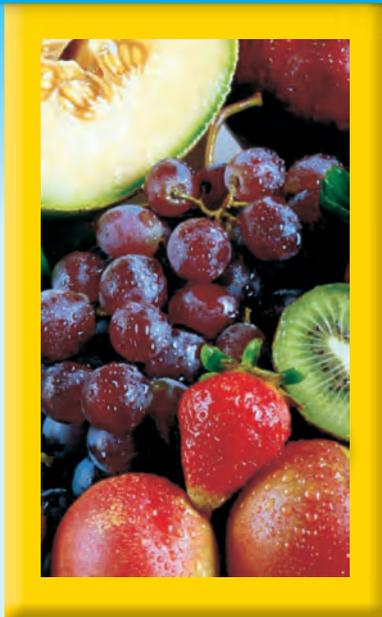


BIOLOGIA

Biologia Vegetal e Animal - Módulos

- | | |
|--|---|
| 17 – Sistema de absorção: raiz I | 25 – Auxinas e tropismos |
| 18 – Sistema de absorção: raiz II | 26 – Pigmento fitocromo |
| 19 – Gutação ou sudação | 27 – Giberelinas, etileno e citocininas |
| 20 – Transpiração | 28 – Movimentos dos vegetais |
| 21 – Atividades estomáticas | 29 – O tegumento dos animais |
| 22 – Caule e transporte no xilema | 30 – Funções do tegumento |
| 23 – Caule e condução da seiva elaborada | 31 – O endoesqueleto dos animais |
| 24 – Hormônios vegetais (fitormônios) | 32 – O exoesqueleto dos animais |



Hormônios Vegetais –
Frutos carnosos.

Módulos

17 e 18

Sistema de absorção: raiz (I e II)

Palavras-chave:

- Transporte ativo • Difusão
- Osmose

1. Absorção de água

A região da raiz encarregada de absorção é a pilífera. A formação dos pelos absorventes nesta região tem como finalidade aumentar a superfície de absorção. Na verdade, a maior parte da água que penetra na planta passa através dos pelos absorventes. Mas a absorção não é feita exclusivamente através dos pelos absorventes. Células epidérmicas que não formam pelos também absorvem. O pelo absorvente constitui expansão de uma única célula epidérmica, constituindo um elemento unicelular e simples, e não pluricelular, como comumente se pensa. O núcleo da célula está localizado no ápice do pelo. O pelo é um elemento tubular com cerca de 10µm de diâmetro e um comprimento que varia desde alguns micrômetros até 1 mm.

A absorção ocorre quando a raiz está mergulhada em um meio hipotônico. A água passa, então, do solo para o pelo ou outra célula da região pilífera. A célula vizinha ao pelo absorvente fica agora hipertônica e retira a água do pelo. O processo se repete em relação à segunda célula mais interna, e assim a água atinge o endoderma. Nas monocotiledôneas, a água passa através das células de passagem e, nas dicotiledôneas, através das células com as estrias de Caspary, atingindo o cilindro central; daí,

passando através de células parenquimáticas, atinge os vasos lenhosos.

A água pode passar pelo apoplasto (paredes celulares), mas, chegando ao **endoderma**, obrigatoriamente deve passar pelo simplasto (parte viva da célula) em razão dos reforços impermeáveis apresentados nesta camada de células.

Essa condição ideal para a absorção nem sempre é encontrada no solo.

Devemos lembrar que as raízes estão mergulhadas no solo, e a água aí encontrada nem sempre é livre a ponto de poder ser absorvida sem dificuldades. A água do solo está constituindo uma solução com determinada pressão osmótica. Por outro lado, a água muitas vezes pode estar fortemente retida por partículas coloidais hidrófilas.

Assim, a composição físico-química e a estrutura do solo têm grande influência sobre o conteúdo de água e também sobre as possibilidades de utilização de água pelas plantas. Um solo arenoso retém menos água do que um solo argiloso ou humoso, mas a água aproveitada pelos vegetais num solo arenoso é quase total, enquanto num solo argiloso apenas 50% podem ser aproveitados, ficando o restante retido por partículas hidrófilas e inaproveitável pelas plantas.

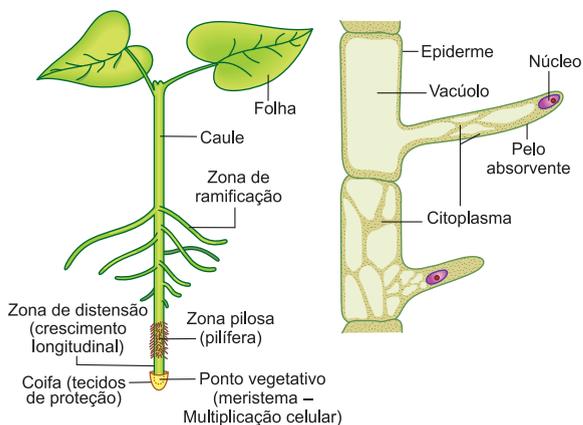
Em determinadas ocasiões, o solo contém água aproveitável para o vegetal, mas este não pode absorvê-la. Tal fenômeno, conhecido por **seca fisiológica**, ocorre quando há um resfriamento do solo, em presença de substâncias tóxicas e na ausência de oxigênio.

O solo é chamado seco quando as soluções são muito concentradas, retendo, com grande força, as moléculas de água. Esse tipo de solo poderia funcionar como elemento doador, e não receptor de água. Nesta época, o vegetal perde os pelos absorventes e também as raízes mais delicadas, desenvolvendo-os novamente no período favorável.

2. Absorção de sais (solutos)

Difusão

Os sais podem ser absorvidos por difusão, seguindo o gradiente de concentração, isto é, deslocando-se de onde existe maior concentração para onde existe menor concentração do mesmo íon. Um fato importante é assinalar que os diferentes solutos se difundem independentemente um do outro e também da água.



Morfologia da raiz

Epiderme da raiz com pelos absorventes.

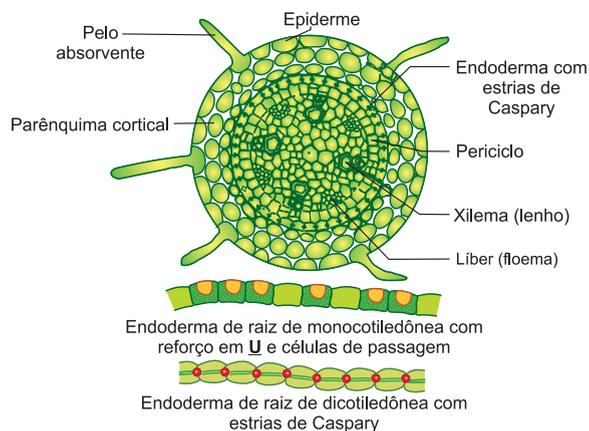
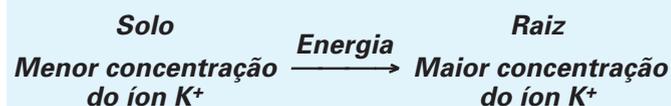
O esquema a seguir ilustra o processo.



Absorção ativa (transporte ativo)

É o movimento de íons contra o gradiente de concentração, isto é, de uma região de menor concentração do íon para outra de maior concentração do mesmo íon. Neste processo, as células gastam energia metabólica e acumulam íons no seu interior.

O esquema abaixo ilustra o transporte ativo.



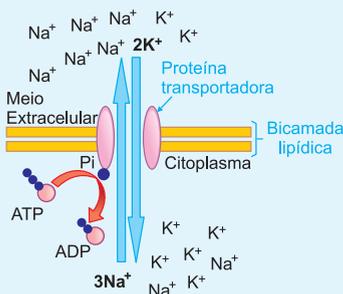
Anatomia da raiz.

Íons: os íons minerais, indispensáveis ao crescimento das plantas, costumam ser divididos em dois grandes grupos:

- macronutrientes ou macroelementos: são aqueles que as plantas requerem em grandes quantidades, como N, P, K, Ca, Mg, S;
- micronutrientes ou microelementos: são aqueles que as plantas necessitam em pequenas quantidades, como Fe, Mn, Mo, B, Co, C, Zn etc.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – O esquema demonstra um processo de transporte de substâncias através de uma biomembrana. É correto afirmar que esse processo demonstra o/a



- transporte ativo de sódio e potássio realizado com frequência por uma ATPase de membrana plasmática, com a finalidade de criar diferenças elétricas entre as superfícies externa e interna da membrana.
- processo de difusão facilitada de íons sódio e potássio com função de igualar as cargas elétricas tanto no ambiente interno da célula quanto no meio extracelular.
- transporte iônico comum da membrana mitocondrial externa, necessário para induzir *deficit* de pressão de difusão (DPD) de cargas, que é importante para o processo de fosforilação oxidativa do ADP em ATP.
- ação de um canal iônico ativado pela presença de ATP, com a finalidade de igualar a concentração de prótons entre citoplasma e meio extracelular para diminuir a pressão osmótica da água.
- cotransporte ativo de sódio e potássio dependente de níveis de ATP, que tem a finalidade de diminuir a concentração de solutos no citoplasma e evitar a entrada excessiva de água e glicose.

Resolução

O esquema mostra o transporte ativo de sódio e potássio através de um mediador (ATPase) com gasto de energia (ATP) e contra o gradiente de concentração. Esse fenômeno é observado

nas hemácias humanas. O mesmo mecanismo explica a absorção de nutrientes minerais pelos vegetais.

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – Assim como ocorre com os animais, também as plantas mais desenvolvidas possuem células que se diferenciam, constituindo tecidos. Até existem algumas semelhanças entre certos tecidos vegetais e determinados tecidos animais. Nas plantas, há tecidos de proteção como os epitélios de revestimento nos animais. Existem tecidos de sustentação nos vegetais, que lembram por seu papel a função dos tecidos ósseo e cartilaginoso dos animais.

Considere as seguintes relações entre tecidos vegetais e animais:

- I. parênquima = tecido conjuntivo
- II. esclerênquima = tecido ósseo
- III. xilema = tecido ósseo
- IV. súber = epiderme queratinizada

Estão corretas as associações:

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

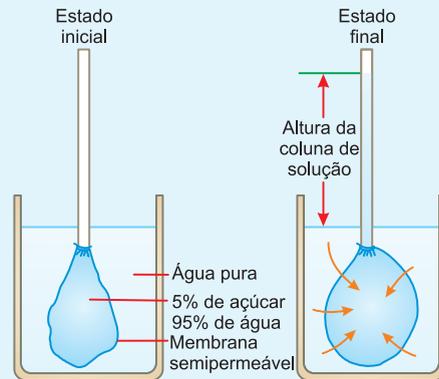
Resolução

Os tecidos fundamentais nas plantas são os diversos tipos de parênquimas semelhantes às diversas variedades de tecidos conjuntivos nos animais. Os tecidos de sustentação das plantas são o colênquima, o esclerênquima e o xilema, comparáveis à cartilagem e aos ossos dos animais. O xilema também é um tecido vascular que transporta seiva inorgânica. O súber é um tecido de revestimento e proteção e é semelhante à epiderme queratinizada dos vertebrados.

Resposta: E

3 (MODELO ENEM) – **Osmose** é o movimento de moléculas de solvente através de uma membrana semipermeável de uma região

de concentração de soluto mais baixa para uma região de concentração de soluto mais alta. Esse movimento pode ser demonstrado com um experimento simples.



Baseando-se no texto, conclui-se:

- a) A altura da coluna de solução é chamada de pressão osmótica e é proporcional à quantidade de açúcar que atravessa a membrana semipermeável.
- b) A osmose ocorre da solução mais concentrada (hipertônica) para a menos concentrada (hipotônica).
- c) Separando-se duas soluções, uma de açúcar com água e outra de água e sal de cozinha de mesma concentração, por uma membrana semipermeável, ocorreria osmose em ambos os sentidos e as duas soluções teriam sabores doce e salgado.
- d) O fluxo osmótico através de uma membrana seletivamente permeável (semipermeável) ocorre somente com o solvente, e não com o soluto (substância dissolvida), pois grandes moléculas e íons hidratados não são capazes de se difundir através de uma membrana.
- e) A solução apresentada “açúcar e água” (5% e 95%) atingirá concentração igual a zero de açúcar para equalizar o número de

moléculas da água que se movem através da membrana num certo intervalo de tempo.

Resolução

O saco preso ao tubo contém uma solução composta de açúcar (5%) e água (95%). O béquer contém água pura. O saco é feito de um material que é semipermeável, o que significa que ele permite a passagem de moléculas de água, mas não de moléculas de açúcar. Com o passar do tempo, a água flui da região de baixa concentração de soluto (água pura) para a de concentração de soluto mais alta (a solução de açúcar). O fluxo continua até que a pressão exercida pela coluna de solução no tubo sobre o nível da água no béquer seja grande o suficiente para resultar em taxas iguais de passagem de moléculas de água em ambas as direções. A altura da coluna de solução é uma medida da pressão osmótica.

Resposta: D

4 (MODELO ENEM) – Algumas pessoas, após constatarem que o feijão que prepararam ficou muito salgado, colocam pedaços de batatas para torná-lo menos salgado.

Durante este procedimento, ocorre o seguinte processo no caldo do feijão:

- a) o sal passa para a batata por osmose, diminuindo o gosto salgado.
- b) o amido da batata, pela fervura, é transformado em glicose, “adoçando” o feijão.
- c) o sal passa, por transporte ativo, para a batata, diminuindo o gosto salgado.
- d) o amido da batata se dissolve, diminuindo o gosto salgado.
- e) o sal se difunde pela batata, diminuindo sua concentração.

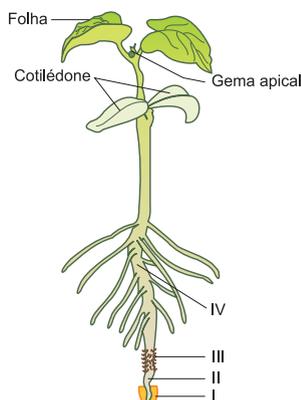
Resolução

A redução da salinidade do caldo de feijão é consequência da difusão do NaCl ($Na^+ + Cl^-$) para o interior da batata.

Resposta: E

Exercícios Propostos – Módulo 17

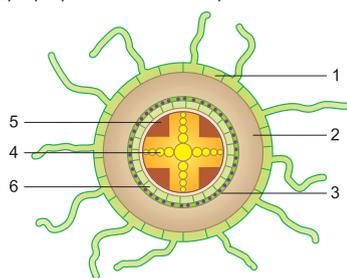
1 A figura abaixo representa uma plântula de feijão com estruturas radiculares indicadas pelos algarismos de I a IV. Identifique-as relacionando-as às suas principais funções:



RESOLUÇÃO:

- I. Coifa – proteção dos meristemas que compõem o ponto vegetativo.**
- II. Zona lisa ou zona de distensão – crescimento em comprimento.**
- III. Zona pilosa – aumento da superfície de absorção.**
- IV. Zona de ramificação – aumento da fixação do vegetal ao solo e da capacidade de absorção.**

2 Na estrutura primária da raiz representada no esquema, os números 1, 2, 3, 4, 5 e 6 indicam, nessa ordem:



- 1- _____
 2- _____
 3- _____
 4- _____
 5- _____
 6- _____

RESOLUÇÃO:

1. Epiderme com pelos absorventes.

2. Córtex

3. Endoderma

4. Xilema

5. Floema

6. Periciclo

3 Nas raízes jovens, atribui-se geralmente à endoderme a seguinte função:

- a) permitir, através de suas células de passagem, a saída dos excessos de sais que são acumulados no sistema radicular.
- b) possibilitar o crescimento secundário em espessura das raízes, graças à elasticidade das paredes das células de passagem.
- c) impedir a passagem de substâncias do solo para o interior dos vasos através dos microcapilares das paredes ou o regresso de nutrientes absorvidos dos vasos para a solução do solo.
- d) servir como um segundo tecido epitelial de proteção, cuja função seria a de reforçar a proteção dada pela epiderme.
- e) impermeabilizar, através dos espessamentos de paredes feitos por suberina, todo o percurso do cilindro central, impedindo a perda da seiva.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

4 As vilosidades intestinais podem ser comparáveis aos pelos absorventes de uma raiz, quando se considera que ambas as estruturas

- a) são expansões de células epidérmicas.
- b) são expansões de órgãos ricamente vascularizados.
- c) constituem uma grande superfície de absorção.
- d) se originam da ectoderme.
- e) são estruturas unicelulares.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

5 Em uma raiz, encontram-se as estruturas:

- I. córtex II. pelo absorvente III. xilema
- IV. periciclo V. endoderma

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta do caminho da água:

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

RESOLUÇÃO: Resposta: C

6 Analise as frases abaixo:

- I. Existe uma relação direta entre o tamanho da superfície vegetal em contato com a solução do solo e o daquela exposta ao meio aéreo.
- II. Num experimento, mergulharam-se em solução nutritiva as seguintes partes de quatro plantas intactas:
 - A) toda a raiz;
 - B) somente a zona suberosa da raiz;
 - C) somente a zona pilifera da raiz;
 - D) somente a coifa da raiz.
 Após alguns dias, sobreviveram apenas as plantas A e C.
- III. Enquanto a absorção de água pelo sistema radicular ocorre por osmose, a absorção de nutrientes minerais acontece por transporte ativo.

Está(ão) correta(s)

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

RESOLUÇÃO: Resposta: E

Exercícios Propostos – Módulo 18

1 Como você explica o movimento de água para o interior dos pelos absorventes radiculares?

RESOLUÇÃO:

A água movimenta-se por osmose, e a absorção ocorre quando o solo é hipotônico em relação aos pelos absorventes, que são hipertônicos.

2 Através da membrana plasmática de uma alga de água doce, movimentam-se nutrientes inorgânicos contra o gradiente de concentração, tornando o meio intracelular hipertônico em rela-

ção ao meio externo facilitando desta maneira a absorção de água e garantindo a turgidez celular.

Neste texto, escreveu-se a respeito da absorção de nutrientes inorgânicos e de água.

Diante disso, cite os mecanismos que explicam o movimento dessas substâncias para o interior da célula.

RESOLUÇÃO:

Nutrientes inorgânicos são absorvidos por transporte ativo e a água por osmose (transporte passivo).

3 As plantas necessitam, para sobreviver, de água, luz solar e também de sais minerais. Por que num campo cultivado, após uma série de colheitas de um mesmo tipo de cultura, o solo empobrece?

- a) Porque parte das substâncias minerais é retirada pelas colheitas sucessivas.
- b) Porque as colheitas se sucedem com muita rapidez, não permitindo que ele se recupere.
- c) Por causa das enxurradas que lavam o solo.
- d) Em campos cultivados, há alterações profundas nas relações ecológicas, as quais são essenciais para o equilíbrio da natureza.
- e) O solo não empobrece.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

4 Atualmente é comum o cultivo de verduras em soluções de nutrientes, método conhecido por hidroponia ou hidroculutura. Para o crescimento, os vegetais necessitam de alguns nutrientes em maiores quantidades (macronutrientes). Assinale a opção que contenha os macronutrientes essenciais para o crescimento dos vegetais.

- a) N, K, P, Ca, Fe, Cu e Cl.
- b) Fe, P, Ca, Cu, Cl e S.
- c) N, K, P, Ca, Mg e S.
- d) N, K, Fe, Co, Mg e Zn.
- e) Cl, Fe, Cu, Zn, K e P.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

5 (MODELO ENEM) – Observando plantas de milho, com folhas amareladas, um estudante de agronomia considerou que essa aparência poderia ser devida à deficiência mineral do solo. Sabendo que a clorofila contém magnésio, ele formulou a seguinte hipótese: “As folhas amareladas aparecem quando há deficiência de sais de magnésio no solo.”

Qual das alternativas descreve um experimento correto para testar tal hipótese?

- a) Fornecimento de sais de magnésio ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados alguns dias depois.
- b) Fornecimento de uma mistura de diversos sais minerais, inclusive sais de magnésio, ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados dias depois.
- c) Cultivo de um novo lote de plantas, em solo suplementado com uma mistura completa de sais minerais, incluindo sais de magnésio.
- d) Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade apenas sais de magnésio.
- e) Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade uma mistura com os mesmos sais, menos os de magnésio.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

6 (MODELO ENEM) – Atualmente é comum o cultivo de verduras em soluções de nutrientes, e não no solo. Nesta técnica, conhecida como hidroculutura, ou hidroponia, a solução nutriente deve necessariamente conter, entre outros componentes,

- a) glicídios, que fornecem energia às atividades das células.
- b) aminoácidos, que são utilizados na síntese das proteínas.
- c) lipídios, que são utilizados na construção das membranas celulares.
- d) nitratos, que fornecem elementos para a síntese de DNA, RNA e proteínas.
- e) trifosfato de adenosina (ATP), que é utilizado no metabolismo celular.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

Módulo

19

Gutação ou sudação

Palavras-chave:

- Hidatódios • Gutação
- Pressão de raiz

1. Os hidatódios

Gutação ou sudação é a eliminação de água no estado líquido através dos **hidatódios**.

Nas plantas, ocorrem dois tipos de hidatódios:

• **hidatódio epidermal:** consta de uma única célula epidérmica, que excreta água.

• **hidatódio epitelial** ou **estômato aquífero:** são os mais frequentes. Constam de duas células estomáticas rígidas que delimitam um poro sempre aberto.

A câmara subestomática é preenchida por um tecido parenquimático aquífero chamado epitema, onde se encontram as terminações de vasos lenhosos.

2. O mecanismo da gutação

O fenômeno da gutação pode ser observado em plantas de tomate bem regadas (solo saturado com água), colocadas debaixo de uma campânula. Quando a atmosfera da campânula fica saturada, com vapor de água, cessa a transpiração e observa-se a formação lenta de gotículas de água nos bordos das folhas. Estas gotículas de sudação não representam água pura, mas uma solução diluída de sais.

Experiências feitas com plantas de cevada mostraram que:

• a sudação cessa ou é muito lenta quando as raízes da planta são mergulhadas em água destilada com ou sem aeração;

- a sudação é lenta quando as raízes são mergulhadas em solução aquosa de sais sem aeração;
- a sudação é ativa quando as raízes são mergulhadas em solução aquosa de sais com aeração. E esta sudação pode ser prolongada por muito tempo, se a atmosfera for carregada de vapor de água.

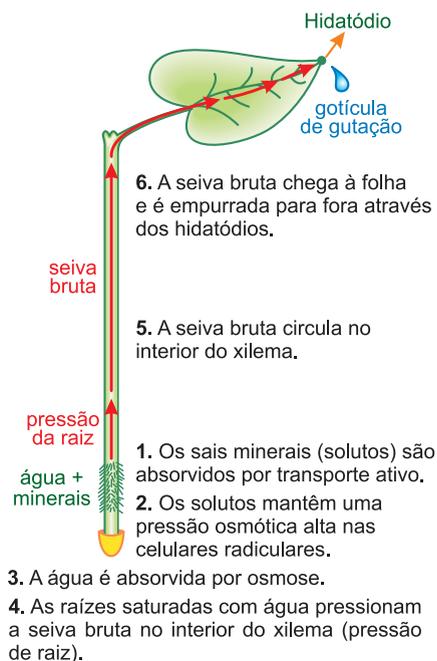
Tudo isto mostra que a sudação está relacionada com a absorção de sais e também com o aumento de sais no interior do xilema.

A absorção contínua e ativa de sais cria, no interior do xilema, concentrações elevadas. Consequentemente, a água tende sempre a ser absorvida por processos osmóticos. Isto cria no interior da raiz uma pressão, que é conhecida por pressão de raiz. Ora, sabendo-se que a transpiração está prejudicada pelo alto teor de umidade do ar, o excesso de água absorvido é agora eliminado através dos hidatódios sob a forma líquida. Aparece, deste modo, a gutação.

Nestas condições, o caule cortado próximo ao solo elimina água ativamente, processo este conhecido por exsudação.

A exsudação pode ser mostrada facilmente, cortando-se um caule de tomateiro nas condições mencionadas, para a obtenção da gutação, e adaptando-se a este um tubo de vidro, ligado a um manômetro. Esta experiência permite a determinação do valor da pressão da raiz.

Ausência de transpiração



Mecanismo da gutação.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Uma pessoa comprou em uma floricultura um vaso com plantas que foi envolvido com um saco plástico e amarrado em uma das extremidades, conforme o desenho ao lado.



Ao chegar em casa, ela notou que a parede interna do saco plástico se recobriu com inúmeras gotículas de água. Perguntou aos seus familiares qual a origem dessas gotículas de água e encontrou três respostas:

I. Durante o transporte, a planta perdeu água

no estado líquido, fenômeno conhecido por gutação ou sudação.

- II. A planta absorveu nutrientes do solo e água, os quais geraram uma pressão que movimentou a água até às folhas de onde saiu no estado líquido.
- III. As folhas eliminaram água no estado de vapor e este se condensou na parede interna do saco plástico, originando as gotículas.

A(s) resposta(s) correta(s) é(são):

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

Resolução

A planta perde água por transpiração e o vapor de água condensou-se em contato com a

parede interna do saco plástico, originando as gotículas de água.

Resposta: C

2 (MODELO ENEM) – Considere os itens a seguir:

- I. Transporte ativo de minerais.
- II. Transpiração intensa.
- III. Hidatódio.
- IV. Ausência de transpiração.

É indispensável para ocorrer a sudação:

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

Resolução

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Você já deve ter observado que, eventualmente, na extremidade de folhas de pequenas plantas, formam-se gotas de água. Isto ocorre até mesmo com plantas em vasos, dentro de casa. Trata-se da gutação, fenômeno no qual pequenas gotas de água e sais são eliminadas por poros denominados hidatódios ou estômatos aquíferos.

- a) Qual o nome do fenômeno observado?
- b) Em que condições ambientais o fenômeno pode ser observado?

RESOLUÇÃO:

a) **Gutação ou sudação.**

b) **Transpiração reduzida em razão da alta umidade do ar, baixa temperatura e ventilação ausente. A sucção foliar é reduzida. O solo é úmido, arejado e há boa absorção de nutrientes minerais pelas raízes. Ocorre o fenômeno da pressão de raiz e a seiva inorgânica circula pelo xilema com pressão positiva. O excesso de água é eliminado pelos hidatódios no estado líquido.**

- 2 Complete as lacunas da seguinte frase:
A eliminação de água no estado líquido pelos vegetais ocorre através dos(as) e é conhecida pelo nome de ou
- nectários – sudação ou exsudação.
 - hidatódios – gutação ou sudação.
 - estômatos aquíferos – excreção ou exsudação.
 - hidatódios – sudação ou transpiração.
 - lenticelas – respiração ou transpiração.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

- 3 Em relação ao fenômeno gutação, podemos afirmar:
- Todas as plantas apresentam o fenômeno.
 - Só se observa em determinadas plantas e em certas condições ambientais.
 - Acontece quando a transpiração da planta é ausente e o solo está bem suprido com água, sais e oxigênio.

Responda:

- só I é correta.
- só II é correta.
- só III é correta.
- duas são corretas.
- as três são corretas.

RESOLUÇÃO: Resposta: D (II e III)

- 4 Observe-se a gutação quando
- não há ventilação suficiente e a atmosfera está saturada de vapor-d'água.
 - o solo está saturado de água e a atmosfera seca.
 - as células das folhas estão plasmolisadas e a ventilação ausente.
 - a atmosfera está deficiente de vapor d'água e o solo úmido.
 - o ambiente está excessivamente iluminado e a atmosfera seca.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

- 5 Julgue os itens abaixo.
- A planta elimina água no estado de vapor, fenômeno conhecido por transpiração, e água no estado líquido, a gutação.
 - Toda vez que, em uma planta herbácea, a absorção for maior do que a transpiração, a planta tenderá a apresentar gutação.
 - As gotículas de água que ocorrem nos ápices das folhas, pela manhã, são de sudação.
 - A eliminação de água no estado líquido pelas plantas é consequência da pressão de raiz.

Estão corretas:

RESOLUÇÃO: Resposta: 0, 1, 2 e 3 (itens corretos)

Módulo

20

Transpiração

Palavras-chave:

- Transpiração estomática e cuticular
- Difusão

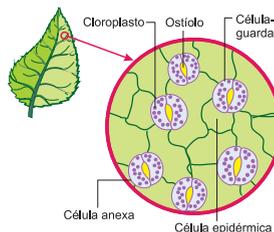
1. Os tipos de transpiração

Transpiração é a eliminação de água sob forma de vapor. Pode ser **transpiração estomática** e **transpiração cuticular**. A transpiração total de uma planta é a soma da estomatar com a cuticular.

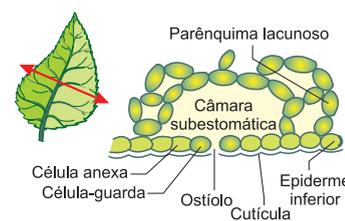
$$\text{Transpiração total} = \text{Transpiração estomática} + \text{Transpiração cuticular}$$

A chamada transpiração estomática é um processo fisiológico importante regulado pela planta, enquanto a cuticular é um fenômeno físico de evaporação, não controlado pela planta.

Os estômatos são estruturas formadas por duas células-guarda que delimitam um poro chamado ostíolo. Este poro põe em comunicação o meio externo com o meio interno, permitindo a troca gasosa entre a planta e o meio ambiente.



Epiderme da folha em vista frontal.

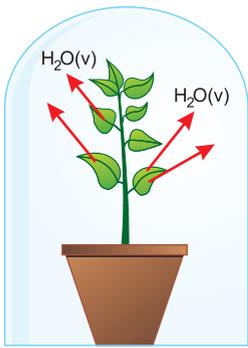


Segmento do corte transversal da folha.

2. Demonstração experimental da transpiração

Condensação do vapor de água em uma campânula

Fechemos a parte alta de um vegetal em uma campânula. Depois de certo tempo, sobretudo se o dia for quente, verificamos, primeiramente, que as paredes da campânula ficam embaçadas e, depois, o embaçamento se transforma em gotas de água.



O vapor de água perdido por transpiração condensa-se nas paredes da câmpula que recobre a planta.

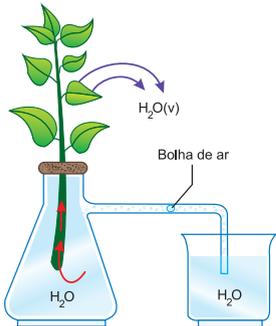
Método do papel de cobalto

O papel de cobalto é papel de filtro mergulhado em CoCl_2 . Mantido em estufa, no estado anidro, o papel é azul e, quando hidratado, torna-se róseo. Colocando-se pedacinhos de papel de cobalto anidro nas duas faces de uma folha, logo verificamos o aparecimento de manchas róseas, o que prova a hidratação destas regiões, por causa da transpiração.

Potômetro

É um dispositivo formado por um recipiente contendo água. Esse recipiente é fechado por uma rolha atravessada por uma parte alta de um vegetal. Dele sai um tubo graduado horizontal, também cheio de água. Levantando um pouco essa extremidade, aprisionamos no tubo de vidro uma bolha de ar.

Num dia quente, verificamos logo que a bolha se desloca no sentido do recipiente. Este fato ocorre em razão da retirada de água pela planta. O potômetro prova, em primeiro lugar, que uma planta conduz água. Por outro lado, como a bolha não para, o potômetro indica que a planta perde água. Esta perda de água se deve à transpiração. O método é utilizado para medição da velocidade de transpiração, pois se baseia na quantidade de água absorvida, a qual se admite que seja transpirada.



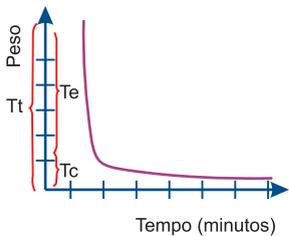
Potômetro – as setas indicam o movimento da água.

Método gravimétrico de pesagens rápidas

Cortamos uma folha e a pesamos imediatamente em uma balança de precisão. As pesagens são feitas de minuto a minuto. O peso da folha vai diminuindo, por causa da perda de água por transpiração.

A queda de peso é pronunciada inicialmente por causa da transpiração estomática, porém com o corte da folha há a interrupção da condução da água e os estômatos vão se fechando. Quando os estômatos completam o fechamento, a perda de água é quase constante e pequena, correspondendo à transpiração cuticular.

Usando-se os dados, pode-se construir uma curva de fechamento hidroativo dos estômatos.



Curva de fechamento hidroativo dos estômatos

Te: Transpiração estomática

Tc: Transpiração cuticular

Tt: Transpiração total

3. Fatores que agem na transpiração

EXTERNOS	INTERNOS
Temperatura	Área de transpiração
Teor de água do solo	Espessura da cutícula
Umidade do ar	Pelos
Ventilação	Grau de abertura dos estômatos
Luz	Concentração dos vacúolos

4. Fatores externos

Temperatura

Dentro de certos limites, a transpiração acelera-se com o aumento de temperatura, até que a planta morre, mas, mesmo quando morta, a transpiração continua. É fácil entender: é que a transpiração cuticular não para, porque é um processo puramente físico.

Solo

Sua ação é indireta. Ele age pelo seu teor de água. É claro que uma planta transpira mais num solo úmido.

Estado higrométrico e ventilação

A taxa de transpiração varia inversamente em relação ao grau de umidade do ar. Devemos, no entanto, lembrar que, mesmo quando o higrômetro indica 100% de umidade, a transpiração não é zero. O sol aquece o ar junto das folhas e, portanto, diminui a umidade relativa neste local. A ventilação moderada também acelera a transpiração, porque retira a camada de vapor localizada na superfície da folha e consequentemente facilita a saída de mais vapor de água.

Luz

Age aumentando a temperatura e também provocando modificações no estado de abertura e fechamento dos estomas (mecanismo fotoativo).

5. Fatores internos

Área de evaporação

Existe uma relação direta entre a intensidade de transpiração e a área de evaporação. As plantas de folhas largas transpiram mais do que aquelas cujas folhas são estreitas. É por isso que as plantas do deserto reduzem a sua área de evaporação: os caules tornam-se arredondados e as folhas transformam-se em espinhos.

Espessura da cutícula

Existe uma relação inversa entre a intensidade de transpiração e a espessura da cutícula. É por isso que as plantas dos desertos têm folhas com cutículas espessas. A espessura é auxiliada pela existência de **hipoderma** (parênquima aquífero).

As folhas das regiões úmidas ou aquáticas ou têm cutícula fina ou não têm cutícula. Também não possuem hipodermas.

Pelos

Quando vivos, aceleram a transpiração. Quando mortos, retardam a transpiração, porque retêm uma camada de vapor de água de eliminação mais difícil pelo vento.

Grau de abertura e fechamento dos estômatos

Naturalmente, quanto mais abertos estiverem os estômatos, tanto mais intensa será a transpiração, porque a transpiração estomática é a mais importante.

Nas folhas das plantas de regiões secas, os estômatos são altamente eficientes, numerosos e frequentemente ficam protegidos dentro de criptas. Às vezes, as folhas enrolam-se em sentido dorsoventral, aumentando a proteção dos estômatos.

Já nas folhas das regiões úmidas, os estômatos são pouco numerosos, desprotegidos e altamente ineficientes, porque ficam abertos a maior parte do tempo.

Concentração dos vacúolos

Quanto mais concentrados estiverem os vacúolos, tanto menor será a taxa de transpiração.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Na transpiração, as plantas perdem água na forma de vapor através dos estômatos. Quando os estômatos estão fechados, a transpiração torna-se desprezível. Por essa razão, a abertura dos estômatos pode funcionar como indicador do tipo de ecossistema e da estação do ano em que as plantas estão sendo observadas. A tabela a seguir mostra como se comportam os estômatos de uma planta da caatinga em diferentes condições climáticas e horas do dia.

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Chuvoso	2	2	2	0	2	2
Seco	1	1	0	0	0	0
Seco intenso	0	0	0	0	0	0

Legenda: 0 = estômatos completamente fechados
1 = estômatos parcialmente abertos
2 = estômatos completamente abertos

Considerando a mesma legenda dessa tabela, assinale a opção que melhor representa o comportamento dos estômatos de uma planta típica da Mata Atlântica.

a)

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Chuvoso	2	2	2	0	2	2
Seco	1	1	0	0	1	1
Seco intenso	1	1	0	0	0	0

b)

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Chuvoso	1	1	1	1	1	1
Seco	1	1	0	0	1	1
Seco intenso	0	0	0	0	0	0

c)

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Chuvoso	1	1	0	0	0	0
Seco	1	1	0	0	0	0

d)

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Seco	1	1	0	0	0	0
Seco intenso	0	0	0	0	0	0

e)

CLIMA	HORAS DO DIA					
	8h	10h	12h	14h	16h	17h
Chuvoso	2	2	2	0	2	2
Seco	2	2	2	0	2	2

Resolução

Na Mata Atlântica, a disponibilidade de água é alta, permitindo a abertura estomática no período chuvoso e na seca.

Resposta: E

2 (MODELO ENEM) – Nos vegetais, de um modo geral, os estômatos são encontrados na epiderme das folhas e dos caules. Por meio dos movimentos de abertura e fechamento dos ostíolos, controlam a entrada de dióxido de carbono e a saída de vapor de água, fenômenos que afetam a fotossíntese e o movimento de água. Assim sendo, estômatos foliares abertos favorecem a

- a) fotossíntese, mas prejudicam a transpiração e a absorção de água do solo.
- b) fotossíntese e a transpiração, mas prejudicam a absorção de água do solo.
- c) fotossíntese, a transpiração e a absorção de água do solo.
- d) transpiração e a absorção de água do solo, mas prejudicam a fotossíntese.
- e) transpiração, mas prejudicam a absorção de água do solo e a fotossíntese.

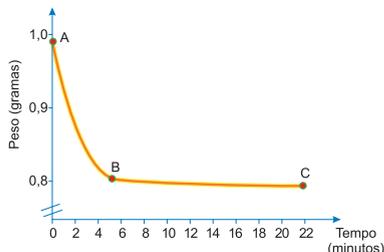
Resolução

Os estômatos abertos favorecem a entrada de CO_2 , utilizado na fotossíntese que ocorre nos cloroplastos dos parênquimas clorofilados. A abertura estomática também favorece a saída de vapor de água (transpiração), o que acarreta o transporte e a sua absorção do solo.

Resposta: C

Exercícios Propostos

- 1 O gráfico abaixo foi obtido de pesagens sucessivas de uma folha recém-destacada de uma planta a fim de avaliar a quantidade de água perdida na transpiração. Qual o fenômeno fisiológico que explica a diferença entre as inclinações dos segmentos AB e BC do gráfico?

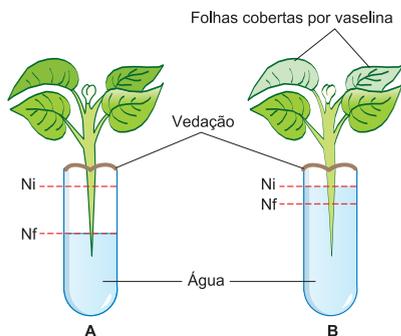


RESOLUÇÃO:

Região AB: perda de água por transpiração estomática e cuticular com predominância da estomática.

Região BC: perda de água por transpiração cuticular, já que os estômatos estão em processo de oclusão.

- 2 O esquema a seguir representa um experimento em que plantas semelhantes foram colocadas em tubos, com igual quantidade de água, devidamente vedados para evitar a evaporação. A planta do tubo A foi mantida intacta; a do tubo B teve suas folhas totalmente cobertas por uma camada de vaselina. Cada tubo mostra o nível da água no início do experimento (Ni) e no final (Nf).



- a) Por que os níveis da água ficaram diferentes nos tubos A e B?
 b) Que estruturas da epiderme foliar tiveram seu funcionamento afetado pela vaselina?
 c) Qual o papel dessas estruturas da epiderme para que a planta realize fotossíntese?

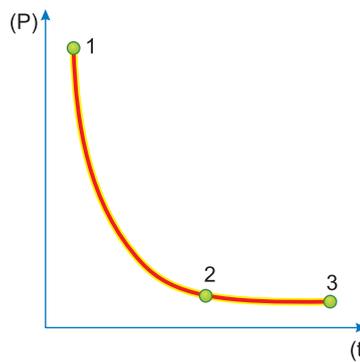
RESOLUÇÃO:

- a) A planta no tubo A transpirou livremente, e a do tubo B ficou com a transpiração reduzida por causa da aplicação de vaselina.
 b) Estômatos.
 c) Os estômatos admitem a realização de trocas gasosas, permitindo a entrada de CO_2 , que será utilizado na fotossíntese.

- 3 O método do papel de cobalto pode ser utilizado para
- medir a transpiração vegetal.
 - demonstrar a gutação.
 - demonstrar a perda de água por transpiração.
 - medir a velocidade de transpiração.
 - medir a condução de seiva bruta.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 4 O gráfico a seguir representa a variação do peso (P) de uma folha, logo após ter sido destacada de seu caule:

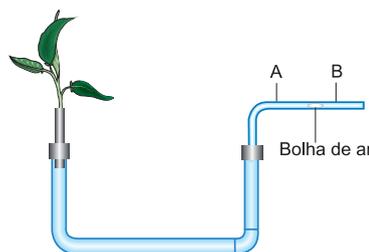


Podemos dizer que a diminuição de peso se deve, exclusivamente, à transpiração (t)

- cuticular, após o instante 2.
- cuticular, após o instante 1.
- estomática.
- estomática após o instante 2.
- na zona de abscisão.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

- 5 A figura a seguir representa um potômetro em U. A planta encontra-se em um ambiente ventilado e com 50% de umidade relativa do ar. Portanto a bolha de ar no tubo



- não deverá mover-se.
- mover-se-á em direção ao ponto A.
- mover-se-á em direção ao ponto B.
- permanecerá movimentando-se de A para B e de B para A.
- poderá mover-se ou não.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

- 6 (MODELO ENEM) – Ao retirarmos uma folha de uma planta viva, verificamos que, pesando-a minuto a minuto, ela vai perdendo peso (em virtude da perda de água por transpiração). Verificamos também que, no período de tempo que vai de A até B, a perda de peso é rápida e, no período subsequente, de B até C, a perda de peso é lenta.

Sobre isto é, certo dizer:

- Inicialmente, a transpiração preferencial é a cuticular.
- No período A–B, os estômatos estão se abrindo.
- No período B–C, os estômatos estão fechados.
- O período de perda lenta de água corresponde à transpiração estomática.
- Ao ser retirada da planta, tal folha não estava transpirando.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

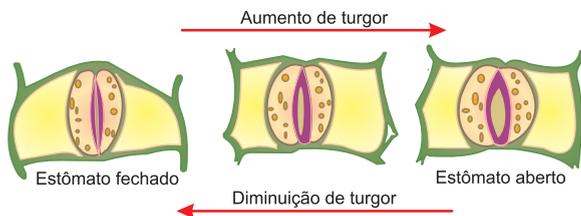
1. Mecanismos de abertura e fechamento dos estômatos

Mecanismo hidroativo

Já sabemos que os estômatos são elementos que podem controlar a transpiração, pois os ostíolos são poros reguláveis que podem abrir ou fechar. Os movimentos de abertura e fechamento são devidos à variação de turgor sofrida pelas células estomáticas (guarda).

De um modo geral, podemos afirmar que:

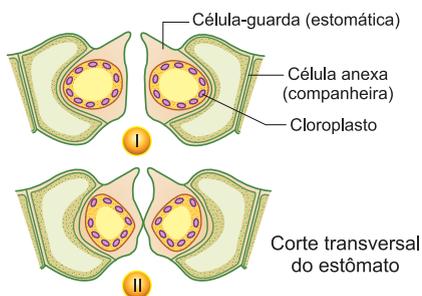
- o aumento de turgor (ganho de água) nas células estomáticas abre o ostíolo;
- a diminuição de turgor (perda de água) fecha o ostíolo.



Este fato deve-se às diferenças de espessamento nas paredes das células estomáticas.

Quando a célula ganha H_2O , a parede fina (convexa) distende-se, enquanto a parede espessada (côncava) sofre uma flexão; em consequência, o ostíolo se abre.

A variação de turgescência é um fenômeno de regulação osmótica controlado pelo **transporte ativo de íons potássio (K^+)**. Quando esses íons são bombeados das células anexas (companheiras) para as células-guarda, a concentração destas células aumenta, permitindo a entrada de água e a abertura estomática. Quando, por outro lado, os íons são transportados de volta para as células anexas, a tendência é ocorrer a perda de água e fechamento estomático. No fechamento, atuam hormônios como o ácido abscísico (ABA).



As variações de turgor levam à abertura (I) ou ao fechamento (II) do ostíolo.

A influência do CO_2

As células estomáticas (guarda) respondem à pressão parcial do CO_2 existente nos espaços intercelulares.

Assim o **aumento** na pressão de CO_2 determina o fechamento dos estômatos e a **redução** de CO_2 leva à abertura.

A ação da luz

Presença de luz

A concentração de CO_2 cai em razão da atividade fotossintética, promovendo a abertura dos ostíolos.

As células estomáticas também realizam a fotossíntese consumindo CO_2 e, em consequência, o meio torna-se levemente **alcalino (básico)**.

Em meio alcalino, a enzima fosforilase atua sobre o amido existente nas células-guarda transformando-o em **glicose**.

A transformação do amido (substância insolúvel) em glicose (substância solúvel) aumenta a pressão osmótica. Consequentemente, esta célula ganha água das células vizinhas e o ostíolo se abre.

Ausência de luz

Neste caso, o CO_2 é produzido pela respiração, o que torna o meio ácido. A glicose, agora sob ação do ATP, é transformada em glicose-6-fosfato que se transforma em glicose-1-fosfato. Esta, sob ação da fosforilase, perde o radical fosfato e se condensa em amido.

Nestas condições, a transformação da glicose (substância solúvel) em amido (substância insolúvel) diminui a pressão osmótica do suco vacuolar da célula estomática. Esta célula perde água para as células vizinhas e o ostíolo se fecha.

Plantas MAC (plantas suculentas)

Estas plantas abrem seus estômatos durante a noite e fecham-nos durante o dia. Assim a penetração do CO_2 no vegetal ocorre durante o período noturno. Nessa ocasião, todo o CO_2 é metabolizado e transformado em **malatos** (sais do ácido málico) que serão acumulados no interior dos vacúolos das células foliares. A transformação do CO_2 em malatos é que reduz a taxa de CO_2 nos espaços intercelulares, levando à abertura estomática.

Na presença de luz, as plantas MAC fecham os seus estômatos, quando os malatos são transformados em CO_2 , ocorrendo um aumento na concentração desse gás no interior dos espaços intercelulares. O CO_2 será agora utilizado na fotossíntese dessas plantas.

Ação hormonal

O **ácido abscísico** (ABA) impede a absorção de íons potássio (K^+) pelas células-guarda, determinando, em consequência, o fechamento estomático.

O **ácido jasmônico** (JA), encontrado no jasmim, também leva ao fechamento estomático.

O **ácido faseico (fusicoccina)** é uma toxina produzida por fungos que atua como antagonista do ácido abscísico, determinando uma abertura permanente do estômato e provocando o murchamento das folhas.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Nos vegetais, de um modo geral, os estômatos abrem-se e fecham-se controlando as trocas gasosas das plantas com o meio ambiente. Esses movimentos dependem da quantidade de água existente nas células estomáticas (células-guarda).

O estômato está aberto quando

- o interior das células-guarda está saturado com gás carbônico.
- há aumento da acidez nas células-guarda.
- as células-guarda estão túrgidas.
- as células-guarda perdem potássio para as células vizinhas.
- as células-guarda apresentam *deficit hídrico*.

Resolução

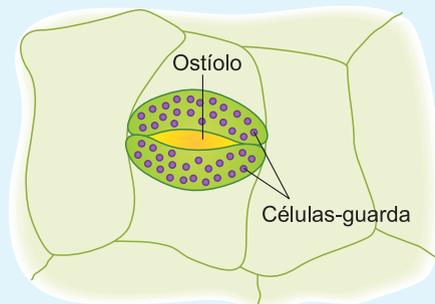
O aumento do teor hídrico nas células estomáticas promove a abertura estomática, e o estresse hídrico, o fechamento.

Resposta: C

2 (UEL) – A figura a seguir é uma fotomicrografia ao microscópio óptico de estômato de *Tradescantia*, em vista frontal.

Os estômatos são responsáveis pela regulação das trocas gasosas e pela transpiração nos

vegetais. A concentração de CO_2 e a temperatura atmosférica são fatores ambientais que influenciam no controle do mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos.



(Adaptado de: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia dos Organismos*. São Paulo: Moderna, 2004. v. 2, p. 232.)

Com base na figura, no texto e nos conhecimentos sobre o processo de abertura e fechamento de estômatos, assinale a alternativa que explica corretamente as razões fisiológicas pelas quais a luz influencia neste processo.

- Na ausência de luz, as células-guarda recebem íons Na^+ , perdem água para o

ambiente por osmose, tornam-se murchas e, como consequência, o ostíolo se fecha.

- Na presença de luz, as células-guarda eliminam íons K^+ , perdem água para o ambiente por osmose, tornam-se flácidas e, como consequência, o ostíolo se fecha.
- Na ausência de luz, as células-guarda eliminam íons Na^+ , absorvem água por osmose, tornam-se túrgidas e, como consequência, o ostíolo se abre.
- Na presença de luz, as células-guarda recebem íons K^+ , absorvem água por osmose, tornam-se túrgidas e, como consequência, o ostíolo se abre.
- Na presença de luz, as células-guarda recebem íons Na^+ , perdem água para o ambiente por osmose, tornam-se flácidas e, como consequência, o ostíolo se abre.

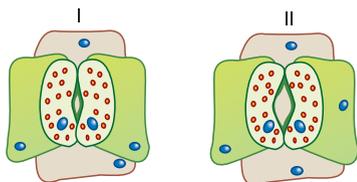
Resolução

Na presença de luz, as células-guarda recebem íons K^+ , tornando-se hipertônicas em relação às células vizinhas. Consequentemente, elas ganham água por osmose, tornam-se túrgidas e o ostíolo abre.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Os esquemas abaixo representam detalhes da epiderme de duas folhas, designadas por I e II.



Com relação à análise dos esquemas, pode-se dizer que,

- em I, as células estomáticas apresentam menor suprimento hídrico que em II.
- em I, as células estomáticas apresentam maior suprimento hídrico que em II.
- em I, as células estomáticas estão túrgidas.
- em II, as células estomáticas estão murchas.
- em I e II, as células estomáticas devem apresentar o mesmo suprimento hídrico.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

2 Durante o dia, o meio intracelular das células clorofiladas torna-se alcalino. Nesse meio, a fosforilase favorece a conversão do amido (menos solúvel) em glicose (mais solúvel). Se colocarmos essas células no escuro, sabemos que o inverso acontece, por isso, o valor de sua pressão osmótica

- não se altera.
- diminui.
- aumenta.
- torna-se zero.
- fica negativo.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

3 (MODELO ENEM) – O estômato é uma estrutura epidérmica que permite controlar a entrada e saída de gases e de vapor de água na planta. A tabela, parcialmente preenchida, relaciona os fatores envolvidos neste controle, ou seja, na abertura e no fechamento dos estômatos.

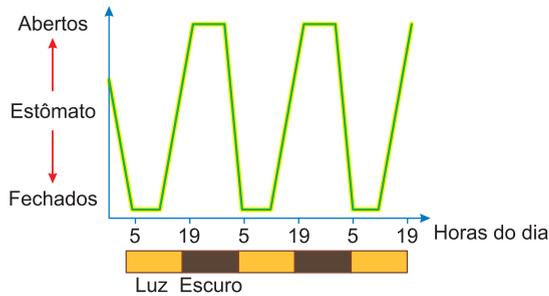
Condições ambientais	Comportamento do estômato
alta intensidade de luz	abre
baixa intensidade de luz	fecha
baixa concentração de CO_2	1
alta concentração de CO_2	2
baixo suprimento de água	3
alto suprimento de água	4

Para preencher corretamente a tabela mencionada, os índices 1, 2, 3 e 4 devem ser substituídos, respectivamente, pelas palavras:

- abre – fecha – abre – fecha
- abre – fecha – fecha – abre
- fecha – abre – fecha – abre
- fecha – abre – abre – fecha
- abre – fecha – fecha – fecha

RESOLUÇÃO: Resposta: B

4 (MODELO ENEM) – Observe o gráfico demonstrando a abertura e fechamento dos estômatos da família de dicotiledôneas – Crassuláceas – durante o decorrer de alguns dias.



Em relação à análise do gráfico, podemos concluir corretamente que

- os estômatos estão abertos durante o dia.
- as plantas fixam o gás carbônico durante a noite.
- as plantas fazem fotossíntese durante a noite.
- os estômatos fechados durante a noite evitam perda de água.

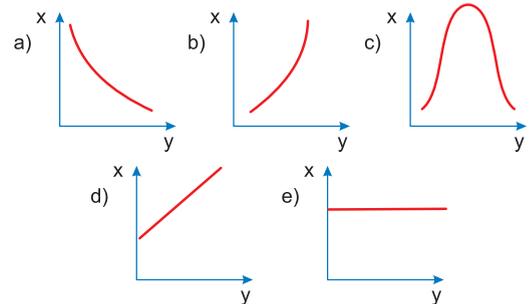
RESOLUÇÃO: Resposta: B

5 Em plena estação seca, em um dia quente e ensolarado é comum observarmos que as folhas nas copas de muitas árvores se encontram murchas. Sob estas circunstâncias, os estômatos estarão fechados. Sobre a fisiologia desta estrutura, é **incorreto** afirmar:

- A abertura e o fechamento do estômato estão relacionados ao suprimento hídrico da célula-guarda.
- A abertura do estômato, em presença de luz, relaciona-se com o processo fotossintético.
- Com a abertura do estômato, ocorre perda de água na forma de vapor, o que caracteriza a transpiração.
- No escuro, processos enzimáticos converterão glicose em amido, diminuindo a concentração do suco celular; consequentemente, o estômato irá se fechar.
- O transporte de íons potássio (K^+) para o interior das células-guarda está relacionado com o fechamento do estômato.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

6 O gráfico a seguir que melhor representa a variação na abertura dos estômatos (x) em função da concentração de CO_2 (y) é:



RESOLUÇÃO: Resposta: A

Módulo

22

Caule e transporte no xilema

Palavras-chave:

- Sucção • Tensão
- Coesão • Adesão

1. Morfologia externa

Caule é o eixo ascendente da planta com função de produção de folhas, flores e frutos, transporte de seiva (bruta e elaborada), e reserva.

O caule origina-se da gêmula e caulículo de embrião.

No caule, podem-se reconhecer **gemas**, **nós** e **entrenós**.

Gemas

São estruturas constituídas por tecidos merismáticos, responsáveis pela multiplicação celular e, consequentemente, garantindo o crescimento do caule. As gemas são recobertas por folhas modificadas chamadas escamas ou catafilos.

As gemas caulinares podem ser assim classificadas:

- quanto à atividade: ativas e dormentes;
- quanto à evolução: vegetativas (produzem ramos) e reprodutoras (produzem flores).

Nó

É a região mais espessada do caule, de onde parte uma folha, uma gema ou um ramo.

Entrenó (internódio)

É o espaço compreendido entre dois nós.

2. Anatomia do caule

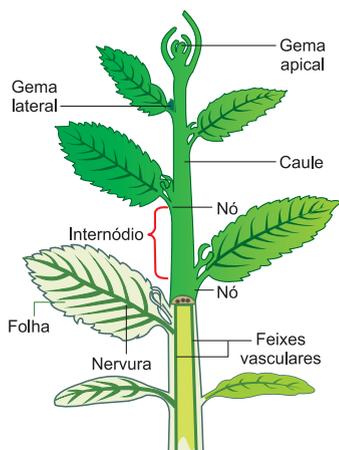
Estrutura primária do caule

Caule de dicotiledônea

Basicamente, encontramos epiderme, casca e cilindro central.

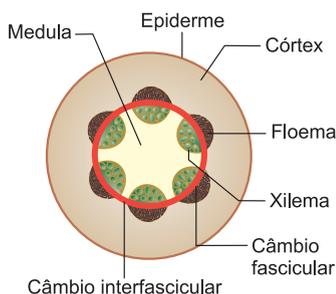
– **Epiderme:** geralmente é provida de uma única camada de células derivadas do dermatogênio, apresentando cutícula, estômatos, pelos etc. A epiderme funciona primariamente como um tecido de proteção.

– **Casca ou córtex:** ocupada principalmente por um tecido parenquimático. Na parte mais periférica, esse parênquima está transformado em colênquima – tecido de sustentação com células vivas clorofiladas. Esta região tem função na reserva, mas serve também como uma região de transporte lateral de nutrientes orgânicos, inorgânicos e água.



Morfologia do caule.

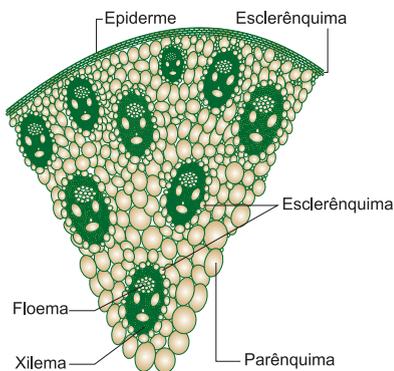
– **Cilindro central:** ocupado por um tecido parenquimático, dentro do qual encontramos os feixes libero-lenhosos. No meio do xilema e do floema, existem as células meristemáticas do câmbio intrafascicular. No espaço deixado pelos feixes liberolenhosos, seguindo a mesma linha de câmbio fascicular, irá se diferenciar o câmbio interfascicular.



Corte transversal do caule de dicotiledônea.

Caule de monocotiledônea

- **Epiderme:** revestindo e protegendo externamente o caule.
- **Parênquima cortical:** ocupando todo o interior do caule.
- **Feixes liberolenhosos:** mergulhados no tecido parenquimático.



Corte transversal do caule de monocotiledônea.

3. Transporte de seiva bruta (mineral)

Seiva bruta ou mineral

Seiva bruta, mineral ou inorgânica é uma solução de água e sais minerais que a planta absorve do solo.

O exame da seiva bruta mostrou que entre 0,1% e 0,4% do seu conteúdo era sólido, representado principalmente por sais, mas, às vezes, encontram-se açúcares, aminoácidos e alcaloides.

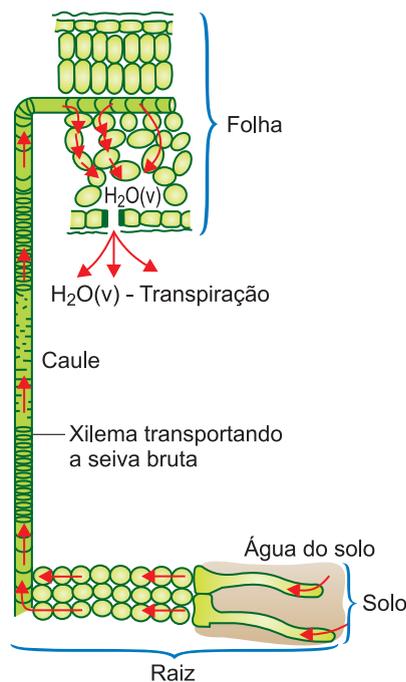
A seiva bruta circula predominantemente no sentido ascendente, percorrendo as células do xilema (traqueídes e elementos dos vasos).

Teoria de Dixon ou teoria da sucção das folhas ou teoria da sucção-tensão – coesão-adesão

É a teoria mais aceita, atualmente, para explicar o movimento de seiva bruta nos vegetais e baseia-se fundamentalmente no processo de transpiração.

Fundamentos da teoria de Dixon:

- O vegetal transpira.
- A transpiração eleva o vapor de D.P.D. (sucção celular) das células foliares, originando a sucção das folhas.
- A seiva bruta é retirada dos vasos lenhosos.
- Sujeita à força da sucção, a água circula desde as raízes até as folhas, numa coluna contínua e em estado de tensão.
- A continuidade da coluna líquida é explicada pelas forças de coesão das moléculas de água e adesão da água às paredes do vaso lenhoso.



Movimento da água no vegetal.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – A água e os sais minerais penetram na planta através das extremidades das raízes, principalmente na zona dos pelos absorventes. Após atravessar a epiderme, a água e os sais, nela dissolvidos, deslocam-se para a região central da raiz e são distribuídos a todas as células da planta. Sobre o deslocamento de água e sais minerais das raízes até as folhas nas angiospermas, pode-se afirmar:

- O deslocamento acontece somente por capilaridade, fenômeno físico que resulta das propriedades de adesão e coesão das moléculas de água.
- O deslocamento acontece somente pela pressão positiva da raiz que resulta do fato de os sais minerais serem continuamente bombeados para dentro do floema, pelas células de transferência, sendo o retorno ao córtex impedido pelas estrias casparianas.
- O deslocamento acontece somente pela teoria da coesão-tensão, em que a seiva bruta é deslocada das raízes até as folhas, fundamentalmente por causa do fenômeno da gutação.
- O deslocamento ocorre somente por osmose, pela diferença de concentração salina que se estabelece entre o cilindro vascular do floema e o córtex.

e) O deslocamento ocorre por capilaridade, pressão positiva da raiz e transpiração; entre elas, a transpiração das folhas provoca um aumento de pressão osmótica nas células, as quais retiram água das células vizinhas, que, por sua vez, terminam por retirar água das terminações dos vasos xilemáticos.

Resolução

O movimento de água nas plantas pode ser explicado por:

- capilaridade: subida da água em tubos de pequenos diâmetros graças à polaridade da água e dos vasos xilemáticos;
- pressão positiva da raiz;
- sucção, tensão e coesão em virtude de transpiração.

Resposta: E

2 (MODELO ENEM) – Plantas jovens e muito semelhantes foram de início cultivadas num meio nutritivo sem a presença de nitrogênio. A partir de determinado momento, foram regadas com uma solução de nitrato, em que o elemento nitrogênio era radioativo. A intervalos regulares, retiraram-se algumas plantas e investigou-se nelas a presença de matéria radioativa em cortes realizados ao nível das raízes e ao nível da folha.

O quadro a seguir resume os resultados obtidos.

Tempo (em horas)		0	12	18	120	126
Raiz	Seiva bruta	–	+	+	+	+
	Seiva elaborada	–	–	–	–	+
Folha	Seiva bruta	–	–	+	+	+
	Seiva elaborada	–	–	–	+	+

Resultado: presença (+) ou ausência (–) de radiação.

Após a análise dos resultados, foram feitas as afirmativas abaixo.

I – O nitrogênio, fazendo parte da seiva bruta, passou, através do xilema, da raiz às folhas.

II – O elemento nitrogênio encontra-se sob a forma orgânica no xilema.

III – Após a realização da fotossíntese, fazendo parte da seiva elaborada, o nitrogênio passou, através do floema, das folhas à raiz.

IV – No floema, o nitrogênio encontra-se sob a forma mineral.

As afirmativas corretas são:

- I e II, apenas.
- I e III, apenas.
- I e IV, apenas.
- II e III, apenas.
- II e IV, apenas.

Resolução

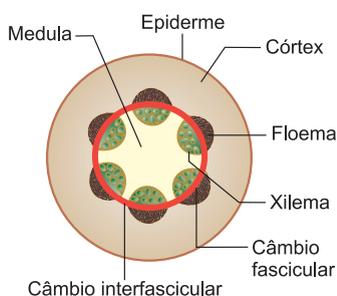
II – Falso: o nitrogênio encontrado no xilema está sob a forma inorgânica (NO_3^-).

IV – Falso: o floema transporta nitrogênio sob a forma orgânica.

Resposta: B

Exercícios Propostos

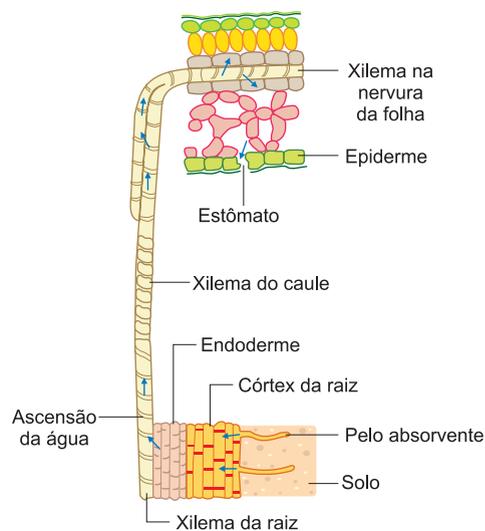
1 A figura abaixo representa



- a raiz de monocotiledônea, em estrutura primária.
- o caule de monocotiledônea, em estrutura secundária.
- a raiz de dicotiledônea, em estrutura primária.
- o caule de dicotiledônea, em estrutura primária.
- o caule de dicotiledônea, em estrutura secundária.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

2 (UFTM) – A água percorre um longo caminho desde o solo até a raiz, e depois desta até completar todo o corpo da planta, como representado no esquema abaixo.



Observe o esquema e faça o que se pede:

- Explique, de acordo com a teoria mais aceita atualmente, o processo de condução da água da raiz até a copa das árvores.

b) No esquema anterior, é possível observar que a água e o sais nela dissolvidos entram na raiz e percorrem o córtex até chegar à endoderme. Comente sobre a função da endoderme no processo de condução da seiva bruta.

RESOLUÇÃO:

a) A condução é feita pelo xilema e realiza-se principalmente em virtude da força de sucção das folhas como consequência da transpiração. A seiva bruta é conduzida da raiz até as folhas numa coluna contínua em estado de tensão.

b) O endoderma regula a passagem de nutrientes. As células possuem paredes impermeáveis que impedem a passagem de nutrientes e água, obrigando todas as substâncias a passarem pela matéria viva da célula.

3 (MODELO ENEM) – Algumas árvores com folhas largas, revestidas por cutícula, foram cultivadas em uma região onde a temperatura é sempre alta, a umidade do ar é baixa e há abundância de água no solo. Considerando os processos de troca de água com o meio, assinale a alternativa que corresponde às respostas fisiológicas esperadas para estas árvores, crescendo sob essas condições.

	Estômatos	Transpiração de água	Absorção de água	Transporte de água
a)	abertos	elevada	elevada	rápido
b)	fechados	elevada	reduzida	lento
c)	abertos	reduzida	elevada	rápido
d)	fechados	reduzida	reduzida	lento
e)	abertos	elevada	elevada	lento

RESOLUÇÃO: Resposta: A

4 Dos materiais a seguir citados, quais são normalmente encontrados na seiva bruta?

- a) Enzimas e íons solúveis.
- b) Vitaminas e enzimas.
- c) Glicose e vitaminas.
- d) Água e íons solúveis.
- e) Água e glicose.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

5 (UEL) – Quando uma árvore perde água por transpiração, a tensão criada nas folhas leva

- a) à morte da árvore.
- b) água para cima, nos tubos xilemáticos.
- c) à dormência da árvore.
- d) à gutação pelos hidatódios.
- e) à plasmólise vegetal.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

6 (UFMG) – Os vegetais apresentam uma série de fatores combinados para transportar água e sais minerais das raízes até as partes mais altas da planta. O mecanismo de ascensão da seiva bruta pode ter como contribuição os seguintes fatores relacionados abaixo, **exceto**:

- a) pressão de absorção de água e sais minerais pelas raízes.
- b) efeito de capilaridade entre a água e as paredes dos vasos.
- c) força de sucção provocada pelas folhas.
- d) eliminação de água por meio da transpiração pelos estômatos.
- e) transporte ativo pelas células vivas dos vasos lenhosos.

RESOLUÇÃO: Resposta: E



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M201**

Módulo

23

Caule e condução de seiva elaborada

Palavras-chave:

- Floema • Osmômetro
- Anel de Malpighi

1. Condução da seiva elaborada

A seiva elaborada é uma solução de açúcares e outras matérias orgânicas e é conduzida através do líber ou floema. Pode-se demonstrar que o líber é responsável pela condução da seiva elaborada pelo anel de Malpighi (cintamento). Fazendo-se a retirada da casca do caule de uma planta, nota-se uma intumescência na região superior, rica em matéria orgânica. Este fato deve-se à destruição do líber na região do anel de Malpighi (Figs. 1 e 2).

Os afídeos são insetos pertencentes à ordem homóptera que se alimentam da seiva orgânica de muitas plantas. Com sua longa tromba sugadora, o animal penetra até atingir o líber, dali retirando a seiva. Como retira mais alimento do que o necessário, elimina gotículas desta solução através do ânus, as quais podem ser analisadas posteriormente.



Fig. 1 – O anel de Malpighi consiste em retirar um anel completo da casca em torno do tronco da árvore. A retirada da casca provoca a destruição do floema e impede a passagem de seiva elaborada.

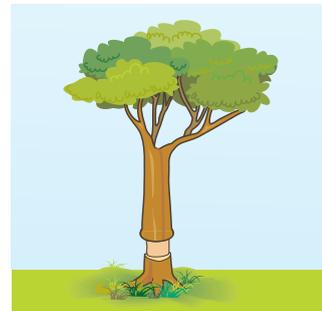


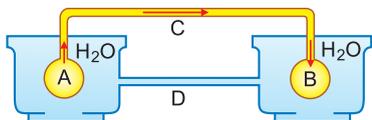
Fig. 2 – A seiva elaborada acumula-se na parte superior do anel, provocando um inchaço, rico em matérias orgânicas (açúcares). As raízes deixam de receber a seiva, gastam suas reservas e morrem. A água não será absorvida e a árvore morre.

Anestesiando estes animais com CO_2 , quando estão sugando, e fazendo-se cortes, verificou-se que a tromba sempre atinge as células do floema.

O mecanismo de circulação da seiva elaborada deve ser muito mais complicado que o da seiva bruta; enquanto a seiva bruta se desloca num vaso morto, podendo-se aplicar ao seu deslocamento os princípios da fluidodinâmica, a seiva elaborada circula por células vivas e, certamente, intervêm na condução os fatores de permeabilidade que ainda não conhecemos completamente. À primeira vista, tem-se a impressão de que o principal fator determinante da circulação da seiva elaborada é a gravidade, já que esta seiva é descendente.

No entanto, embora não se possa negar a influência da gravidade, ela não é um fator único, o que podemos compreender pelos seguintes motivos: existem árvores, como é o caso do **chorão**, cujos ramos têm a ponta mais baixa do que a base, e neles, portanto, a seiva elaborada é ascendente; fazendo-se um anel de Malpighi num ramo e curvando esse ramo para baixo, o acúmulo da seiva elaborada continua junto do anel. Finalmente, furando um vaso liberiano, sai um "jato" de seiva elaborada, o que demonstra haver no vaso uma **pressão positiva**. Atualmente, experiências feitas com fósforo radiativo vieram mostrar que a seiva elaborada não sofre deslocamentos macroscópicos; as moléculas ou os íons deslocam-se através dos vasos sem que exista um deslocamento global da seiva. De todas as teorias inventadas para explicar a circulação da seiva elaborada, ainda é muito citada a dos açúcares de Münch. Este autor construiu o seguinte dispositivo: dois osmômetros iguais, A e B, ligados por um capilar C e mergulhados em recipientes contendo água.

Em A, foi colocada uma solução de glicose de concentração maior do que em B. Por osmose, entra água, tanto em A quanto em B, mas, em A, entra mais água, porque a concentração é maior. Então, o excesso de água, em A, arrasta moléculas de glicose para B, através de C.

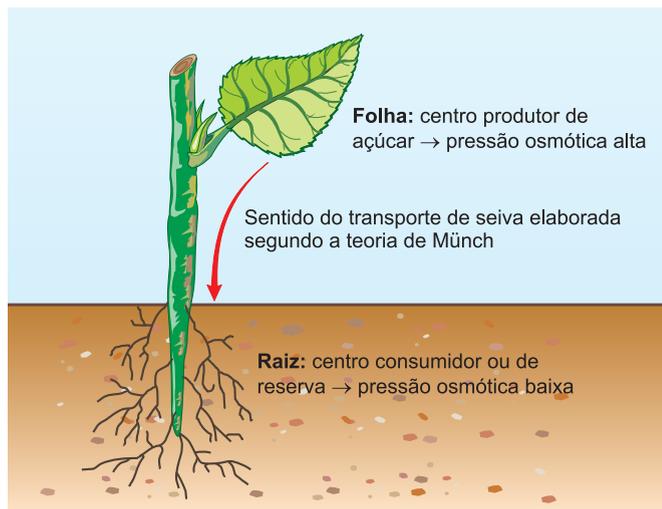


Sistema físico de Münch.

Chega um momento em que a pressão hidrostática, em razão do acréscimo de água, que chega a B, supera a pressão osmótica nesse osmômetro. Então, passa água de B para A através de D. Portanto, cria-se uma corrente circular no aparelho. A princípio, a velocidade do processo é grande, mas vai diminuindo à medida que as concentrações em A e B vão se igualando. Então, o sistema entra em equilíbrio dinâmico, uma vez que a osmose não é fenômeno estático.

Münch comparou o seu dispositivo ao que ocorre no vegetal do seguinte modo: A pode ser comparado ao parênquima clorofiliano em que a pressão osmótica é alta por força da fotossíntese; B foi comparado aos parênquimas de reserva e tecidos que trabalham, nos quais a pressão osmótica é baixa; C foi comparado ao líber e D ao lenho. Então, a água chega pelo lenho ao parênquima clorofiliano. Aí ela arrasta os produtos da fotossíntese para o líber e através dele aos parênquimas de reserva ou então aos tecidos que trabalham.

Conclusão: segundo a Teoria de Münch, a seiva elaborada circula da região de maior pressão osmótica (órgão produtor) para regiões de menor pressão osmótica (órgão consumidor ou órgão de reserva). A seiva elaborada sempre circula com pressão positiva, isto é, a pressão da seiva no interior do vaso do floema é maior do que a pressão externa.



Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Uma planta xerófila adapta-se a ambientes áridos enquanto as higrófilas vivem em ambientes úmidos. Trataram-se cinco ramos de uma planta higrófila, cheios de folhas, da maneira indicada na tabela abaixo. Que letra da tabela corresponde à situação **menos favorável** para o crescimento dessa planta?

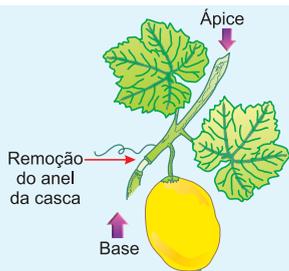
a)	Base do caule mergulhada em solução nutritiva.
b)	Base do caule mergulhada em água.
c)	Base do caule mergulhada em solução de nutrientes e hormônio que acelera a formação de raízes.
d)	Base do caule plantada em vaso com terra, exposto ao sol e irrigação a cada 36 horas.
e)	Base do caule plantada em vaso com terra; parte aérea revestida por plástico transparente; exposta ao sol e irrigada a cada 36 horas.

Resolução

Uma planta higrófila que teve o seu caule plantado em vaso com terra, exposto ao sol e irrigado a cada 36 horas, com certeza, secaria.

Resposta: D

2 (MODELO ENEM) – A remoção de um anel completo da casca de um ramo, na figura a seguir, promove a remoção do tecido encarregado do transporte de nutrientes orgânicos, mas deixa intacto o tecido que transporta nutrientes minerais. Pode-se concluir disso que deve ocorrer



- a) entumescimento rápido do fruto, em virtude da remoção do xilema.
- b) murchamento do fruto, em virtude da remoção do parênquima.
- c) abscisão das folhas, em virtude da remoção do floema.
- d) acúmulo de seiva elaborada no local lesado, em virtude da remoção da epiderme.
- e) aumento na quantidade de açúcares nos frutos, em virtude da remoção do floema.

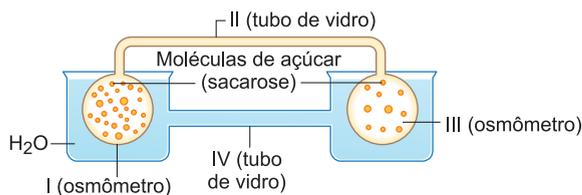
Resolução

A retirada do anel da casca promove a remoção do floema impedindo a passagem da seiva orgânica (açúcares) para a porção inferior do ramo. Em consequência, os frutos ficam maiores e com mais açúcares.

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (UFLA) – A figura a seguir representa um esquema do sistema físico proposto por Münch para explicar o transporte da seiva orgânica nos vegetais.



Segundo a teoria de Münch para o transporte dessa seiva, pergunta-se:

- a) O que representam numa planta os osmômetros I e III e os tubos de vidro II e IV?
- b) De onde e para onde circula numa planta a seiva orgânica?

RESOLUÇÃO:

- a) **I – órgão produtor de açúcar; III – órgão consumidor de açúcar ou órgão de reserva; II – floema; IV – xilema.**
- b) **A seiva circula dos órgãos de alta concentração (P.O. alta) para os de baixa concentração (P.O. baixa), com pressão positiva.**

2 (VUNESP) – A seiva elaborada é transportada das folhas para todas as partes da planta pelo tecido

- a) colênquima.
- b) xilema.
- c) floema.
- d) esclerênquima.
- e) periderme.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

3 (MODELO ENEM) – De um ramo de uma macieira em flor, retirou-se um anel da casca (anel de Malpighi). Espera-se que os frutos desse ramo, em relação aos restantes, sejam

- a) mais doces, porque a condução da seiva bruta da árvore não foi interrompida pelo anel de Malpighi e pode acumular-se nos frutos.
- b) mais doces, porque toda a seiva elaborada, produzida nesse ramo, é impedida de chegar às outras partes da árvore e se acumula nos frutos.
- c) mais ácidos, porque eles só recebem seiva bruta, e não a elaborada, visto que a condução dessa última foi interrompida pelo anel de Malpighi.

- d) mais ácidos, porque o anel de Malpighi interrompe o processo da fotossíntese no ramo, não havendo produção suficiente de açúcar.
- e) igualmente doces, porque o anel de Malpighi não interfere na distribuição de açúcares pelo floema da planta.

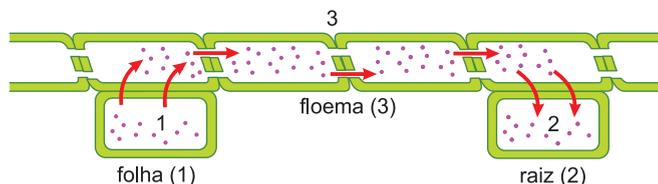
RESOLUÇÃO: Resposta: B

4 (UEL) – Os nutrientes indispensáveis para o crescimento de novas folhas, no início da primavera, em árvores decíduas, provêm

- a) da flor, que recebe nutrientes do caule.
- b) dos sacos polínicos, que contêm lipídios.
- c) do endosperma, que acumula substâncias nutritivas.
- d) da raiz, que é um órgão de reserva.
- e) do mesocarpo, que acumula vitaminas.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

5 (MODELO ENEM) – A figura abaixo representa o movimento, segundo a teoria de Münch, da seiva elaborada nos vegetais. Segundo esta teoria, as maiores pressões osmóticas estão nas células da(o)



- a) raiz.
- b) floema.
- c) folha.
- d) floema ou raiz.
- e) folha ou raiz.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

1. Generalidades

Fitormônios correspondem a uma série de compostos que agem em muitos fenômenos vegetais, tais como crescimento, floração, divisão celular, amadurecimento de frutos, dormência de gemas etc.

São exemplos destes fitormônios: ácido indolacético (auxina), giberelinas, etileno, citocininas, ácido abscísico etc.

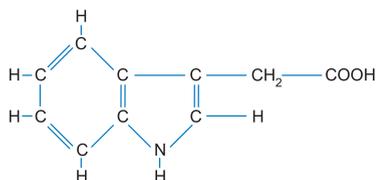
2. Auxinas

Foram os primeiros hormônios descobertos nos vegetais. As auxinas correspondem a um grupo de substâncias que agem no crescimento das plantas e controlam muitas outras atividades fisiológicas.

A auxina natural do vegetal é o ácido indolacético (AIA), um composto orgânico simples, formado pelo radical indol ligado ao ácido acético.

O vegetal produz o AIA, transformando um aminoácido conhecido por triptofano.

Além desta substância, existem outras, denominadas auxinas sintéticas, que agem de maneira semelhante ao AIA. Entre elas, podemos citar o ácido indolbutírico, o ácido naftalenoacético, o ácido 2-4-diclorofenoxiacético etc.



Ácido indolacético.

3. Produção de AIA

O vegetal produz este hormônio em várias regiões do corpo, especialmente:

- na ponta do caule (gema apical);
- nas folhas jovens e adultas;
- na ponta da raiz;
- nos frutos;
- na ponta de coleóptilos;
- nos embriões das sementes.

Os maiores centros produtores de AIA no vegetal são o ponto vegetativo caulinar e as folhas jovens. O AIA produzido nestas regiões é transportado para outras partes do vegetal, ajudando na coordenação do crescimento de toda a planta.

4. Transporte de AIA

O deslocamento desta auxina no caule, folha e fruto é **polarizado**, isto é, desloca-se do ápice para a base da planta. As causas desta polarização ainda são desconhecidas.

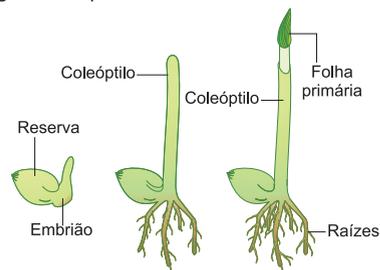
5. Destruição do AIA

Algumas enzimas (peroxidases e fenoloxidasas) são capazes de destruir o AIA, transformando-o em compostos inativos.

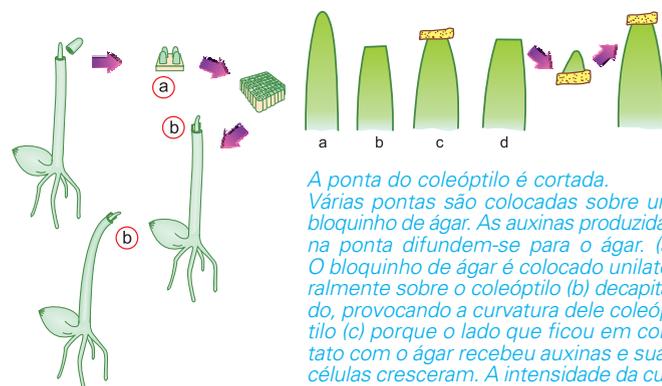
6. Descoberta das auxinas

F. W. Went, em 1928, descobriu definitivamente as auxinas, baseando-se em experiências de outros investigadores que o precederam. Os experimentos foram realizados em **coleóptilos** de aveia.

Quando se colocam grãos de arroz, aveia, trigo etc. (gramíneas) para germinar, observa-se que a primeira estrutura que cresce é um elemento tubuloso e oco que recobre e protege o caulículo da nova plantinha; esta estrutura é o coleótilo. O coleótilo cresce até uma certa altura e depois cessa o crescimento. O epicótilo, que vem crescendo por dentro, acaba por rasgar o coleótilo e então surgem as primeiras folhas da nova planta.



Várias foram as experiências realizadas por Went para chegar à descoberta de um hormônio que controlasse o crescimento por distensão das células de coleóptilos:



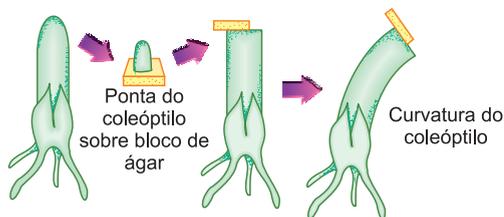
A ponta do coleótilo é cortada. Várias pontas são colocadas sobre um bloquinho de ágar. As auxinas produzidas na ponta difundem-se para o ágar. (a) O bloquinho de ágar é colocado unilateralmente sobre o coleótilo (b) decapitado, provocando a curvatura dele coleótilo (c) porque o lado que ficou em contato com o ágar recebeu auxinas e suas células cresceram. A intensidade da curvatura depende dos números de pontas de coleótilos colocados sobre o ágar.

- coleótilo crescendo normalmente (controle);
- coleótilo decapitado: cessa o crescimento;
- coleótilo decapitado com um bloco de ágar: também cessa o crescimento;

d) coleótilo decapitado. A ponta é colocada em contato com o bloco de ágar durante algum tempo. O bloco de ágar é colocado sobre o coleótilo. Este reinicia o crescimento.

Numa experiência definitiva, Went cortou coleótilos e colocou as pontas sobre bloquinhos de ágar. Depois de algumas horas, retirou as pontas e colocou os bloquinhos (unilateralmente) sobre os coleótilos decapitados.

Se existisse uma substância promotora do crescimento, esta sairia do ágar e induziria o crescimento das células do coleótilo de um lado só, o que acarretaria uma curvatura dele. A experiência funcionou e Went chegou à certeza da existência de uma substância produzida na ponta do coleótilo que se desloca para a base, influenciando o crescimento. A substância de crescimento foi chamada **auxina** (do grego aux = crescer). A natureza química da auxina só foi conhecida por volta de 1940 como o **ácido indolacético**.



7. Ação das auxinas

Célula

De um modo geral, o AIA aumenta a plasticidade da parede celular, facilitando a distensão da célula.

O AIA influencia também a multiplicação celular.

Caule

O AIA pode agir como estimulador ou inibidor da distensão celular, dependendo da concentração.

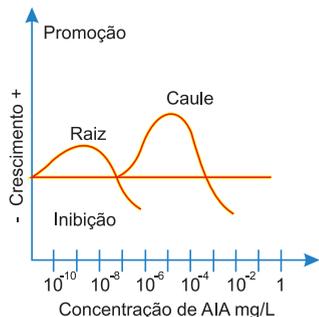
Raiz

O AIA também pode ser estimulador ou inibidor do crescimento, dependendo da concentração.

A análise do gráfico mostra que a raiz é muito mais sensível ao AIA do que o caule.

Pequenas concentrações de AIA estimulam o crescimento radicular, mas, à medida que a concentração aumenta, o AIA inibe o crescimento da raiz.

No caule, as concentrações que promovem o máximo crescimento devem ser muito altas.



Ação da concentração crescente de AIA no crescimento do caule e da raiz.

Gemas laterais

O AIA produzido nas gemas apicais desloca-se polarizado para a base. As gemas laterais (axilares), recebendo este hormônio, ficam inibidas no seu desenvolvimento.

Dizemos que o AIA produzido na gema apical provoca a dormência das gemas laterais, fenômeno conhecido por **dominância apical**.

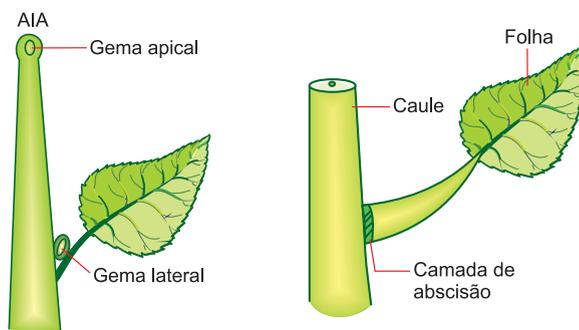
Quando **podamos** uma planta, retiramos as gemas apicais. Desta maneira, cessa a inibição e, rapidamente, as gemas laterais se desenvolvem.

Folhas

O AIA controla a permanência da folha no caule ou a sua queda (abscisão). De um modo geral, o fenômeno é controlado pelo teor relativo de auxinas entre a folha e o caule. Assim:

1) o teor de auxina na folha é **maior** do que no caule → a folha permanece unida ao caule;

2) o teor de auxina na folha é menor do que no caule → a folha se destaca e cai (abscisão). Quando tal fato acontece, forma-se na base do pecíolo uma camada especial de células (**camada de abscisão**), onde as células apresentam paredes celulares finas e em desintegração. Esta camada é a responsável pela separação da folha do caule.

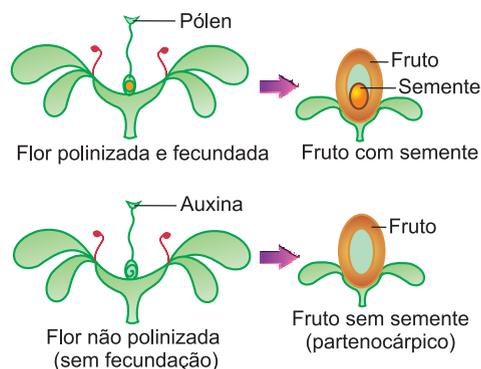


O AIA produzido na gema apical inibe o desenvolvimento da gema lateral, provocando a sua dormência.

Frutos

O fruto origina-se a partir do desenvolvimento do **ovário**. Para acontecer a formação do fruto, é indispensável a polinização e a fecundação, pois foi provado que o tubo polínico e os embriões das sementes em desenvolvimento produzem AIA, que será recebido pela parede do ovário, estimulando o seu crescimento.

Ovários que não são polinizados normalmente caem, não originando frutos. Pode-se provar o fato, aplicando-se auxinas em ovários não fecundados. Estes se desenvolvem e acabam formando frutos partenocárpicos (sem sementes).



A **partenocarpia** ocorre também naturalmente na banana. O ovário da banana produz auxina em quantidade suficiente para provocar o seu desenvolvimento sem fecundação.

O AIA também controla a permanência do fruto no caule ou a sua queda (abscisão), da mesma maneira que ocorre com a folha.

Câmbio

O AIA estimula as atividades das células do câmbio.

8. Aplicação artificial de auxinas

Estacas

Quando auxinas são aplicadas na porção inferior de uma estaca (caule cortado), estimulam as divisões celulares e a produção de raízes adventícias. Tal fato é muito comum em horticultura. Plantas que dificilmente se propagariam por estacas podem facilmente enraizar quando tratadas com auxinas, especialmente o ácido indolbutírico e o ácido naftalenoacético.



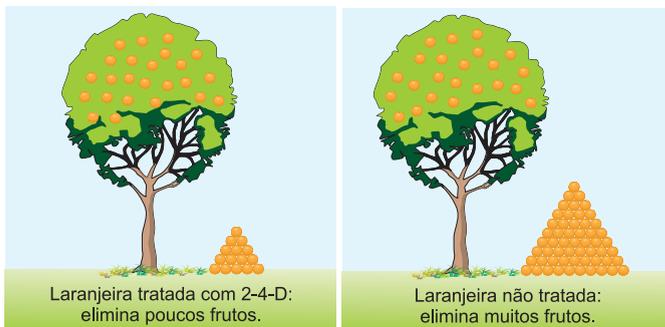
Sem auxinas:
pequena produção
de raízes



Com auxinas:
intensa produção
de raízes

Flores

Aplicadas no ovário ou estigma de flores não fecundadas, as auxinas estimulam o desenvolvimento do ovário para a formação de frutos partenocárpicos.



Laranjeira tratada com 2-4-D:
elimina poucos frutos.

Laranjeira não tratada:
elimina muitos frutos.

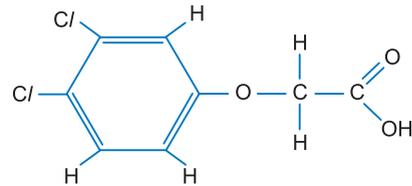
Frutos

O AIA, aplicado em frutos jovens, evita a formação de camadas de abscisão.

Desta maneira, pode-se obter melhor rendimento nas colheitas.

9. Auxinas e herbicidas

Muitas auxinas têm sido usadas como **herbicidas** seletivos, isto é, atacam algumas plantas e outras não. Entre eles, podemos citar o ácido 2-4-diclorofenoxiacético (2-4-D):

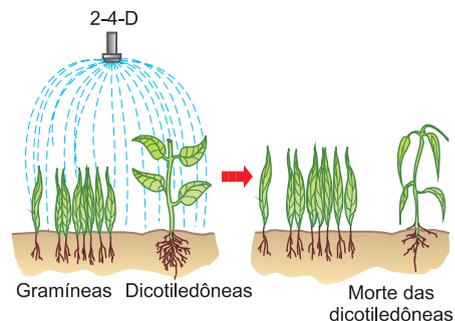


Ácido 2-4-diclorofenoxiacético.

Foi o primeiro herbicida utilizado pelo homem.

O 2-4-D é usado para eliminar **dicotiledôneas** herbáceas (plantas com folhas largas). O fato interessante é que as **gramíneas** (plantas com folhas estreitas) são imunes ao 2-4-D.

Quando uma plantação de gramíneas (milho, arroz, trigo etc.) é tratada com este herbicida, as ervas dicotiledôneas são eliminadas. O 2-4-D absorvido pelas raízes e pelas folhas altera todo o metabolismo vegetal, acabando por levá-lo à morte. O 2-4-D inibe o crescimento da raiz, prejudicando a absorção de água e sais. Induz a formação de raízes adventícias a partir do caule e a formação de tumores originados por divisões celulares irregulares.



Gramíneas Dicotiledôneas

Morte das
dicotiledôneas

A aplicação de 2-4-D nas plantações de gramíneas provoca a eliminação das ervas invasoras do grupo das dicotiledôneas.

Além do 2-4-D, muitos outros herbicidas têm sido utilizados para eliminar outros vegetais, nos quais o 2-4-D não tem grande ação. Entre outros, podemos citar:

- 2-4-5 T (ácido 2-4-5-triclorofenoxiacético);
- 2-4-5 TP (ácido 2-(2-4-5-triclorofenoxi) propiônico);
- MCPA (ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético);
- 2-3-6 TBA (ácido 2-3-6-triclorobenzoico) etc.

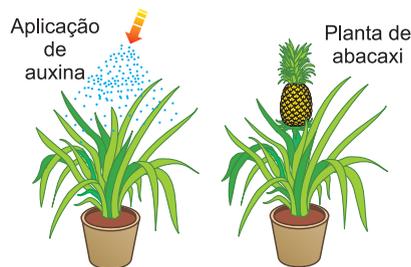
Partenocarpia: fenômeno que ocorre em certas plantas, nas quais o ovário da flor se desenvolve sem fecundação dos óvulos, formando, em consequência, um fruto desprovido de sementes. Ex.: banana, laranja-baía, limão-taiti, uva-chilena etc.

Câmbio: tecido meristemático secundário responsável pela formação de novos elementos de vasos condutores do xilema e são floema. É o grande responsável pelo crescimento em espessura das árvores e arbustos.

10. Auxinas e floração

As auxinas não são os hormônios promotores da floração nos vegetais. Mas existem algumas espécies, como o abacaxi (bromélia), que têm a floração regulada pelas auxinas.

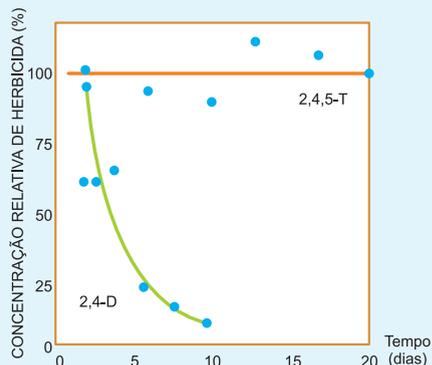
Quando plantações de abacaxi são pulverizadas com auxinas (especialmente o ácido naftalenoacético), a floração se inicia e a produção dos frutos ocorre praticamente ao mesmo tempo, o que facilita consideravelmente a colheita.



A auxina estimula a floração do abacaxi, que leva à produção da infrutescência.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Inúmeras substâncias químicas, que antes eram utilizadas livremente, têm hoje uso controlado ou até proibido em virtude dos problemas ambientais provocados, como no caso de herbicidas. No gráfico, são apresentadas as taxas de degradação microbiana de dois herbicidas, o 2,4-D e o 2,4,5-T (agente laranja).



(Tortora e colaboradores. *Microbiologia*. Adaptado.)

Considerando-se os dados do gráfico, recomenda-se que

- os dois herbicidas sejam utilizados, livremente, pois ambos são biodegradáveis.
- o 2,4-D seja usado de forma restrita, pois acumula-se nos produtores das cadeias alimentares.

III. o 2,4,5-T seja proibido, pois acumula-se nos predadores finais das cadeias alimentares.

IV. o 2,4,5-T seja utilizado livremente, pois não sofre ação de decompositores.

É(são) adequada(s) a(s) recomendação(ões) contida(s), apenas em

- I.
- III.
- II e III.
- III e IV.
- I, III e IV.

Resolução

Enquanto o 2,4-D é biodegradável, o herbicida 2,4,5-T não sofre decomposição e pode acumular-se ao longo das cadeias alimentares.

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – *Quem já viajou pelo Brasil, certamente atravessou extensos chapadões, cobertos por uma vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas em meio a um tapete de gramíneas. Durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, tudo ali é muito verde. No inverno, ao contrário, o capim amarelece e seca; quase todas as árvores e arbustos, por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova. Mas não o fazem todos os indivíduos a um só tempo. Enquanto alguns ainda mantêm suas folhas verdes, outros já as apresentam amarelas ou pardacentas, e outros já se despiram totalmente delas.*

(Disponível em: <http://eco.ib.usp.br/cerrado/>
Acesso em: 23 ago. 2008).

Sobre esse bioma, pode-se afirmar que apresenta ainda

- muitas variedades de árvores com casca grossa lembrando a cortiça, em razão do excesso de nutrientes do solo.
- muitas plantas com raízes longas, que permitem a absorção da água em lençóis freáticos muito distantes da superfície.
- plantas com folhas modificadas em espinhos, caules que armazenam água e cutícula altamente permeável.
- muitas trepadeiras e epífitas, ausência de samambaias e avencas, muitas espécies de anfíbios e animais invertebrados.

Está correto o contido em

- II, apenas.
- III e IV, apenas.
- IV e V, apenas.
- I, II e IV, apenas.
- I, II, III e V

Resolução

O bioma descrito no texto é o cerrado, caracterizado por apresentar árvores retorcidas, ricas em súber, em virtude da deficiência de nutrientes minerais no solo. Muitas plantas possuem raízes que podem atingir os lençóis freáticos, de onde absorvem água.

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 (MODELO ENEM) – 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	0	0
Concentração baixa de auxina A	+	0
Concentração baixa de auxina B	0	0
Concentração alta de auxina A	-	+
Concentração alta de auxina B	0	-

Legenda:

Crescimento	Sinal
acelerado	+
lento	-
normal	0

Observando os resultados, o pesquisador chegou à seguinte conclusão:

- O efeito das auxinas A e B depende do órgão em que atuam;
- A ação da auxina é diretamente proporcional à concentração de auxina usada;
- 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.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

2 (VUNESP) – A técnica usada nas *podas* torna-se bem-sucedida quando se elimina a gema apical porque a

- ausência de auxinas produzidas pela gema apical estimula a atividade das gemas laterais, retirando-as do estado de dormência.
- presença das auxinas promove a abscisão das flores, estimulando a ramificação floral.
- giberelina estimula a produção de auxinas pelas gemas axilares.
- presença do ácido ascórbico, produzido pela gema apical, ao se distribuir, inibe a atividade das gemas laterais.
- presença do etileno induz à formação de ramos pelas gemas axilares das folhas.

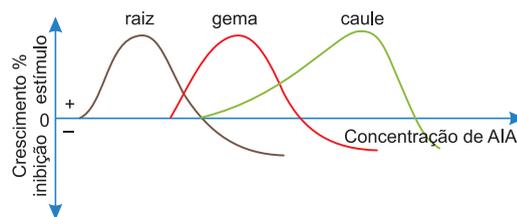
RESOLUÇÃO: Resposta: A

3 (PUC-SP) – As camadas de abscisão constituem estratos de células com paredes celulares delgadas e em desintegração. A formação destas camadas leva à separação progressiva dos frutos, permitindo a sua queda. A formação destas camadas está relacionada, pelo menos em parte, com

- o desenvolvimento das gemas laterais.
- a diminuição na taxa de auxinas nos frutos.
- o aumento da quantidade de proteínas.
- o aumento na absorção iônica pelas raízes.
- a eliminação das gemas apicais do caule.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

4 (VUNESP) – O gráfico a seguir apresenta os níveis de ácido indolilacético (AIA) capazes de estimular ou inibir o crescimento de diferentes partes de um vegetal.



Com base na análise do gráfico, pode-se dizer que

- o crescimento da raiz sempre ocorre com concentrações de AIA inferiores às necessárias ao crescimento da gema.
- uma mesma concentração de AIA pode estimular o crescimento da raiz, gema e caule.
- o crescimento dos diferentes tecidos vegetais independe da concentração de AIA.
- concentrações crescentes de AIA podem inibir o crescimento de raiz e gemas, mas não o do caule.
- uma mesma concentração de AIA pode estimular o crescimento de gemas e caule, mas não o de caule e raiz.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

5 (UNESP) – Em algumas regiões do Paraná, macacos-prego (*Cebus apella*) invadem áreas reflorestadas com pinheiros da espécie *Pinus elliotti*, utilizados na indústria de papel e celulose. Os macacos quebram ou roem um anel em torno do tronco da árvore, próximo ao ápice, e lambem a resina que ali se forma. Por conta disso, a árvore tem o crescimento comprometido e, conseqüentemente, há prejuízo à produção das empresas.

- Que hormônio vegetal tem participação no crescimento da planta? Onde é produzido?
- Por que a ação dos macacos pode comprometer o crescimento das plantas?

RESOLUÇÃO:

- Auxina (ácido indolacético). O hormônio é produzido, principalmente, na gema apical do caule.**
- Ao roer a casca da planta, os animais promovem a destruição dos tecidos periféricos, incluindo o floema. A passagem da seiva elaborada para as raízes fica prejudicada e isso pode levar à morte da árvore.**

Módulo

25

Auxinas e tropismos

Palavras-chave:

- Fototropismo • Geotropismo
- Quimiotropismo • Tigmotropismo

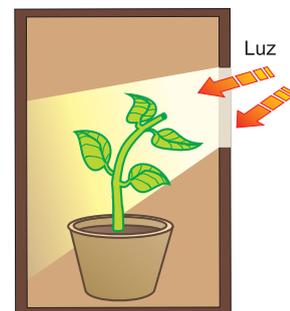
1. Conceito e classificação

Tropismos são fenômenos de crescimento, ou de curvatura, orientados em relação a um agente excitante, isto é, a curvatura depende da direção de onde vem o excitante. Conforme a natureza do agente excitante, os tropismos são classificados em:

- fototropismo (luz);
- geotropismo (gravidade);
- quimiotropismo (substâncias químicas);
- tigmotropismo (contato);
- hidrotropismo (água).

De especial interesse são fototropismo e geotropismo. Podem-se explicar os fenômenos **tropicos** com base fundamentalmente nas seguintes informações:

- O excitante deve incidir unilateralmente.
- As auxinas devem sofrer uma redistribuição, isto é, distribuir-se desigualmente nos dois lados do órgão, excitado unilateralmente.



Plantas iluminadas unilateralmente voltam-se para a luz. O fenômeno é chamado fototropismo positivo.

- A distribuição desigual poderia ser explicada por:
 - a) transporte lateral das auxinas;
 - b) produção desigual das auxinas no ápice;
 - c) destruição desigual das auxinas.

Atualmente, a tendência é a de se aceitar como verdadeira a hipótese do **transporte lateral das auxinas** quando ocorrer estímulo unilateral nos órgãos vegetais.

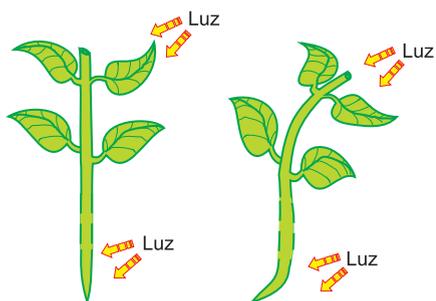
Fototropismo

É o movimento de curvatura orientado em relação à luz. O **caule** e coleótilos apresentam fototropismo + (curvatura em direção à fonte luminosa).

A raiz apresenta fototropismo – (curvatura em direção oposta à luz).

As folhas são plagiofototrópicas ou diafototrópicas (formam um ângulo reto em relação ao raio da Terra).

A experiência a seguir ilustra o fenômeno:



A incidência unilateral de luz provoca fototropismo \oplus do caule e \ominus da raiz.

Explicação

A luz provoca uma redistribuição das auxinas, que se concentram no lado escuro.

Caule: o lado escuro apresenta maior concentração de auxinas e o crescimento fica acelerado.

Raiz: o lado escuro apresenta maior concentração de auxinas e o crescimento fica inibido.

É claro que a luz, para agir no fenômeno, tem de ser absorvida. Para tanto, devem **existir** pigmentos relacionados com a absorção de luz. Foi **observado** que as radiações eficientes nos fenômenos fototrópicos **estão** no início do **espectro** luminoso visível (violeta, anil e azul). Os **pigmentos** que apresentam intensa absorção nesta faixa são **carotenos** e **riboflavinas**.

Possivelmente, estes sejam os pigmentos que absorvem luz relacionada com fototropismo.

Geotropismo

É o crescimento orientado em relação à força de gravidade.

Caule e coleótilos: apresentam geotropismo – (crescimento em sentido oposto à gravidade).

Raízes: apresentam geotropismo + (crescem no mesmo sentido da gravidade).

Folhas: apresentam plagiogeotropismo ou diageotropismo.

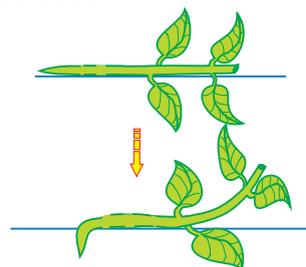
A experiência a seguir ilustra o fenômeno.



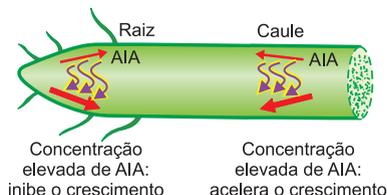
Respostas do caule e da raiz de uma planta em relação à força de gravidade. As raízes apresentam geotropismo positivo; o caule, geotropismo negativo.

Explicação

Raiz: quando se coloca uma raiz na horizontal, a raiz cresce acentuadamente no lado superior, curva-se e penetra o solo. Tal fato ainda se baseia na ação do AIA, que se desloca lateralmente, indo concentrar-se no lado inferior da raiz. A concentração elevada de AIA nesta região inibe o crescimento, enquanto o lado oposto fica com o crescimento acelerado.



Caule: o caule colocado horizontalmente sobre o solo cresce acentuadamente no lado inferior, curva-se e afasta-se do solo. Também neste caso, o AIA, por ação da força de gravidade, desloca-se do lado superior para o inferior, aí se concentrando. Em consequência, esta região tem o seu crescimento acelerado.



Tigmotropismo

É o movimento de curvatura em resposta a um estímulo mecânico (contato).

O fenômeno pode ser observado no movimento de enrolamento de gavinhas e de caules volúveis em um suporte.

As gavinhas são órgãos dorsiventrais. Quando se estimula uma gavinha no lado inferior, ocorre uma reação que determina uma diminuição no alongamento celular, enquanto o lado oposto dorsal tem o alongamento acelerado. Desta maneira, ocorre o enrolamento.

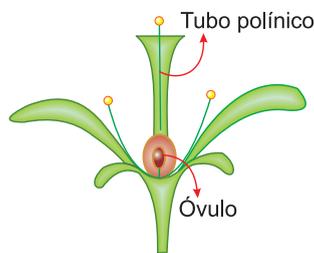
É possível que as auxinas exerçam funções também nestes fenômenos, mas os fatos não estão ainda esclarecidos. Se aplicarmos auxinas em gavinhas de maneira assimétrica, podemos substituir a ação mecânica (contato) e obter uma resposta de curvatura.

Quimiotropismo

São fenômenos de crescimento orientados em relação a uma substância química, mas não estão ainda muito esclarecidos.

Podemos citar como exemplos:

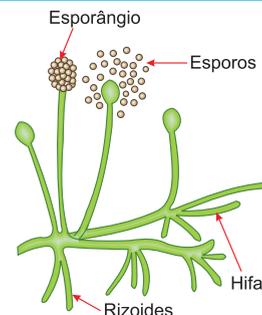
- crescimento do tubo polínico das angiospermas à procura do óvulo;
- crescimento das hifas vegetativas dos fungos em direção ao alimento.



O crescimento do tubo polínico, nas angiospermas, à procura do óvulo é um caso de quimiotropismo.



As gavinhas enrolam-se em torno de um suporte (tigmotropismo).



No mofo do pão, *Rhizopus nigricans*, as hifas chamadas rizoides penetram no alimento digerindo-o. O crescimento dos rizoides é outro caso de quimiotropismo.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Se a exploração descontrolada e predatória verificada atualmente continuar por mais alguns anos, pode-se antecipar a extinção do mogno. Essa madeira já desapareceu de extensas áreas do Pará, de Mato Grosso, de Rondônia, e há indícios de que a diversidade e o número de indivíduos existentes podem não ser suficientes para garantir a sobrevivência da espécie a longo prazo.

A diversidade é um elemento fundamental na sobrevivência de qualquer ser vivo. Sem ela, perde-se a capacidade de adaptação ao ambiente, que muda tanto por interferência humana como por causas naturais.

Internet: <www.greenpeace.org.br> (com adaptações)

Com relação ao problema descrito no texto, é correto afirmar que

- a baixa adaptação do mogno ao ambiente amazônico é a causa da extinção dessa madeira.
- a extração predatória do mogno pode reduzir o número de indivíduos dessa espécie e prejudicar sua diversidade genética.
- as causas naturais decorrentes das mudanças climáticas globais contribuem mais para

a extinção do mogno que a interferência humana.

d) a redução do número de árvores de mogno ocorre na mesma medida em que aumenta a diversidade biológica dessa madeira na região amazônica.

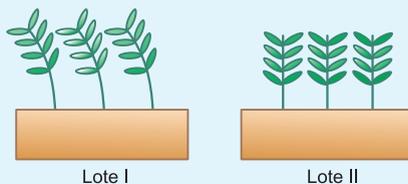
e) o desinteresse do mercado madeireiro internacional pelo mogno contribuiu para a redução da exploração predatória dessa espécie.

Resolução

A extração predatória do mogno pode diminuir a densidade populacional dessa espécie, em virtude da redução do número de indivíduos, prejudicando sua diversidade genética.

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – O esquema abaixo representa dois lotes de plantas da mesma espécie, submetidos, cada um deles, a uma fonte de luz:



Colocou-se uma campânula de vidro sobre as plantas de cada lote, deixando-se as fontes de luz inalteradas.

Qual das alternativas abaixo descreve os resultados esperados?

Direção do crescimento	Modificações no interior da campânula em I e II
a) Altera-se só em I	Aumenta o teor de CO ₂
b) Não se altera	A temperatura diminui
c) Altera-se só em II	Aumenta o teor de O ₂
d) Não se altera	Aumenta o teor de vapor d'água
e) Altera-se só em I	Aumenta a temperatura

Resolução

O lote I deve receber luz unilateral e o II luz uniforme. Em I, as plantas apresentam fototropismo positivo e, em II, crescimento normal. Se a incidência de luz não se alterar, a direção de crescimento deverá ser a mesma. Mas as plantas cobertas com uma campânula de vidro transpiram aumentando o teor de vapor de água no seu interior.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 Analise as assertivas abaixo, relativas aos hormônios vegetais auxinas.

- São hormônios vegetais de crescimento.
- São produzidos principalmente nos meristemas apicais do caule e da raiz, nas folhas jovens e nas sementes em desenvolvimento.
- Participam do fototropismo.

Marque a opção:

- se somente I for correta.

b) se somente I e II forem corretas.

c) se somente II for correta.

d) se todas forem corretas.

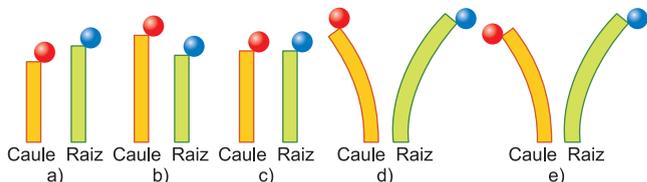
e) se todas forem erradas.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- 2 Um feijoeiro jovem iluminado unilateralmente tenderá a
- crescer sempre reto.
 - parar de crescer.
 - crescer sempre em direção à luz.
 - crescer sempre em direção oposta à luz.
 - crescer inicialmente inclinado e depois reto.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 3 Um extrato de hormônio retirado do ápice do caule de uma planta é misturado à lanolina e aplicado, unilateralmente, em pedaços do mesmo tamanho da região de crescimento do caule e da raiz da mesma planta. O resultado previsto é:



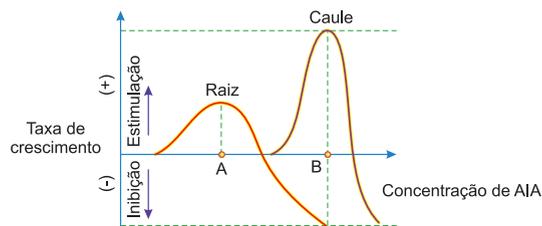
RESOLUÇÃO: Resposta: D

- 4 Caules de vegetais angiospermas sujeitos a diferentes estímulos podem apresentar os seguintes tipos de tropismos positivos (+) ou negativos (-):

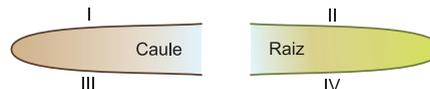
	Fototropismo	Geotropismo	Hidrotropismo
a)	-	-	+
b)	+	+	-
c)	+	+	+
d)	-	+	-
e)	+	-	-

RESOLUÇÃO: Resposta: E

- 5 (MODELO ENEM) – O gráfico a seguir mostra a relação entre a concentração de ácido indolilacético – AIA (fitormônio do tipo auxina, que age facilitando a distensão das paredes celulares) e a taxa de crescimento da raiz e do caule.



Os esquemas a seguir mostram raiz e caule colocados horizontalmente sobre o solo, com regiões numeradas de I a IV.

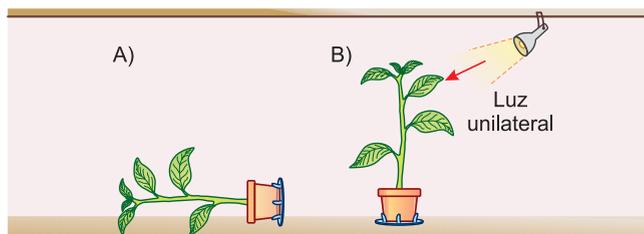


A relação correta entre a concentração de AIA e a estimulação de crescimento de caule e raiz é, respectivamente,

- I – B e II – A.
- I – A e II – B.
- III – A e IV – B.
- III – B e II – A.
- III – B e IV – A.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- 6 (FMTM) – Os experimentos abaixo (A e B) foram montados com a finalidade de se demonstrar a ocorrência de, respectivamente:



- geotropismo e geotropismo.
- fototropismo e geotropismo.
- fototropismo e fototropismo.
- nastismo e fototropismo.
- geotropismo e fototropismo.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

Módulo

26

Pigmento fitocromo

Palavras-chave:

- Radiação vermelha
- Fitocromo ativo e inativo

1. Generalidades

Quimicamente, o fitocromo é uma proteína de cor azul ou azul-verde.

O fitocromo é um pigmento capaz de absorver a radiação vermelha com comprimento de onda por volta de 660 nm (vermelho curto – V.C.).

Quando isto ocorre, o fitocromo transforma-se numa espécie de enzima que inicia uma série de reações metabólicas no vegetal. O fitocromo fica ativado.

O fato importante é a reversibilidade deste pigmento. Assim, quando ele absorve luz vermelha por volta de 730 nm (vermelho longo – V.L.), o efeito iniciado com a luz de 660 nm torna-se nulo e o fitocromo fica novamente inativo.

No escuro, o fitocromo ativado volta também lentamente ao estado inativo.

2. Ação do fitocromo

Estiolamento

Quando plantas crescem no escuro, observamos que os caules se tornam exageradamente longos e as folhas, pequenas – fenômeno conhecido por estiolamento. Se iluminarmos agora as plantas com luz vermelha (660 nm), notaremos que o crescimento do caule se torna vagaroso e as folhas crescem mais rapidamente, cessando o estiolamento. Se a luz for de 730 nm, ocorre o inverso. O pigmento envolvido no caso é o fitocromo, e a sua ação ainda não está bem esclarecida.



Fotoblastismo: germinação de sementes

Nem todas as sementes dispõem de reservas suficientes para germinar a certas profundidades no solo.

Existem, no entanto, sementes de algumas plantas que são pequenas e geralmente desprovidas de reserva, como ocorre com as sementes de orquídeas, bromélias, begônias, certas variedades de alface etc.

Tais sementes só conseguem germinar na superfície do solo, onde possam receber luz.

Neste caso, as sementes são chamadas fotoblásticas positivas.

Há outras sementes que só germinam na ausência completa de luz, como acontece com algumas variedades de sementes de melancia.

Neste caso, as sementes são chamadas fotoblásticas negativas. Aqui também o sistema fitocromo tem participação ativa.

Damos a seguir uma experiência realizada com sementes fotoblásticas positivas (alface).

Tipo de radiação usada	Resultado
660 nm	Germina
730 nm	Não germina
660 nm – 730 nm	Não germina
660 nm – 730 nm – 660 nm	Germina
660 nm – 730 nm – 660 nm – 730 nm	Não germina

Este experimento mostra que:

- a radiação de 660 nm (V.C.) desencadeia um processo que resulta na germinação das sementes;
- a radiação de 730 nm (V.L.) inibe a germinação;
- quando se faz um tratamento alternado de 660–730 nm, o resultado depende do último tratamento aplicado;
- a radiação de 660 nm desencadeia o processo de germinação, que é revertido pela radiação de 730 nm.

A experiência a seguir mostra a ação das radiações de 660 nm e 730 nm em sementes fotoblásticas positivas e negativas.

Os dois tipos de sementes apresentam o mesmo tipo de reação à radiação de 660 nm e à de 730 nm.

Tipos de radiação	Fotoblásticas positivas	Fotoblásticas negativas
Radiação de 730 nm	Não germinam	Germinam
Radiação de 730 nm – 660 nm	Germinam	Não germinam

A diferença se dá na exposição à luz branca, que contém duas radiações (660 nm e 730 nm). Parece que as sementes fotoblásticas positivas são mais sensíveis à radiação de 660 nm e pouco sensíveis à radiação de 730 nm. Já as sementes fotoblásticas negativas são mais sensíveis à radiação de 730 nm e inibidas quando expostas à luz branca.

Fotoperiodismo

A luz é importante para as plantas também com relação à **duração**, isto é, a **duração do dia e a duração da noite**. Tais fenômenos são conhecidos por fotoperiodismo.

O fotoperiodismo é essencial para vários processos fisiológicos do vegetal, entre eles **floração, abscisão das folhas, formação de raízes tuberosas, formação de bulbos** (como ocorre na cebola, **fechamento dos folíolos das leguminosas** etc.).

Floração

É a transformação das gemas vegetativas em gemas florais.

Muitas plantas dependem do fotoperiodismo para florescerem e são normalmente divididas em:

- plantas de dias curtos;
- plantas de dias longos;
- plantas indiferentes (neutras).

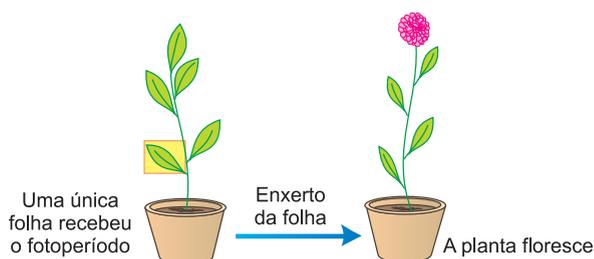
• **Plantas de dias curtos:** só florescem quando o tempo de exposição à luz é inferior a um valor crítico. Como exemplos, podemos citar crisântemos, orquídeas, feijão, soja etc.

• **Plantas de dias longos:** só florescem quando o tempo de exposição à luz é superior a um valor crítico. Exemplos: espinafre, rabanete, cravo.

• **Plantas indiferentes:** florescem independentemente do tempo de exposição à luz. Exemplos: milho, tomate etc.

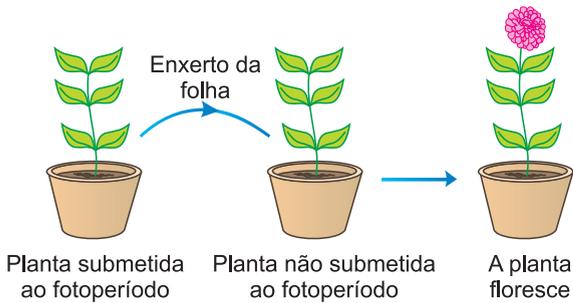
Podemos fazer as seguintes afirmações sobre os conhecimentos obtidos acerca da floração dessas plantas:

• As **folhas** são as responsáveis pela percepção do comprimento do dia e da noite.



Vários experimentos comprovam tal fato:

- se uma única folha da planta recebe o fotoperíodo indutor, a planta floresce;
- se uma folha de uma planta que recebeu o fotoperíodo indutor é enxertada em outra planta que não recebeu o fotoperíodo indutor, esta passa a florescer.



- A folha deve sintetizar um hormônio que ainda não foi isolado. Este hormônio é conhecido como **florígeno**.

O florígeno produzido na folha desloca-se até as gemas do vegetal, provocando a sua transformação em gemas florais.

- Nas plantas sensíveis ao fotoperíodo, foi observado que é de grande importância a **continuidade da noite**.

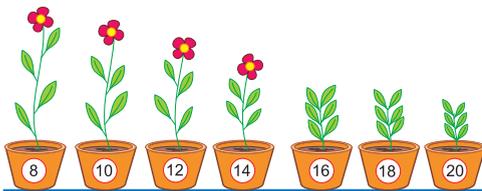
Assim, se uma planta de dia curto recebe luz enquanto passa pelo período escuro, ela deixa de florescer.

Foi observado que a interrupção do período de claridade por períodos escuros não traz problemas para a floração.

- Aqui também o fitocromo tem a sua ação.

Assim, se uma planta de dia curto recebe luz com comprimento de onda por volta de 660 nm (V.C.), enquanto passa pelo período escuro, ela não floresce. Neste caso, o fitocromo ativado pelo V.C. deve inibir a produção do florígeno.

Se, após o tratamento com 660 nm, irradiarmos com 730 nm, a planta florescerá.



Comportamento de planta de dia curto com fotoperíodo crítico de 14 horas. Todas as plantas que recebem luz abaixo do valor crítico florescem. As plantas que recebem luz acima do valor crítico não florescem.



Comportamento de planta de dia longo com fotoperíodo crítico de 14 horas. Todas as plantas que recebem luz acima do valor crítico florescem. As plantas que recebem luz abaixo do valor crítico não florescem.

Florígeno: hormônio que induz a floração. Na maioria das plantas, a natureza química do florígeno é desconhecida. Em algumas, como o abacaxi, o florígeno é a auxina. Em outras, como a cenoura, nabo, rabanete, o florígeno é a giberelina.

Exercícios Resolvidos

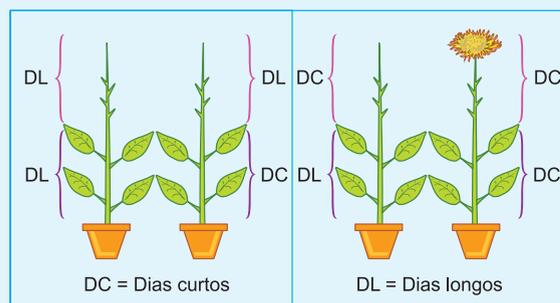
1 (MODELO ENEM) – Fenômenos biológicos podem ocorrer em diferentes escalas de tempo. Assinale a opção que ordena exemplos de fenômenos biológicos, do mais lento para o mais rápido.

- Germinação de uma semente, crescimento de uma árvore, fossilização de uma samambaia.
- Fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore, germinação de uma semente.
- Crescimento de uma árvore, germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia.
- Fossilização de uma samambaia, germinação de uma semente, crescimento de uma árvore.
- Germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore.

Resolução

- O processo de fossilização de qualquer ser vivo é muito lento, podendo levar milhares de anos.
- O crescimento de uma árvore é mais rápido que a fossilização, ocorrendo geralmente no período de dezenas ou centenas de anos.
- A germinação de sementes é muito rápida, ocorrendo em poucos dias. **Resposta: B**

2 (MODELO ENEM) – O pigmento fitocromo está relacionado com o processo de floração de muitas plantas, fenômeno conhecido por fotoperiodismo. Descobriu-se que nas folhas, dependendo da duração do dia ou da noite, há produção do hormônio florígeno, o qual, deslocando-se para as gemas caulinares, induz a formação de flores. Representa-se abaixo uma experiência com crisântemo, que foi iluminado.



Com base nesse esquema, pode-se concluir:

- A forma de iluminação da planta não interfere na floração.
- A planta representada tem o fotoperíodo de dia longo e deve florescer no inverno.
- A floração do crisântemo deve ocorrer mesmo com a retirada de suas folhas.
- Na natureza, a produção de flores acontecerá na primavera e em pleno verão.
- A luz interfere na ação do hormônio da floração.

Resolução

A análise da experiência mostra que o crisântemo é uma planta de dia curto e floresce durante o inverno ou outono.

Resposta: E

1 (UNICAMP) – Um agricultor decidiu produzir flores em sua propriedade, localizada perto da cidade de Fortaleza (CE). Em razão de sua proximidade com a linha do Equador, nesta cidade os dias mais longos do ano (janeiro) são de 12 horas e 30 minutos de luz, e os mais curtos (julho) são de 11 horas e 30 minutos de luz. O agricultor tem dúvida sobre qual flor deve cultivar: uma variedade de crisântemo, que é uma planta de dia curto e tem um fotoperíodo crítico de 12 horas e 30 minutos, ou uma variedade de “brinco-de-princesa” (*Fuchsia sp*), que é planta de dia longo e tem fotoperíodo crítico de 13 horas.

- Qual espécie de planta o agricultor deveria escolher? Justifique.
- Com relação à floração, o que aconteceria com a espécie de dia curto (crisântemo) se fosse dado um período de 15 minutos de luz artificial no meio da noite (“flash de luz”) ? Explique.

RESOLUÇÃO:

- Crisântemo, porque apresenta fotoperíodo crítico de 12 horas e 30 minutos e essas plantas só florescem em fotoperíodos abaixo do crítico.**
- A planta deixa de florescer. As P.D.C. precisam de uma noite contínua para a produção do florigeno hormônio que induz à floração. A interrupção do período noturno pela luz inibe a produção de florigeno.**

2 Em plantas de florestas fechadas, as sementes germinam, no solo fértil, gerando plantas com caules que rapidamente se alongam, mas se ramificam. Esse fenômeno é explicado porque, no interior dessas florestas, ocorre

- excesso de água.
- baixa ventilação.
- pouca oxigenação do solo.
- deficit de luz.
- excesso de nutrientes minerais.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

3 (MODELO ENEM) – Certas plantas florescem na primavera, outras no verão, algumas no inverno e outras no outono. Esse fato se deve a um fenômeno chamado fotoperiodismo. Sobre esse fenômeno, assinale a alternativa correta:

- As plantas de dias longos só florescem quando são expostas a um fotoperíodo abaixo de um determinado fotoperíodo crítico.
- Fotoperíodo é o tempo de exposição à luz, necessário para o florescimento de uma planta de dia curto.
- Uma planta de dia curto, cujo fotoperíodo crítico é de 15 horas, só floresce se for submetida a um período no escuro acima de 9 horas.
- As plantas de dias longos florescem no verão, porque essa é a estação do ano em que elas conseguem ficar expostas à luz por um período maior.
- O florescimento é determinado pelo período no escuro, favorável e contínuo, a que uma planta é submetida.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

4 Uma planta de dia curto com fotoperíodo crítico de 14 horas e outra planta de dia longo com fotoperíodo crítico de 11 horas foram submetidas a um **fotoperíodo indutor de 13 horas**. Que letra da tabela abaixo indica o que ocorreu com estas plantas?

	PLANTA DE DIA CURTO	PLANTA DE DIA LONGO
a)	Cresce e não floresce	Cresce
b)	Cresce	Cresce e não floresce
c)	Floresce	Não floresce
d)	Cresce e floresce	Cresce e floresce
e)	Cresce e não floresce	Cresce e não floresce

RESOLUÇÃO: Resposta: D

5 Analise as frases abaixo:

- Uma planta de dia curto, com fotoperíodo crítico de 15 horas, floresce em fotoperíodos de 13, 14 e 15 horas.
- Sementes de feijão, germinando no escuro, apresentam caules longos, folhas reduzidas e sem pigmentos.
- O início de floração das plantas é controlado pelas auxinas.

Está(ão) correta(s):

- apenas I e II.
- apenas I e III.
- apenas II e III.
- todas.
- nenhuma.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

6 O pigmento fitocromo toma parte na regulação de diversos processos nas plantas.

Dos fenômenos abaixo:

- germinação das sementes;
- crescimento de folhas e caules;
- desenvolvimento de plastos;
- alongação do eixo floral;

quantos estão sob sua regulação?

- 4
- 3
- 2
- 1
- nenhum

RESOLUÇÃO: Resposta: A

1. Giberelinas

São hormônios vegetais descobertos no Japão em 1930.

Cientistas japoneses estudavam plantas de arroz que se apresentavam muito alongadas quando sofriam infecções por fungos do gênero **Giberella**. Conseguiram extrair destes fungos uma substância ativa no crescimento, que foi chamada ácido giberélico.

Após esses estudos iniciais, outras substâncias semelhantes ao ácido giberélico foram descobertas. Hoje conhecemos cerca de 20 substâncias que genericamente são conhecidas por **giberelinas**.

As giberelinas foram descobertas também nos vegetais superiores e é possível que todas as plantas tenham capacidade de produzir esses hormônios.

Produção

As giberelinas são produzidas pelo vegetal nas(os)

- folhas jovens;
- embriões de sementes jovens;
- frutos;
- sementes em germinação etc.

Transporte

Ao contrário das auxinas, as giberelinas são transportadas **sem polarização (apolar) para as demais partes do vegetal**.

Ação das giberelinas

Caule

As giberelinas provocam um rápido alongamento das células do caule.

Foi observado que as plantas geneticamente anãs são muito mais sensíveis ao tratamento com giberelinas do que as plantas de tamanho normal. Com base nesses fatos, chegou-se à conclusão de que as plantas geneticamente anãs eram incapazes de produzir giberelinas.

Folha

Como acontece no caule, as células das folhas sofrem um acentuado alongamento quando tratadas com giberelinas.

Este fato pode ser usado em horticultura para obtenção de plantas com folhas maiores e mais largas.

Fruto

Também neste caso, as giberelinas aceleram a distensão celular.

A aplicação artificial de giberelinas em frutos jovens pode provocar um acentuado aumento em tamanho.

Quando se aplicam giberelinas em flores não fecundadas, podemos provocar a partenocarpiá, isto é, o desenvolvimento do ovário para a formação de frutos sem sementes.

Semente

As giberelinas são capazes de quebrar o estado de dormência das sementes, provocando a sua germinação.

Floração

As giberelinas induzem a floração de **plantas acaulares**, cujas folhas estão dispostas em roseta (cenoura, rabanete).

Essas plantas, para florescerem, requerem um tratamento à baixa temperatura, durante um certo tempo, ou então um tratamento com **dias longos** (veja fotoperiodismo).

Foi observado que, na época da floração, esses vegetais apresentam um aumento no teor de giberelinas.

Conseqüentemente, a produção de giberelinas intensifica as divisões celulares que levam à formação do eixo floral.

Realmente, a aplicação artificial de giberelinas nestas plantas provoca a sua rápida floração.

2. Etileno

O gás etileno ($H_2C = CH_2$) é um produto do metabolismo das células vegetais e é considerado atualmente um hormônio vegetal.

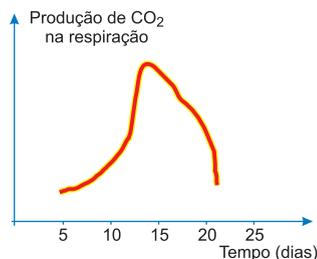
Ação do etileno

- O gás etileno é capaz de provocar a **maturação dos frutos**.

Foi observado que a maturação de um fruto está relacionada com a respiração. O processo respiratório aumenta muito durante a maturação para depois sofrer um acentuado declínio à medida que os tecidos entram em decomposição. Este fenômeno é o climatério. Após o climatério, o fruto inicia o processo de maturação.

Assim, os inibidores da respiração, baixa temperatura, concentrações altas de CO_2 são capazes de inibir a maturação. Mas a aplicação de etileno é capaz de acelerar o processo.

Sabemos hoje que o gás etileno é produzido no fruto um pouco antes do climatério e provavelmente desencadeia o processo de maturação. A sua produção aumenta muito durante o climatério.



Produção de CO_2 durante a maturação do fruto. A produção de CO_2 aumenta até um máximo para cair, posteriormente, de forma acentuada. Este fenômeno é o climatério.

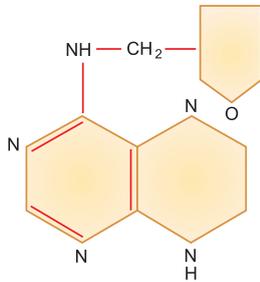
- Em algumas plantas, o etileno é capaz de provocar o **início da floração** (ex.: bromélias).

- O etileno é capaz de provocar a abscisão das folhas.

- O etileno é capaz de provocar o aparecimento do gancho apical no estiolamento.

3. Citocininas

São substâncias capazes de regular as **divisões celulares** dos vegetais.



Cinetina

– Quimicamente, esta substância é a furfuriladenina, que não ocorre naturalmente nos vegetais. A cinetina, aplicada juntamente com auxinas, age numa série de fenômenos.

a) Ativa as divisões celulares em cultura de tecidos vegetais, provocando o aparecimento de *callus* (massa desorganificada de células).

b) A diferenciação dos tecidos na cultura depende das concentrações de **cinetina-auxina**.

Assim,

cinetina > auxina ⇒ formação de gemas

cinetina = auxina ⇒ formação de *callus*

cinetina < auxina ⇒ formação de raízes

c) Outra observação da atividade destas substâncias foi em gemas laterais. A quebra da dormência em gemas depende da relação citocinina-auxina.

Assim,

auxina > citocinina ⇒ a gema lateral permanece dormente;

auxina < citocinina ⇒ a gema lateral inicia o seu desenvolvimento.

d) Muitas plantas, quando cortadas, mostram nas suas folhas um rápido decréscimo do conteúdo proteico e consequente aumento no teor de nitrogênio solúvel.

Observou-se que a aplicação de citocininas nas folhas destas plantas resultava em uma permanência maior da cor verde e na quantidade de proteínas. Desta maneira, as citocininas são capazes de provocar um efeito antissenescente. Elas são capazes de manter a síntese de ácidos nucleicos e de proteínas durante um tempo maior.

As citocininas são produzidas na ponta da raiz e transportadas para o caule e folhas através do xilema.

Ação das citocininas

Folhas

Regulam o metabolismo e a senescência.

Frutos e sementes jovens

Estimulam a divisão celular e o crescimento.

4. Ácido abscísico

Em climas temperados, existem nítidas estações do ano.

Nos períodos favoráveis (primavera e verão), as gemas das plantas estão em intensa atividade, dividindo constantemente as suas células e promovendo o crescimento vegetal. No período desfavorável (inverno ou um período de seca), as gemas devem permanecer dormentes e protegidas para suportarem, vivas, tais períodos.

Foi observado que, antes do período desfavorável, a planta produz um hormônio, denominado ácido abscísico (dormina), responsável pela dormência das gemas do caule e pela abscisão das folhas.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Na tira abaixo, é mostrado um fenômeno que ocorre de forma acentuada em regiões de clima temperado.

TURMA DA MÔNICA – Maurício de Sousa



(O Estado de S. Paulo, 2 set. 2004.)

No outono, constata-se uma diminuição de 1 nas folhas de determinadas plantas, causando a produção de uma substância gasosa denominada 2, o que leva ao fenômeno mostrado.

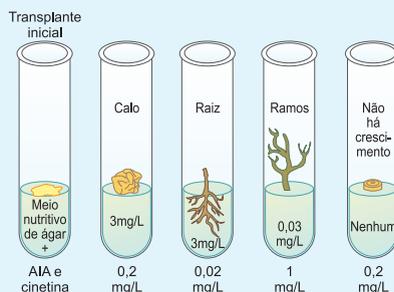
No trecho, as lacunas 1 e 2 devem ser preenchidas correta e respectivamente por

- a) giberelina e auxina. b) etileno e auxina.
c) etileno e giberelina. d) auxina e giberelina.
e) auxina e etileno.

Resolução

A diminuição na produção da auxina (AIA) e o consequente aumento na formação do etileno promovem a abscisão das folhas. **Resposta: E**

2 (MODELO ENEM) –



As células vegetais podem ser cultivadas *in vitro*, isto é, fora do organismo: retirando-se um pedaço

de tecido vivo e colocando-o sobre um meio nutritivo, contendo fatores de crescimento, haverá formação de um calo (massa desorganizada de células) ou diferenciação de raízes e gemas. O esquema anterior mostra a influência da concentração de auxina (AIA) e cinetina (hormônios vegetais) no crescimento *in vitro* de tecidos.

Podemos concluir:

- a) A presença de cinetina no meio induz a diferenciação de ramos.
b) A cinetina é indispensável no meio de cultura, pois sem ela não há crescimento.
c) Dependendo da relação auxina-cinetina, haverá diferenciação de raízes ou ramos.
d) O alto teor de cinetina determina o aparecimento de um calo.
e) Quanto menor a quantidade de AIA no meio, maior a diferenciação de raízes.

Resolução

Na relação AIA-cinetina, observa-se que uma maior concentração de AIA estimula a formação de raízes e o inverso induz a produção de ramos.

Resposta: C

- 1 A giberelina é
- um pigmento respiratório de vegetais inferiores.
 - uma enzima carboxilativa.
 - um hormônio vegetal que promove o alongamento do caule de plantas intactas.
 - um hormônio vegetal envolvido no amadurecimento de frutos, abscisão e senescência foliar.
 - uma enzima vacuolar que reduz o N_2 a NH_3 .

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 2 A falta de giberelina, nas plantas, e a ausência do hormônio somatotrófico da hipófise, nos animais, podem levar à (ao)
- crescimento exagerado dos indivíduos, levando ao gigantismo vegetal e animal.
 - formação de plantas anãs e de indivíduos gigantes.
 - aparecimento de plantas gigantes e de indivíduos anões.
 - formação de indivíduos anões.
 - floração das plantas e de indivíduos com crescimento acentuado das extremidades.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

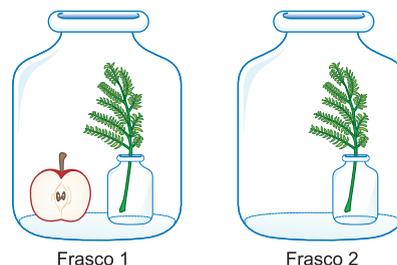
- 3 Os hormônios vegetais controlam o crescimento das plantas, além de promover a divisão, o alongamento, a diferenciação das células e o amadurecimento dos frutos.

Assinale a alternativa que relaciona o hormônio à sua função.

- Ácido abscísico:** estimula a divisão celular e o desenvolvimento de gemas laterais.
- Auxina:** estimula o crescimento das folhas e a floração das plantas em geral.
- Etileno:** está ligado à queda de folhas (abscisão) e ao amadurecimento dos frutos.
- Giberelina:** é responsável pela dormência das gemas, impedindo-as de germinar no outono.
- Citocina:** promove a dormência apical, difundindo-se até a raiz.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 4 (MODELO ENEM) – O esquema a seguir mostra uma experiência realizada sobre a ação de hormônios vegetais. Ramos de sibipiruna (*Caesalpinia sp*), contendo alguns folíolos, foram colocados dentro de 2 frascos – num deles com um pedaço de maçã e no outro sem maçã. Depois de alguns dias, espera-se que aconteça



- a queda dos folíolos no frasco 1, em virtude da ação do hormônio etileno, produzido pela maçã em maturação.
- a queda dos folíolos no frasco 1, em virtude da ação do hormônio auxina, produzido pela maçã em maturação.
- a queda dos folíolos no frasco 2, em virtude da ausência da ação hormonal.
- a permanência dos folíolos no frasco 1, em virtude da ação do hormônio etileno, produzido pela maçã em maturação.
- a permanência dos folíolos no frasco 1, em virtude da ação do hormônio auxina, produzido pela maçã em maturação.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

- 5 (FATEC) – 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 a

- uma maior concentração de etileno no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.
- um menor concentração de etileno no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.
- uma maior concentração de etileno no lote B, o que retarda o amadurecimento dos frutos.
- uma maior concentração de auxinas no lote B, o que retarda o amadurecimento dos frutos.
- uma maior concentração de auxinas no lote A, o que acelera o amadurecimento dos frutos.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

1. Generalidades

Os movimentos dos vegetais podem ser classificados em dois tipos:

- movimentos de curvatura (crescimento);
- movimentos de locomoção (deslocamento).

2. Movimentos de curvatura

- **Tropismos** (já estudados);
- **Nastismos** ou **Nastia**.

Tropismos

São movimentos de curvatura (crescimento) orientados em relação a um agente excitante, isto é, dependem da direção de onde vem o excitante.

O tropismo pode ser negativo ou positivo. Ex.: Fototropismo, Tigmotropismo, Geotropismo e Quimiotropismo.

Nastismos

São movimentos de curvatura não orientados em relação ao agente excitante, isto é, não dependem da direção de onde vem o excitante, e sim da simetria interna do órgão que reage.

Os nastismos só ocorrem em órgãos dorsiventrais.

Seguem exemplos de nastismos.

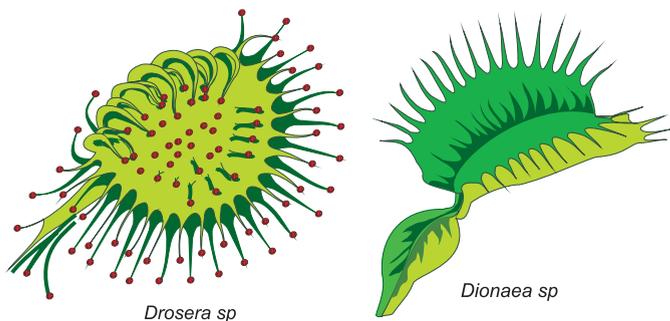
Fotonastismo

Há flores que se abrem quando iluminadas durante o dia. Suas pétalas fazem um movimento de curvatura para a base da corola.

A direção dos raios luminosos não influencia a direção da reação. Esta é sempre orientada para a base da flor. Há outras flores que fazem o movimento contrário, só se abrindo durante a noite. Estas flores, quando iluminadas, fecham a corola.

Tigmonastismo

Observa-se, por exemplo, nos tentáculos das folhas de *Drosera*. Estes, irritados por um inseto, sempre se dobras para o interior da folha. A *Dionaea* dobra a folha sobre um inseto, capturando-o.



Drosera sp

Dionaea sp

Quimionastismo

Também se observa na *Drosera*, em que os tentáculos se curvam, orientados por substâncias químicas emanadas do inseto.

Nictinastismo

É um movimento complexo que depende de excitação exterior (alternância de luz e obscuridade, calor e frio) e também de fatores internos; tal fato é verificado em muitas leguminosas que à noite fecham os seus folíolos.

Nas mimosas (sensitivas), um abalo promove uma reação rápida de fechamento dos folíolos. Os folíolos aparecem com articulações (espessamentos) ricas com um parênquima aquoso. Quando uma folha se abaixa, as células das regiões superiores deste parênquima elevam a sua força de sucção, retirando água da porção inferior, e aumentam a sua turgescência.

Em caso de elevação da folha, ocorre o inverso. O fenômeno é conhecido por seismonastia.



Folha de *Dionaea* capturando uma libélula (inseto).



3. Os movimentos de locomoção

Tactismos

São movimentos de deslocamento de seres vivos. São orientados em relação ao excitante e podem ser positivos ou negativos.

Seguem exemplos de tactismos.

Quimiotactismo

É o movimento de deslocamento em relação a substâncias químicas. Ex.: deslocamento de anterozoides à procura do órgão feminino (arquegônio).

Aerotactismo

É o movimento em que o elemento químico é o oxigênio. Ex.: bactérias aerotácteis.

Fototactismo

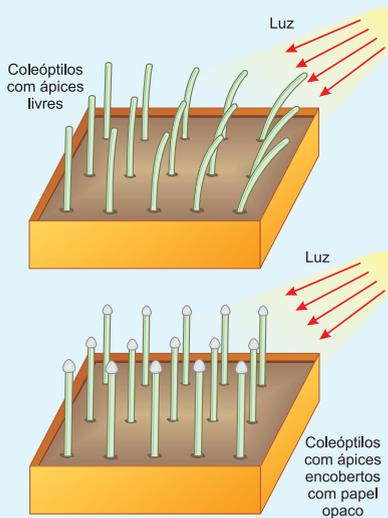
É o movimento de deslocamento em relação à luz. Ex.: os cloroplastos deslocam-se no interior da célula em resposta à luz.

Com luz fraca, os cloroplastos procuram a luz e, com a luz forte, afastam-se da luz.

Drosera: gênero de plantas insetívoras que apresentam as folhas cobertas por tentáculos que segregam substâncias viscosas capazes de aprisionar pequenos insetos. Quando estes tocam os tentáculos, ficam aderidos e os tentáculos dobram-se sobre os insetos, promovendo a digestão e a absorção.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Os coleótilos são estruturas tubulosas que recobrem e protegem o caulículo do embrião das gramíneas (milho, arroz, trigo, alface). Durante a germinação da semente, crescem com velocidade maior do que a do caulículo, perfurando o solo e emergindo no meio aéreo, quando cessam o crescimento. Sabe-se hoje que os ápices dos coleótilos produzem hormônios de crescimento, as auxinas. Darwin, em 1880, demonstrou que, ao serem encobertos com papel opaco os ápices de coleótilos de alface, submetidos à iluminação unilateral, não ocorria o fototropismo; no entanto, coleótilos cujos ápices não estavam encobertos apresentavam fototropismo positivo (figura a seguir).



Analisando-se o experimento de acordo com os conhecimentos atuais, pode-se afirmar:

- As auxinas são hormônios de crescimento, mas não interferem nos fenômenos de fototropismo.
- A remoção dos ápices dos coleótilos não interfere no fenômeno de crescimento destas estruturas.
- Coleótilos com ápices recobertos com papel opaco continuam crescendo, mas não apresentam fototropismo.
- Coleótilos com ápices livres curvam-se na direção da fonte luminosa porque as auxinas se concentram no lado iluminado.
- As auxinas sempre estimulam o crescimento de coleótilos independentemente da incidência luminosa.

Resolução

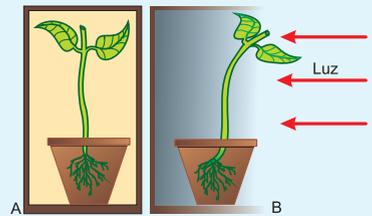
As auxinas agem na distensão das células dos coleótilos, podendo acelerar ou inibir, dependendo de sua concentração. Quando são iluminadas unilateralmente, os hormônios migram para o lado escuro, onde se concentram e estimulam o crescimento, levando à curvatura.

Resposta: C

2 (MODELO ENEM) – Em um experimento para investigar a influência da luz no desenvolvimento de vegetais, foram feitas duas montagens, como mostra a figura a seguir.

Na montagem A, uma planta foi exposta à luz direta e, na montagem B, a mesma espécie de planta foi mantida nas mesmas condições que a planta A, mas foi iluminada somente do lado

direito. Depois de alguns dias, verificou-se que a planta iluminada se encontrava curvada para o lado direito.



Pode-se dizer que a vantagem adaptativa desse tipo de desenvolvimento é que, ao crescer em direção à área mais iluminada, a planta

- é favorecida pela realização da fotossíntese e produz os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.
- é favorecida pela realização da respiração celular e produz a quantidade de gás carbônico necessária ao seu desenvolvimento.
- não realiza a fotossíntese e, assim, seu caule murcha e pende para o lado.
- não realiza a respiração celular e canaliza todas as energias para a produção de nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.
- é favorecida pela realização de fotossíntese, mas passa a consumir mais nutrientes do que pode produzir.

Resolução

A planta cresce em direção à fonte de luz, fenômeno do fototropismo, pois assim consegue sintetizar todos os nutrientes necessários para o seu crescimento e desenvolvimento.

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 (UFES) – Em relação aos movimentos vegetais, são feitas as seguintes afirmativas:

- O movimento das folhas em resposta à variação da luminosidade é denominado nastismo.
- As respostas morfogênicas de plantas em relação à luz são medidas por um pigmento denominado fitocromo.
- Alguns movimentos vegetais estão relacionados à luz, mas a resposta biológica está vinculada à atividade de um hormônio vegetal conhecido como auxina.
- Uma semente que precisa de luz para germinar é denominada fotoblástica positiva.
- A resposta de uma planta a um estímulo mecânico é denominada tactismo.

A alternativa que contém apenas afirmativas corretas é

- I, II e III.
- I, II e IV.
- II, III e IV.
- II, III e V.
- III, IV e V.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

2 (UNESP) – Considere as frases abaixo.

- As folhas de *Dionaea*, planta carnívora, fecham-se quando são tocadas por um inseto.
- A *Euglena* nada afastando-se da luz muito intensa.
- As plantas trepadeiras crescem enrolando-se em um suporte.

I, II e III são exemplos, respectivamente, de

- tigmonastismo, fototactismo negativo e tigmotropismo.
- tigmonastismo, fototactismo positivo e tigmotropismo.
- termonastia, fototropismo negativo e hidrotropismo.
- fotonastia, fototropismo positivo e hidrotropismo.
- fotonastia, fototactismo negativo e tigmotropismo.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

3 Analise os seguintes fenômenos:

- I. As flores da planta onze-horas (*Portulaca sp*) abrem-se durante o dia e fecham-se à noite.
- II. Bactérias aerotácteis movimentam-se, por batimento de flagelos, à procura de uma fonte de oxigênio.
- III. Os folíolos das dormideiras (*Mimosa sp*) fecham-se quando tocadas.

É(são) considerado(s) fenômeno(s) de nastismo(s):

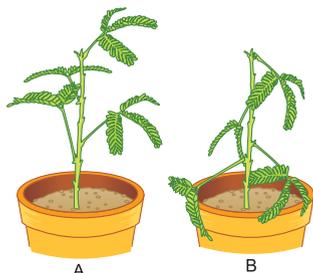
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e III.
- e) apenas II e III.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

4 A figura a seguir mostra a reação das folhas da sensitiva (*Mimosa pudica*) em condições normais (A) e depois de sofrerem um abalo (B).

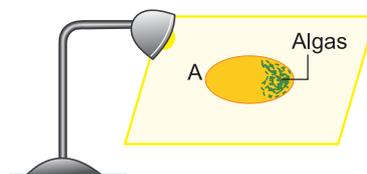
O fenômeno é conhecido pelos botânicos como

- a) tropismo.
- b) nastismo.
- c) tactismo.
- d) fixismo.
- e) casuísmo.



RESOLUÇÃO: Resposta: B

5 (MODELO ENEM) – Uma gota-d’água contendo várias algas de gênero *Chlamydomonas* foi colocada sobre uma lâmina de vidro, a qual ficou perto de uma fonte de luz, conforme mostra o desenho. Observou-se que as algas se concentraram no lado oposto à fonte luminosa. A seguir, foi colocada uma gota de



solução de glicose a 10% sobre o ponto A e verificou-se que as algas se concentram ao redor deste ponto. Com base nestes dados, podemos concluir que as *Chlamydomonas*

- a) apresentam fototropismo negativo e quimiotropismo negativo.
- b) apresentam fototropismo positivo e quimiotropismo negativo.
- c) apresentam fototactismo positivo e quimiotropismo negativo.
- d) são quimiossensíveis, mas não são fotossensíveis.
- e) apresentam fototactismo negativo e quimiotactismo positivo.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

Módulo

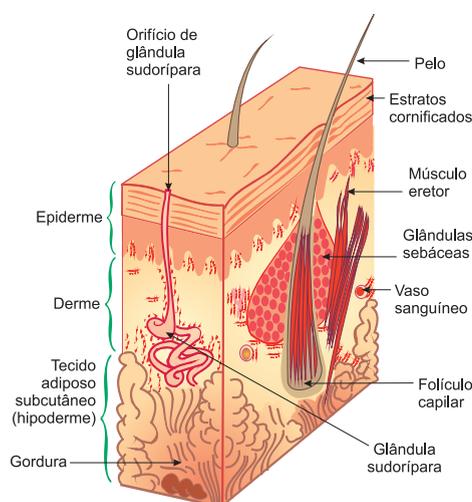
29

O tegumento dos animais

Palavras-chave:

- Tegumento • Epiderme
- Hipoderme

1. O revestimento dos animais



Pele humana e tecido subcutâneo.

O corpo dos animais é protegido por uma cobertura denominada tegumento, que serve para proteger o organismo contra a desidratação, a hidratação excessiva e

os choques mecânicos, e para evitar a penetração de organismos patogênicos, ou seja, causadores de doenças.

Nos protozoários, a proteção é realizada pela própria plasmalema, que apresenta uma cutícula protetora (glicocálix). Nos invertebrados (ex.: minhoca) e protocordados (ex.: anfioxo), a epiderme é uniestratificada, pois possui uma única camada de células. Nos vertebrados, a epiderme tem várias camadas de células, ou seja, é pluriestratificada.

O tegumento pode apresentar pelos (nos mamíferos), penas (nas aves), escamas (nos peixes e répteis) etc.

Apenas alguns mamíferos terrestres possuem glândulas sudoríparas e sebáceas.

Tegumento nos vertebrados

A pele dos vertebrados é constituída de epiderme (externa) e derme (interna). As aves e os mamíferos têm uma terceira camada, abaixo da pele, denominada hipoderme (tela subcutânea).

A epiderme origina-se do ectoderma do embrião e é constituída por um tecido epitelial pluriestratificado pavimentoso (achatado). A camada celular mais profunda

desse epitélio é denominada germinativa, cujas células passam por contínuas divisões mitóticas, produzindo novas células para a substituição das superficiais, que constantemente morrem e desprendem-se.

Nos peixes e anfíbios aquáticos, a epiderme possui glândulas mucosas; nos vertebrados, especialmente terrestres (répteis, aves e mamíferos), é cornificada.

Nesses vertebrados terrestres, as células mais superficiais são mortas, graças à total impregnação da proteína queratina, substância impermeável que, formando a camada córnea, confere proteção ao animal, principalmente contra a desidratação.

A derme situa-se logo abaixo da epiderme, sendo bem mais espessa que esta. Embriologicamente, tem ori-

gem mesodérmica e é constituída por tecido conjuntivo, contendo vasos linfáticos, vasos sanguíneos, nervos e porções basais de glândulas.

A hipoderme é uma camada localizada imediatamente abaixo da derme, constitui-se de tecido conjuntivo e é extremamente rica em tecido adiposo (gordura); aparece somente nas aves e nos mamíferos. Além de ser uma reserva nutritiva (gordura), desempenha importante papel auxiliar na regulação da temperatura corpórea, em razão de a gordura funcionar como uma camada isolante, reduzindo, assim, a perda de calor para o meio (nos animais homeotermos ou endotermos).

A hipoderme origina-se a partir do mesoderma do embrião.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – 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.

Resolução

A lubrificação da pele é realizada pelas glândulas sebáceas que se abrem nos folículos pilosos e produzem uma secreção oleosa que lubrifica os pelos e a epiderme.

Resposta: E

2 (MODELO ENEM) – Em um programa feminino de televisão, cinco convidadas discutiam a necessidade do uso diário de cremes para proteção da pele contra as ações dos raios ultravioleta (UV) da luz do sol. Dentre as razões para o uso do creme protetor, foi correta a argumentação da convidada que alegou que os raios UV

- a) atravessam a epiderme e lesionam as membranas plasmáticas das células, que perdem a capacidade de proteção.
- b) provocam a morte dos melanócitos, células ricas em melanina que, quando íntegras,

impedem que a radiação solar atinja as células da epiderme e provoque o câncer de pele.

- c) promovem um aumento da produção de melanina que, como fora produzida artificialmente, não é processada pelo organismo e pode provocar câncer de pele.
- d) atravessam a epiderme e desencadeiam lesões nas organelas citoplasmáticas das células das camadas mais profundas da pele, provocando o câncer de pele.
- e) atravessam a epiderme e desencadeiam lesões no material nuclear das células das camadas mais profundas da pele, que podem provocar o câncer de pele.

Resolução

Os raios UV penetram profundamente na pele e desencadeiam reações imediatas como queimaduras, fotoalergias e bronzeamento. Também provocam reações tardias, determinadas pelo efeito cumulativo, como é o caso do envelhecimento precoce e mutações genéticas causadoras do câncer de pele.

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (UNICAMP) – A pele é o maior órgão do corpo humano, revestindo toda sua superfície e protegendo-o contra as radiações solares, particularmente os raios ultravioletas.

- a) Por que as pessoas de pele clara que se expõem muito ao sol têm maior probabilidade de desenvolver câncer de pele?
- b) Cite um efeito benéfico imediato da exposição ao sol.
- c) Indique os tecidos que compõem a pele e suas respectivas origens embriológicas.

RESOLUÇÃO:

- a) **Porque possuem pouca melanina.**
- b) **Produção da vitamina D que é antirraquítica.**
- c) **Epiderme apresenta tecido epitelial pluriestratificado pavimentoso. Origina-se do ectoderma do embrião.**
A derme apresenta tecido conjuntivo que se origina do mesoderma.

2 (UFSCar) – As temperaturas corporais de um felino e de uma serpente foram registradas em diferentes condições de temperatura ambiental. Os resultados estão apresentados na tabela.

Temperatura (°C)		
ambiente	felino	serpente
10	37	11
20	38	21
30	38	30

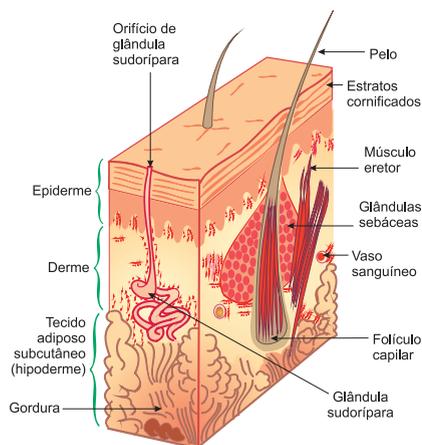
Com base nesses resultados, pode-se considerar que

- a) a serpente é ectotérmica, pois sua temperatura corporal é variável e independente da temperatura ambiente.

- b) o felino é ectotérmico, pois a variação da temperatura ambiente não interfere na sua temperatura corporal.
- c) a serpente e o felino podem ser considerados ectotérmicos, pois na temperatura ambiente de 10°C apresentam as menores temperaturas corporais.
- d) o felino é endotérmico, pois sua temperatura corporal é pouco variável e independe da temperatura ambiente.
- e) a serpente é endotérmica, pois a variação de sua temperatura corporal acompanha a variação da temperatura ambiente.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- 3** Analise o desenho a seguir e assinale a alternativa verdadeira:



- a) A epiderme é vascular, possui tecido epitelial pavimentoso e origina-se do ectoderma do embrião.
- b) A derme possui tecido conjuntivo fibroso, rico em material intercelular, colágeno e elastina. É endodérmica.

- c) A tela subcutânea possui tecido conjuntivo adiposo e origina-se do ectoderma do embrião.
- d) A derme é avascular, possui terminações nervosas e origina-se do mesoderma do embrião.
- e) o tegumento representado pelo desenho, é característico dos mamíferos.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

- 4** No trecho da letra da *Canção do Marinheiro*, temos a seguinte estrofe:

*Qual cisne branco que em noite de lua,
Vai deslizando num lago azul,
O meu navio também flutua
Nos verdes mares de Norte a Sul...*



Canção do Marinheiro (Sarg. Benedito Xavier de Macedo e Sarg. Antônio Manuel do Espírito Santo)

Para que o cisne possa deslizar sobre as águas deve ter suas penas impermeabilizadas por uma secreção gordurosa produzida pela glândula

- a) sudorípara. b) sebácea. c) uropigiana.
- d) carena. e) agnata.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 5** O que são animais ectotérmicos?

RESOLUÇÃO:

Animais que utilizam uma fonte externa para aumentar ou diminuir a temperatura do corpo.

Módulo

30

Funções do tegumento

Palavras-chave:

- Ectotermia
- Endotermia

1. A importância do revestimento

O tegumento dos vertebrados é responsável por:

- proteção mecânica contra microorganismos patogênicos, excessiva hidratação e raios luminosos;
- recepção de estímulos do meio externo (sensibilidade), devido à presença de corpúsculos sensoriais;
- excreção de resíduos do metabolismo (catabólitos), nos peixes e nos mamíferos;
- respiração cutânea nos anfíbios;
- regulação da temperatura do corpo nos homeotermos (aves e mamíferos);
- regulação da concentração de sais nos líquidos corpóreos (homeostase);
- acúmulo de substâncias de reservas (gordura) nos homeotermos (panículo adiposo);
- nutrição de filhotes (mamíferos);

- locomoção nos peixes e alguns anfíbios (glândulas mucosas) e nas aves (penas);
- ataque e defesa (presença de cornos, unhas etc.);
- identificação sexual.

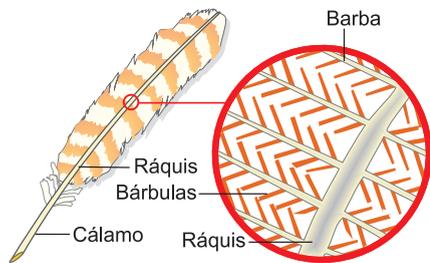
Obs.: nos vertebrados inferiores, a epiderme é transparente e a coloração do tegumento é determinada por cromatóforos (células portadoras de grânulos de pigmento) localizados na derme.

Essas células portadoras de pigmento são responsáveis pela homocromia, fenômeno pelo qual certos animais mudam sua coloração de acordo com o ambiente. As variações cromáticas são determinadas por retração e expansão de prolongamentos citoplasmáticos, aumentando ou diminuindo a concentração do pigmento, por migração ou superposição dos diferentes cromatóforos e por dispersão da luz nos cristais dos guanóforos. Há cromatóforos localizados na derme dos peixes, anfíbios e répteis.

Os grânulos do pigmento nos animais de "sangue quente" (homeotérmicos) ocorrem nos melanócitos. A coloração da plumagem das aves é devida ao reflexo da luz em grânulos de pigmentos (pardos, pretos, amarelos, vermelhos), que ocorrem nas barbas das penas, e à iridescência (dispersão da luz) em cristais localizados na superfície da pena.

As aves apresentam pele delgada, seca e sem glândulas, exceto a **uropigiana**, na cauda. Ela produz uma secreção oleosa que impermeabiliza as penas. Há **escamas córneas** nas pernas (semelhantes às escamas dos répteis).

As penas caracterizam o dimorfismo sexual.



Esquema de pena, com detalhe ampliado.

2. Animais homeotermos e pecilotermos

Animais homeotermos (endotermos ou ectodermos) são aqueles cuja temperatura do corpo é mantida relativamente constante, independentemente das variações da temperatura ambiental.

A classe das aves e a dos mamíferos apresentam animais homeotermos.

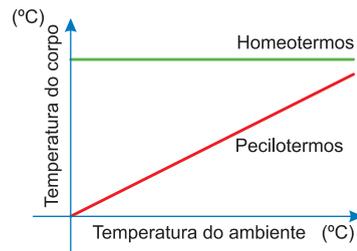
Animais heterotermos (pecilotermos), (exemplos: invertebrados, peixes, anfíbios e répteis) apresentam uma temperatura corpórea que varia de acordo com a ambiental.

3. Intensidade metabólica

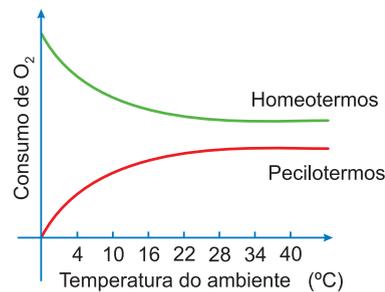
Para manter a temperatura do corpo constante, os animais homeotermos, no frio (temperatura ambiente baixa), aumentam a intensidade do seu metabolismo, consumindo uma quantidade maior de oxigênio. Nos pecilotermos em repouso, o consumo de oxigênio diminui no frio e aumenta no calor.

Auxiliando na homeotermia, os vasos dérmicos dilatam-se no calor e sofrem uma constrição no frio.

Em dias quentes um homem transpira mais intensamente, a fim de manter a temperatura do seu corpo relativamente constante e ao redor de 36,5°C.



Variação da temperatura do animal em função da temperatura ambiental.



Variação do consumo de O₂ em função da temperatura ambiental.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – No meio ambiente coexistem seres com diferentes características e que estão sujeitos a diversos fatores abióticos. Dentre eles, destacam-se as variações de temperatura, que são maiores no ambiente terrestre do que no ambiente aquático. A manutenção da temperatura do corpo é fundamental para os vertebrados terrestres, sendo mantida por dois tipos de mecanismos termorreguladores: a ectotermia e a endotermia. A tabela abaixo mostra a quantidade de calorias diárias retiradas dos alimentos para manter a temperatura corpórea de dois animais terrestres A e B.

Animal	Calorias diárias	Peso corpóreo (g)
A	20	500
B	100	500

Analisando o texto e a tabela, pode-se afirmar que:

- o animal B é ectotérmico, pois a maioria das calorias necessária para manter a sua temperatura corpórea é obtida do meio ambiente.
- o animal A é ectotérmico, pois a maioria das calorias necessária para manter a sua temperatura corpórea é obtida do meio ambiente.

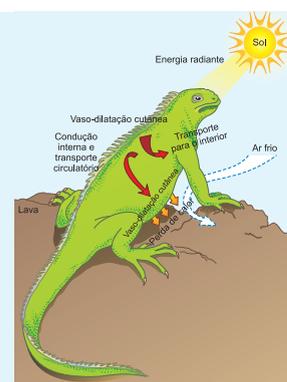
- o animal A é endotérmico, pois a maioria das calorias necessária para manter a sua temperatura corpórea é obtida do meio ambiente.
- o animal B é endotérmico, pois a maioria das calorias necessária para manter a sua temperatura corpórea é obtida do meio ambiente.
- o animal A e B são endotérmicos, pois a maioria das calorias necessária para manter suas temperaturas corpóreas é obtida do meio ambiente.

Resolução

O animal A é ectotérmico ou heterotérmico, já que não obtém a maioria de suas calorias do alimento e sim do ambiente.

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – Um pesquisador do Parque Zoológico de São Paulo realizou um estudo com um iguana, animal encontrado em nosso território, esquematizando as trocas de calor que ele realiza com o ambiente.



Esse animal é chamado de ectotérmico, ou de sangue frio, porque

- todo o calor de seu corpo tem origem interna.
- a sua temperatura é mais fria que a do ambiente.
- a produção de calor de seu corpo é inferior a 0°C.
- mantém a temperatura de seu corpo sempre constante.
- absorve calor do ambiente para aquecer seu corpo.

Resolução

O iguana (réptil) é um animal ectotérmico pois aquece o corpo absorvendo o calor ambiental.

Resposta: E

Texto para as questões 1 e 2

A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso de protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

sensibilidade	tipo de pele e outras características	proteção recomendada	FPS recomendado	proteção a queimaduras
extremamente sensível	branca, olhos e cabelos claros	muito alta	$FPS \geq 20$	muito alta
muito sensível	branca, olhos e cabelos próximos do claro	alta	$12 \leq FPS < 20$	alta
sensível	morena ou amarela	moderada	$6 \leq FPS < 12$	moderada
pouco sensível	negra	baixa	$2 \leq FPS < 6$	baixa

ProTeste, ano V, n.º 55, fev./2007 (com adaptações)

1 (ENEM) – As informações anteriores permitem afirmar que:

- as pessoas de pele muito sensível, ao usarem filtro solar, estarão isentas do risco de queimaduras.
- o uso de filtro solar é recomendado para todos os tipos de pele exposta à radiação solar.
- as pessoas de pele sensível devem expor-se 6 minutos ao sol antes de aplicarem o filtro solar.
- pessoas de pele amarela, usando ou não filtro solar, devem expor-se ao sol por menos tempo que pessoas de pele morena.
- o período recomendado para que pessoas de pele negra se exponham ao sol é de 2 a 6 horas diárias.

RESOLUÇÃO:

De acordo com tabela apresentada, é recomendável o uso do filtro para todos os tipos de pele exposta à radiação solar. Resposta: B

2 Uma família de europeus escolheu as praias do Nordeste para uma temporada de férias. Fazem parte da família um garoto de 4 anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de 1 ano de idade, ambos loiros de olhos azuis. Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar com $FPS \geq 20$ e o seu irmão não deve usar filtro algum porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar filtro solar com $FPS \geq 20$.

Na situação apresentada, comparada à opinião da mãe, a opinião do pai é

- correta, porque ele sugere que a família use chapéu durante todo o passeio na praia.
- correta, porque o bebê loiro de olhos azuis tem a pele mais sensível que a de seu irmão.
- correta, porque o filtro solar com $FPS \geq 20$ bloqueia o efeito benéfico do sol na recuperação da icterícia.
- incorreta, porque o uso do filtro solar com $FPS \geq 20$, com eficiência moderada, evita queimaduras na pele.

e) incorreta, porque é recomendado que pessoas com olhos e cabelos claros usem filtro solar com $FPS \geq 20$.

RESOLUÇÃO:

A opinião paterna em relação ao filho de quatro anos de idade é incorreta porque, sendo loiro e de olhos azuis, também necessita do uso do filtro solar.

Resposta: E

(UNIFESP) – Texto para as questões 3 e 4

Um ser humano de aproximadamente 60kg, em repouso, à temperatura de 20°C, despende cerca de 1.500 kcal por dia.

Um jacaré, de mesma massa, nas mesmas condições, despende cerca de 60 kcal por dia.

3 Cite um animal que tenha comportamento semelhante ao do jacaré e outro animal que tenha comportamento semelhante ao do ser humano no que diz respeito ao gasto de energia, mas que não sejam nem réptil nem mamífero.

RESOLUÇÃO:

Sapo e gavião, respectivamente.

As aves (exemplo, o gavião) e os mamíferos (exemplo, o homem) são endotermos. Os demais animais (exemplos, sapo e jacaré) são ectodermos.

4 Explique por que o ser humano despende mais energia que o jacaré e se há alguma vantagem adaptativa nessa situação.

RESOLUÇÃO:

O ser humano despende grande quantidade de energia para manter a temperatura estável. A vantagem adaptativa é poder sobreviver, mantendo o metabolismo normal, mesmo em ambientes de temperatura desfavorável (exemplo, nos polos).

5 (FGV-MODELO ENEM) – Nas prateleiras das farmácias e supermercados, encontramos várias marcas de produtos anti-perspirantes, os quais restringem a quantidade de secreção das glândulas sudoríparas na zona onde foi aplicado. Portanto, limitam a quantidade de suor na superfície da pele.

Gustavo, consumidor desse tipo de produto, procurava por algo que fizesse o mesmo em todo o seu corpo, e não apenas nas axilas. Afinal, considerava o suor algo desnecessário e não higiênico.

Do ponto de vista fisiológico, pode-se dizer que o produto desejado por Gustavo não é aconselhável, pois sua consequência imediata seria:

- favorecer a morte das células superficiais da epiderme em razão do dessecamento decorrente da menor quantidade de suor.
- comprometer a nutrição das células epiteliais, uma vez que estas se mantêm com os sais minerais presentes no suor.
- impedir a eliminação do excesso de água do tecido subcutâneo, sobrecarregando as funções dos rins.
- comprometer a eliminação do calor e a consequente manutenção da temperatura da pele.
- favorecer o acúmulo das secreções das glândulas sebáceas sobre a epiderme, comprometendo a respiração das células desse tecido.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- Exoesqueleto
- Endoesqueleto

1. Sistema esquelético

A finalidade primária do esqueleto é fornecer suporte para as partes do corpo do animal ou para o animal como um todo, pois sob a ação da gravidade o corpo do animal entraria em colapso (se não tivesse elementos esqueléticos).

Além de sustentar o animal, o esqueleto tem outras funções: proteção mecânica (para parte do corpo ou para todo o animal); suporte para a musculatura, garantindo, assim, os movimentos e a locomoção do animal; proteção contra dessecação (perda de água), como é o caso especial dos artrópodes, com a sua cutícula esquelética.

O esqueleto dos animais pode ser classificado em dois tipos, conforme sua localização: exoesqueleto, que se forma e se situa na parte mais externa do corpo do animal, e endoesqueleto, que se forma e se situa na parte interior do corpo do animal.

Ocorrência de esqueleto em alguns grupos de animais

Nas esponjas (espongiários ou poríferos), para a sustentação, existe um endoesqueleto orgânico (fibras da proteína espongina) ou inorgânico (espículas silicosas ou calcárias).

Nos celenterados, os corais (antozoários) são famosos por seus exoesqueletos, que constituem os recifes de coral (secretados por colônias de antozoários). É bastante famosa a grande barreira de coral que se estende ao longo da costa nordeste da Austrália, em uma extensão de cerca de 2 000 km.

Os principais antozoários formadores dos recifes de coral são os representantes da ordem Madreporaria. Também contribuem para a formação dos recifes outros celenterados e algas marinhas.

Na formação dos recifes, com o crescimento das colônias, vai aumentando a extensão da massa calcária constituída pelos exoesqueletos. As principais condições que concorrem para a formação dos recifes são: água límpida, pouco movimentada e bem oxigenada, temperatura acima de 20°C e profundidade média de 40 m (inferior a 100 m).

Os vermes achatados (platelmintos), filamentosos (nematóides) e anelados (anelídeos) geralmente não apresentam esqueletos. Porém, devemos lembrar os anelídeos tubícolas (marinhos), que segregam materiais ao redor de seus corpos, com retenção de elementos do meio ambiente, e assim adquirem tubos protetores (têm função esquelética, mas não são esqueletos verdadeiros).

Nos equinodermas (ex.: ouriço-do-mar), o esqueleto é interno (en-doesqueleto). Origina-se da mesoderme e situa-se abaixo do tegumento do animal.

Nos moluscos (ex.: mexilhão), artrópodes (ex.: insetos) e vertebrados (ex.: homem), os esqueletos são muito desenvolvidos.

A distinção entre eles pode ser feita em termos do material de que são formados ou da posição anatômica do esqueleto em relação aos diversos órgãos.

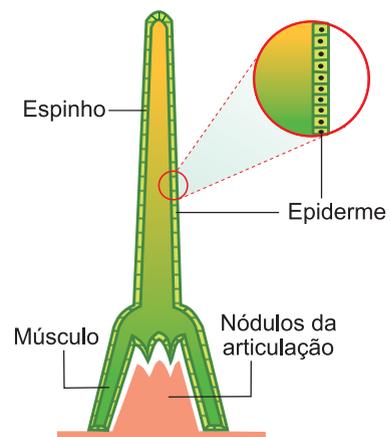
Nos moluscos, salvo exceções (lulas, que têm concha interna, e lesmas, que não têm esqueleto), o esqueleto é externo (exoesqueleto), composto principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3). A concha (esqueleto) é secretada pelas células tegumentares em camadas, à medida que o animal cresce. Também são depositadas fibras de proteínas entre as camadas de CaCO_3 , o que confere ao esqueleto uma resistência consideravelmente maior.

Os artrópodes apresentam exoesqueleto quitinoso (possuem quitina, que é um polissacarídeo). O tegumento é secretado (produzido) pelo animal e contém lipoproteínas, ceras (lipídios impermeabilizantes), proteínas, quitina e CaCO_3 .

Os cordados, filo do qual o homem faz parte, têm endoesqueleto. São exemplos de cordados: anfioxo, feiticeira, tubarão, lambari, sapo, jacaré, galinha e cachorro.

A medula óssea humana apresenta um tecido conjuntivo hematopoético (produtor de sangue) mieloide. Ela produz glóbulos vermelhos (hemácias), glóbulos brancos (leucócitos) e plaquetas. A radioatividade pode afetar a medula óssea, ocasionando leucemia, ou seja, câncer de sangue.

A coluna vertebral protege a medula espinhal ou raquidiana, que é formada por tecido nervoso cuja lesão pode acarretar paralisias (ex.: poliomielite).



Espinho de equinoderma com revestimento epidérmico.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Em acidente em que há suspeita do comprometimento da coluna vertebral, a vítima deve ser cuidadosamente transportada ao hospital, em posição deitada e, de preferência, imobilizada. Este procedimento visa preservar a integridade da coluna, pois em seu interior passa

- a) o ramo descendente da aorta, cuja lesão pode ocasionar hemorragias.
- b) a medula óssea, cuja lesão pode levar à leucemia.
- c) a medula espinhal, cuja lesão pode levar à paralisia.
- d) o conjunto de nervos cranianos, cuja lesão pode levar à paralisia.
- e) a medula óssea, cuja lesão pode levar à paralisia.

Resolução

No interior da coluna vertebral passa e por ela é

protegida, a medula espinhal que, se for lesionada pode levar à paralisia.

Resposta: C

2 (MODELO ENEM) – O ESQUELETO

A função mais óbvia do esqueleto é a de suportar e dar forma ao corpo. Para que um animal se levante do chão e se mova, é necessário que ele possua um substância resistente e durável que mantenha os tecidos moles em posição contra a força da gravidade, e que, ao mesmo tempo, sirva de base sólida para a inserção dos músculos. Em relação ao esqueleto analise as seguintes afirmativas:

- I. Em relação ao esqueleto os animais são divididos em dois grupos: vertebrados com esqueleto e invertebrados, sem esqueleto.
- II. O esqueleto desempenha também a função de proteção. O crânio, por exemplo, abriga

e protege o cérebro e a coluna vertebral envolve e protege a medula espinhal.

- III. O sistema muscular também desempenha a função de sustentação. Por exemplo, os músculos abdominais sustentam as vísceras. Mas a principal função dos músculos é a movimentação.
 - IV. O esqueleto pode ser externo ao corpo (exoesqueleto) ou então formar-se no interior do corpo do animal (endoesqueleto).
Estão corretas as afirmativas
- a) I e II
 - b) I e III
 - c) I, III e IV
 - d) II, III e IV
 - e) I, II e III

Resolução

Existem vertebrados com exoesqueleto, como os artrópodes e portadores de endoesqueleto, como os equinodermas.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 (ENEM) – Um grupo de nutrientes essenciais ao organismo humano é constituído por minerais. Três deles são necessários em quantidade relativamente grande: cálcio, ferro e iodo, mas sua deficiência não é rara. Assinale a opção que associa, corretamente, as colunas I e II.

I	II
1. Cálcio	A. Essencial para a síntese de hemoglobina; sua deficiência provoca anemia, uma das doenças mais frequentes no mundo.
2. Ferro	B. Forma a parte inorgânica e rígida dos ossos; sua deficiência resulta em ossos frágeis.
3. Iodo	C. É necessário para a síntese do hormônio da tireoide; sua deficiência em crianças leva à falta do hormônio e, conseqüentemente, ao retardo mental irreversível.

- a) 1A – 2B – 3C
- b) 1A – 2C – 3B
- c) 1B – 2A – 3C
- d) 1C – 2A – 3B
- e) 1B – 2C – 3A

Resolução:

Cálcio – estrutura óssea

Ferro – síntese de hemoglobina

Iodo – síntese de tiroxina

Resposta: C

2 Leia as alternativas abaixo e assinale a **falsa**:

- a) Na poliomielite o vírus lesa a medula espinhal.
- b) O céscio-137 pode lesar a medula óssea, ocasionando leucemia, ou seja, câncer de sangue.

- c) A medula espinhal é constituída por tecido nervoso.
- d) Hematopoese é a produção de células sanguíneas e ocorre na medula óssea vermelha.
- e) Uma fratura na coluna vertebral pode ocasionar tetraplegia (paralisia dos quatro membros) porque no seu interior há a medula óssea.

Resolução:

Resposta: E

3 Dê três exemplos de animais, pertencentes a distintos filos, que possuem endoesqueleto.

Resolução:

Esponja (poríferos), estrela-do-mar (equinodermas) e bagre (cordado).

4 Citê três funções do endoesqueleto dos animais.

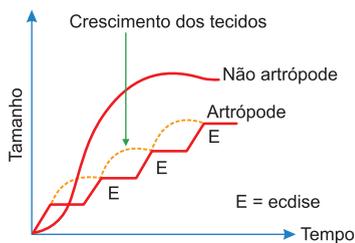
Resolução:

Sustentação, proteção mecânica e armazenamento de minerais, de cálcio e de fósforo.

1. Ecdise nos artrópodes

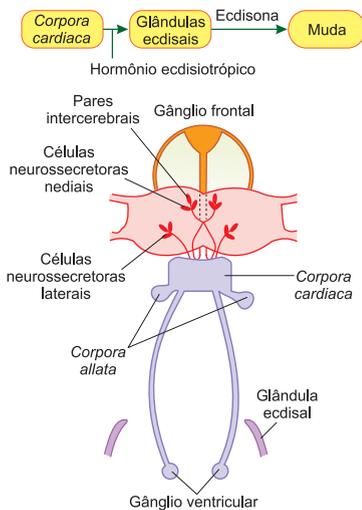
A presença do esqueleto externo (exoesqueleto) endurecido por esclerose ou por calcificação impede a ocorrência de um crescimento contínuo e gradativo até alcançar a idade adulta. O crescimento ocorre por meio de mudas (ecdises). Em cada muda ocorre a secreção de um exoesqueleto novo e a eliminação do velho. A ecdise ocorre após a secreção e antes do endurecimento da cutícula nova. Durante a muda, o animal apresenta um rápido aumento de volume. O crescimento, portanto, é descontínuo (aos "saltos").

Enquanto ocorre o aparente aumento do tamanho do animal (curvas oblíquas do gráfico que se segue), quase todo o crescimento dos tecidos ocorre durante os períodos de intermuda (linha pontilhada do referido gráfico).



Gráficos de crescimento dos animais.

Controle neuroendócrino da muda nos insetos



Controle hormonal da ecdise nos insetos.

Nos insetos, o desenvolvimento e a muda são governados por dois hormônios interagentes, a ecdisona e a neotenina.

A ecdisona é secretada pelas glândulas pares ecdisais ou protorácicas, cuja posição varia em diferentes insetos.

Essas glândulas estão sob controle do hormônio ecdisotrópico ou protoracotrópico produzido pelos corpos pares denominados corpora cardíaca, localizados na região mediana do cérebro ou pares intercerebrais, que armazenam o hormônio até que ele seja liberado.

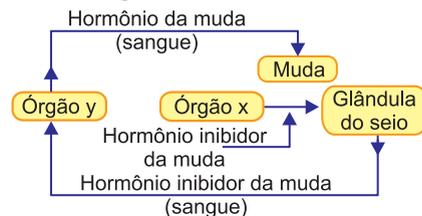
As glândulas ecdisais geralmente se degeneram nos insetos adultos.

A neotenina (hormônio juvenil) é secretada pelo corpora allata e inibe a metamorfose.

Taxa de ecdisona elevada estimula a ecdise. Taxa de neotenina elevada inibe a metamorfose.

Controle neuroendócrino da muda nos crustáceos

Nos crustáceos, três estruturas estão envolvidas no controle da muda: a glândula Y, que se localiza na cabeça, no segmento antenal ou da segunda maxila, e secreta o hormônio responsável pela muda; o órgão X (estrutura nervosa), localizado no pedúnculo ocular que secreta o neurormônio inibidor da muda; e a glândula do seio (também localizada no pedúnculo ocular). Esta última não tem função secretora e é formada por terminações nervosas do órgão X, do qual recebe a secreção (hormônio) e a libera para a corrente sangüínea, o que irá inibir a atividade da glândula Y.



Controle da ecdise nos crustáceos.

2. Esqueleto nos vertebrados

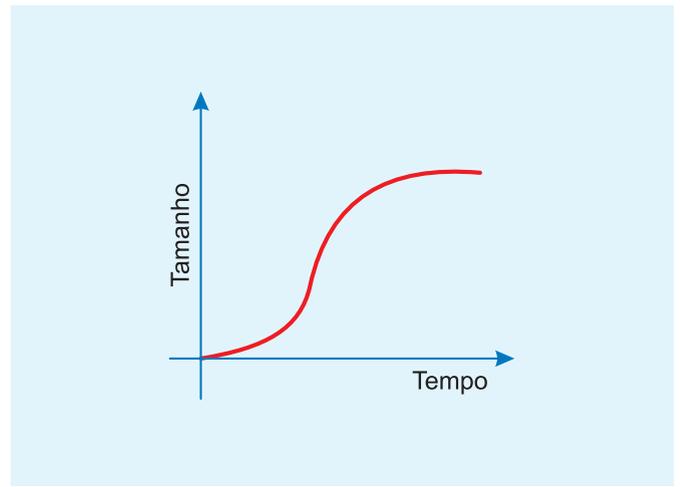
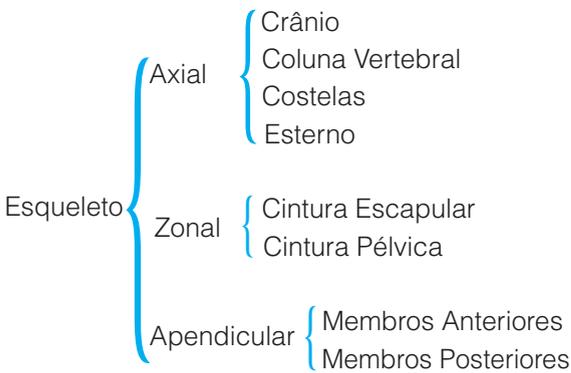
Nos vertebrados, o esqueleto dos mais evoluídos é constituído de tecidos ósseo (principalmente) e cartilaginoso (em menor proporção), enquanto nos mais primitivos é constituído somente por tecido cartilaginoso (ex.: tubarão).

O tecido ósseo é formado por células envoltas por uma matriz ou substância intercelular secretada pelas próprias células, que são interligadas por um sistema de canais que percorrem a substância intercelular endurecida e permitem a inervação e a vascularização. A substância intercelular é impregnada por sais de cálcio (carbonato e fosfato), que dão rigidez ao tecido ósseo. A grande resistência do tecido ósseo deve-se ao fato de os sais de cálcio impregnarem uma trama de fibrilas protéicas (fibrilas de colágeno).

O esqueleto dos vertebrados tem por funções a sustentação do organismo, a proteção de estruturas deli-

cadaver (como encéfalo, medula, coração, pulmão) e serve à inserção dos músculos, funcionando assim como alavanca dos movimentos.

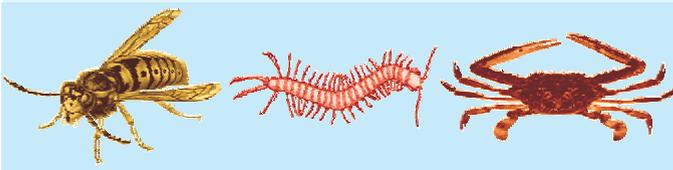
Com finalidade didática, divide-se o esqueleto dos vertebrados da seguinte maneira:



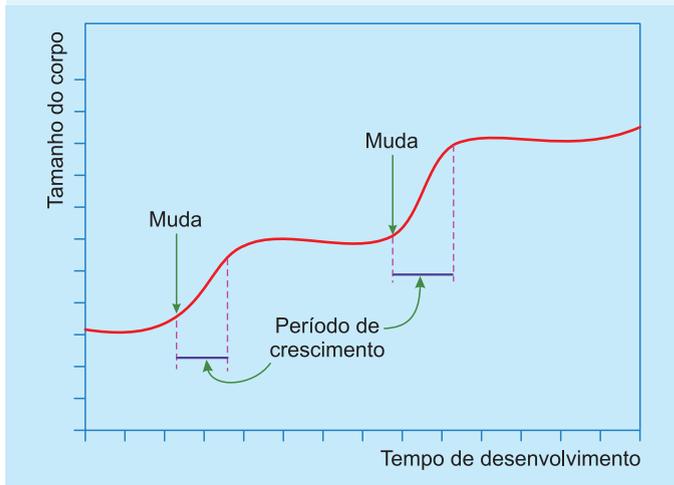
Crescimento sigmoide dos vertebrados.

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Um grupo de estudantes do Ensino Médio acompanhou, durante algumas semanas, a variação do tamanho do corpo das três diferentes espécies animais a seguir.



O gráfico a seguir representa a variação apresentada pelas três espécies estudadas, desconsiderando-se a escala.



(adaptado de www.biomania.com.br.
Acessado em 15/09/2009)

De acordo com as observações feitas, os alunos formularam três afirmações.

Afirmiação A: O crescimento desses animais está relacionado às estações do ano.

Afirmiação B: O crescimento só acontece após a troca do exoesqueleto.
Afirmiação C: O padrão de crescimento apresentado no gráfico é típico dos artrópodes.

Está correto o contido

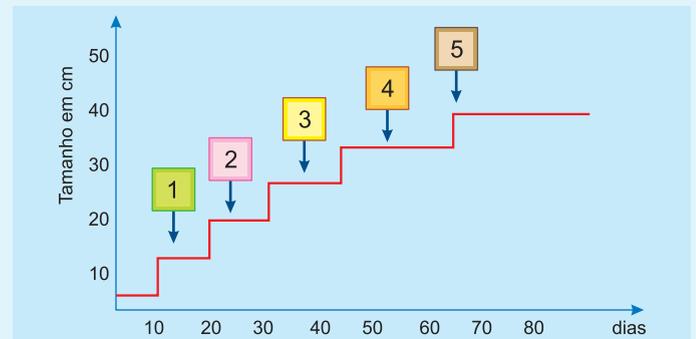
- a) na afirmação A, apenas.
- b) na afirmação C, apenas.
- c) nas afirmações A e B, apenas.
- d) nas afirmações B e C, apenas.
- e) nas afirmações A, B e C.

Resolução

A informação A é incorreta, pois o crescimento desses animais não está relacionado às estações do ano.

Resposta: D

2 (MODELO ENEM) – O gráfico que segue representa o processo de crescimento de um determinado invertebrado terrestre. Esse animal possui um revestimento externo cujas principais funções são proteção contra o ataque de predadores e contra a perda de água.



Em qual das etapas do desenvolvimento indicadas acima esse animal se apresenta mais vulnerável à desidratação?

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

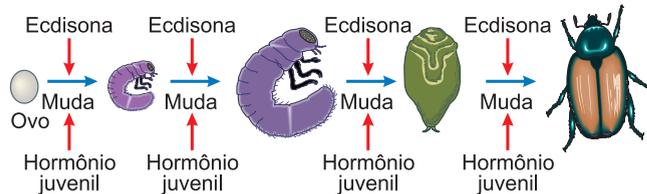
Resolução

Em 5, devido à ocorrência da muda ou ecdise, o animal está mais desprotegido contra a desidratação.

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (ENEM) – O desenvolvimento da maior parte das espécies de insetos passa por vários estágios até chegar à fase adulta, quando finalmente estão aptos à reprodução. Esse desenvolvimento é um jogo complexo de hormônios. A **ecdisona** promove as mudas (ecdíases), mas o **hormônio juvenil** impede que o inseto perca suas características de larva. Com o tempo, a quantidade desse hormônio diminui e o inseto chega à fase adulta.



Cientistas descobriram que algumas árvores produzem um composto químico muito semelhante ao hormônio juvenil dos insetos.

A vantagem de uma árvore que produz uma substância que funcione como hormônio juvenil é que a larva do inseto, ao se alimentar da planta, ingere esse hormônio e

- vive sem se reproduzir, pois nunca chega à fase adulta.
- vive menos tempo, pois seu ciclo de vida encurta.
- vive mais tempo, pois ocorrem poucas mudas.
- morre, pois chega muito rápido à fase adulta.
- morre, pois não sofrerá mais mudas.

RESOLUÇÃO:

A elevada taxa do hormônio juvenil inibe a metamorfose do inseto, que nunca chega à fase adulta e não se reproduz.

Resposta: A

2 (UNISA) – Periodicamente, os artrópodes passam por mudas: o exoesqueleto separa-se da epiderme, rompe-se e é abandonado pelo animal sendo substituído por outro, que leva algum tempo para enrijecer. Esse processo tem por finalidade permitir

- as trocas gasosas.
- a absorção de sais minerais.
- a excreção de produtos nitrogenados.
- a reprodução do animal.
- o crescimento do animal.

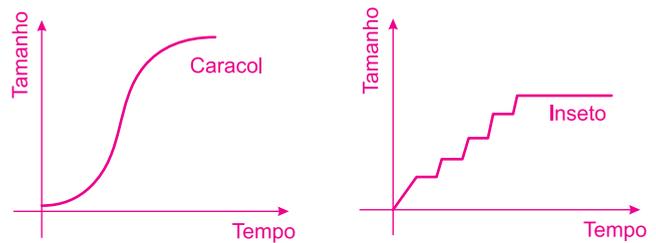
RESOLUÇÃO:

Durante a ecdise, o artrópodo sofre uma hidratação, aumentando seu volume corpóreo.

Resposta: E

3 Elabora um gráfico de crescimento de um cordado, colocando o aumento de tamanho em função do tempo e outro gráfico, referente ao crescimento de um artrópode.

RESOLUÇÃO:



4 (FUVEST) – “Organismos eucariotos, multicelulares, heterotróficos e com revestimento de quitina.”

Quais organismos podem ser incluídos nessa descrição?

RESOLUÇÃO:

Artrópodes.

Obs.: também há fungos multicelulares com essas características.

5 (FUVEST) – A quitina e a celulose têm estrutura químicas semelhantes. Que função essas substâncias tem em comum nos organismos em que estão presentes?

RESOLUÇÃO:

Sustentação e proteção, facilitando na manutenção da morfologia do ser vivo.

BIOLOGIA

Natureza e funções do material genético - Módulos



Coelho Himalaia

- 9 – Os cruzamentos básicos
- 10 – Genótipo, fenótipo e fenocópia
- 11 – Codominância e letalidade
- 12 – As genealogias
- 13 – Cálculo das probabilidades
- 14 – A segregação independente
- 15 – Alelos múltiplos
- 16 – Noções básicas de imunização

Módulo

9

Os cruzamentos básicos

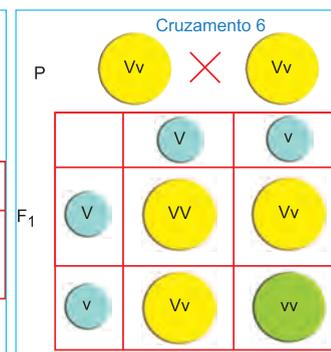
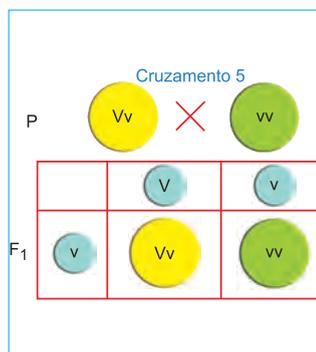
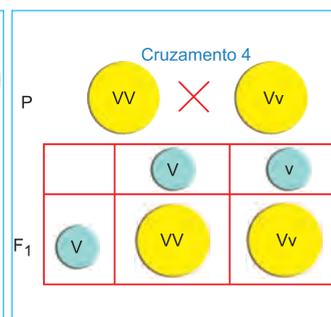
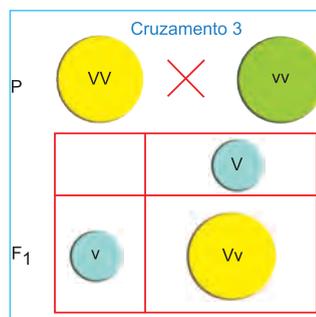
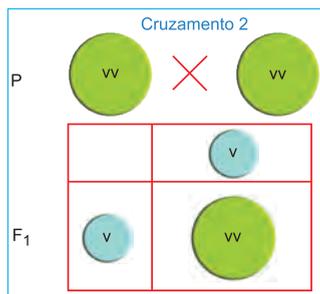
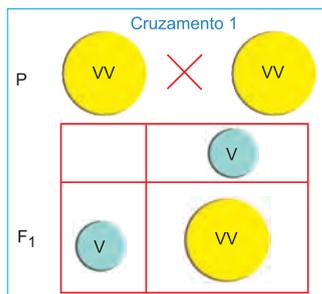
Palavras-chave:

- Monoibridismo

1. O monoibridismo

A herança monofatorial, também chamada de monoibridismo, envolve um único par de genes e permite a realização de seis tipos básicos de cruzamentos, que exemplificamos através das ervilhas, nas quais a cor da semente apresenta os seguintes fenótipos e genótipos:

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS
Semente amarela	VV Vv
Semente verde	vv



2. Sumário dos seis tipos de cruzamento

CRUZAMENTOS		PROPORÇÕES PREVISTAS PARA A F ₁	
Nº	Pais	Genótipos	Fenótipos
1	VV x VV	1 ou 100% VV	1 ou 100% amarelo
2	vv x vv	1 ou 100% vv	1 ou 100% verde
3	VV x vv	1 ou 100% Vv	1 ou 100% amarelo
4	VV x Vv	1/2 ou 50% VV: 1/2 ou 50% Vv	1 ou 100% amarelo
5	Vv x vv	1/2 ou 50% Vv: 1/2 ou 50% vv	1/2 ou 50% amarelo: 1/2 ou 50% verde
6	Vv x Vv	1/4 ou 25% VV: 1/2 ou 50% Vv: 1/4 ou 25% vv	3/4 ou 75% amarelo: 1/4 ou 25% verde

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Cruzando-se drosófila de asa reta com drosófila de asa curva, obtém-se em F₁ apenas drosófilas de asa reta. Cruzando-se essas moscas F₁ entre si, nascem 540 descendentes. Quais os fenótipos obtidos e qual o número esperado para cada um deles?

	ASAS RETAS	ASAS CURVAS
a)	270	270
b)	405	135
c)	135	405
d)	360	180
e)	540	—

Resolução

Alelos: C (asa reta) e c (asa curva)

$$\begin{array}{r}
 \text{(P)} \text{ CC} \quad \times \quad \text{cc} \\
 \quad \quad \quad | \\
 \text{(F}_1\text{)} \text{ Cc} \quad \times \quad \text{Cc} \\
 \text{(F}_2\text{)} \underbrace{\text{CC} \quad \text{Cc} \quad \text{Cc}}_{3/4 \text{ retas}} \quad \underbrace{\text{cc}}_{1/4 \text{ curvas}}
 \end{array}$$

Retas: $3/4$ de 540 = 405
 1/4 de 540 = 135

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – Em plantas de ervilha, ocorre, normalmente, autofecundação. Para estudar os mecanismos de herança, Mendel fez fecundações cruzadas, removendo as anteras da flor de uma planta homocigótica de alta estatura e colocando, sobre seu estigma, pólen recolhido da flor de uma planta homocigótica de baixa estatura. Com esse procedimento, o

pesquisador

- impediu o amadurecimento dos gametas femininos.
- trouxo gametas femininos com alelos para baixa estatura.
- trouxo gametas masculinos com alelos para baixa estatura.
- promoveu o encontro de gametas com os mesmos alelos para estatura.
- impediu o encontro de gametas com alelos diferentes para estatura.

Resolução

Mendel promoveu a fecundação cruzada entre as plantas de diferentes estaturas, trazendo o gameta masculino, portador do alelo para baixa estatura, para o estigma da flor alta.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 Suponhamos que, em certa planta, a cor vermelha da flor é condicionada por um gene dominante B e a cor branca pelo alelo recessivo b. Que tipos de gametas produzem as plantas BB, Bb e bb?

RESOLUÇÃO:

Genótipos – Gametas

BB	B
Bb	B e b
bb	b

2 (VUNESP) – A mamona (*Ricinus communis*) produz inflorescências contendo somente flores pistiladas (flores femininas), quando o genótipo é recessivo, e inflorescências mistas (flores femininas e flores masculinas), quando o genótipo é homocigoto dominante ou heterocigoto.

Com base nessas afirmações, que tipos de inflorescências serão produzidos nos descendentes dos seguintes cruzamentos?

- NN x Nn
- Nn x Nn

RESOLUÇÃO:

- 100% mistos
- 75% mistos e 25% pistilados

3 Supõe-se que, numa dada raça de gatos, a pelagem preta uniforme seja condicionada por um gene dominante **B** e a pelagem branca uniforme pelo alelo recessivo **b**. Do cruzamento BB e bb resultaram os F₁, que, cruzados entre si, originaram 20 descendentes.

- Calcule para F₂ a proporção genotípica esperada.
- Destes mesmos indivíduos, quantos serão pretos e quantos serão brancos?
- Se um F₁ for retrocruzado com o tipo parental branco e tiver quatro descendentes, em que proporção se espera que se distribuam seus genótipos e fenótipos?

RESOLUÇÃO:

- 1 BB: 2Bb: 1bb
- 15 pretos e 5 brancos
- 50% ou 1/2 Bb (pretos) e 50% ou 1/2 bb (brancos)

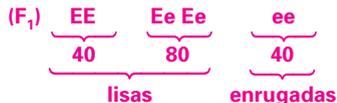
4 (UNIMES) – Pesquisadores selecionam e cruzam variedades para a obtenção de espécies mais produtivas e mais resistentes às pragas. O gene que condiciona sementes de milho enrugadas é recessivo em relação ao gene para sementes lisas. Do cruzamento entre duas plantas heterozigotas, originaram-se 160 sementes, das quais 120 eram lisas. Entre essas sementes lisas, qual o número esperado de sementes homozigotas e heterozigotas, respectivamente?

- 120 e 0.
- 0 e 120.
- 60 e 60.
- 40 e 80.
- 80 e 40.

RESOLUÇÃO:

Alelos: E (lisas) e e (enrugadas)

Cruzamento: (P) Ee x Ee



Resposta: D

5 (FUVEST) – Dois genes alelos atuam na determinação da cor das sementes de uma planta: **A**, dominante, determina a cor púrpura; **a**, recessivo, determina a cor amarela. A tabela abaixo apresenta resultados de vários cruzamentos com diversas linhagens dessa planta:

Cruzamento	Resultado
I x aa	100% púrpura
II x aa	50% púrpura; 50% amarela
III x aa	100% amarela
IV x Aa	75% púrpura; 25% amarela

Determine os genótipos das linhagens I, II, III e IV.

	I	II	III	IV
a)	AA	Aa	aa	Aa
b)	Aa	AA	aa	Aa
c)	AA	Aa	aa	AA
d)	Aa	AA	Aa	aa
e)	Aa	Aa	AA	AA

RESOLUÇÃO:

- AA x aa = 100% Aa
 - Aa x aa = 50% Aa e 50% aa
 - aa x aa = 100% aa
 - Aa x Aa = 25% AA, 50% Aa e 25% aa
- Resposta: A**

6 (MODELO ENEM) – Um cachorro *poodle* de pelo branco foi cruzado com uma fêmea *poodle* de pelo preto e nasceram 6 filhotes, 3 de pelo branco e 3 de pelo preto. O mesmo macho foi cruzado com outra fêmea *poodle*, agora de pelo branco, e nasceram 4 filhotes: 3 de pelo branco e 1 de pelo preto. Admitindo-se que essa característica fenotípica seja determinada por dois alelos de um mesmo *locus*, pode-se dizer que o macho é

- heterozigoto e as duas fêmeas são homozigotas.
- heterozigoto, assim como a fêmea branca. A fêmea preta é homozigota.
- heterozigoto, como a fêmea preta. A fêmea branca é homozigota.
- homozigoto, assim como a fêmea branca. A fêmea preta é heterozigota.
- homozigoto e as duas fêmeas são heterozigotas.

RESOLUÇÃO: Resposta: B

Módulo

10

Genótipo, fenótipo e fenocópia

Palavras-chave:

- Genótipo • Fenótipo
- Test cross (cruzamento-teste)

1. Determinação do genótipo

Para determinação do genótipo de um caráter dominante, os geneticistas usam o teste de cruzamento (*test cross*). Para se fazer o *test cross*, cruza-se o indivíduo cujo genótipo é desconhecido com um homozigoto recessivo para o caráter considerado. Se o genótipo em teste for homozigoto, a geração resultante será totalmente homogênea; caso contrário, aparecerão indivíduos de fenótipos dominante e recessivo na proporção 1 : 1.

Exemplificando, para determinar o genótipo de uma ervilha de semente amarela, deve-se cruzá-la com outra de semente verde, que, sendo recessiva, é com certeza homocigota. Se algum descendente tiver semente verde, a ervilha analisada deverá ser portadora do alelo recessivo (verde) e, portanto, será heterocigota. Se a geração resultante for totalmente amarela, a planta em questão será homocigota (Fig. 1).

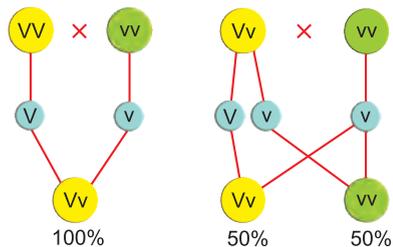


Fig. 1 – O teste de cruzamento.

2. Representação do genótipo

Geralmente, usamos uma mesma letra para representar os alelos contrastantes, a qual, normalmente, é a inicial do caráter recessivo. A letra maiúscula simboliza o alelo dominante e a minúscula, o recessivo. Assim, por exemplo, em cobaias, a pelagem preta domina a branca; logo, a representação seria gene B para preto e gene b para branco.

Muitas vezes, o gene mais comum, também chamado de gene selvagem, é indicado pela letra acrescida do sinal + ou simplesmente pelo sinal +. Por exemplo, na drosófila, mosca muito usada em experimentos genéticos, a asa pode ser longa (caráter selvagem) ou vestigial. Nesse caso, o genótipo deverá ser assim representado: asa longa = $v^+ v^+$ ou ++ asa curta = vv

No caso descrito, o caráter selvagem é dominante. Por uma questão de simplificação, usaremos a representação por letra maiúscula (dominante) e minúscula (recessivo), como já o fizemos nos experimentos anteriores.

3. Relação entre genótipo e fenótipo

Atualmente, os geneticistas definem fenótipo como o resultado da interação do genótipo com o meio ambiente. Realmente, sabemos que todas as características de um indivíduo têm origem genética; contudo, não podemos esquecer a influência do meio ambiente. Sabemos que o genótipo determina um certo fenótipo na dependência de determinadas condições ambientais; assim, temos:

$$\text{genótipo} + \text{meio ambiente} = \text{fenótipo}$$

A seguir, apresentamos uma série de exemplos de interação do genótipo com o meio, na expressão do fenótipo.

- Em coelhos, existe uma variedade chamada de himalaia, na qual o animal é branco com extremidades (patas, orelhas, rabo e focinho) pretas.

Se raspamos o pelo branco e mantivermos o animal a uma temperatura inferior a 15°C, verificaremos que na região raspada nascerá pelo preto. Contudo, se o pelo for raspado e o animal mantido em temperatura superior a 15°C, o pelo crescerá novamente branco. Ora, o genótipo para a pelagem é sempre o mesmo, e as variações fenotípicas dependem exclusivamente das condições de temperatura ambiental.

No coelho, as extremidades são sempre as regiões mais frias do corpo, o que justifica a presença de pelos pretos.

- As hortênsias produzem flores azuis, se plantadas em solo ácido, ou róseas, se cultivadas em solo alcalino.

- A coloração da pele humana é determinada pela **melanina**, um pigmento formado nas células da epiderme, que protege a pele contra a radiação solar. Sob um sol quente, o processo de pigmentação da pele pode acelerar-se, depositando mais melanina na epiderme e dando-lhe, assim, proteção adicional; é o que acontece quando uma pessoa se bronzeia no verão.

- Os gêmeos idênticos ou monozigóticos possuem o mesmo genótipo e podem apresentar diferenças fenotípicas se forem criados em ambientes diferentes.

4. Fenocópias

Fenocópia é a cópia de uma condição hereditária produzida por influência do meio ambiente. Algumas vezes, o meio ambiente determina num ser vivo uma característica que imita um aspecto estabelecido por genes. Essa “imitação” provocada apenas pelo ambiente recebe o nome de fenocópia.

Em drosófilas (moscas-das-frutas), o fenótipo amarelo é definido por um gene par amarelo, enquanto seu alelo dominante determina corpo cinzento. Entretanto, larvas cujo genótipo originaria corpo cinzento, quando recebem nitrato de prata na alimentação, evoluem para indivíduos amarelos. Esse amarelo ocasionado pelo tipo de alimentação da larva é a fenocópia do amarelo que resulta da ação gênica. Da mesma forma, a surdo-mudez não hereditária, que pode decorrer, por exemplo, de infecções graves que atingem o sistema nervoso, é uma fenocópia da surdo-mudez de causa genética.

Evidentemente, a fenocópia não afeta o gene e, conseqüentemente, não é transmitida aos descendentes.



Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Os vários tipos de diabete são hereditários, embora o distúrbio possa aparecer em crianças cujos pais são normais. Em algumas dessas formas, os sintomas podem ser evitados por meio de injeções diárias de insulina. A administração de insulina aos diabéticos evitará que eles tenham filhos com esse distúrbio?

- Não, pois o genótipo dos filhos não é alterado pela insulina.
- Não, pois nem o genótipo nem o fenótipo dos filhos são alterados pela insulina.

- c) Sim, pois a insulina é incorporada nas células e terá ação nos filhos.
 d) Sim, pois a insulina é incorporada no sangue fazendo com que os filhos não apresentem o distúrbio.
 e) Depende do tipo de diabete, pois nesses casos o genótipo pode ser alterado, evitando a manifestação da doença nos filhos.

Resolução

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – O genótipo designa a constituição genética de um indivíduo, mas não é visível e é detectável, indiretamente, através de cruzamentos. Por outro lado, a observação visível da ação do genótipo é o que se chama fenótipo.

Pode-se dizer que o fenótipo de um indivíduo é dado por suas características

- a) unicamente morfológicas.

- b) apenas morfológicas e fisiológicas.
 c) estruturais, funcionais e comportamentais.
 d) herdáveis e não herdáveis.
 e) hereditárias, congênicas e adquiridas.

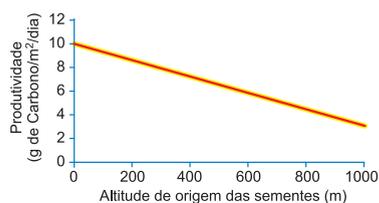
Resolução

As características estruturais, funcionais e comportamentais definem o fenótipo de um organismo.

Resposta: C

Exercícios Propostos

1 (UFRJ) – Um pesquisador observou que uma certa espécie de planta apresentava uma grande variação de produtividade relacionada à altitude onde a planta se desenvolvia. Em grandes altitudes, a produtividade era muito baixa; à medida que a altitude se aproximava do nível do mar, a produtividade aumentava. Ele, então, realizou um experimento em que sementes dessa espécie, coletadas em diversas altitudes, foram plantadas ao nível do mar em idênticas condições ambientais. Após algum tempo, a produtividade dessas plantas foi medida e apresentou os seguintes resultados:



Identifique se é o componente genético ou o componente ambiental que predomina no condicionamento da produtividade dessas plantas. Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

Predomina o componente genético porque as sementes germinaram ao nível do mar em idênticas condições ambientais.

2 Explique qual é a diferença existente entre fenótipo e fenocópia.

RESOLUÇÃO:

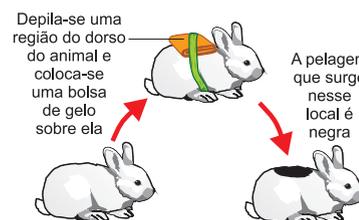
O fenótipo é o resultado obtido pela interação do genótipo com o meio ambiente. Fenocópia é a cópia de um fenótipo produzida exclusivamente pelo meio ambiente.

3 Certa planta apresenta duas variedades: uma, encontrada ao nível do mar, produz sementes redondas; a outra, nas montanhas, origina sementes ovais. Descreva um experimento que permita verificar se a diferença na forma das sementes decorre de diferenças entre seus genótipos ou das diferenças ambientais.

RESOLUÇÃO:

Plantar as duas variedades (redonda e oval) nos dois ambientes, isto é, ao nível do mar e nas montanhas, e observar os resultados obtidos.

4 (PUCC) – Os coelhos himalaias caracterizam-se por possuírem as extremidades do corpo (focinho, orelhas, patas e cauda) com pelos pretos e o resto do corpo com pelos brancos.



Nestes animais, é possível induzir experimentalmente o gene responsável pela cor preta dos pelos, de acordo com o esquema ao lado.

Com base no resultado deste experimento, **NÃO** é correto concluir que

- a) o exemplo citado demonstra a ação do ambiente modificando o fenótipo de um indivíduo.
 b) a temperatura nas extremidades do corpo do coelho é mais baixa do que nas demais partes.
 c) a manifestação do gene em questão depende da temperatura.
 d) o gelo alterou o genótipo.
 e) o fenótipo é o resultado da interação do genótipo com o meio ambiente.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

5 Na espécie humana, o albinismo é determinado por um par de alelos **aa**. O gene **A** condiciona a pigmentação normal da pele. Responda:

- a) Como será o genótipo de um indivíduo albino e como ele é expressado fenotipicamente?
 b) Qual o fenótipo de um indivíduo com genótipo **Aa**?
 c) Quais os genótipos possíveis de uma pessoa com pigmentação normal.

RESOLUÇÃO:

- a) **Indivíduos albinos tem o genótipo aa e fenotipicamente apresentam pele clara uma vez que não produzem o pigmento melanina.**
 b) **Indivíduo com pigmentação normal.**
 c) **Genótipos de pessoas normais: AA ou Aa.**

- Codominância
- Genes letais e recessivos

1. Herança intermediária ou codominância

A dominância não é um fenômeno universal; existem numerosos casos em que um alelo não é dominante em relação a outro. A interação desses genes dá ao híbrido um fenótipo diferente e intermediário entre os pais. Na planta chamada maravilha (*Mirabilis jalapa*), encontramos duas variedades: a alba, com flores brancas, e a rubra, com flores vermelhas. Plantas de flor vermelha cruzadas com plantas de flor branca produzem híbridos de cor rósea. O cruzamento de duas plantas róseas origina em F2 indivíduos vermelhos, róseos e brancos, na proporção 1 : 2 : 1 (Fig. 1).

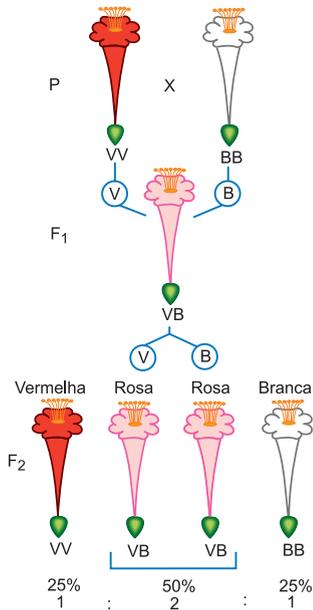


Fig. 1 – A herança intermediária.

2. Genes letais

Existem genes que provocam a morte do indivíduo na fase pré-natal ou na pós-natal anterior ao período de maturidade.

GENÓTIPOS	FENÓTIPOS
A^lA^l	Morte
A^la	Pelagem amarela
aa	Pelagem preta

Por exemplo, nos ratos, o gene A^l é letal quando em homozigose (A^lA^l), provocando a morte do embrião; em heterozigose (A^la), condiciona pelagem amarela. O alelo a condiciona pelagem preta. O gene A é dominante em relação ao gene a , mas em relação à letalidade é recessivo, pois só age em homozigose. Tal gene é denominado letal recessivo. Assim, temos:

Nessas condições, o cruzamento de amarelo com preto produz sempre 1/2 amarelo e 1/2 preto (Fig. 2).

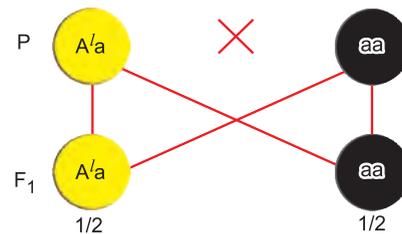


Fig. 2 – O cruzamento de amarelo com preto.

O cruzamento de dois amarelos origina uma geração na proporção de 2/3 amarelo : 1/3 preto (Fig. 3).

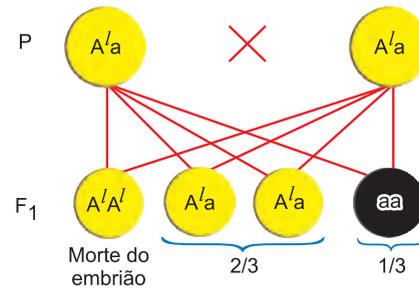


Fig. 3 – O cruzamento de amarelo com amarelo.

Evidentemente, o cruzamento de preto com preto só origina preto (Fig. 4).

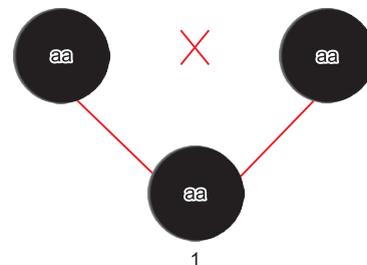


Fig. 4 – O cruzamento de preto com preto.

Exercícios Resolvidos

1 (FUVEST) – Em uma espécie de planta a forma dos frutos pode ser alongada, oval ou redonda. Foram realizados quatro tipos de cruzamento entre plantas dessa espécie e obtidos os seguintes resultados:

Cruzamento	Tipos de plantas cruzados	Descendência obtida
I	fruto longo x fruto redondo	100% fruto oval
II	fruto longo x fruto oval	50% fruto longo 50% fruto oval
III	fruto redondo x fruto oval	50% fruto redondo 50% fruto oval
IV	fruto oval x fruto oval	25% fruto longo 50% fruto oval 25% fruto redondo

a) Formule uma hipótese consistente com os resultados obtidos para explicar a herança

da forma dos frutos nessa espécie.

b) Represente os alelos por letras e indique os genótipos dos indivíduos parentais e dos descendentes no cruzamento IV.

Resolução

a) Os resultados obtidos nos cruzamentos entre os vegetais que produziram os frutos sugere um caso de herança sem dominância (ou codominância). O cruzamento de uma variedade longa (LL) com a variedade redonda (RR) produz 100% dos descendentes com um fenótipo intermediário, ou seja, os heterozigotos (LR) apresentam a forma ovalada.

b) Alelos:
L – fruto longo
R – fruto redondo
Parentais: LR x LR
Descendentes: 25% LL : 50% LR : 25% RR

2 (MODELO ENEM) – Em drosófila, um gene dominante, quando em heterozigose, altera cerdas e asas; já em homozigose é letal para o embrião. O cruzamento de duas moscas heterozigotas produziu uma geração constituída por 456 indivíduos. O número esperado de indivíduos normais deverá ser, teoricamente igual a

- a) 114 b) 152
c) 228 d) 304
e) 342

Resolução

Alelos: A e a

Cruzamento: Aa x Aa

Geração: $\begin{array}{ccc} \text{AA} & \text{Aa} & \text{Aa} & \text{aa} \\ \text{Morre} & \text{2/3} & & \text{1/3} \end{array}$

Normais = $1/3$ de 456 = 152

Resposta: B

Exercícios Propostos

1 (UNIRIO) – Em rabanetes, a forma da raiz é determinada por um par de genes alelos. Os fenótipos formados são três: arredondado, ovalado ou alongado. Cruzamentos entre plantas de raízes alongadas com plantas de raízes arredondadas produziram apenas indivíduos com raízes ovaladas.

Em cruzamentos desses indivíduos ovalados entre si, foram obtidas quatrocentas sementes que foram plantadas em sementeiras individuais. Antes que as sementes germinassem, as sementeiras foram distribuídas a diversas pessoas; você recebeu uma delas.

- a) Qual a relação de dominância entre os caracteres em questão?
b) Qual a probabilidade de que, na sua sementeira, venha a se desenvolver um rabanete de raiz ovalada? Justifique a sua resposta.

RESOLUÇÃO:

a) **Codominância.**

b) 50% RR – arredondado LL – alongado RL – ovalado

(P) RL x RL
(F₁) $\begin{array}{ccc} \text{RR} & \text{RL} & \text{LL} \\ \text{25\%} & \text{50\%} & \text{25\%} \end{array}$

2 (UnB) – O gene recessivo **a** mata os indivíduos homozigotos **aa** ainda na fase embrionária. Sabendo que do cruzamento entre indivíduos heterozigotos nasceram 60 descendentes, calcule o número esperado de filhotes heterozigotos.

RESOLUÇÃO:

Aa x Aa = $\begin{array}{ccc} \text{AA} & \text{Aa} & \text{Aa} & \text{aa} \\ \text{20} & \text{40} & & \text{morte do embrião} \end{array}$

Aa = 40

3 Galinhas com asas e pernas curtas são chamadas rastejantes. O quadro a seguir mostra resultados obtidos em cruzamentos envolvendo aves normais e rastejantes.

PAIS	GERAÇÃO
rastejante x normal	50% normal/50% rastejante
normal x normal	100% normal
rastejante x rastejante	66% rastejante/33% normal

- a) Como podemos explicar esses resultados?
b) Esquematize os cruzamentos realizados.

RESOLUÇÃO:

a) **Herança com letalidade, na qual:**

NN = morte do embrião Nn = rastejante nn = normal

b) **Nn x nn = 50% Nn e 50% nn**

nn x nn = 100% nn

Nn x Nn = 66% Nn e 33% nn

4 (PUC-SP) – O cruzamento de duas plantas, uma com flores vermelhas e outra com flores brancas, produziu uma geração F₁ formada inteiramente por plantas com flores cor-de-rosa. A autopolinização das plantas cor-de-rosa produziu uma geração F₂ com plantas apresentando flores vermelhas, cor-de-rosa e brancas, conforme a tabela abaixo:

COR DAS FLORES	QUANTIDADE DE PLANTAS NA GERAÇÃO F ₂
Vermelha	15
Cor-de-rosa	30
Branca	15

O caso citado é um exemplo de

- retrocruzamento.
- dominância entre alelos próximos.
- codominância.
- fenótipo alterado.
- di-hibridismo.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

5 Uma galinha de penas brancas é cruzada com um macho de penas pretas, produzindo apenas descendentes de penas cinzentas. Quando os componentes dessa primeira geração são cruzados entre si, originam

- 100% de indivíduos cinzentos.
- 100% de indivíduos pretos.
- 100% de indivíduos brancos.
- 50% de indivíduos cinzentos e 50% de indivíduos pretos.
- 25% de indivíduos brancos, 25% de indivíduos pretos e 50% de indivíduos cinzentos.

RESOLUÇÃO:

Alelos: P (preta) e B (branca)

PB x PB = 1PP (25% pretas): 2PB (50% cinzas): 1BB (25% brancas).

Resposta: E

6 (MODELO ENEM) – Em ratos, o gene A, em homozigose, determina a pelagem cinza. A forma mutante, o seu alelo A^y, em condição de homozigose, é letal no início do desenvolvimento embrionário. O par de alelos em heterozigose condiciona a pelagem amarela. Considerando-se esses dados, em relação a um cruzamento entre ratos de pelagem amarela, pode-se afirmar:

- A probabilidade prevista para a combinação A^yA^y deve inviabilizar 25% da descendência esperada.
- A F₁ nascida compreenderá 100% de indivíduos de pelagem amarela.
- A descendência viável esperada deve expressar, em relação à cor da pelagem, a proporção fenotípica de 1 : 1.
- A prole obtida apresentará 2/3 de indivíduos homozigotos e 1/3 de heterozigotos.
- 1/2 da prole herdará a condição de homozigose para o gene selvagem.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

Módulo

12

As genealogias

Palavras-chave:

- Consanguíneo
- Monozigóticos • Dizigóticos

1. Herança humana

Inicialmente, lembramos que as leis da herança verificadas em animais e vegetais se aplicam igualmente ao homem. Contudo, a metodologia utilizada não pode ser a mesma, pois com o homem não podemos praticar cruzamentos e selecionar os pais. O que podemos fazer é observar casais e sua ascendência e descendência em relação ao caráter em estudo.

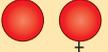
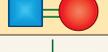
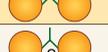
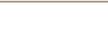
É importante observar que as relações mendelianas básicas, como 1 : 1, 3 : 1, 1 : 2 : 1 etc., não surgem na descendência de casais tomados ao acaso em uma população com a mesma evidência que nos cruzamentos de animais e vegetais. No entanto, tais relações podem ocorrer numa análise estatística de vários casais e irmandades.

2. Análise de genealogias

A carta genealógica é a representação de indivíduos relacionados por ascendência comum. Na representação gráfica, observam-se vários símbolos que indicam características de importância genética, de modo que o exame de um *pedigree* permite reconhecer o tipo de parentesco existente entre seus membros e relacionar esse paren-

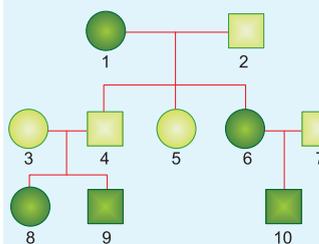
tesco com a presença ou ausência de determinadas doenças ou anomalias de origem hereditária.

Na elaboração da carta genealógica, usam-se frequentemente as convenções mostradas no quadro a seguir.

	Sexo masculino
	Sexo feminino
	Linha de cruzamento
	Cruzamento consanguíneo
	Ligação com os filhos
	Sexo desconhecido
	Gêmeos monozigóticos
	Gêmeos dizigóticos
	Gêmeos de origem duvidosa
	Presença do caráter em estudo
	Indivíduo básico para investigação genética
I, II, III etc.	Indicação da geração
1, 2, 3 etc.	Indicação de indivíduo na geração

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – A genealogia a seguir representa os dados de uma família, com relação à incidência de uma determinada doença. Os indivíduos representados em verde-escuro são doentes, enquanto os outros não apresentam essa anomalia.



Analizando a genealogia, podemos concluir:

- O casal 6 – 7 não poderá ter filhos sem a doença.
 - Se o indivíduo 5 se casar com uma pessoa doente, nenhum dos seus filhos terá a doença.
- c) O cruzamento 3 – 4 nos permite diagnosticar, com certeza, qual dos dois caracteres é dominante.
 d) Essa doença hereditária é condicionada por um gene dominante.
 e) Os indivíduos 2, 3, 4 e 5 podem ser homocigotos.

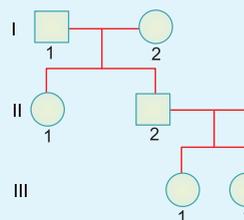
Resolução

Os indivíduos 3 e 4 são pais normais que tiveram dois filhos afetados; esse fato indica que os pais são heterocigotos, sendo os filhos afetados

por doença causada por gene recessivo.

Resposta: C

2 (MODELO ENEM) – A anemia falciforme é causada pela presença de uma hemoglobina anormal. Essa doença é herdada como autossômica recessiva. Considere-se o heredograma apresentado inicialmente, se os indivíduos I-2 e I-3 forem heterocigotos e os indivíduos I-1 e I-4 forem homocigotos normais, quem poderá ser afetado pela doença?



- Apenas III-1 e III-2.
 - Apenas II-1 e II-3.
 - Apenas II-2 e II-4.
 - II-1, II-2, II-3 e II-4.
- e) II-1, II-3, III-1 e III-2.

Resolução

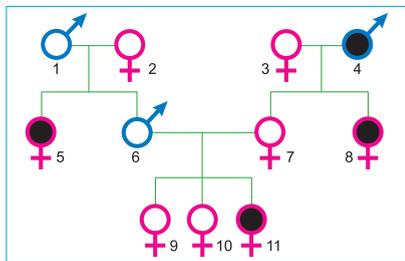
II-2 e II-3 podem ser heterocigotos (Aa) e ter filhos afetados (aa).

Resposta: A

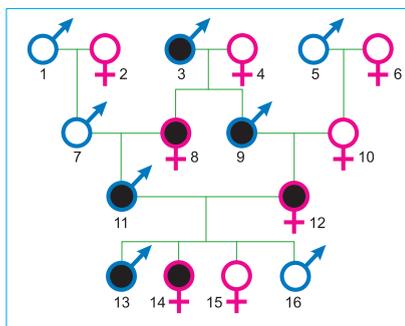
Exercícios Propostos

1 Nas genealogias abaixo, determine os possíveis genótipos:

a)



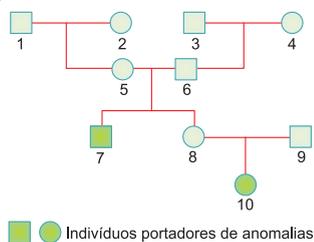
b)



RESOLUÇÃO:

- a) Aa = 1, 2, 3, 6 e 7
 aa = 4, 5, 8 e 11
 A_ = 9 e 10
- b) Aa = 8, 9, 11 e 12
 aa = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 15 e 16
 A_ = 3, 13 e 14

2 O heredograma representado na figura mostra a genealogia de uma família. Analise-o e responda:



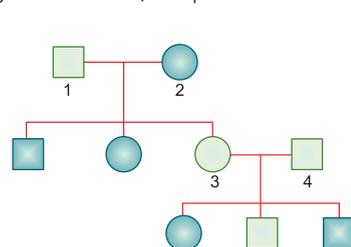
■ ● Indivíduos portadores de anomalias

- Quais são os indivíduos certamente heterocigotos?
- Qual é o número máximo de homocigotos que ocorrem no heredograma? Cite-os.

RESOLUÇÃO:

- a) São heterocigotos: 5, 6, 8 e 9.
 b) Podem existir, no máximo, 4 homocigotos: 7 (aa), 10 (aa) e 1 ou 2 (AA) e 3 ou 4 (AA).

3 (UNESP) – Na espécie humana, há um tipo de surdez hereditária que é determinada por um par de genes. No heredograma abaixo, as pessoas surdas estão representadas por

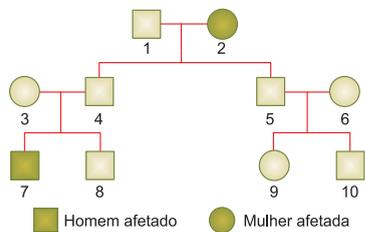


● e ■.
 A análise da genealogia permite afirmar os genótipos das pessoas enumeradas e o tipo de gene que causa a anomalia. Com base nessa afirmação, assinale a opção correta:

	Indivíduos				Gene
	1	2	3	4	
a)	ss	Ss	ss	ss	dominante
b)	SS	ss	SS	SS	dominante
c)	Ss	SS	Ss	Ss	dominante
d)	SS	ss	Ss	SS	recessivo
e)	Ss	ss	Ss	Ss	recessivo

RESOLUÇÃO: Resposta: E

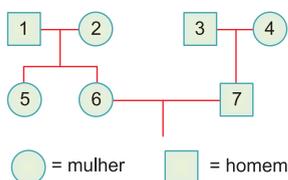
4 (PUC-SP) – Considere a genealogia abaixo. É possível afirmar que os indivíduos



- 1 e 6 são homocigotos recessivos.
- 2 e 7 são homocigotos dominantes.
- 5 e 6 são homocigotos dominantes.
- 4 e 8 são heterocigotos.
- 3 e 5 são heterocigotos.

RESOLUÇÃO: Resposta: E

5 (PUC-SP) – Na genealogia a seguir, as pessoas indicadas pelos números 1, 2, 4, 5 e 7 apresentam uma anomalia condicionada por gene autossômico dominante. Já as pessoas indicadas pelos números 3 e 6 têm fenótipo normal.

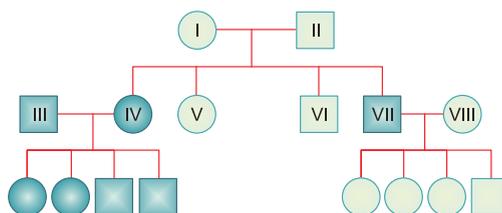


- Após a análise da genealogia, pode-se concluir que
- apenas as pessoas indicadas pelos números 1 e 2 são heterocigóticas.
 - a pessoa indicada pelo número 4 é homocigótica.

- a pessoa indicada pelo número 3 transmitiu o gene recessivo para seu descendente indicado pelo número 7.
- não há possibilidade de a pessoa indicada pelo número 5 ser heterocigótica.
- o casal indicado pelos números 6 e 7 não poderá ter descendentes com fenótipo normal.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

6 (MODELO ENEM) – A fenilcetonúria (PKU) é uma doença de origem genética bastante conhecida, causada por uma deficiência da enzima fenilalanina hidroxilase. Pacientes acometidos desse mal, além de não sintetizarem catecolaminas corretamente, não conseguem metabolizar a fenilalanina e, assim, apresentam uma série de complicações como retardo mental, epilepsia, hipopigmentação, entre outras. Considere o heredograma a seguir de uma família com membros acometidos (símbolos cheios) e normais (símbolos vazados).



Podemos dizer, quanto à presença de alelos mutantes de fenilalanina hidroxilase nos membros da família marcados com algarismos romanos, que

- V pode ter um alelo mutado.
- VI possui dois alelos mutados.
- V é necessariamente homocigoto.
- III possui apenas um alelo mutado.
- I é necessariamente homocigoto.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

Módulo

13

Cálculo das probabilidades

Palavras-chave:

- Probabilidade

1. O conceito de probabilidade

A maioria dos problemas de Genética exige soluções em termos probabilísticos.

Por essa razão, no presente capítulo, ensinamos os princípios básicos das probabilidades, envolvendo jogos de azar e experimentos genéticos.

A probabilidade de que um acontecimento A ocorra é igual ao quociente do número de casos favoráveis à ocorrência de A pelo número total de casos possíveis.

Simbolicamente, se P(A) indica a probabilidade de que A ocorra quando o experimento é realizado e se **n** e **m** são, respectivamente, o número total de casos favoráveis e possíveis, temos:

$$P(A) = \frac{n}{m}$$

Exemplos:

1) Ao lançarmos uma moeda num jogo de cara ou coroa, qual a probabilidade de se obter cara?

Os resultados possíveis são apenas dois, pois a moeda só poderá mostrar cara ou coroa; portanto, $m = 2$. Se apostarmos que ela dará cara, somente um dos dois resultados possíveis nos será favorável, ou seja, $n = 1$.

$$\text{Logo: } P(\text{cara}) = 1/2$$

2) Qual é a probabilidade de se obter a face 5 no lançamento de um dado?

$$n = 1 \text{ (lado 5)}$$

$$m = 6 \text{ (faces)}$$

$$P(5) = 1/6$$

3) No lançamento de um dado, qual a probabilidade de se obter face ímpar?

$n = 3$ (faces 1, 3, 5)

$$P(\text{face ímpar}) = 3/6 = 1/2$$

$m = 6$ (faces)

4) De um baralho completo com 52 cartas, qual a probabilidade de se retirar o "ás de espadas"?

$n = 1$ (1 ás)

$$P = 1/52$$

$m = 52$ cartas

5) Do mesmo baralho, qual a probabilidade de se retirar um ás qualquer?

$n = 4$ (4 ases)

$$P = 4/52 = 1/13$$

$m = 52$ (cartas)

6) Qual a probabilidade de se obter ervilhas verdes no cruzamento de duas ervilhas amarelas híbridas? Inicialmente, efetuamos o cruzamento para ver quais os casos possíveis.

$Aa \times Aa \rightarrow AA, Aa, Aa, aa$

Portanto:

$n = 1$ (aa)

$$P = 1/4$$

$m = 4$ (AA, Aa, Aa e aa)

Para concluir, podemos dizer que a probabilidade é um número que varia de 0 a 1. Assim, se todos os resultados de um experimento forem favoráveis ($n = m$), a probabilidade de sua ocorrência será igual a 1.

Por outro lado, se num experimento o acontecimento esperado for impossível ($n = 0$), como, por exemplo, sair o número 7 num jogo de dado, a sua probabilidade de ocorrência será igual a 0, pois $p(7) = 0/m = 0$.

2. Probabilidades e eventos anteriores

A probabilidade de um evento acontecer não depende de sua ocorrência em tentativas anteriores.

Suponhamos que, tendo jogado uma moeda cinco vezes seguidas, o resultado foi sempre cara. Qual será a probabilidade de se obter coroa no sexto lançamento? A resposta é $1/2$, desde que a moeda não saiba o que ocorreu antes. Assim, embora um casal tenha cinco filhas, a probabilidade de o sexto filho ser do sexo feminino ainda é $1/2$.

3. Regra da adição

A probabilidade de ocorrerem dois ou mais acontecimentos mutuamente exclusivos é determinada pela soma das probabilidades dos acontecimentos isolados.

As aplicações de probabilidade frequentemente se relacionam mais a um certo número de acontecimentos associados do que apenas a um acontecimento. Para exemplificar, consideremos dois acontecimentos, A_1 e A_2 , associados a uma experiência. Alguém pode estar interessado em saber se pelo menos um dos acontecimentos, A_1 e A_2 , ocorrerá quando se realizar a citada experiência.

Esse acontecimento é indicado pela soma $A_1 + A_2$, e sua probabilidade, por $P(A_1 + A_2)$. Se dois acontecimentos, A_1 e A_2 , possuem a propriedade de que a ocorrência de um impeça a ocorrência do outro, são chamados acontecimentos mutuamente exclusivos, e não há casos favoráveis à ocorrência de ambos. A regra da adição diz que $P(A_1 + A_2) = P(A_1) + P(A_2)$ quando A_1 e A_2 são acontecimentos mutuamente exclusivos.

Por exemplo, qual a probabilidade de se obter 2 ou 5 no lançamento de um dado?

$$P(2) = 1/6 \quad P(5) = 1/6$$

$$P(2 \text{ ou } 5) = 1/6 + 1/6 = 1/3$$

4. Regra da multiplicação

A probabilidade de ocorrerem simultaneamente dois ou mais acontecimentos independentes (não exclusivos) é igual ao produto das probabilidades dos acontecimentos isolados.

Alguém pode estar interessado em saber se dois acontecimentos independentes, A_1 e A_2 , ocorrerão quando a experiência for realizada. Esse acontecimento conjunto é indicado pelo produto A_1A_2 e sua probabilidade, por $P(A_1A_2) = P(A_1)P(A_2)$.

Por exemplo, ao se jogarem dois dados, a probabilidade de um e outro darem 6 é:

$$\frac{1}{6} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

Jogando-se, agora, um dado e uma moeda, qual é a probabilidade de o dado dar 3 e a moeda, cara?

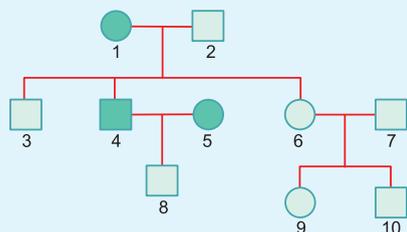
$$P(\text{dado } 3) = 1/6$$

$$P(\text{moeda cara}) = 1/2$$

$$P(\text{dado } 3 \text{ e moeda cara}) = 1/6 \times 1/2 = 1/12$$

Exercícios Resolvidos

1



(MODELO ENEM) – No heredograma ao lado, os indivíduos marcados apresentam um tipo de cegueira noturna.

A probabilidade do casal 4X5 ter uma criança de sexo feminino e de visão normal é de

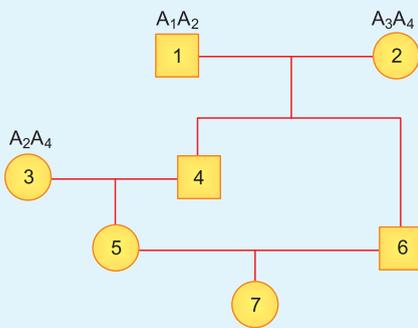
a) $1/6$. b) $1/4$. c) $1/8$. d) $1/2$. e) $1/3$.

Resolução

- Os afetados 4 e 5 tiveram filho normal, atestando que eles são heterozigotos e a anomalia é dominante.
- Genótipos parentais: $Aa \times Aa$.
- $P(\text{menina e aa}) = 1/2 \cdot 1/4 = 1/8$

Resposta: C

2 (MODELO ENEM) – A genealogia a seguir representa o casamento entre tio (6) e sobrinha (5).



A probabilidade de a criança 7 apresentar o gene autossômico A_1 em homozigose será de:

- a) 3,12% b) 6,25% c) 12,5% d) 25% e) 50%

Resolução

$$P(4 A_1 _) = 1/2$$

$$P(5 A_1 _) = 1/2$$

$$P(6 A_1 _) = 1/2$$

$$P(7 A_1 A_1) = 1/4$$

$$P = 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/2 \cdot 1/4 = 1/32 = 3,12\%$$

Resposta: A

Exercícios Propostos

1 Em relação ao cruzamento de dois heterozigotos ($Aa \times Aa$), pergunta-se:

- Qual é a probabilidade de nascer um indivíduo dominante?
- Qual é a probabilidade de nascer um heterozigoto?
- Qual é a probabilidade de nascer um indivíduo homozigoto dominante?

RESOLUÇÃO:

$$Aa \times Aa = \underline{AA}, \underline{Aa}, \underline{Aa}, \underline{aa}$$

$$3/4 \text{ Dom } 1/4 \text{ Rec}$$

- $P(\text{Dom}) = 3/4$
- $P(Aa) = 2/4 = 1/2$
- $P(AA) = 1/4$

2 Um casal de indivíduos de cabelo ondulado tem cinco filhos de cabelo liso. A probabilidade de o sexto filho ter também cabelo liso é:

- a) 0 b) 1/2 c) 1/4 d) 3/4 e) 1

RESOLUÇÃO:

Alelos: L (ondulado) e ℓ (liso).

$$L\ell \times L\ell = \underline{LL}, \underline{L\ell}, \underline{L\ell} \text{ e } \underline{\ell\ell}$$

$$3/4 \text{ ond. } 1/4 \text{ liso}$$

Resposta: C

3 Na espécie humana, olho castanho é dominante em relação a olho azul. Um homem de olhos castanhos, filho de mãe de olhos azuis, casa-se com mulher de olhos azuis. Determine a probabilidade de o casal ter

- um menino de olhos castanhos.
- duas meninas de olhos azuis.

RESOLUÇÃO:

$$a) P(\text{menino e castanho}) = 1/2 \cdot 1/2 = 1/4$$

$$b) P(\text{menina e azul}) = 1/2 \cdot 1/2 = 1/4$$

$$P(2 \text{ meninas e azuis}) = 1/4 \cdot 1/4 = 1/16$$

4 Considere o cruzamento $Aa \times Aa$, em relação ao qual se pergunta: qual é a probabilidade de nascer um macho Aa ou uma fêmea aa ?

RESOLUÇÃO:

$$P(\text{macho } Aa) = 1/2 \cdot 1/2 = 1/4$$

$$P(\text{fêmea } aa) = 1/2 \cdot 1/4 = 1/8$$

$$P(\text{macho } Aa \text{ ou fêmea } aa) = 1/4 + 1/8 = 3/8$$

5 (MODELO ENEM) – Um homem de olhos castanhos, filho de uma mulher de olhos azuis, casa-se com uma mulher de olhos azuis. Qual a probabilidade de ter uma filha de olhos azuis? Considere que olhos azuis seja um caráter autossômico e recessivo.

- a) 0% b) 25% c) 50% d) 75% e) 100%

RESOLUÇÃO: Resposta: B

- Cruzamento
- Segregação independente

1. Análise de um cruzamento

Nas aulas anteriores, estudamos a herança de uma característica de cada vez. Mendel também realizou cruzamentos mais complexos, analisando simultaneamente a herança de dois ou mais caracteres. Para verificar o comportamento de dois pares de alelos ao mesmo tempo, Mendel praticou um di-hibridismo – cruzamento envolvendo ervilhas que diferiam em dois caracteres. Assim, cruzou plantas de ervilha de semente amarela e lisa com plantas de semente verde e rugosa. Tais plantas eram puras e produziram em F₁ apenas plantas de semente amarela e lisa. A autofecundação de F₁ produziu uma F₂ apresentando indivíduos com quatro fenótipos diferentes: amarelo liso, amarelo rugoso, verde liso e verde rugoso, na proporção de 9 : 3 : 3 : 1, respectivamente (Fig. 1).

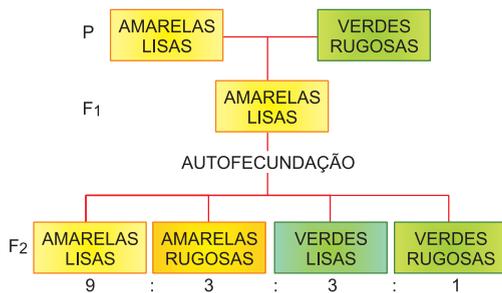


Fig. 1 – Cruzamento evidenciando a segregação independente.

2. Interpretação do cruzamento

O resultado do cruzamento foi interpretado como consequência da segregação de cada par de genes, sendo um independente do outro.

A F₁ mostra que os caracteres amarelo e liso são dominantes.

Sendo indicados os genes amarelo, verde, liso e rugoso, respectivamente, por V, v, R e r, os indivíduos da geração P serão representados por VVRR e vvrr. A F₁ será o diíbrido VvRr, de acordo com o princípio da distribuição independente que produzirá os seguintes gametas: VR, Vr, vR e vr (Fig. 2).

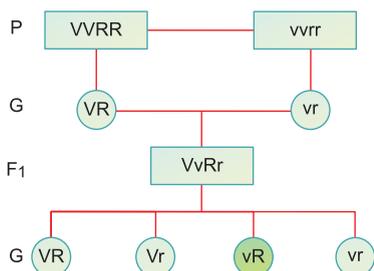


Fig. 2 – A distribuição independente dos genes da F₁.

Para explicar tal fato, lembraremos que, de acordo com a Primeira Lei de Mendel, cada gameta receberá apenas um alelo de cada par. Assim, os gametas terão ao acaso o gene V ou v e o gene R ou r. Tendo em vista o Princípio da Distribuição Independente, o gameta que receber o gene V tanto poderá receber o gene R como o r, formando, assim, os gametas VR e Vr. De forma idêntica, o gameta portador do gene v poderá receber R ou r, originando os gametas vR e vr.

A autofecundação da F₁ produzirá a F₂, que se acha na Figura 3.

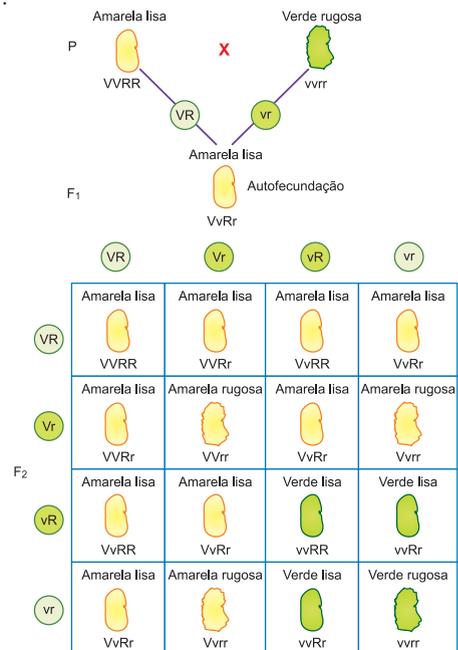


Fig. 3 – Cruzamento de plantas de ervilha de sementes amarela lisa e verde rugosa.

Os resultados obtidos na F₂ estão resumidos na tabela abaixo.

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS	FREQUÊNCIA GENOTÍPICA	FREQUÊNCIA FENOTÍPICA
Amarelo liso	VVRR	1	9
	VVRr	2	
	VvRR	2	
	VvRr	4	
Amarelo rugoso	VVrr	1	3
	Vvrr	2	
Verde liso	vvRR	1	3
	vvRr	2	
Verde rugoso	vvrr	1	1

3. A lei da segregação ou da distribuição independente

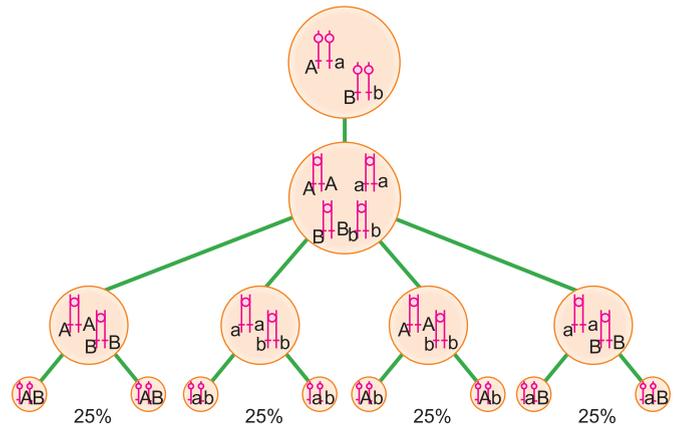
Com base nas experiências realizadas, Mendel concluiu que os genes que determinam caracteres diferentes

se distribuem independentemente nos gametas, nos quais se recombinam ao acaso. Tal conceito é conhecido como Segunda Lei de Mendel. A Lei da Distribuição Independente tem aplicação prática na genotécnica animal e vegetal, sendo possível combinar os caracteres desejáveis presentes em diferentes variedades e mantê-los em um mesmo indivíduo.

4. Demonstração citológica da distribuição independente

A segregação ou distribuição independente só é válida para os genes situados em cromossomos diferentes e é determinada pela meiose. Na figura a seguir, mostramos o esquema geral da meiose, evidenciando a segregação

dos cromossomos homólogos e a sua distribuição nos gametas.



Exercícios Resolvidos

- 1 (MODELO ENEM)** – Em coelhos, o gene **P** produz pelagem preta e o seu alelo recessivo **p**, pelagem parda desde que esteja presente o gene **A**. Os animais **aa** são sempre albinos. Considerando que ocorra segregação independente entre esses genes, a partir do cruzamento PpAa x ppaa espera-se uma proporção fenotípica de
- 1 preto : 1 pardo : 2 albinos.
 - 1 preto : 1 pardo.
 - 1 preto : 1 albino.
 - 1 preto : 3 albinos.
 - 1 pardo : 3 albinos.

Resolução

		PpAa x ppaa			
		PA	Pa	pA	pa
pa		PpAa	Ppaa	ppAa	ppaa
		1 preto		1 pardo	
		2 albinos			

Resposta: A

- 2 (MODELO ENEM)** – Em certos mamíferos, a cor da pelagem é condicionada por um par de alelos: o dominante levando ao preto e o recessivo, ao branco. O padrão de pelagem depende de outro par de alelos: o dominante determinando pelagem lisa e o recessivo, pelagem

arrepiciada. Os dois pares de genes são autossômicos e têm segregação independente.

Assinale a alternativa da tabela que apresenta corretamente a descendência esperada do cruzamento entre um macho branco de pelagem lisa e uma fêmea preta de pelagem arrepiciada, ambos heterocigotos para um dos pares de alelos.

	PRETO LISO	PRETO ARREPIADO	BRANCO LISO	BRANCO ARREPIADO
a)	zero	50%	50%	zero
b)	75%	zero	zero	25%
c)	50%	zero	zero	50%
d)	50%	25%	25%	zero
e)	25%	25%	25%	25%

Resolução

Alelos: B (preto) e b (branco), A (lisa) e a (arrepiciada).

bb Aa x Bb aa

		bA	ba
Ba		Bb Aa	Bb aa
ba		bb Aa	bb aa

Resposta: E

Exercícios Propostos

- 1** Suponhamos que, numa planta, o caráter cor branca do fruto seja condicionado por um gene **A**, dominante, e a cor amarela, pelo seu alelo recessivo **a**; a forma discoide é condicionada pelo gene **E**, e a forma esférica, pelo alelo recessivo **e**. Que tipos de gametas formam as plantas seguintes: AAee, Aaee, aaEe, AaEe?

RESOLUÇÃO:

Genótipos	—	Gametas
AAee	—	Ae
Aaee	—	Ae e ae
aaEe	—	aE e ae
AaEe	—	AE, Ae, aE e ae

- 2** Utilizando os mesmos dados da questão anterior, determine qual a proporção fenotípica resultante do cruzamento Aaee x aaEe.

RESOLUÇÃO:

Aaee x **aaEe**

	Ae	ae
aE	AaEe	aaEe
ae	Aaee	aaee

- 25% – cor branca e forma esférica
- 25% – cor branca e forma discoide
- 25% – cor amarela e forma discoide
- 25% – cor amarela e forma esférica

Resumindo, alelos múltiplos são séries de três ou mais formas alternativas de um mesmo gene, localizados no mesmo locus em cromossomos homólogos e interagindo dois a dois na determinação de um caráter.

2. Exemplo

Suponha um gene A sofrendo mutações e produzindo uma série de 4 alelos: A, a¹, a² e a³.

Como tais genes são alelos, ocupam o mesmo locus em cromossomos homólogos e cada indivíduo só poderá ter um par de genes, determinando dez genótipos (Fig. 2).

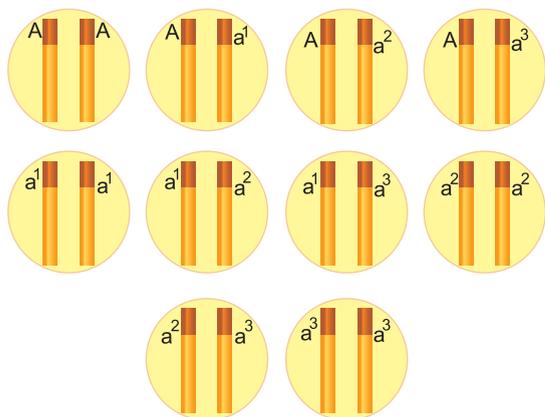


Fig. 2 – Os genótipos possíveis.

3. A cor da pelagem em coelhos

Em coelhos domésticos, a cor da pelagem é determinada por uma série de alelos múltiplos, originando quatro fenótipos:

- 1) Selvagem ou aguti, com pelagem cinza-escura.
- 2) Chinchila, com pelagem cinza-clara.
- 3) Himalaia, com pelagem branca e extremidades (patas, rabo, orelhas e focinho) pretas.
- 4) Albino, sem pigmento.

Damos, a seguir, os resultados dos cruzamentos de parentais (P) homocigotos e o endocruzamento de F₁.

P	SELVAGEM X CHINCHILA	SELVAGEM X HIMALAIA	SELVAGEM X ALBINO
F ₁	Selvagem	Selvagem	Selvagem
F ₂	3 Selvagens: 1 Chinchila	3 Selvagens: 1 Himalaia	3 Selvagens: 1 Albino
P	Chinchila x Himalaia	Chinchila x Albino	Himalaia x Albino
F ₁	Chinchila	Chinchila	Himalaia
F ₂	3 Chinchilas: 1 Himalaia	3 Chinchilas: 1 Himalaia	3 Chinchilas: 1 Albino

Os cruzamentos mostram a existência de quatro alelos com a seguinte relação de dominância:

C (selvagem) > c^{ch} (chinchila) > c^h (himalaia) > c^a (albino)

As relações genóticas e fenotípicas são:

FENÓTIPOS	POSSÍVEIS GENÓTIPOS
Selvagem	CC – Cc ^{ch} – Cc ^h – Cc ^a
Chinchila	c ^{ch} c ^{ch} – c ^{ch} c ^h – c ^{ch} c ^a
Himalaia	c ^h c ^h – c ^h c ^a
Albino	c ^a c ^a

4. Número de genótipos

Sendo **n** o número de alelos, teremos:

- 1) Número de genótipos possíveis = $\frac{n(n+1)}{2}$
- 2) Número de homocigotos = n
- 3) Número de heterocigotos = $\frac{n(n-1)}{2}$

Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – Em coelhos, os genes que condicionam pelagem aguti (C), chinchila (c^{ch}), himalaia (c^h) e albina (c^a) constituem uma série de alelos múltiplos com relação de dominância do tipo C > c^{ch} > c^h > c^a. A partir de um cruzamento, foi obtida uma descendência com proporção fenotípica 1/2 aguti : 1/4 himalaia : 1/4 albina. O genótipo dos coelhos cruzados poderia ser

- a) Cc^a x c^hc^a.
- b) Cc^a x c^{ch}c^a.
- c) Cc^a x Cc^h.
- d) Cc^h x c^hc^a.
- e) Cc^h x c^ac^a.

Resolução

(P) Cc^a x c^hc^a

(F₁) $\frac{Cc^h, Cc^a}{1/2}$, $\frac{c^hc^a}{1/4}$ e $\frac{c^ac^a}{1/4}$

Resposta: A

2 (MODELO ENEM) – Na herança mendeliana, cada caráter é condicionado por um par de genes alelos. Fala-se em polialelia ou alelos múltiplos quando um caráter pode ser determinado por 3 ou mais alelos designados por alelos múltiplos. De modo geral, numa série de alelos múltiplos, o número de genótipos possíveis é dado por $n(n+1)/2$. Nesse total de genótipos, há n homocigotos. Na mosca drosófila,

a cor dos olhos é determinada por uma série de 9 alelos. Qual deverá ser a porcentagem de genótipos heterocigotos?

- a) 15%
- b) 20%
- c) 50%
- d) 75%
- e) 80%

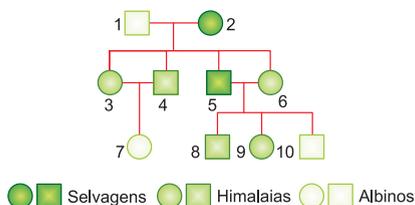
Resolução

n = número de alelos = 9
 Número total de genótipos = 9 . 10/2 = 45
 Número de homocigotos = n = 9
 Número de heterocigotos = 45 – 9 = 36
 Porcentagem de heterocigotos = 36/45 . 100 = 80%

Resposta: E

Exercícios Propostos

1 (UEG) – O heredograma a seguir representa as linhagens de coelhos definidas pela cor da pelagem (selvagem, chinchila, himalaia e albino). Utilizando os alelos C, C^{ch}, C^h e c, determine o genótipo de cada um desses coelhos.



COELHO	GENÓTIPO	COELHO	GENÓTIPO
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

RESOLUÇÃO:

1 – cc 2 – C^{ch} 3 – C^hc 4 – C^hc 5 – Cc
 6 – C^hc 7 – cc 8 – C^hc 9 – C^hc 10 – cc

2 Na tabela abaixo, aparece uma série alélica múltipla que condiciona a intensidade da pigmentação dos ratos:

ALELOS	RELAÇÃO DE DOMINÂNCIA
D = cor normal d = cor diluída d ^l = letal para o embrião	D > d > d ^l

Um rato de cor normal, transportando o gene letal, é cruzado com outro de cor diluída, também portador do gene letal. Quais são as proporções genotípica e fenotípica resultantes desse cruzamento?

	PROPORÇÃO	
	Genotípica	Fenotípica
a)	1 : 1 : 1 : 1	2 : 1
b)	1 : 1 : 1 : 1	1 : 2 : 1
c)	3 : 1	1 : 2 : 1
d)	3 : 1	1 : 1 : 1 : 1
e)	1 : 2 : 1	3 : 1

RESOLUÇÃO:

pais: Dd^l x dd^l

filhos: Proporção $\left\{ \begin{array}{l} \text{genotípica} - 1 Dd : 1 Dd^l : 1 dd^l : 1 dd^l \\ \text{fenotípica} - 2 \text{ normais} : 1 \text{ diluído} \end{array} \right.$

Resposta: A

3 Uma série alelomórfica múltipla é conhecida na planta primavera chinesa, na qual A (tipo de Alexandria = olho branco) > aⁿ (tipo normal = olho amarelo) > a (tipo primavera rainha = olho amarelo grande). Relacione todos os genótipos possíveis para cada um dos fenótipos dessa série.

RESOLUÇÃO:

FENÓTIPOS	GENÓTIPOS
Alexandria	AA; Aa ⁿ ; Aa
Normal	a ⁿ a ⁿ ; a ⁿ a
Rainha	aa

4 Existem pelo menos 12 alelos múltiplos que agem na determinação da cor dos olhos em drosófila. Determine
 a) o número total de genótipos possíveis.
 b) o número de genótipos heterozigotos.

RESOLUÇÃO:

n = n.º de alelos = 12

$$\text{a) } n.º \text{ total de genótipos} = \frac{n(n+1)}{2} = \frac{12 \cdot 13}{2} = 78$$

$$\text{b) } n.º \text{ de heterozigotos} = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{12 \cdot 11}{2} = 66$$

5 Sabe-se que a cor do pelo em camundongos é regulada por uma série alélica múltipla na qual o alelo A^l, quando em homozigose, é letal nos estágios iniciais de desenvolvimento embrionário, mas produz a cor amarela quando em heterozigose com outros alelos. A cor aguti é regulada pelo alelo A e a cor preta pelo recessivo a. A escala de dominância é a seguinte: A^l > A > a. Que proporções fenotípicas e genotípicas podemos antecipar entre os descendentes viáveis do cruzamento A^lA x A^la?

	PROPORÇÃO GENOTÍPICA	PROPORÇÃO FENOTÍPICA
a)	1 : 1	1 : 1
b)	2 : 1	2 : 1
c)	1 : 1 : 1	2 : 1
d)	2 : 1	1 : 1 : 1
e)	3 : 1	3 : 1

RESOLUÇÃO: Resposta: C

6 (MODELO ENEM) – A cor dos pelos em cobaias é condicionada por uma série de alelos múltiplos com a seguinte escala de dominância:

C (preta) > C₁ (marrom) > C₂ (creme) > c (albino)

Uma fêmea marrom teve 3 ninhadas, cada uma com um macho diferente. A tabela a seguir mostra a constituição de cada ninhada.

Ninhada	NÚMERO DE DESCENDENTES			
	Pretos	Marrons	Crems	Albinos
1	5	3	0	2
2	0	4	2	2
3	0	5	0	4

Com base nesses dados, é possível afirmar que o macho responsável pela ninhada

- a) 1 era marrom homozigoto. b) 1 era preto homozigoto.
 c) 2 era albino heterozigoto. d) 2 era creme heterozigoto.
 e) 3 era marrom homozigoto.

RESOLUÇÃO: Resposta: D



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em "localizar", digite **BIO2M202**

1. Aglutinação e hemólise

Quando se injeta sangue de um indivíduo em outro, realizando-se a chamada transfusão, podem sobrevir acidentes mais graves e até a morte. Isto porque há certa incompatibilidade entre as **hemácias** de determinados indivíduos e o **plasma** de outros, que se caracteriza por uma aglutinação, ou seja, reunião de hemácias em massas mais ou menos compactas, de tamanho variável, que podem obstruir capilares provocando embolias. Há também hemólise, isto é, desintegração de hemácias com liberação de **hemoglobina** da qual uma parte será excretada e outra produzirá **bilirrubina**.

Hemácias ou eritrócitos: glóbulos vermelhos de sangue. São células discoides e anucleadas, com diâmetro de 7,2 micrômetros.

Plasma: parte líquida do sangue quando se retiram dele os glóbulos.

Hemoglobina: pigmento vermelho do sangue que atua como transportador de oxigênio.

Bilirrubina: pigmento biliar, produto de excreção, derivado da decomposição da hemoglobina.

2. Noção de reação antígeno-anticorpo

As **proteínas** encontradas normalmente no sangue são construídas a partir dos **aminoácidos** derivados dos processos digestivos. Cada espécie apresenta determinadas proteínas que são designadas de específicas, enquanto as outras proteínas são referidas como proteínas estranhas.

Se uma proteína estranha for ingerida no alimento, como normalmente ocorre, ela será digerida em aminoácidos que podem sintetizar uma proteína específica.

Contudo, se uma proteína estranha for diretamente injetada em um tecido, ela estimulará a produção de substâncias denominadas anticorpos. A proteína estranha que induziu a formação do anticorpo é conhecida por antígeno (Fig. 1).

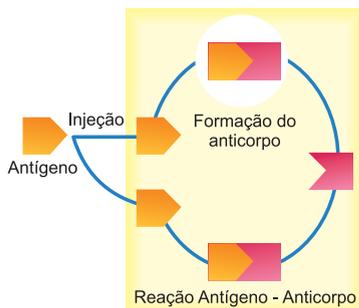


Fig. 1 – Produção de anticorpos.

As reações químicas que ocorrem entre o antígeno e o respectivo anticorpo são denominadas reações antígeno-anticorpo.

Tais reações constituem parte dos processos que o organismo usa na luta contra as doenças causadas por agentes infecciosos. O antígeno pode ser uma toxina liberada por uma bactéria, e o anticorpo produzido no organismo poderá ser capaz de neutralizar o efeito do correspondente antígeno. Existem reações antígeno-anticorpo perigosas ao organismo, produzindo o choque anafilático ou anafilaxia.

Assim, se uma dose de proteína estranha for introduzida no organismo de um coelho, nada ocorrerá, mas o animal permanecerá sensibilizado (dose sensibilizante).

Se introduzirmos uma nova dose (dose de choque) após duas ou três semanas, o animal apresentará sufocamento, devido à contração da musculatura lisa do tracto respiratório. Também no homem são conhecidas reações anafiláticas, determinadas, por exemplo, por antibióticos e transfusões de sangue.

3. Tipos de imunização

Imunização Ativa

Trata-se da produção de anticorpos pelo próprio indivíduo que recebeu antígenos. A imunização ativa pode ser natural ou artificial.

Natural

Ocorre quando o antígeno penetra naturalmente no organismo; é o que acontece nos processos infecciosos provocados por vírus, bactérias etc.

Artificial

É determinada pela vacinação, isto é, inoculação de antígenos no organismo. A vacina é constituída do agente infeccioso enfraquecido ou de toxinas por ele produzidas; ela contém antígenos específicos. A vacinação é um processo profilático. Quando um microorganismo penetra em pessoas já vacinadas, encontra os anticorpos que inativam os antígenos por ele produzidos.

Imunização Passiva

A imunização passiva consiste na inoculação, no organismo, de anticorpos produzidos por um outro organismo contra o correspondente agente infeccioso. Constitui o processo de soros terapêuticos. A soroterapia é utilizada durante a fase aguda de uma infecção. É necessário salientar que o anticorpo inoculado só protege por tempo relativamente curto, sendo logo destruído e eliminado.

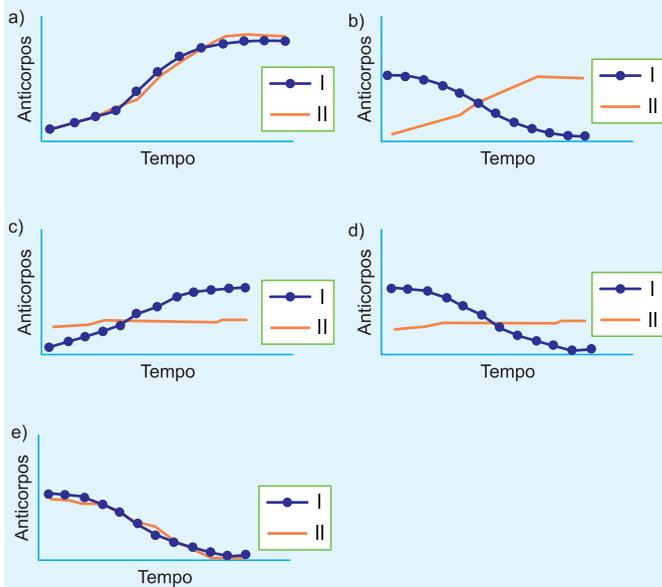
Exercícios Resolvidos

1 (MODELO ENEM) – A variação da quantidade de anticorpos específicos foi medida por meio de uma experiência controlada, em duas crianças durante um certo período de tempo. Para a imunização de cada uma das crianças foram utilizados dois procedimentos diferentes:

Criança I: aplicação de soro imune.

Criança II: vacinação.

O gráfico que melhor representa as taxas de variação da quantidade de anticorpos nas crianças I e II é:



Resolução

A criança I recebeu soro imune, que contém uma dose de anticorpos, já formados, que vão se reduzindo com o tempo.

A criança II foi vacinada, isto é, recebeu antígenos que estimulam a produção de anticorpos.

Resposta: B

2 (MODELO ENEM) – A imunização contra diversos tipos de doenças é atingida através de vacinação, que consiste em injetar no organismo:

- o soro obtido através do sangue de animais criados em laboratório, como macacos, onde recebem grande quantidade de antígenos e anticorpos específicos.
- o plasma retirado de pessoas que já tiveram a doença, para que o organismo produza antígenos e anticorpos específicos.
- um agente químico eficaz no combate à doença já instalada e que produza no corpo uma reação para a fabricação de anticorpos específicos.
- vírus ou bactérias mortos ou atenuados que, reconhecidos pelo organismo como antígenos, induzem a produção de anticorpos específicos.
- vírus e bactérias vivos, em quantidade pequena, para provocar a doença de forma branda, pois o corpo imunizado produzirá anticorpos específicos.

Resolução

A imunização contra diversos tipos de doenças, causadas principalmente por micro-organismo, é atingida através da vacinação, que consiste em injetar no organismo, antígenos provenientes dos agentes patogênicos, estimulando a produção de anticorpos.

Resposta: D

Exercícios Propostos

1 (FUVEST) – Se quisermos provocar uma imunização específica e duradoura em uma pessoa, em relação a um determinado antígeno, qual dos dois procedimentos abaixo será mais adequado?

- Injeção do próprio antígeno no indivíduo a ser imunizado.
- Injeção de soro sanguíneo de um animal previamente inoculado com o antígeno. Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

O procedimento 1, por constituir vacinação, processo específico e duradouro.

2 (PUC-SP) – Nosso organismo produz uma série de substâncias imunológicas, em resposta a substâncias ou agentes estranhos que nele penetram.

- Como são comumente denominadas essas substâncias imunológicas? O que são quimicamente essas substâncias?
- Um estudante afirmou que essas substâncias imunológicas estão normalmente presentes em uma vacina. Você concorda? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

- Anticorpos. Proteínas.
- Não. Vacinas contêm antígenos.

- 3 (FEI)** – Os meios de comunicação noticiaram que o Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância) estabeleceu como meta a imunização de 90% das crianças, o que reduz a mortalidade infantil em pelo menos um terço. As vacinas utilizadas nas campanhas de imunização em massa são constituídas de
- anticorpos que destruirão o agente infeccioso específico.
 - anticorpos que persistirão ativos por toda a vida do receptor.
 - drogas capazes de aumentar a resistência à infecção.
 - microorganismos ou produtos deles derivados que induzirão a formação de anticorpos.
 - soros obtidos de animais que neutralizam os antígenos específicos.

RESOLUÇÃO: Resposta: D

- 4 (UFLA)** – Muitos acidentes ofídicos ocorrem anualmente no Brasil principalmente por cobras do tipo cascavel, jararaca e coral. Neste caso a vítima deve ser tratada com soro antiofídico. Podemos conceituar soro antiofídico como sendo:
- uma vacina, porque contém antígenos inativados ou atenuados;
 - uma substância que serve para estimular a produção de anticorpos, com função preventiva;
 - uma substância que contém anticorpos específicos para combater os antígenos já instalados no organismo;
 - uma vacina antiofídica, pois promove a imunização ativa do organismo;
 - uma vacina antiofídica, pois promove a imunização passiva do organismo.

RESOLUÇÃO: Resposta: C

- 5 (UNAERP)** – Considere os tipos de imunização e as abreviaturas:

AN = ativa natural PN = passiva natural
AA = ativa artificial PA = passiva artificial

Classifique corretamente as frases abaixo usando as abreviaturas propostas e considere como artificiais as imunizações obtidas da inoculação de antígenos ou anticorpos pelo próprio homem.

- () obtida dos soros terapêuticos.
- () obtida das doenças.
- () obtida das vacinas.
- () obtida do leite materno ou placenta.
- () imuniza para a vida toda.

A opção que corresponde à sequência correta das abreviaturas é:

- PA – AN – AA – PN – AN.
- AN – AA – PN – PA – AN.
- AA – AN – AA – PN – NA.
- AN – AA – AA – PA – PN.
- PA – AA – AA – AN – PN.

RESOLUÇÃO: Resposta: A

- 6 (MODELO ENEM)** – “Criado em uma situação de emergência (um surto de peste bubônica), o Instituto Butantan completa um século como centro de referência na produção de soros contra o veneno de animais peçonhentos, de vacinas contra inúmeras doenças infecciosas e como um consolidado instituto de pesquisas biotecnológicas.” (*Ciência Hoje*, Vol. 29, n.º 169). Atualmente, a UPF está integrada ao Butantan, no projeto da produção do soro **antilonômia**, que neutraliza a ação do veneno da taturana. Sobre soros e vacinas é correto afirmar que
- as vacinas são obtidas do sangue de um animal previamente imunizado.
 - os anticorpos que as vacinas contêm são obtidos sinteticamente em laboratórios especializados.
 - o soro **antilonômia** deve conter as antitoxinas que neutralizam os efeitos do veneno da taturana.
 - o soro **antilonômia** deve conter as toxinas atenuadas do veneno da taturana, induzindo o organismo a uma imunização ativa.
 - as vacinas são usadas como efeito terapêutico, enquanto os soros são usados com efeito preventivo.

RESOLUÇÃO: Resposta: C



No Portal Objetivo

Para saber mais sobre o assunto, acesse o **PORTAL OBJETIVO** (www.portal.objetivo.br) e, em “localizar”, digite **BIO2M203**