células sanguíneas.

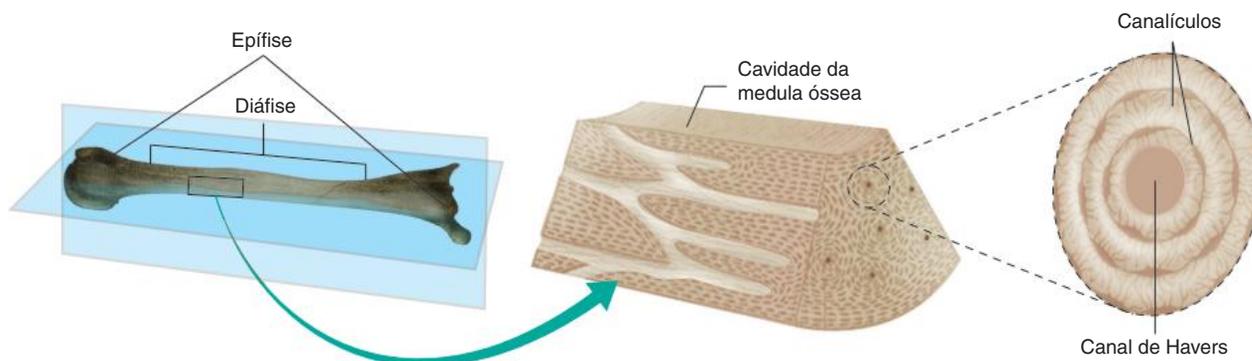


Fig. 7 As regiões de um osso (epífise e diáfise) e sua estrutura microscópica.

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).

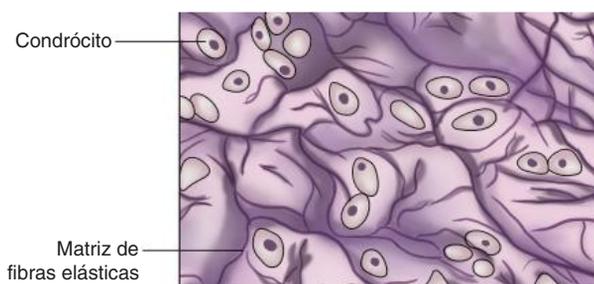


Fig. 8 Estrutura do tecido cartilaginoso

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 sudoríferas.

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.

- A Tecido epitelial, tecido conjuntivo, glândula exócrina, glândula endócrina e glândula salivar.
- B Tecido conjuntivo, tecido epitelial, glândula exócrina, glândula endócrina e tireoide
- C Tecido epitelial, tecido conjuntivo, glândula endócrina, glândula exócrina e pâncreas.
- D Tecido conjuntivo simples, tecido epitelial, glândula endócrina, glândula exócrina e paratireoide.
- E Tecido conjuntivo frouxo, tecido epitelial, glândula endócrina, glândula exócrina e glândula lacrimal.

9 FPS 2019 Nos seres humanos, existem diferentes tipos de tecidos, os quais são formados por um conjunto de 1 que desempenham determinadas funções. Os tecidos 2 são caracterizados por apresentar células imersas em grande quantidade de material extracelular. Os principais tipos de células desses tecidos são 3, que produzem as fibras, assim como os 4, que possuem grande capacidade de realizar fagocitose. Assinale a afirmativa que relaciona corretamente os números 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

- A 1 – células; 2 – conjuntivos; 3 – fibroblastos; 4 – macrófagos
- B 1 – fibrilas; 2 – conjuntivos; 3 – miosinas; 4 – condroblastos.
- C 1 – células; 2 – epiteliais; 3 – condrócitos; 4 – condroblastos.
- D 1 – miosinas; 2 – musculares; 3 – fibroblastos; 4 – macrófagos.
- E 1 – células; 2 – musculares; 3 – condroblastos; 4 – macrófagos.

10 Udesc Assinale a alternativa incorreta a respeito do tecido epitelial glandular.

- A 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 FPS 2017 Os tecidos corporais caracterizam-se pela interdependência das células que os compõem e são responsáveis por funções especializadas. Sobre este assunto, analise a imagem ao lado.



Conforme se pode identificar, o tecido acima é:

- A um epitélio de revestimento.
- B conjuntivo e avascular.
- C formado por condroblastos e vascularizado.
- D preenchido por medula óssea.
- E um depósito de reservas energéticas.

12 PUC Rio 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 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 Leia o texto a seguir.

O sedentarismo é mais alto entre os brasileiros com mais de 45 anos. E 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 ESCS 2015 Os tecidos animais são classificados com base em sua morfologia, localização, funções e origem embriológica. A tabela a seguir mostra as principais funções de cada um dos quatro tecidos animais.

| Tecido | Principais funções |
|--------|--|
| I | revestimento da superfície externa do corpo e de superfícies internas, secreção |
| II | sustentação do corpo e de órgãos, preenchimento, nutrição de células de outros tecidos, defesa, secreção |
| III | contração das suas células com geração de movimento, secreção |
| IV | geração, integração e transmissão de impulso |

Para exercer suas principais funções, o tecido II possui células

- A alongadas, com pouco material extracelular entre si
- B separadas por grande quantidade de material extracelular
- C muito próximas entre si, com pouca quantidade de matriz extracelular
- D com prolongamentos, formando redes.

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 alérgicos* (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, ela 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 alérgica (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 por 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 sudoríferas, 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 (triglicérides)
 - 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



Sites

- Reportagem sobre pele artificial sensível ao toque
Disponível em: <<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
Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/751078-australia-estuda-pele-artificial-para-reabilitacao-completa-de-queimaduras.shtml>.
- Reportagem sobre a cicatriz: passo a passo de todas as tarefas que o organismo tem de executar para construir a cicatriz após um ferimento
Disponível em: <<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.
Disponível em: <<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, em cavidades ou em 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 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 Células adiposas Glândulas sebáceas Glândulas sudoríparas | Controle de temperatura Excreção Armazenagem |

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 UFJF 2017 Em relação ao tecido conjuntivo, leia as afirmativas a seguir:

- I. É o mais diversificado de todos, com ampla distribuição pelo corpo dos animais; apresenta-se com diversos aspectos e funções.
- II Sendo uma estrutura complexa, pode ser formada por vários tipos de fibras como colágenas, elásticas e reticulares

- III. A doença escorbuto ocasiona uma degeneração dos tecidos conjuntivos.
- IV. O sangue é considerado um tecido conjuntivo cujas células estão imersas no plasma sanguíneo.
- V. O tecido conjuntivo que resiste a forças de tração é o tipo de tecido denso não modelado.

Assinale a alternativa com as afirmativas CORRETAS:

- A I, II, III, IV e V.
- B somente I, II e IV.
- C somente I, III e IV
- D somente I, II, III e IV
- E somente I, III, IV e V

4 UFRGS 2019 No bloco superior abaixo, estão caracterizadas células do tecido ósseo; no inferior, tipos de células desse tecido.

Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

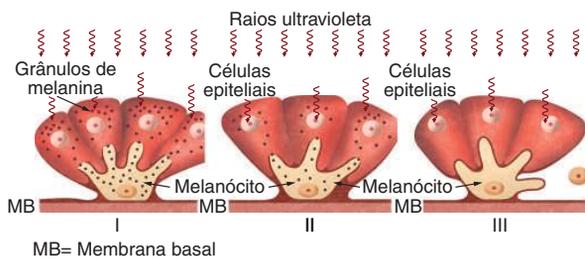
- 1. Macrófagos multinucleados da matriz óssea, responsáveis pela disponibilização dos minerais armazenados no osso.
- 2. Células de reserva lipídica da medula óssea
- 3. Células jovens com muitos prolongamentos e intensa atividade metabólica na síntese da parte orgânica da matriz óssea
- 4. Células aprisionadas nas lacunas da matriz óssea e com metabolismo mais reduzido.

- Osteoblasto
- Osteoclasto
- Osteócito

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A 1 – 2 – 4.
- B 2 – 1 – 3.
- C 4 – 3 – 2.
- D 3 – 1 – 4.
- E 4 – 2 – 1.

5 UEL Analise a figura a seguir.



Fonte: L. C. Junqueira; J. Carneiro. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 295. (Adapt.).

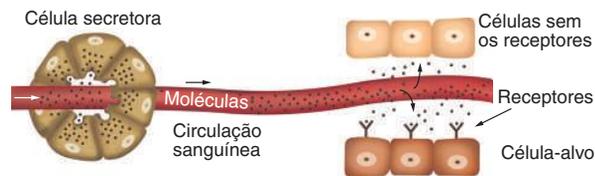
Com base na figura e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa correta

- 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 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.

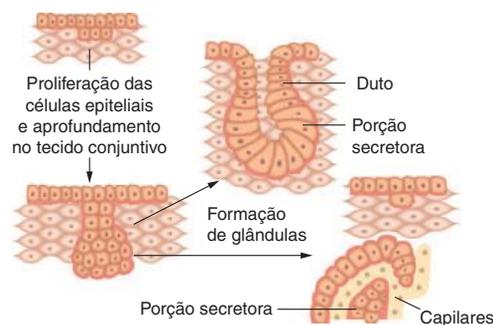
7 PUC-Minas Observe o desenho esquemático, que mostra um tipo de comunicação entre as células por meio de moléculas específicas.



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 sudoríferas são endócrinas, expelindo sua secreção.

9 UEPG 2017 (Adapt.) Os epitélios são formados por células justapostas com pouca substância intercelular e podem ter função de revestimento e de secreção. Sobre as características deste tecido, assinale o que for correto.

- 01 A epiderme, o epitélio de revestimento do nariz, boca e ânus e as glândulas sebáceas, sudoríferas, mamárias e salivares têm origem embrionária na ectoderme.
- 02 As células caliciformes do intestino apresentam numerosas estruturas ciliares em sua porção apical, contribuindo para a passagem do alimento pelo trato gastrointestinal.
- 04 Os tecidos epiteliais não possuem vasos sanguíneos. Recebem oxigênio e nutrientes dos capilares localizados no tecido conjuntivo, associado aos epitélios.
- 08 As glândulas endócrinas apresentam porção secretora que se abre para fora do corpo, eliminando seu produto diretamente na epiderme. Exemplo: glândulas mamárias.
- 16 As células de Langerhans presentes na epiderme produzem melanina, pigmento responsável pela cor da pele. Indivíduos com albinismo não possuem células de Langerhans funcionais.

Soma:

10 UFSC 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 A derme é um componente da pele dos animais, classificando-se como um tipo de tecido:

- A conjuntivo frouxo. C epitelial denso.
- B epitelial frouxo. D conjuntivo denso.

13 UEL 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 IFPE 2017 (Adapt.) Em diversos países, o consumo dos pés de galinha é quase zero, mas na China esse produto é bastante valorizado. Só o Brasil, nos últimos anos, exportou para esse país cerca de 200 mil toneladas por ano e o grande consumo dessa iguaria deve-se ao benefício que proporciona ao organismo por ser fonte de colágeno, uma proteína que proporciona flexibilidade, resistência e elasticidade aos tecidos conjuntivos.

É CORRETO dizer que a deficiência de colágeno, denominada “colagenose”, acarreta

- A inflamação nas juntas e má formação óssea.
- B regeneração e cicatrização dos tecidos.
- C combate à flacidez cutânea e muscular.
- D fortalecimento das unhas e crescimento capilar
- E prevenção ao aparecimento da osteoporose.

15 FCM 2020 Segundo Abraham Kierzenbaum, o Tecido Conjuntivo é responsável pelo arcabouço de suporte e pela conexão de todos os outros tecidos do corpo. Cada célula tem uma função específica, mas todas desempenham uma atividade comunitária, trabalhando de forma integrada com as outras células do corpo humano, de modo que juntas, garantem inúmeras atividades responsáveis pela integridade da vida. Sobre as células do tecido conjuntivo propriamente dito e suas características, examine a veracidade das proposições, em seguida marque a alternativa correta.

- I. Os fibroblastos é um componente permanente do tecido conjuntivo, responsável por produzir fibras colágenas e elásticas, bem como, produzir substância fundamental.

- II Os mastócitos originam-se da medula óssea. É fonte dos mediadores vasoativos contidos nos grânulos citoplasmáticos, os quais contêm heparina e histamina. Tem papel importante nas reações alérgicas.
- III Os macrófagos têm propriedades fagocíticas e nos processos de cicatrização. Pode haver transformação de macrófagos em fibroblastos.

- A Apenas I e III estão corretas.
- B Apenas II e III estão corretas.
- C Estão corretas I, II e III.
- D Estão incorretas I, II e III.
- E Apenas I e II estão corretas.

16 UFPE Em relação ao tecido conjuntivo cartilaginoso, 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 esteoblasto.
- 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:

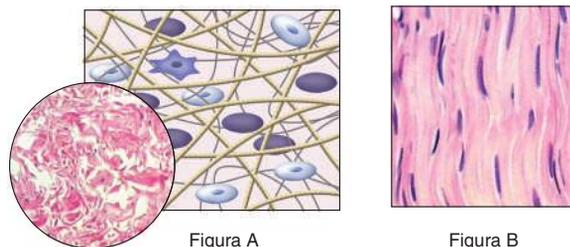
- A nervoso
- B conjuntivo
- C epitelial
- D muscular cardíaco
- E muscular esquelético.

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 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.

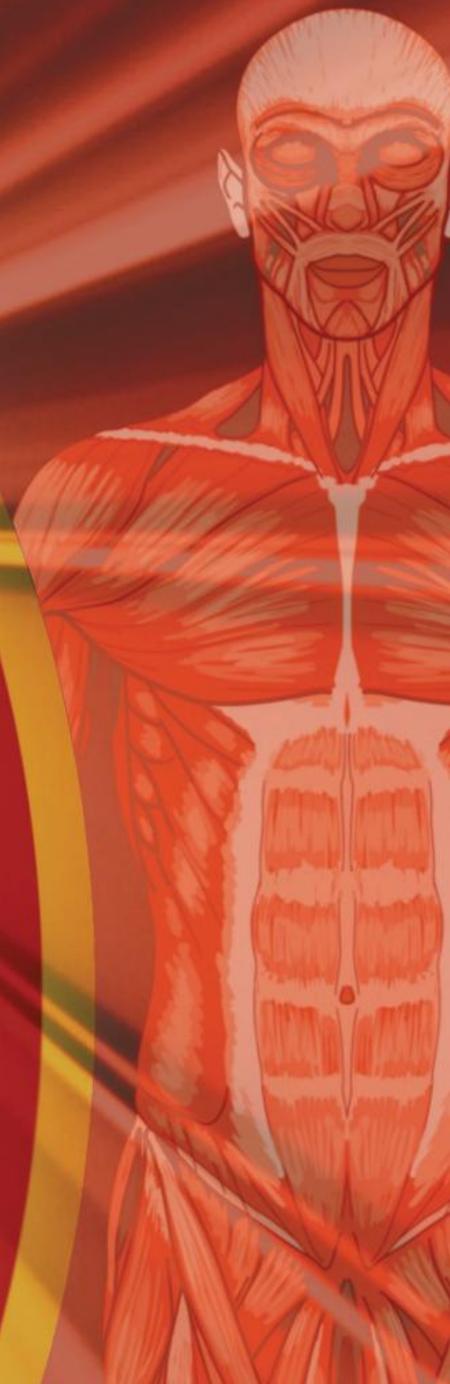
Após a análise da figura, chegaram à conclusão de que se trata de tecido conjuntivo.

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 mioelóide. Figura B é um tecido conjuntivo linfóide.

21 PUC-PR 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.



FRENTE 3

CAPÍTULO

20

Tecidos musculares

A interação do sistema nervoso com o sistema muscular possibilita a movimentação do organismo. Desde os movimentos mais precisos, como os necessários para se tocar um instrumento musical, até os movimentos involuntários do corpo, como os batimentos cardíacos, resultam dessa interação.

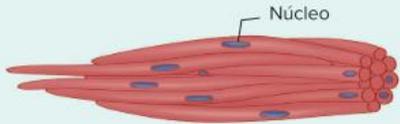
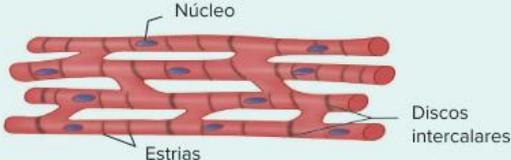
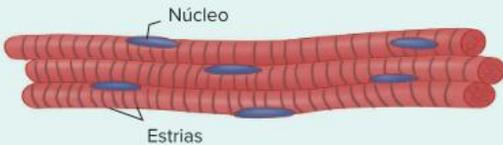
Papéis do tecido muscular

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. Constitui a 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, apresentam suas extremidades mais afiladas; têm apenas **um núcleo**, e o citoplasma não possui 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 possui 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 antagônicos**, isto é, que apresentam ações opostas. Um exemplo clássico é observado no movimento de **flexão** e **extensão** do antebraço. Nesses movimentos, atuam dois músculos principais, o **bíceps** e o **tríceps**. No movimento de flexão, o bíceps sofre contração e o tríceps, distensão. No movimento de extensão, o tríceps contrai-se e o bíceps distende-se (Fig. 1).

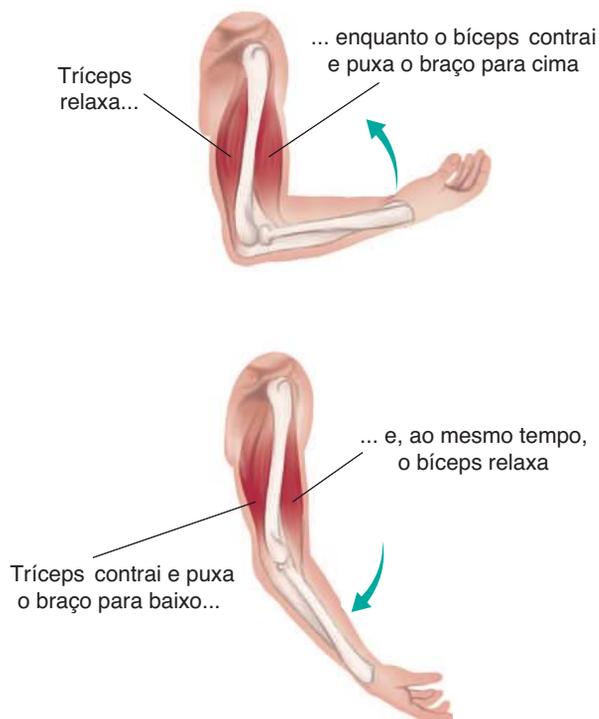


Fig. 1 Atuação de grupos musculares antagônicos no braço.

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 explica predisposições de determinados indivíduos a certos tipos de práticas esportivas.

| 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)

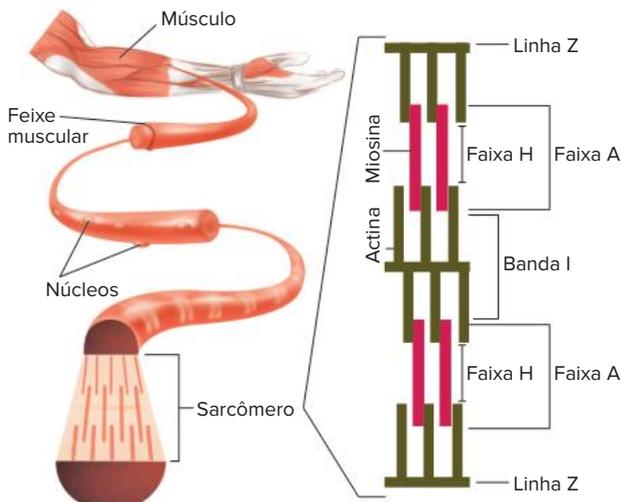


Fig. 2 Estrutura da fibra muscular.

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).

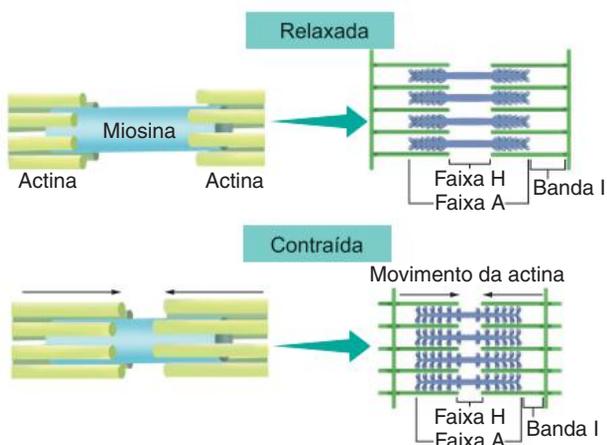


Fig. 3 Detalhe da contração muscular e seu efeito no sarcômero.

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)

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, que caracteriza o tétano

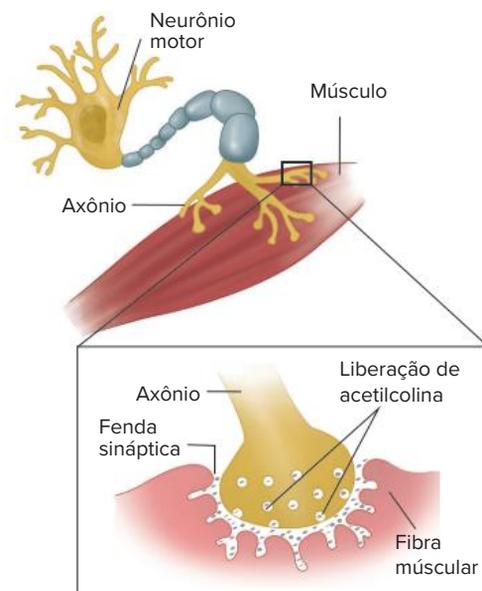


Fig. 4 Junção neuromuscular: interação entre o neurônio motor e a fibra muscular.

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 fosfato, 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 fosfato 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).

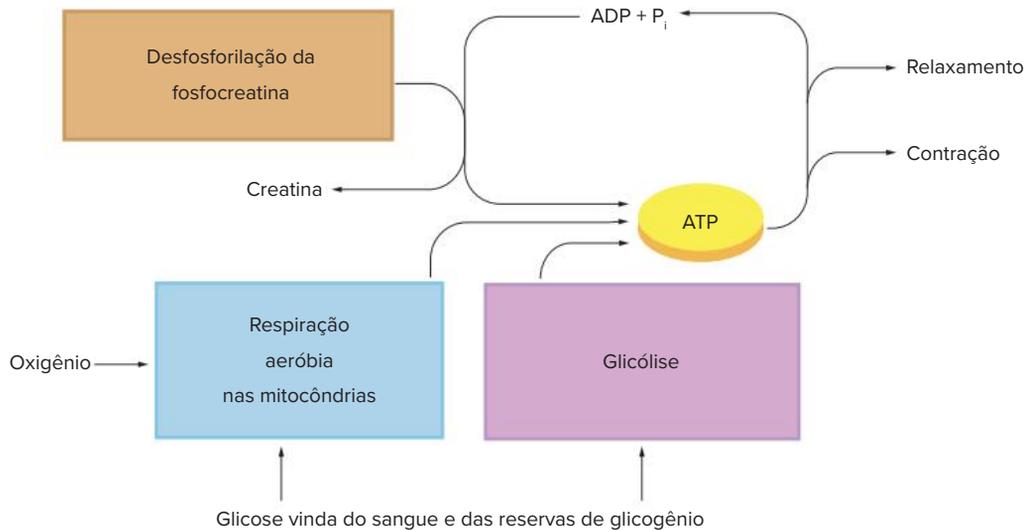


Fig. 5 A química da contração muscular

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?

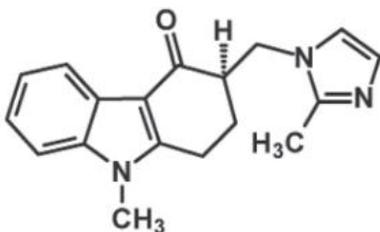
8 Como se dá o controle do sistema nervoso sobre um músculo esquelético?

9 Descreva 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 **Cesgranrio 2014** Ondansetrona é uma substância ativa de medicamentos, que possui atividade antiemética. É utilizada para controlar as náuseas e vômitos provocados por quimioterapia e radioterapia, assim como em pós-operatórios, pelo mesmo motivo. A ondansetrona, ao ser usada na prevenção e tratamento de náuseas e vômitos, não estimula o peristaltismo gástrico ou intestinal. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.

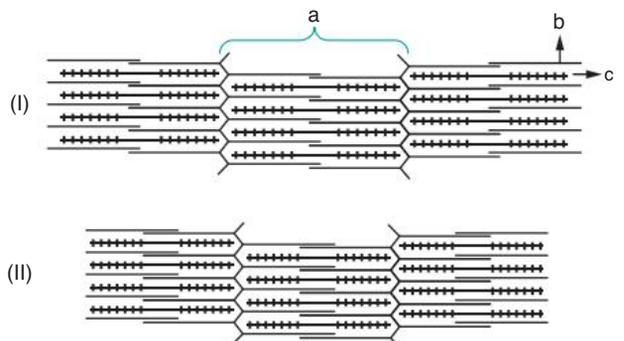


O peristaltismo gastrointestinal é promovido por um tecido que apresenta células

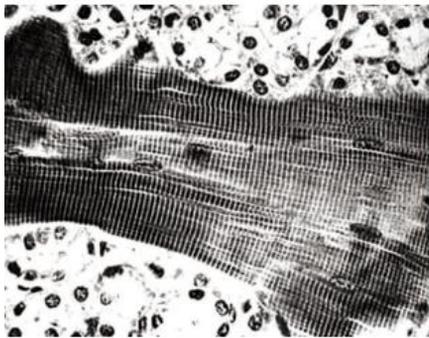
- A mononucleadas e sem estrias no citoplasma
- B com contrações rápidas, fortes e voluntárias
- C ramificadas e unidas por discos intercalares
- D que não contêm filamentos de actina e miosina
- E multinucleadas e com grande retículo endoplasmático

2 **Ufop** 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** 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.

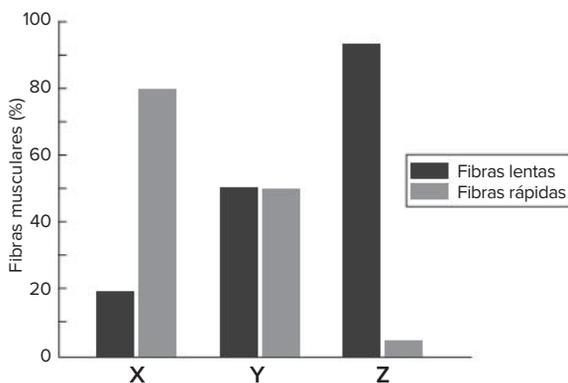


Arthur W. Ham. *Histologia*. RJ: Guanabara Koogan, 1977.

Podemos afirmar que se trata do tecido:

- A muscular estriado.
- B epitelial.
- C conjuntivo propriamente dito.
- D adiposo
- E ósseo.

- 4 UFV 2011** O gráfico abaixo mostra a porcentagem de fibras musculares esqueléticas de contração rápida e de contração lenta nos músculos das pernas de três pessoas (X, Y e Z) com diferentes tipos de atividade física.



Com base no gráfico, calouros do curso de Educação Física concluíram que:

- I. X deve ser um corredor velocista de 100 metros rasos, pois esforços intensos de curta duração exigem maior porcentagem de fibras rápidas.
- II. Y deve ser um adulto comum e ativo, pois esforços leves e de média duração exigem a mesma porcentagem de fibras rápidas e lentas.
- III. Z deve ser uma pessoa que apresenta lesão na medula espinhal, pois esforços moderados e de longa duração exigem maior porcentagem de fibras lentas.

Estão CORRETAS as conclusões:

- A I, II e III.
- B I e II, apenas.
- C II e III, apenas.
- D I e III, apenas.

- 5 Fuvest** 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 IFPE 2017** Ao longo das décadas, os velocistas ficaram mais altos. O jamaicano Usain Bolt, recordista mundial, com o tempo de 9,58s, reúne qualidades que o favorecem nas corridas de velocidade, entre elas: altura de 1,95m, pois quanto mais alto o atleta, mais elevado é o seu centro de gravidade, o que favorece a corrida; e maior prevalência de fibras musculares rápidas, que são mais eficientes para realizar esforço intenso e de curta duração. Em relação ao tecido muscular, é CORRETO dizer que

- A todo tecido muscular estriado tem contração voluntária
- B a actina aparece sob a forma de filamentos grossos e a miosina é representada por filamentos finos.
- C somente o tecido muscular liso não apresenta actina, por isso é o único denominado tecido muscular não estriado.
- D toda célula muscular contém filamentos proteicos contráteis de dois tipos: actina e miosina.
- E toda célula muscular lisa conecta com a sua vizinha por meio do disco intercalar.

- 7 PUC-Minas** 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 IFGO 2015 O coração é responsável pelo bombeamento de sangue em todo organismo. Esse órgão é formado por um tipo específico de tecido o qual permite que o coração tenha um batimento rítmico e forte. Indique, entre as alternativas abaixo, aquela que apresenta corretamente o tipo de tecido e a forma de contração presente no coração.

- A Tecido conjuntivo sanguíneo – contração voluntária;
- B Tecido muscular cardíaco – contração voluntária;
- C Tecido muscular cardíaco – contração involuntária.
- D Tecido muscular esquelético – contração voluntária;
- E Tecido nervoso – contração involuntária;

9 Ufes 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 UFRGS 2017 O maratonista brasileiro Vanderlei Cordeiro de Lima foi o responsável por acender a pira olímpica na cerimônia de abertura dos Jogos do Rio-2016.

Sobre o tecido muscular dos atletas maratonistas, é correto afirmar que

- A é constituído por igual quantidade de fibras de contração rápida e de contração lenta.
- B apresenta baixa quantidade de mioglobina.
- C contém predominância de fibras de contração lenta com alta irrigação sanguínea.
- D contém predominância de fibras de contração rápida com grande quantidade de mitocôndrias.
- E é constituído por células uninucleadas.

11 UFRGS 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) correta(s):

- A apenas I.
- B apenas II.
- C apenas I e II.
- D apenas II e III.
- E I, II e III.

12 PUC-Campinas 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:

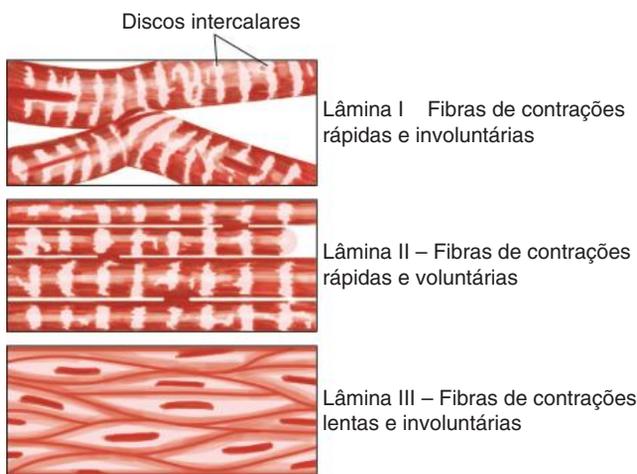
- A deslizamento dos filamentos de actina sobre os de miosina.
- B encurtamento das fibras de mioglobina, com gasto de ATP.
- C movimento dos sarcômeros sobre os filamentos de miosina.
- D deslocamento da fosfocreatina para fora das miofibrilas.
- E estímulo da linha Z com produção de ATP e acetilcolina.

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.

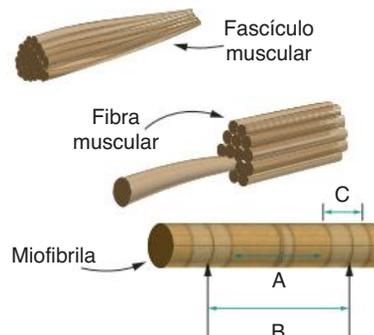
15 UFV Preocupados com a boa forma física, os frequentadores de uma academia de ginástica discutiam sobre alguns aspectos da musculatura corporal. Nessa discussão, as seguintes afirmativas foram feitas.

- 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.

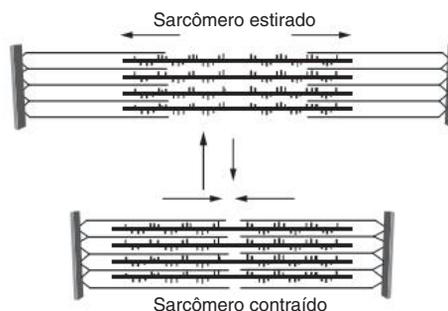


- A faixa A, denominada de banda A (anisotrópica), corresponde à justaposição de moléculas de actina e miosina.
- A faixa B corresponde ao sarcômero que vai de uma linha Z a outra.
- A faixa C, denominada banda I (isotrópica), corresponde a uma região onde são encontradas apenas moléculas de miosina.
- 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 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: <passseioweb.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.

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 esteroideais 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 deidroepiandrosterona 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>>. Acesso em: 14 abr. 2021.



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 voluntários ou involuntários.
- 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 involuntária.**
 - 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 involuntária** (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**): dispõe de 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

- Vídeo explicativo sobre o funcionamento do sistema muscular (com legendas em português)
Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=VVL-8zr2hk4>>.
- Artigo da *Agência Fapesp* sobre o desenvolvimento de músculos artificiais.
Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/musculo-artificial-e-85-vezes-mais-forte-do-que-o-humano/16545/>>

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 PUC-Campinas 2019** Nos mamíferos os movimentos ocorrem a partir de contrações e relaxamentos musculares. O tecido muscular
- A cardíaco é formado por fibras lisas e estriadas que se alternam.

- B liso apresenta células com filamentos apenas de actina.
- C estriado é composto por fibras longas com um único núcleo.
- D estriado ocorre nas paredes dos vasos sanguíneos.
- E liso é controlado pelo sistema nervoso autônomo.

- 4 PUC-Campinas** 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 PUC-Campinas** 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 antagonísticos 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 PUC-Campinas** 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.

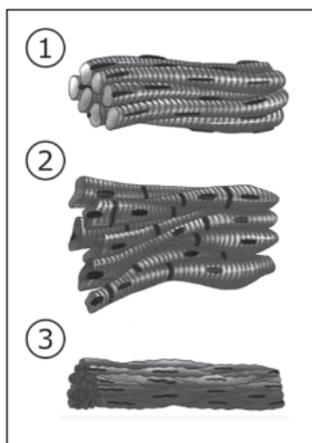
7 UFSC Assinale a(s) proposiç(ões) que apresenta(m) atividades dependentes diretamente do tecido muscular para sua efetivação.

- 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 Unitau 2019 Apresentando capacidade contrátil, proporcionada pela composição e pela disposição dos filamentos proteicos, actina e miosina, o tecido muscular é originado a partir de um folheto embrionário, o mesoderma. Esse tecido atua, sob o comando do sistema nervoso, nos mecanismos de locomoção e no encaminhamento de substâncias no interior do corpo, utilizando a energia de moléculas de ATP. O tecido muscular é classificado em três tipos. Essa classificação é baseada nas características morfológicas das fibras musculares e na funcionalidade por ele apresentada. Construa um quadro comparativo caracterizando os diferentes tipos de tecidos musculares quanto à forma das células, ao tipo de contração apresentada, à quantidade e à posição dos núcleos por célula, à presença de estrias e de discos intercalares e ao(s) tipo(s) de envoltório(s).

9 UEPG 2017 A representação esquemática abaixo mostra a localização dos três tipos de tecido muscular no corpo humano. Sobre o assunto, assinale o que for correto.



Adaptado de: AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. *Biologia das células* 1. 2a ed. Volume 1. Editora Moderna. São Paulo. 2004.

- 01 Em ①, está representado o tecido muscular estriado esquelético, o qual apresenta contração voluntária. Os miócitos são considerados sincícios multinucleados.
- 02 A contração em ① é desencadeada pela terminação nervosa presente em cada fibra muscular. O estímulo nervoso propaga-se para o interior da fibra através dos tubos T e atinge o retículo sarcoplasmático provocando liberação de íons cálcio, os quais entram em contato com as miofibrilas, provocando sua contração.

04 Em ②, podemos observar o tecido muscular estriado cardíaco, encontrado em órgãos vitais como coração e pulmão. Apresentam contração involuntária e os filamentos de actina e miosina organizam-se em miofibrilas, proporcionando o aspecto de estrias transversais aos feixes.

08 De contração voluntária e bastante rápida, o tecido muscular liso está representado em ③. As células não apresentam estriações transversais e seu retículo sarcoplasmático é pouco desenvolvido.

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 C Ib, IIc, IIIa E Ic, IIb, IIIa
- B Ia, IIc, IIIb D Ic, IIa, IIIb

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 UFPB 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.

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** 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** 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** 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 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 UFPR 2019 Em animais pluricelulares, as células organizam-se constituindo tecidos. Considerando os tecidos, suas funções e as características das células que os constituem, assinale a alternativa correta.

- A** O tecido muscular estriado esquelético é formado por células fusiformes e é responsável pelo peristaltismo.
- B** Actina e miosina são células do tecido muscular fundamentais para o processo de contração muscular.
- C** Macrófagos são células típicas do tecido conjuntivo, sendo responsáveis pela formação de células sanguíneas vermelhas.

- D** Colágeno é o tipo de célula característica do tecido cartilaginoso, que tem função de sustentação.
- E** Células nervosas possuem um corpo celular de onde partem dois tipos de prolongamentos e permitem ao organismo responder a estímulos do meio.

20 UFPR [] 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 calod'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 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 IFPE 2017 O útero é um órgão de 7 cm com o formato de uma pera. Durante a menstruação e, enquanto descama, libera prostaglandina que faz o útero contrair para eliminar o sangue. Esse processo comprime os nervos e os vasos que passam pelo músculo uterino. Por isso, a mulher sente dor.

VARELA, Drauzio. Cólicas menstruais. Disponível em: <http://drauziovarella.com.br/mulher-2/colicasmenstruais>. Acesso: 03 out. 2016. (Adaptado).

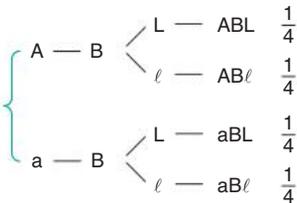
- O útero é um órgão formado por músculo
- A** estriado esquelético, de contração involuntária.
- B** estriado esquelético, de contração voluntária.
- C** estriado cardíaco, de contração involuntária.
- D** liso, de contração involuntária.
- E** liso, de contração voluntária.

Frete 1

Capítulo 16 – Segunda lei de Mendel

Revisando

- A segunda lei de Mendel, também chamada de lei da segregação independente, relaciona-se com o fato de que dois ou mais pares de alelos, presentes em um híbrido, separam-se independentemente na formação dos gametas, quando os pares de alelos estão em pares de cromossomos homólogos diferentes.
- Considerando pares de alelos que estão em pares de cromossomos homólogos diferentes, os gametas são formados sem vinculação obrigatória de alelos dominantes ou de alelos recessivos de genes diferentes. Genes que conferem características distintas separam-se de modo totalmente independente.
- A determinação de gametas de di-híbridos é possível com o emprego de dicotomias ou bifurcações em pares de alelos da célula parental que estiverem em heterozigose. O genótipo formador de gametas: AaBbLl, sendo os alelos A e L heterozigotos; portanto:



Assim, os gametas serão ABL, ABl, aBL e aBl.

- E 5. B 6. E
- A fórmula que pode ser utilizada na determinação do número de encontros gaméticos (N) é $N = n^2$ de tipos de gametas masculinos $\times n^2$ de tipos de gametas femininos.

Exercícios propostos

- B 5. C 9. C 13. E
- D 6. B 10. E 14. C
- C 7. E 11. C 15. A
- B 8. C 12. A 16. D

Exercícios complementares

- B
- As plantas A e B são homocigóticas para as regiões vc e vf; logo, cada uma delas produzirá apenas um tipo de gameta em relação a essas regiões. A planta resultante do cruzamento será necessariamente heterocigótica. Região vc

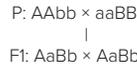


Região vf



- C
- 50% aB e 50% Ab.
 - Devido ao fenômeno da segregação independente, serão formados espermatozoides com os seguintes genótipos: AB 25%, Ab 25%, aB 25% e ab 25%.
5. Soma: $02 + 04 + 08 = 14$
6. Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
7.
- Alelos: A (longo), a (curto)
B (redondo), b (oval)

Cruzando as linhagens homocigotas, obtém-se a F1, que, intercruzada, produzirá, na F2, plantas com caule curto e frutos ovais:
Cruzamentos:



F2: 9 A_B_ : 3 A_bb : 3 aaB_ : 1 aabb

- A proporção esperada de plantas com caule curto e frutos ovais (aabb) é de $\frac{1}{16}$.
- B 10. D
- D 11. $\frac{1}{32} \approx 3\%$
- Quando se obtêm descendentes férteis de um cruzamento, considera-se que são da mesma espécie.
 - A primeira geração de espigas foi produtiva e uniforme por terem as sementes homocigotas de linhagem pura. A geração seguinte é heterocigota e, portanto, os fenótipos e os genótipos são variados.

Capítulo 17 – Interações gênicas

Revisando

- A herança, segundo as interações gênicas, acontece com vários genes interagindo entre si, influenciando determinada característica, em pares de alelos que estão situados em pares de cromossomos homólogos diferentes.
- Na formação dos gametas com genes que interagem entre si também ocorre a segregação independente dos diferentes genes, assim como na segunda lei de Mendel
- Na herança em que ocorre interação gênica simples, são observados dois pares de alelos condicionando uma única característica; sendo que cada par de alelos situa-se em um par de cromossomos homólogos. São observados, nesse caso, quatro fenótipos diferentes, de acordo com as diferentes combinações entre os alelos, pois cada par apresenta um alelo que atua como dominante (A ou B) em relação ao outro.
- Com o cruzamento de um casal de duplos-heterocigotos (AaBb) com interação gênica simples, a proporção fenotípica dos descendentes será: 9:3:3:1. A representação do cruzamento por meio de binômios é:

| | AB | Ab | aB | ab |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ab | AABb Fenótipo 1 | AAbb Fenótipo 2 | AaBb Fenótipo 1 | Aabb Fenótipo 2 |
| ab | AaBb Fenótipo 1 | Aabb Fenótipo 2 | aaBb Fenótipo 3 | aabb Fenótipo 4 |

- Epistasia é um tipo de interação gênica em que um par de alelos de um gene exerce efeito inibidor sobre outro.
- A epistasia dominante é um tipo de epistasia em que o alelo que inibe a expressão de outro gene é dominante (I). O alelo recessivo (i) permite a manifestação de cor dependendo do par de alelos do outro gene, que determina a característica. Os alelos A e a são denominados hipostáticos em relação a I.
- O cruzamento entre duplos-heterocigotos (IiAa) na epistasia dominante terá uma descendência com proporção observada de 12:3:1.
- A epistasia recessiva é um tipo de epistasia em que o alelo inibidor é recessivo (i) e inibe a expressão da característica do outro gene desde que esteja em homocigose (ii). Os

alelos dominantes e recessivos do outro gene são hipostáticos em relação a ii.

- O cruzamento entre duplos-heterocigotos (IiAa) na epistasia recessiva terá uma descendência com proporção observada de 9:3:4.
- A herança poligênica 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 genes expressivos (aditivos) que o indivíduo possui. Quando os fenótipos apresentam grande variação, é chamada de variação contínua e quando apresentam poucas variações, é descontínua.
- Os genes aditivos são genes que tornam o fenótipo mais intenso e vão interagir com os genes não aditivos, proporcionando fenótipos diferenciados. Nesse caso, não existem alelos dominantes ou recessivos. A contribuição de cada alelo aditivo pode ser calculada com a fórmula:

$$\frac{(\text{fenótipo máximo} - \text{fenótipo mínimo})}{\text{número de alelos}}$$

- 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 par de genes) + 1
 - O cruzamento entre indivíduos de fenótipos extremos produz apenas descendentes de fenótipos intermediários, na proporção de 1:4:6:4:1.
 - 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.
 - 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 3. D 5. E
- E 4. A
- Um gene pleiotrópico vai influenciar mais de uma característica de um fenótipo.
 - Esse padrão se refere a herança quantitativa onde ocorrem as frequências maiores nos fenótipos intermediários e as menores nos fenótipos extremos.
 - O cruzamento AaCc \times AaCc resultará em: $\frac{9}{16}$ aguti, $\frac{3}{16}$ preto e $\frac{4}{16}$ albino.
- B 8. C 9. C

10. 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
11. A
12. 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, provavelmente, por uma pequena população e casamentos consanguíneos
- d) Anfíbios.
- e) Comportamento sexual e aviso de perigo.
13. a) aaBB e AAbb
 b) 1/9 ou 11,1%.
- c)
- ```

 graph TD
 Dd1((Dd)) --- Dd2((Dd))
 Dd1 --- dd1((dd))
 Dd1 --- Dd3((Dd))
 Dd2 --- Dd3
 Dd2 --- dd2((dd))
 Dd3 --- Dd4((Dd))
 Dd3 --- dd3((dd))
 Dd4 --- Dd5((Dd))
 Dd4 --- dd4((dd))

```
14. A 15. C
16. a) O macho dourado é eeBb.  
 b) 50% eB; 50% eb.  
 c) A fêmea preta é EeBb  
 d) A fêmea marrom é Eebb.
17. E 18. D
19. a) Epistasia dominante.  
 b) As plantas I e II apresentam, respectivamente, os genótipos aaBb e AaBb.
20. Soma: 08 + 16 = 24
21. A proporção deverá ser de 3 de cor púrpura para 1 de cor vermelha.
22. B 23. D

### Exercícios complementares

1. E 3. B  
 2. B  
 4. Os genótipos e fenótipos são: M\\_B\\_ preto, mmB\\_ marrom, \\_\\_bb branco.
- a) Cruzamento entre MMbb × mmBb:  
 MmBb = 50% filhotes de pelagem preta  
 Mmbb = 50% filhotes de pelagem branca
- b) Cruzamento mmbb (fêmea) × MmBb (macho):

|    |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|
|    | MB   | Mb   | mB   | mb   |
| mb | MmBb | Mmbb | mmBb | mmbb |

Com base no quadro as chances são de 25% mmBb (filhote marrom).

5. 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.

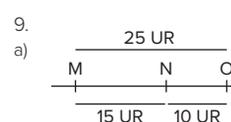
I permite a expressão do gene A.  
 i em homozigose inibe a expressão do gene A.  
 O cruzamento seria indicado por:  
 Pais : AAii (albino) × aall (albino)  
 F1: 100% AaIi (pretas)

6. V; V; V; V  
 7. B  
 8.  
 a) 25% vermelho (AaBb)  
 25% rosa (Aabb)  
 50% brancos (aaBb e aabb)
- b) Indivíduos vermelhos serão: AABB ou AaBB ou AABb ou AaBb.
- c)  $\frac{9}{16}$  vermelhos (A\\_B\\_)  
 $\frac{3}{16}$  rosa (A\\_bb)  
 $\frac{4}{16}$  brancos ( $\frac{3}{16}$  aaBb e  $\frac{1}{16}$  aabb)
9. a) Galo: RrEe; galinha: Rree.  
 b) Os genes obedecem à segunda lei de Mendel em função das proporções observadas na descendência.
10. D  
 11. C  
 12. E  
 13. a) AAbb (preto) × aaBB (albino) → AaBb (aguti)  
 b) Albinos: aaBB, aaBb e aabb. Explicação: epistasia recessiva.
- c)  $\frac{1}{4}$  ou 25%.
14. a) Os genótipos e fenótipos são: aabb, aaB\\_ branca, A\\_bb róseas, A\\_B\\_ roxas.  
 Genótipos das flores róseas: A\\_bb ou Aabb.  
 b) As proporções genotípicas do cruzamento AaBb × aabb:  
 25% AaBb (roxas); 25% Aabb (róseas); 25% aaBb (brancas) e 25% aabb (brancas). E fenotípicas:  
 25% róseas e 50% brancas.  
 c) O cruzamento AaBb × AbBb vai gerar descendentes com fenótipos:  
 $\frac{9}{16}$  (roxas) :  $\frac{3}{16}$  (róseas) :  $\frac{4}{16}$  (brancas)

6. 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.
7. O *crossing-over* envolve o tracionamento dos cromossomos homólogos por filamentos proteicos, quebra nas cromátides em pontos correspondentes e troca de pedaços entre cromátides homólogas. Esse processo normalmente ocorre na prófase I da meiose.
8. D
9. A porcentagem de gametas recombinantes pode ser calculada de acordo com a quantidade de células que sofrem permutação, a partir da fórmula que fornece a taxa de gametas recombinantes:  
 $TR = \frac{\% \text{ de células que sofrem } crossing-over}{2}$
- 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 taxa de recombinação: % de recombinação = unidade de distância.

### Exercícios propostos

1. a) Os gametas recombinantes apresentam *crossing over*, por isso os gametas que essa planta vai produzir são Ab e aB.  
 b) A porcentagem de gametas recombinantes produzidos por essa planta é 15%, proporcional à distância relativa entre os genes ligados. O cruzamento dessa planta com uma planta duplo homozigótica vai gerar 75 descendentes de 1000 com genótipos Ab/ab para frutos vermelhos com flores brancas.
2. O caso 2, que ocorre quando os dois *locus* estão no mesmo cromossomo, com permutação entre eles. A proporção fenotípica 9:3:3:1 (caso 1) só ocorre quando os dois *locus* estão em cromossomos diferentes
3. A  
 4.  
 a) As frequências observadas nos descendentes das situações A e B ocorrem devido à permutação entre os cromossomos.  
 b) A taxa de permutação é de 36,5% e a posição é *trans*.  
 c) Os gametas parentais são PL = 45,2% e pl = 45,1%. Os gametas recombinantes são PI = 4,8% e pL = 4,9%.
5. A 6. A 7. A 8. C



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 × bg/bg mm  
 F1: Bg/Bg Mm

- b) País: Bb/Gg Mm × bg/bg mm  
P(filho Mm) = 50%
- c) Recombinação gênica (permutação gênica ou *crossing-over*).
- d) B e G.
- e) BG/BG MM
11. A

### Exercícios complementares

1. C 2. B  
3
- a) A redução da ploidia na formação de gametas é importante para manter a constância do número de cromossomos nas demais gerações. A redução da ploidia ocorrerá na anáfase I da meiose.
- b) Os gametas formados com ligação gênica do tipo *cis* (AB/ab) são 50% para AB e 50% ab. Já no caso de os genes estarem em diferentes pares de cromossomos homólogos (segregação independente), os gametas resultantes serão AB, Ab, aB e ab, com proporção de 25% cada.
4. B 6. A 8. B 10. B  
5. D 7. E 9. 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. Soma:  $02 + 04 = 06$

## Capítulo 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. D
6. O macho é haploide, e a fêmea é diploide.
- 7 E
- 8 É a herança determinada por genes situados em cromossomos autossômicos e que se expressam em apenas um dos sexos
9. Soma:  $02 + 04 + 08 = 14$
10. A
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. C 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 5. A 6. B  
7.
- a) O consultante não transmitirá a doença a seus filhos e filhas.
- b) Filhas 100%  
Filhos 0%
8. C 13. C  
9. V; F; V; F; V 14. B  
10. C 15. C  
11. A 16. C  
12. D 17. D

### Exercícios complementares

1. D 3. A 5. D  
2. E 4. D 6. B  
7. Soma:  $01 + 02 = 03$   
8. Soma:  $02 + 04 + 08 + 16 = 30$   
9. B 10. A  
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.
- a) Essa cromatina corresponde ao cromossomo X. Ela se apresenta na forma de um pequeno grânulo aderido ao envoltório nuclear durante a fase G1 interfase, quando é mais fácil visualizá-la.
- b) A quantidade de proteínas seria semelhante nas células dos homens e das mulheres devido à inativação de um dos cromossomos sexuais X na mulher, igualando a quantidade de genes nos dois sexos. Assim, homens e mulheres apresentam apenas um cromossomo X ativo.
16. E 17. B 18. A  
19. Soma:  $01 + 64 = 65$   
20. D 21. D

## Capítulo 20 – Mutações gênicas e cromossômicas

### Revisando

1. As mutações são modificações que ocorrem no material genético. Ocorrem em determinado gene (mutação gênica) ou cromossomo (mutações cromossômicas).
2. Consiste na alteração da sequência de bases nitrogenadas do DNA de um gene. Os tipos de mutações gênicas são: deleção, inserção e substituição.
3. Uma mutação ocorrida na pele de uma pessoa não será transmitida aos seus descendentes. Mutações transmissíveis são aquelas ocorridas nas células produtoras de gametas; um gameta com gene mutante pode participar da fecundação, gerando um zigoto, que se torna um descendente com todas as células portadoras do gene mutante.
4. Mutações podem elevar a variabilidade genética, aumentando a probabilidade de sobrevivência do indivíduo em que ocorre.
5. As mutações cromossômicas podem ser estruturais ou numéricas
- 6.
- a) As mutações são independentes da presença do fármaco, pois os nucleotídeos do material genético viral podem sofrer alterações devido à sua rapidez na replicação.

- b) Os níveis virais podem ser restabelecidos porque os vírus mutantes seguem se reproduzindo, alheios à ação da droga.
7. A
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 comumente 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  $45 = 44 + X0$ .
12. Trissomias são aneuploidias em que há um cromossomo adicional ( $2n + 1$ ). 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. E  
8. 48 cromossomos.  
9. D 11. B 13. A  
10. A 12. C

### Exercícios complementares

1. B 4. B 7. E 10. E  
2. C 5. B 8. A 11. D  
3. C 6. B 9. C 12. A  
13. Soma:  $01 + 08 + 16 = 25$   
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

## Capítulo 21 – Genética de populações

### Revisando

1. C  
2. E 3. A

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 dos sobrevivem 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. Deriva genética é a alteração do equilíbrio genético de uma população ocasionada pelo acaso.
8. D

- b) Com base nos estudos de Hardy-Weinberg, as frequências alélicas se mantêm estáveis nas gerações seguintes se não houver seleção natural, deriva genética, mutação ou fluxo gênico.
- c) A seleção natural age quando os alelos de uma população tornam os espécimes mais adaptados, alterando o equilíbrio genético de uma população. Caso o alelo diminua a sobrevivência dos indivíduos de determinada população, a frequência alélica vai diminuir. Já em uma situação contrária, ela tenderá a aumentar.

## Exercícios propostos

1. Soma:  $02 + 04 + 16 + 32 = 54$
2.  $f(bb) = 16\%$   
 $q^2 = 0,16$ , logo  $q = \sqrt{0,16} = 0,4$  ou  $40\%$   
 $f(BB) = p = 1 - 0,4 = 0,6$  ou  $60\%$   
 $f(Bb) = 2pq = 0,48$  ou  $48\%$   
 O número de camundongos Bb é dado por:  $0,48 \times 200 = 96$ .  
 Para uma população permanecer em equilíbrio, ela precisa apresentar ausência de mutações, seleção natural, seleção sexual e ausência de migrações e precisa ainda apresentar um grande número de indivíduos.
- 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 homocigotos, e a população 2 apresenta 70 homocigotos. O cálculo que determina esses valores é: População 1:  $90(AA) + 70(aa) = 160$  homocigotos. População 2:  $45(AA) + 25(aa) = 70$  homocigotos
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  $p^2 = 0,36$ , a frequência de Aa é  $2pq = 0,48$ , e a frequência de aa é  $q^2 = 0,16$ .
6. D
7.  $N^{\circ}$  total de alelos na população = 12258 (cada pessoa tem dois alelos)  
 $N^{\circ}$  de alelos M = 6613  
 $N^{\circ}$  de alelos N = 5645

- a) Frequência do alelo M =  $\frac{6613}{12258} = 0,54$   
 Frequência do alelo N =  $\frac{5645}{12258} = 0,46$
- b) A população está em equilíbrio porque as frequências se aproximam da distribuição binomial ( $p + q = 1$ , 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. C
- 13.
- a) A frequência de alelos da população é:  
 30 indivíduos com flores vermelhas (AA) =  $30 + 30 + 50 = 110$   
 50 indivíduos com flores rosa (Aa) =  $50 + 20 + 20 = 90$   
 20 indivíduos com flores brancas (aa) =  $20 + 20 = 110 + 90 = 200$   
 $f(A) = \frac{110}{200} = 0,55$   
 $f(a) = \frac{90}{200} = 0,45$   
 $f(A) + f(a) = 1$

## Exercícios complementares

1. B      2. D      3. C      4. A
5.  $f(A) = 40\%$   
 $f(a) = 60\%$
6. D      8. C      10. C
7. B      9. E      11. D
12. Europeus do norte:

$$M = 0,16 + \left( \frac{0,48}{2} \right) = 0,40$$

Europeus do sul:

$$M = 0,36 + \left( \frac{0,48}{2} \right) = 0,60$$

A população 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.

13. Para cada 100 indivíduos, havia 200 alelos, dos quais  $120 (2 \times 50 + 20)$  eram o recessivo a. Assim,  $f(a) = \frac{120}{200} = 0,6$  ou  $60\%$ .
- Na ilha menor ocorreu o nascimento de mais animais com pelagem clara devido ao cruzamento dos heterocigotos. Com o passar do tempo, a seleção natural agiu sobre os roedores da ilha menor, levando ao isolamento reprodutivo destes em relação aos roedores da ilha maior
14. E      16. C      18. C
15. D      17. B
19. Soma:  $01 + 02 + 16 = 19$

## Frente 2

# Capítulo 18 – Transporte e sustentação em plantas

## Revisando

1. As plantas possuem dois tipos de seiva, a seiva bruta (ou inorgânica) e a seiva elaborada (ou orgânica). Os tecidos responsáveis pela sua condução são o xilema e o floema, respectivamente.
2. 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
3. Entre 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.
4. 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, que são nucleadas e realizam a produção de substâncias essenciais ao metabolismo do elemento do tubo crivado, mantendo-o vivo.
5. Esses tecidos são: xilema, esclerenquima e colênquima. O esclerenquima é constituído

por células mortas, com paredes espessadas e dotadas de reforços de lignina, podendo ser mais alongadas (fibras do esclerenquima) ou ter formato mais irregular, dispersas ou em agrupamentos (esclereídeos). 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.

6. A seiva bruta de uma planta é transportada no sentido da raiz para as folhas, podendo ser transportada lateralmente entre vasos lenhosos adjacentes. A seiva elaborada é transportada no sentido das folhas para a 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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 a 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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 ou o solo tem grande salinidade ou excesso de água e pouco oxigênio disponível.
13. A seiva elaborada é geralmente 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

14. 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

1. D    2. D    3. B    4. E
- 5.
- a) Os pêssegos ficarão maiores e mais doces.
- b) A retirada do floema interrompe a passagem de seiva elaborada produzida no ramo para as outras partes do vegetal. Consequentemente, o açúcar ficará acumulado nos frutos localizados acima do anel.
6. B    7. A    8. C    9. C
10. F; F; V
11. C    13. C    15. B
12. B    14. A
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 de células mortas; assim, a ausência de conteúdo celular permite um fluxo de água sem resistência.
17. E

### Exercícios complementares

1. A    2. E    3. A
4. O tecido condutor responsável pela formação dos anéis de crescimento é o xilema ou lenho. Esse tecido é constituído de células mortas compostas, entre outras substâncias, pela lignina, material responsável pela rigidez do tecido. Entre as funções do xilema, devem ser citadas: transporte de seiva bruta (água e sais minerais) e sustentação da planta.
- 5.
- a) As estruturas da raiz responsáveis pela absorção de água e minerais são os pelos absorventes, localizados na zona pilifera. São estruturas originadas a partir da epiderme da raiz.
- b) A seca fisiológica ocorre quando uma planta, mesmo estando em solo com água disponível em quantidades adequadas, não consegue absorvê-la. Na situação apresentada, tal problema pode ser resultado do excesso de sais no solo, uma vez que o jovem utilizou água do mar para regar a planta. Desse modo, ao tornar o solo hipertônico, o morador favoreceu a desidratação da planta e impediu a absorção de água por osmose.
- 6.
- a) Na figura A, o tecido representado por (1) é o floema, que apresenta como função conduzir a seiva elaborada das folhas até os demais órgãos da planta. Em (2), é possível observar o xilema, tecido responsável pelo transporte da seiva bruta das raízes até as folhas. Na situação apresentada em C, após algum tempo, a planta morrerá, uma vez que a retirada de um anel da casca promove a remoção do floema, interrompendo, assim, a passagem da seiva elaborada para as raízes.
- b) De acordo com a hipótese de Münch, a diferença de concentração entre as células do parênquima clorofiliano das folhas (local de

produção) e as células da raiz (órgão de consumo e armazenamento) 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.

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 o xilema: o 1A corresponde ao xilema não funcional (cerne), que dá resistência à madeira, enquanto 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

## Capítulo 19 – Hormônios vegetais

### Revisando

1. O desenvolvimento das plantas 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 semente e no desenvolvimento do caule, da raiz, 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 pela planta por meio 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. A citocinina é responsável por estimular mitoses, contribuindo para o crescimento da planta 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, por meio da 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. Entre 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 partenocápicos.
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 pela transpiração, já que atua no fechamento dos estômatos. Além disso, o ABA presente nos frutos de algumas espécies também atua como um inibidor da germinação de sementes, ampliando o tempo de dispersão.
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. O etileno também promove a aceleração do processo de senescência (envelhecimento) das folhas, facilitando a abscisão foliar. Em algumas espécies, o etileno estimula a floração.

### Exercícios propostos

1. C    2. A
3. Soma:  $02 + 08 + 16 = 26$
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. B
- 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. E    3. A    4. D
- 5.
- a) As gemas apicais produzem auxinas, que inibem o desenvolvimento das gemas laterais, fenômeno chamado de dominância apical.
- b) Auxinas.
- 6.
- a) A poda desencadeia a quebra da dominância apical, efeito provocado pelas auxinas produzidas na gema apical do caule sobre as gemas laterais. Como consequência, os meristemas localizados nas laterais do caule (gemas laterais) dão origem a novos ramos.

- b) O fitormônio etileno promove a abscisão foliar e atua no amadurecimento dos frutos.
- 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 a diminuição da turgescência das células-guarda e o consequente fechamento dos estômatos.
8. A
- 9.
- a) Os estômatos estão localizados na epiderme foliar. Entre os fatores abióticos que podem interferir nos movimentos de abertura ou fechamento dos estômatos, podem ser citados: temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e a concentração de  $CO_2$ .
- b) Para garantir a proteção contra agentes patogênicos, ocorre o fechamento estomático com o objetivo de evitar a entrada destes agentes. Desse modo, o ácido abscísico (ABA), hormônio responsável por esta ação, promove a redução da concentração de íons  $K^+$  no interior das células-guarda. A saída de  $K^+$  e de água por osmose faz com que estas células fiquem flácidas e ocorra o fechamento do ostíolo.
10. A
11. Soma:  $04 + 32 = 36$
12. V; F; V; V; V
13. B

7. 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.
8. É um tipo de movimento reversível, realizado pelas plantas; não envolve deslocamentos e não depende da origem do estímulo. O fototropismo, 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).
9. 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.
10. O mecanismo de movimentação realizado pelas plantas carnívoras é o tignonastismo, movimento estimulado pelo contato com um animal, que possibilita a sua captura.
11. 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.
12. 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.
13. 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 isoladamente não determina a classificação do tipo de planta quanto à duração do seu fotoperíodo.
14. 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, independentemente do fotoperíodo.
15. 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.
16. 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).
17. A continuidade dos períodos de escuro influencia a indução ao florescimento, sendo que plantas de noite longa (PDC) dependem de longos períodos de escuro (que não sejam interrompidos com claridade) para florescer. Plantas de noite curta (PDL) não têm a floração interrompida, mesmo que o período de escuro seja interrompido com iluminação.

## Exercícios propostos

1. A
2. Soma:  $01 + 16 + 32 = 49$
3. C 4. D 5. B
- 6.
- a) A planta do experimento I é de dia curto e apresenta fotoperíodo crítico de 14 horas, ou seja, floresce quando recebe luz abaixo de 14 horas por dia.
- b) A interrupção do escuro interferiu na floração. A proteína se chama fitocromo.
7. 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.
8. B

## Exercícios complementares

1. B 2. E
3. O movimento vegetal apresentado pela dama-da-noite é o nastismo, caracterizado por ser reversível e não ser orientado em relação à fonte de estímulo. Na dama-da-noite, o estímulo responsável pelo processo de abertura das flores é a ausência de luz, sendo, portanto, um caso de fototropismo. Entre as características morfológicas das flores que possibilitam a atração de polinizadores noturnos, podem ser citadas: coloração clara e a presença de glândulas odoríferas bem desenvolvidas.
4. V; V; F; V; F
- 5.
- a) O movimento de fechamento dos folíolos das dormideiras é chamado de seismonastismo e ocorre quando as plantas sofrem algum estímulo mecânico.
- b) Variações na turgescência dos pulvinos podem ocorrer quando há a saída de  $K^+$  do interior do vacúolo das células presentes nestas estruturas, levando à perda de turgor (células murcham). Por outro lado, a entrada de  $K^+$  torna o meio celular interno hipertônico, as células ganham água por osmose e, desse modo, mantêm a turgescência.
6. D
- 7.
- a) A planta não florescerá
- b) A planta representada é de dia curto, ou seja, para que possa florescer é necessário ficar exposta a uma noite longa contínua. Quando a planta está sob exposição contínua à escuridão, o fitocromo ativo (F) é convertido em fitocromo inativo (R). Assim, durante a noite e em condições naturais, predominaria o fitocromo inativo (R), e a planta de dia curto, nas condições citadas, floresceria. No entanto, na situação 3 a planta foi exposta à luz no meio da noite, propiciando o acúmulo de energia pelo fitocromo R. Este fenômeno possibilita que se converta novamente em fitocromo F. Na presença desta molécula ocorre a inibição da floração de uma planta de dia curto.

## Capítulo 20 – Movimentos vegetais e fotoperiodismo

### Revisando

1. As plantas apresentam como principais movimentos o taticismo, o tropismo e o nastismo. O taticismo 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 seu deslocamento ocorre estimulado por substâncias químicas liberadas pela oosfera.
3. O fototactismo é um tipo de taticismo que depende de estímulos luminosos para acontecer. Como exemplo, pode ser citado o deslocamento de certas algas unicelulares em direção à luz.
4. Os tipos de tropismo são: quimiotropismo, tigmotropismo, gravitropismo e fototropismo.
5. 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).
6. 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.

## Capítulo 21 – Plantas e ambiente

### Revisando

1. Bioma é um ecossistema típico de determinado padrão climático, tendo semelhança de fitofisionomia. Um bioma possui componentes abióticos e uma comunidade biológica que atingiu o estágio de clímax.
2. 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 coíferas e poucas angiospermas. As coíferas 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 para 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 (escleromorfo), 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.
- As plantas com características que possibilitam a sobrevivência em manguezais apresentam ramos caulinares 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

- |      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1. B | 6. D  | 11. A | 16. B |
| 2. C | 7. E  | 12. B | 17. A |
| 3. B | 8. C  | 13. E |       |
| 4. B | 9. E  | 14. C |       |
| 5. D | 10. A | 15. C |       |

### Exercícios complementares

- A flor é uma característica exclusiva das angiospermas. Além dessa estrutura, outro órgão também encontrado neste grupo de vegetais é o fruto.
  - Entre as características morfológicas de uma planta do Cerrado, podem ser citadas: presença de raízes profundas que possibilitam a captação de água nas camadas mais distantes

da superfície do solo; caules com casca grossa devido à presença de um súber espesso que protege a planta contra as altas temperaturas resultantes das queimadas comuns na estação seca.

- |      |      |      |
|------|------|------|
| 2. B | 4. A | 6. E |
| 3. A | 5. D | 7. D |

- 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.
- 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 cacto, 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 de 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

### Capítulo 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, paratireoide, pâncreas, adrenais, ovários e testículos. As outras estruturas que produzem hormônios são: rins, coração, estômago e duodeno.
- A hipófise é dividida em neuroipófise (hipófise posterior) e adenoipófise (hipófise anterior).
- O hipotálamo está ligado à hipófise e exerce um controle na produção de hormônios da adenoipófise; também secreta hormônios que são armazenados na neuroipófise, que libera esses hormônios quando necessário.
- Os hormônios da neuroipófise 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 gonadotrofinas da hipófise são: FSH (hormônio folículoestimulante) e LH (hormônio luteinizante). As gonadotrofinas 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 gonadotrofinas (estimulam a atividade das gônadas testículos e ovários)

10. 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) em razão da produção excessiva de GH.
11. 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 a produção excessiva de T3 e T4, o que causa a elevação do metabolismo, provocando taquicardia, aumento de pressão, diminuição de peso e distúrbios de sono; pode ocorrer também aumento do volume do globo ocular (exoftalmia).
14. Hipotireoidismo é a redução da produção dos hormônios T3 e T4, o que reduz o metabolismo e pode ocasionar ganho de peso e má circulação sanguínea. Uma criança com hipotireoidismo pode apresentar nanismo e déficit de cognição.
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. O gráfico III corresponde ao indivíduo com diabetes *mellitus*, pois a produção de insulina é muito baixa e a glicemia (taxa de glicose no sangue) se mantém alta. O órgão responsável pela produção de insulina é o pâncreas, que, além da função endócrina, realiza a liberação ou produção de enzimas digestivas/suco pancreático em sua porção exócrina.
4. D 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 lança da 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, graças 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. B 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 21. B

### Exercícios complementares

1. C 2. A 3. D
4.
  - a) O reconhecimento se deve à presença de receptores específicos para esses 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 função exócrina ao liberar enzimas digestivas em ductos que desembocam no duodeno.
5. A 6. B 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 11. B 13. E
10. A 12. C 14. D
15. 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.
16.
  - a) As células  $\beta$  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.
17.
  - 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.
18. B

## Capítulo 18 – Sistema genital

### Revisando

1. O sistema genital masculino gera os gametas (espermatozoides) e o hormônio masculino testosterona
2. O sistema genital masculino é constituído 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 sustentculares são aquelas responsáveis pela produção de células que atuam como apoio mecânico e na nutrição e proteção das espermatogônias.
5. O epidídimo é responsável pelo armazenamento dos espermatozoides; a glândula seminal 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 genital feminino são: ovários, tubas uterinas, útero, vagina e genitália externa (lábios maiores, lábios menores 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 ovariano, ovulação, formação do corpo-lúteo e formação do corpo *albicans*.
13. Os hormônios produzidos pelos ovários são o estrógeno (produzido pelos folículos de ovarianos) 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 ovariano, 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 geralmente 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. Geralmente, 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 ISTs), 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 nidadação do embrião.
  - Métodos hormonais: utilização de hormônios para que não ocorra a liberação de óvulos, a fecundação ou a nidadação. 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 nidadação 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 deferentes).
22. Dentre o métodos contraceptivos que também podem ser utilizados para a prevenção contra infecções 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.
- 3.
4. a) As glândulas anexas ao sistema genital masculino são: próstata, vesículas seminais e glândulas bulbouretrais ou de Cowper.
5. 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 espermatozoide; lubrificação/limpeza da uretra
- 6.
7. a) Na fase final da espermatogênese, quando ocorre o processo em que os espermatozoides ganham motilidade.
8. 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.

4. C
- 5.
6. a) Pudendo feminino: lábios menores, lábios maiores, clitóris e vestibulo vaginal. Órgãos do abdome: vagina, útero, tubas uterinas e ovários
7. b) Estrógeno e progesterona.
8. c) Estimula a produção de leite.
9. A 7. B 8. C 9. B 10. E
- 10.
11. a) Somente a afirmativa I é correta.
12. b) Possível argumento: a proximidade entre o orifício externo da uretra feminina e o ânus, ou a menor extensão da uretra feminina.
13. c) Podem ser citadas como profilaxias do câncer de colo do útero após infecções pelo HPV, a vacinação contra o HPV, evitar exposição ao HPV (medidas de prevenção à exposição se são consideradas pela banca) e a realização de exames preventivos regulares.
14. O hormônio que estimula o rompimento do folículo ovariano e liberação do ovócito secundário nos ovários é o LH ou hormônio luteinizante. Após a fecundação do ovócito II pelo espermatozoide, ocorre o término da meiose II da gametogênese feminina, dando origem ao óvulo. A característica do gameta feminino que contribui para o desenvolvimento inicial do zigoto é a maior disponibilidade de nutrientes no citoplasma.

## Exercícios complementares

1. D 2. C
- 3.
4. a) 24 de dezembro
5. b) Sim, pois o espermatozoide permanece vivo por pelo menos 48 horas.
6. c) Consiste no bloqueio dos canais deferentes, impedindo a passagem dos espermatozoides
7. B 5. B
8. 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 nidadação do zigoto
9. A
10. 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.
11. B 10. A 11. B 12. A
13. V; V; V; F
- 14.
15. a) O tecido eliminado na menstruação faz parte do endométrio. Durante as cólicas, a musculatura uterina se contrai, justamente para facilitar a descamação do endométrio.
16. b) O hormônio que estimula os ovários a amadurecer é o hormônio hipofisário folículo estimulante, o FSH. O transplante de útero de mãe para filha se mostra mais viável por ter menor risco de rejeição em comparação ao transplante de mulheres não aparentadas.
17. E 16. B
18. 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.
19. C 19. C 20. A
- 21.
22. 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.

23. b) A utilização da pílula anticoncepcional não impedirá a menstruação. A interrupção de seu uso, após 21 dias de uso consecutivos, permitirá que esse fenômeno ocorra naturalmente.
24. E 23. A
- 25.
26. 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.
27. 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 abstinência 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.
28. O hormônio detectado no exame de gravidez é o HCG (ou a fração beta do HCG gonadotrofina coriônica humana). Pode-se detectá-lo na urina ou no sangue da gestante
29. b) A eliminação da placenta após o parto leva à redução na concentração dos hormônios progesterona e estrógeno, uma vez que a placenta é a principal responsável pela produção desses hormônios que mantêm a gestação. A diminuição brusca do estrógeno e progesterona pode ocasionar o aborto espontâneo.
30. F; F; V; V; V
31. A 28. E
32. Soma: 01 + 02 + 08 = 11
33. F; V; V; F; V
34. D 34. B 37. C
35. D 35. A 38. B
36. E 36. A 39. C

## Capítulo 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 sudoríferas.
  - 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 sudoríferas eliminam o suor, contribuindo para a dissipação de calor e para a eliminação de excretas (ureia e excesso de sais).

- 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).
- 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.
- 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.
- O tecido adiposo é constituído por adipócitos, células que armazenam gordura. Atua como reserva alimentar, isolante térmico e propicia proteção contra choques mecânicos.
- 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).
- Epífises: regiões localizadas nas extremidades; possuem tecido cartilaginoso, que se diferencia em tecido ósseo e provoca a alongação 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.
- 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

- C 4. E 7. D 10. E 13. E
- C 5. A 8. A 11. A 14. D
- B 6. B 9. A 12. C 15. B

### Exercícios complementares

- D 2. D 3. D 4. D 5. D
- 6.
- Indivíduos de pele clara possuem menos melanina que os indivíduos de pele escura.
- Fibras colágenas e elásticas são responsáveis pela elasticidade da pele. Sua destruição provoca as chamadas "rugos".
- Sua carência pode provocar o raquitismo, já que é responsável pela absorção de cálcio no organismo.
- A
- A
- Soma:  $01 + 04 = 05$
- Soma:  $04 + 08 + 32 = 44$
- D 12. D 13. B 14. A 15. E
- V; V; F; V; F
- D 18. B 19. C 20. A 21. C

## Capítulo 20 – Tecidos musculares

### 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 dos 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

- A
- 2.
- 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 4. B
- 5.
- 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.
- D 8. C 10. C 12. A 14. B
- D 9. E 11. C 13. C 15. 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
- Soma:  $04 + 08 + 64 = 76$
- E 4. A 5. B 6. D
- Soma:  $01 + 04 + 08 + 16 + 64 = 93$
- Músculo liso: célula fusiforme, contração lenta e involuntária, núcleo único e central, estrias ausentes, discos intercalares ausentes e endomísio como envoltório.  
Músculo esquelético: célula longa e cilíndrica, contração rápida e voluntária, núcleos múltiplos e periféricos, estrias presentes, discos intercalares ausentes e endomísio, perimísio e epimísio como envoltórios.  
Músculo cardíaco: célula cilíndrica e ramificada, contração rápida e involuntária, núcleo único e central, estrias presentes, discos intercalares presentes e endomísio como envoltório.
- Soma:  $01 + 02 = 03$
- A 11. 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
- Soma:  $02 + 32 = 34$
- C
- Soma:  $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
- B
- F; F; V; F; V
- E
- Soma:  $01 + 04 = 05$
- E 22. D