

Bioquímica: Vitaminas

As vitaminas são substâncias orgânicas de natureza química diversificada (ácidos orgânicos, amidas, aminas, etc.).

O nome vitamina, usado pela primeira vez por Casimir Funk (químico polonês), está diretamente relacionado com a descoberta dessas substâncias. Em 1911, Funk descobriu uma substância imprescindível para certos processos vitais. A análise química dessa substância revelou que ela era uma amina. Por isso, Funk passou a chamar tal substância de vitamina "amina da vida".

Posteriormente, muitas outras substâncias com as mesmas propriedades daquela descoberta por Funk foram encontradas. Entretanto, a análise química delas mostrou que nem todas possuem em sua estrutura molecular o grupamento amina. Por isso, a designação vitaminas para se referir a todas elas não é correta, mas, como foi consagrada pelo uso, é aceita e amplamente utilizada.

São substâncias requeridas em pequenas quantidades pelo organismo (menos de 1% da massa total do corpo), sendo, porém, indispensáveis. A maioria das vitaminas atua como coenzima ou faz parte de coenzimas. Assim, na ausência de vitaminas, as enzimas que necessitam delas não atuam, com prejuízos para as células e para o organismo. A carência de vitaminas provoca distúrbios de maior ou menor gravidade dependendo do tipo de vitamina. A carência total de uma determinada vitamina no organismo constitui uma avitaminose, enquanto a carência parcial constitui uma hipovitaminose. As hipovitaminoses são mais comuns que as avitaminoses e, geralmente, têm como causa a deficiência nutricional na dieta (alimentação). Quando há excesso de determinada vitamina, fala-se em hipervitaminose. Em alguns casos, as hipervitaminoses também podem trazer perigo para o organismo. O excesso de vitamina D, por exemplo, pode determinar calcificações graves em certos órgãos.

A classificação das vitaminas é feita de acordo com a sua solubilidade em água ou em lipídios. Assim, temos as vitaminas hidrossolúveis e as lipossolúveis.

As vitaminas hidrossolúveis (solúveis em água) compreendem as vitaminas do chamado complexo B e a vitamina C. No chamado complexo B, estão incluídas diversas vitaminas que, embora tenham fórmulas diferentes, têm origem quase nas mesmas fontes e desempenham papéis muito parecidos no organismo. Do complexo B, fazem parte várias vitaminas, como a B1, B2, B3 ou PP, B6, B12, H, P, além de outras. Quando ingeridas em grandes quantidades, o excesso dessas vitaminas é eliminado na urina.

As vitaminas lipossolúveis (solúveis em lipídios) compreendem as vitaminas A, D, E e K. Quando ingeridas em doses excessivas, acumulam-se na gordura corporal e podem atingir níveis tóxicos no fígado.

As vitaminas estão amplamente distribuídas em diversos alimentos de origem animal e vegetal. Assim, uma dieta balanceada fornece as quantidades mínimas diárias de vitaminas de que necessitamos. Também são produzidas de forma sintética por diversos laboratórios.

Dependendo da fonte alimentar, as vitaminas podem ser encontradas tanto na forma ativa, prontas para serem absorvidas e utilizadas pelo organismo, como também podem ser encontradas sob a forma de provitaminas, isto é, numa forma precursora, ainda não ativa, que precisa ser transformada em nosso organismo para poder ser utilizada. O caroteno, por exemplo, encontrado nos vegetais, especialmente naqueles que possuem coloração amarela ou alaranjada (cenoura, mamão, laranja, etc.), é a provitamina A. Quando ingerimos caroteno, ele é fragmentado, no nosso organismo, em moléculas de vitamina A. Outro exemplo de provitamina é o ergosterol (provitamina D2) que, quando ingerido pelo ser humano, é absorvido e transformado, na nossa pele, em vitamina D2 ativa por meio da ação dos raios ultravioletas do Sol. O mesmo acontece com o 7-deidrocolesterol (provitamina D3), um derivado do colesterol encontrado nas secreções das glândulas situadas na nossa pele que, por ação dos raios solares, transforma-se em vitamina D3 ativa.

As necessidades diárias de vitaminas podem variar de um indivíduo para outro e em um mesmo indivíduo conforme seus hábitos de vida. Em algumas situações, o organismo poderá demandar um aumento das necessidades vitamínicas. Isso acontece, por exemplo, quando há trabalho muscular intenso e prolongado, gravidez e lactação, necessidades do crescimento e da dentição, recuperação após uma doença (convalescenças), etc.

Certos cuidados também precisam ser observados para que os alimentos não percam seu valor vitamínico, uma vez que certas vitaminas são facilmente destruídas pelo calor, e outras, pela exposição prolongada ao oxigênio do ar. Como regra geral, para preservar ao máximo o valor vitamínico de verduras e legumes, eles devem ser, preferencialmente, consumidos crus ou cozidos por pouco tempo. O líquido resultante do cozimento pode ser utilizado para fazer sopas ou caldos de modo que as vitaminas nele presentes não sejam perdidas. Os vegetais para a salada e as frutas só devem ser cortados na hora de serem servidos para evitar a oxidação destrutiva de suas vitaminas pelo contato mais prolongado com o oxigênio do ar.

PRINCIPAIS VITAMINAS

Vitamina A (Axerofol, Retinol)

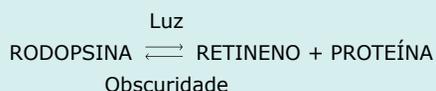
É encontrada principalmente no leite e em seus derivados, na gema do ovo e no óleo de fígado de peixe. Nos vegetais, como o mamão, a cenoura, a abóbora e outros de coloração amarelo-alaranjada, ela é encontrada sob a forma de provitamina A (caroteno).

Essa vitamina é importante para o crescimento normal do organismo, para a função visual (sendo, por isso, chamada, às vezes, vitamina da visão) e, também, para a manutenção da integridade do tecido epitelial.

Seu papel no crescimento de animais, inclusive do homem, consiste em estimular a ossificação por meio da síntese de ácido condroitin-sulfúrico, que é uma glicoproteína que faz parte da matriz óssea (substância intercelular do tecido ósseo).

Nos nossos olhos, a vitamina A é importante para a formação da rodopsina (púrpura visual), pigmento que tem a finalidade de aumentar a sensibilidade da retina à luz. Sabemos que a transformação da energia luminosa em impulso nervoso acontece na retina (camada mais interna do olho) e depende de reações químicas que se passam envolvendo pigmentos fotossensíveis nela existentes. Um desses pigmentos é a rodopsina, formada por uma proteína e por um radical, chamado retineno, derivado da vitamina A.

Em presença de luz, a rodopsina é desdobrada em retineno e proteína. Nessa “quebra”, parte do retineno é perdida. Na obscuridade, ocorre a síntese da rodopsina. Como parte do retineno é perdida na reação de “quebra” da rodopsina, a síntese desse pigmento visual depende de outras fontes de retineno. Essas fontes são as moléculas de vitamina A.



Em diferentes situações somos capazes de perceber os efeitos das reações descritas no quadro anterior. Por exemplo: quando passamos de um lugar claro (com muita iluminação) para outro escuro (com pouca ou nenhuma iluminação), costumamos ficar temporariamente “cegos”. Entretanto, após alguns segundos, tempo necessário para que, na nossa retina, se formem os pigmentos de rodopsina, a nossa visão torna-se mais nítida. Isso acontece, por exemplo, quando entramos numa sala de projeção em que o filme já tenha começado. Se, ao contrário, passamos rapidamente de um lugar escuro para outro muito claro, é comum os nossos olhos ficarem temporariamente ofuscados até que a luz que está entrando neles destrua o excesso de rodopsina que está hipersensibilizando a retina e, só então, a nossa visão volta a se normalizar.

Um indivíduo que não consegue produzir uma taxa adequada de rodopsina não conseguirá enxergar bem em ambientes mal iluminados. Como para produzir a rodopsina é necessária a vitamina A, indivíduos carentes dessa vitamina podem apresentar hemeralopia (cegueira noturna), doença que se caracteriza pela dificuldade de enxergar em locais pouco iluminados.

A integridade do tecido epitelial de revestimento encontrado em nossa pele e mucosas, bem como a do tecido epitelial glandular, também depende da vitamina A. A carência dessa vitamina torna a pele áspera, com descamações e erupções que geralmente aparecem primeiro nos membros superiores e depois se estendem por todo o corpo. Também pode ocorrer atrofia nas glândulas, por exemplo nas glândulas lacrimais, que leva a uma diminuição na produção de lágrimas, com conseqüente ressecamento da córnea: é a chamada xerofthalmia “olho ressecado”, que causa ulcerações e a perda da transparência da córnea e, em virtude disso, a cegueira. Por essa razão, a vitamina A também é conhecida como a vitamina antixerofálmica.

Vitamina B1 (Tiamina)

Foi a primeira vitamina descoberta, em 1911, e suas principais fontes são: leveduras ou lêvedos (levedura da cerveja, por exemplo), cutícula de cereais (arroz, trigo, etc.), soja, feijão, fígado, peixes, ovos, leite e derivados.

Atua como coenzima nas descarboxilases, enzimas de grande importância nas reações da respiração celular feitas a partir da glicose. Como o tecido nervoso é extremamente dependente da glicose como fonte de energia, a carência dessa vitamina provoca polineurite (inflamação generalizada dos nervos) e, em conseqüência disso, atrofia e causa paralisia dos músculos. Esse quadro clínico caracteriza a avitaminose conhecida por beribéri. Por isso, afirma-se que a vitamina B1 é a vitamina antiberibérica.

No beribéri, além da polineurite e da profunda fraqueza muscular, que impede, muitas vezes, o indivíduo de manter-se em pé sozinho, a pessoa apresenta, ainda, absorção defeituosa de alimentos no intestino, emagrecimento, anorexia (falta de apetite), crescimento retardado e insuficiência cardíaca com retardamento dos batimentos cardíacos (bradicardia).

Vitamina B2 (Riboflavina)

Contém uma molécula de ribose em sua constituição química, sendo facilmente encontrada em vários alimentos como leite e derivados, ovos, legumes, vegetais folhosos (couve, repolho, espinafre, etc.), fígado, levedura da cerveja e outros. Também é sintetizada em pequena quantidade pelas bactérias da nossa microbiota intestinal normal.

Fazem parte das citocromo-oxidases e citocromo-redutases enzimas que também atuam nas reações da respiração celular. Essa vitamina tem importante papel no crescimento do organismo e sua carência pode acarretar queilose (rachaduras nos cantos dos lábios), glossite (inflamação da língua) e fotofobia (intolerância à luz). A falta dessa vitamina provoca, ainda, perturbações digestivas, depressão nervosa, diminuição da vitalidade e predisposição para desordens mentais.

Vitamina B3 (Niacina, Nicotinamida)

Suas principais fontes são levedura da cerveja, carnes magras, ovos, fígado, peixes, leite e derivados.

Entra na constituição das desidrogenases e do NAD. As desidrogenases são enzimas que participam das reações de desidrogenação (reações que liberam hidrogênios), enquanto o NAD (Nicotinamida-Adenina-Dinucleotídeo) é uma substância que atua como acceptora e transportadora de hidrogênios nas reações da respiração celular. Sua carência no organismo causa a pelagra, doença grave que, se não tratada, pode culminar com a morte do indivíduo.

A pelagra se caracteriza como uma dermatite (inflamação da derme) intensa, com rachaduras dolorosas na pele e lesões das mucosas, em especial da mucosa intestinal, provocando diarreia e neurite grave do sistema nervoso central, o que pode levar à demência (loucura). Por causar dermatite, diarreia e demência, a pelagra também ficou conhecida como a "doença dos três D". Por evitar a pelagra, a vitamina B3 também é conhecida por vitamina PP (Preventivo da Pelagra) e vitamina antipelágrica.

Vitamina B9 (Ácido fólico)

Essa vitamina recebe o nome ácido fólico (de folhas), porque sua presença foi demonstrada primeiramente nas folhas dos vegetais. Entretanto, tal vitamina também é encontrada em alimentos de origem animal, como fígado, coração e rins de bovinos. Além disso, é sintetizada por numerosas bactérias, inclusive as da nossa microbiota intestinal.

Ela é necessária para a formação dos ácidos nucleicos, uma vez que participa como coenzima da reação que sintetiza nucleotídeos. Essa vitamina também é necessária ao processo de maturação dos glóbulos vermelhos (hemácias). Na carência dela, glóbulos vermelhos imaturos são lançados na corrente sanguínea, ocasionando um tipo de anemia conhecida por anemia perniciosa. Nas gestantes, além da anemia, sua deficiência pode causar má formação do feto, uma vez que essa vitamina é necessária para a formação normal do tubo neural, estrutura que dará origem ao sistema nervoso.

Vitamina B12 (Cianocobalamina, cobalamina)

Possui cobalto em sua constituição e suas principais fontes são: leveduras, carne, fígado, peixes, leite e derivados. À semelhança do ácido fólico, essa vitamina atua como coenzima na biossíntese dos ácidos nucleicos e também tem um papel essencial no processo de maturação dos glóbulos vermelhos. Sua carência também causa a anemia perniciosa. Essa vitamina é muito conhecida como vitamina antianêmica.

Vitamina C (Ácido ascórbico)

Suas principais fontes são as frutas cítricas (acerola, limão, laranja, etc.), tomate, pimentão, hortaliças verdes e folhosas (couve, agrião, etc.).

A vitamina C evita a fragilidade dos capilares sanguíneos e atua na formação da substância intercelular do tecido conjuntivo. Também possui ação antioxidante. Sua carência causa uma avitaminose conhecida por escorbuto.

O escorbuto se caracteriza por hemorragias cutâneas e gengivais, inflamação nas articulações, perda do apetite, perda de peso e da resistência orgânica.

A vitamina C também é conhecida por vitamina antiescorbútica.

Vitamina D (Calciferol, colecalciferol)

Leite e derivados, gema de ovo e óleo de fígado de bacalhau são exemplos de alimentos ricos dessa vitamina, que também é sintetizada em nossa pele por meio da exposição aos raios solares.

A vitamina D exerce importante função no metabolismo do cálcio e fósforo, estimulando a absorção desses elementos no intestino e a sua fixação nos ossos e nos dentes.

Na ossificação (processo de formação dos ossos), é indispensável a presença de sais de cálcio e de fósforo para dar a dureza necessária a esses órgãos; e para que haja uma perfeita fixação desses elementos nos ossos, é indispensável a presença da vitamina D.

A carência da vitamina D na infância causa o raquitismo, avitaminose caracterizada pela formação de ossos fracos e tortuosos, "peito de pombo" (curvatura óssea do tórax para fora) e membros inferiores recurvados. A vitamina D, portanto, é a vitamina antirraquítica.

No indivíduo adulto, cujos ossos já estão totalmente formados, a deficiência da vitamina D provoca osteomalacia (amolecimento dos ossos).

Além das alterações ósseas, a falta dessa vitamina compromete, também, o desenvolvimento normal dos dentes, podendo causar dentição defeituosa e predisposição ao aparecimento de cárie.

Na realidade, existem três vitaminas do tipo D: vitamina D2 (ergocalciferol); vitamina D3 (7-deidrocolesterol ativado ou colecalciferol); e a vitamina D1, que é uma mistura das vitaminas D2 e D3. Todas exercem a mesma função.

Existem, também, duas provitaminas do tipo D: a provitamina D2 (ergosterol) e a provitamina D3 (7-deidrocolesterol inativo). Em nossa pele, sob a ação dos raios solares, essas provitaminas transformam-se, respectivamente, em vitaminas D2 e D3.

Vitamina E (Tocoferol)

É abundante em alimentos vegetais (óleos vegetais, verduras frescas, ervilha, aveia, cevada, milho, amendoim, banana, etc.). Da mesma forma, é encontrada em alimentos de origem animal, como carne, fígado e ovos. Além de ter ação antioxidante, também exerce ação protetora sobre a musculatura. Sua carência pode causar degeneração, atrofia e paralisia dos músculos esqueléticos.

OBSERVAÇÃO

Experiências realizadas com ratos constataram que os machos alimentados com rações deficientes de vitamina E apresentaram atrofia dos testículos (glândula em que são produzidos os espermatozoides) e, em consequência, tornaram-se estéreis. Por isso, essa vitamina é conhecida como vitamina antiestérel. Nas fêmeas desses animais, constatou-se que, embora continuassem a ter ovulação (liberação dos óvulos), a gestação não se completava (ocorriam abortos). Por isso, a vitamina também passou a ser conhecida como vitamina da fecundação. Na espécie humana, não existe comprovação de que a carência da vitamina E seja um fator de esterilidade ou de abortos espontâneos. O efeito antiestérel dessa vitamina no homem ainda é bastante discutido pelos pesquisadores.

Vitamina K (Filoquinona, Naftoquinona, Menadiona)

Fígado, hortaliças folhosas (alface, couve, espinafre, etc.), alho e legumes são importantes fontes dessa vitamina, que também é sintetizada por bactérias da nossa microbiota intestinal.

Tal vitamina é indispensável ao processo de coagulação do sangue. Assim, nos indivíduos carentes de vitamina K, o sangue demora mais tempo para se coagular, aumentando o tempo da hemorragia (perda de sangue), o que em certos casos pode ser fatal. Por isso, a vitamina K é conhecida como vitamina anti-hemorragica.

VITAMINAS EM EXCESSO

Não há dúvida de que as vitaminas são essenciais para a vida. Entretanto, o seu consumo em excesso e sem supervisão pode acarretar situações desfavoráveis à promoção da saúde. Diversos órgãos, a exemplo da Organização Mundial da Saúde, Ministério da Saúde e Anvisa, recomendam suplementação vitamínica apenas para grupos e situações específicas. O próprio Conselho Federal de Medicina, em seu artigo 13, coloca como proibido o uso indiscriminado de megadoses de vitaminas, já que uma alimentação balanceada possui as substâncias necessárias para a prevenção de doenças, devendo as suplementações servirem para suprir deficiências nutritivas específicas.

Estudos estão sendo realizados para que o consumo em excesso de vitaminas seja melhor entendido, mas alguns demonstram que, em determinados casos, altas doses podem estar relacionadas com riscos para a saúde, ocasionando desde distúrbios – por exemplo, gastrointestinais –, até algumas doenças – como cânceres.



Jogo das vitaminas

Nesse objeto de aprendizagem, você, com uma cesta, deverá recolher os alimentos nos quais determinada vitamina está presente em quantidades significativas. Fique atento para relacionar corretamente e não perder pontos. Boa atividade!



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMS) As vitaminas podem ser classificadas, quanto à solubilidade, em hidrossolúveis ou lipossolúveis. Considerando tal classificação e observando que as deficiências vitamínicas, ou seja, as hipovitaminoses ou avitaminoses, podem causar doenças, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

01. A deficiência de vitamina B1 (tiamina), classificada como hidrossolúvel, causa o beribéri.
02. A pelagra é causada pela deficiência da vitamina E (tocoferol), classificada como hidrossolúvel.
04. O escorbuto é causado pela deficiência de vitamina B9 (ácido fólico), classificada como lipossolúvel.
08. A vitamina A (retinol), classificada como hidrossolúvel, previne a anemia perniciosa.
16. A deficiência de vitamina D (calciferol), classificada como lipossolúvel, causa o raquitismo.
32. A vitamina C (ácido ascórbico), classificada como lipossolúvel, previne a cegueira noturna.

Dê como resposta a soma das proposições corretas.

Soma ()

02. (Cesgranrio) Foi feita a análise da composição química do corpo inteiro de um pequeno animal, determinando-se as taxas percentuais das seguintes categorias de substâncias: água, proteínas e nucleoproteínas, lipídios, carboidratos, sais minerais (cinzas) e vitaminas.

Assinale, entre as taxas a seguir referidas, a que deve corresponder às vitaminas, de acordo com o que se sabe sobre sua significação nutritiva e suas exigências na alimentação.

- A) > 60%
- B) < 1%
- C) 5%
- D) 13%
- E) 16%

03. (UFES) As vitaminas são alimentos essenciais porque

- A) são altamente energéticas.
- B) fazem parte da estrutura das membranas.
- C) fornecem aminoácidos para a síntese das proteínas.
- D) atuam junto com as enzimas, auxiliando a catálise das reações biológicas.
- E) participam dos processos de transmissão dos estímulos de uma célula para outra.

04. (UFRGS-RS-2015) Observe a tira a seguir.

D48R

Radicci Iotti



IOTTI. Zero Hora, 11 abr. 2014.

Se o filho do Radicci tornar-se vegetariano do tipo que não utiliza produtos derivados de animais, ficará impossibilitado de obter, em sua dieta, a vitamina

- A) B12, que atua na formação de células vermelhas do sangue.
 B) B12, que é encontrada nos pigmentos visuais.
 C) D, que auxilia na formação do tecido conjuntivo.
 D) E, que é responsável pela absorção de cálcio.
 E) E, que participa da formação de nucleotídeos.
05. (Mackenzie-SP) Uma criança apresenta crescimento deficiente, teores de cálcio e fosfato aumentados nas fezes, ossos arqueados sugerindo raquitismo. Esses sintomas podem ter como causa _____ e é possível prevenir ou curar esses sintomas com _____. A alternativa que preenche corretamente esses espaços é:
- A) avitaminose D – leite, ovos, manteiga e Sol.
 B) avitaminose A – leite, manteiga e óleo de fígado de peixes.
 C) avitaminose D – vegetais e frutos como caju e goiaba.
 D) avitaminose A – cereais, carne e leguminosas.
 E) avitaminose C – vegetais e frutos como caju e goiaba.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UFRN) Analise as informações I, II, III e IV e, em seguida, assinale a opção em que todos os números correspondem a características das vitaminas:
- I. São produzidas por vegetais e alguns outros organismos.
 II. Possuem função estrutural e energética.
 III. São necessárias, em doses mínimas, aos organismos.
 IV. Exercem papel de complemento alimentar.
- A) I, III e IV.
 B) I, II e IV.
 C) II, III e IV.
 D) I, II e III.

02. (IFSC-SC-2016) Leia o texto com atenção e assinale a alternativa correta.

A vitamina (X) é produzida pelo próprio organismo com o auxílio da luz solar e interage com hormônios que regulam a quantidade de cálcio no organismo. Quando uma pessoa se expõe ao Sol, os raios ultravioleta são absorvidos e atuam com o colesterol, transformando-o num precursor da vitamina (X). Pode ser encontrada em alimentos como fígado, gema de ovos e óleos de peixe. Sua deficiência causa o raquitismo, tanto em crianças como em adultos.

A vitamina (X) à qual o texto se refere é a

- A) vitamina B12.
 B) vitamina A.
 C) vitamina D.
 D) vitamina C.
 E) vitamina E.
03. (CMMG-2015) Morcegos frutívoros acabam ingerindo inadvertidamente – (o bicho é “ceguinho”) – insetos e outros componentes de origem animal quando se deliciam com seus frutos preferidos. Esses animais, quando mantidos em cativeiros, recebendo uma dieta de frutas lavadas, acabam morrendo de neuropatia num período aproximado de nove meses. O fato anteriormente descrito está relacionado com a deficiência de
- A) cobalamina ou vitamina B12.
 B) tocoferol ou vitamina E.
 C) ácido ascórbico.
 D) vitamina A.
04. (Cesgranrio) Suponha que um determinado pernillongo esteja com deficiência de vitamina A e que procure uma fonte rica nessa vitamina. Tem que optar por picar indivíduos entre um grupo de pessoas sofrendo de doenças carenciais. Dentre pacientes acometidos das doenças a seguir, deve ter preterido o que apresenta
- A) beribéri.
 B) cegueira noturna.
 C) escorbuto.
 D) raquitismo.
 E) queilose.

05. (UFJF-MG-2015) As vitaminas são compostos orgânicos, necessários em pequenas quantidades, sendo essenciais para a realização de muitos dos processos que ocorrem no nosso organismo. Várias doenças são causadas por uma deficiência em vitaminas. O escorbuto, o beribéri e a anemia perniciosa são doenças associadas à carência de quais vitaminas, respectivamente?
- A) C, B1 e B12
 D) C, B2 e B9
 B) E, B6 e B9
 E) E, B12 e B9
 C) A, B1 e B5

- 06.** (PUC Minas) As deficiências de vitaminas A, tiamina, C e nicotinamida produzem, respectivamente,
- acrodinia, raquitismo, alopecia, beribéri.
 - cegueira noturna, beribéri, escorbuto, pelagra.
 - deficiência de coagulação, alopecia, raquitismo, pelagra.
 - pelagra, escorbuto, raquitismo, xeroftalmia.
 - xeroftalmia, beribéri, escorbuto, deficiência de coagulação.

07. (UERJ)
0012

Megadoses de desconfiança

Utilização de tratamentos alternativos e práticas de terapia ortomolecular provocam polêmica entre médicos.

ÉPOCA, 14 set. 1998.

Algumas vitaminas, entre elas o ácido ascórbico e o tocoferol ou vitamina E, são preconizados em doses elevadas pelos defensores da chamada medicina ortomolecular, com o objetivo de prevenir uma série de doenças provocadas, segundo eles, por um acúmulo de radicais livres no organismo.

A utilização com essa finalidade está baseada na seguinte propriedade química dos compostos citados:

- Oxidante.
- Redutora.
- Detergente.
- Emulsionante.

08. (UEA-AM-2016) O alcoolismo crônico é apenas uma das muitas doenças causadas pela ingestão excessiva de álcool. Um dos problemas associados ao consumo de bebidas alcoólicas é a inibição da absorção de tiamina (vitamina B1) que, dentre outras funções, também é essencial ao funcionamento de diversas enzimas envolvidas no processo de respiração celular. Assim, num quadro de deficiência de tiamina, causada por alcoolismo crônico, espera-se que o indivíduo apresente os seguintes sintomas:

- Insônia, cansaço e fraqueza muscular.
- Cegueira noturna, anemia e baixa produção de hemácias.
- Hemorragia nas gengivas, descalcificação dentária e anemia.
- Osteoporose, cansaço e cegueira noturna.
- Risco aumentado de doenças cardíacas, hipertensão e câncer na próstata.

09. (UFSJ-MG) Os seres humanos são animais e, portanto, heterotróficos. Ou seja, sua fonte de energia vem da alimentação. Ainda assim, do ponto de vista nutricional, precisamos do Sol, pois

- o retinol, de extrema importância para a pele e seus anexos, é convertido em vitamina D pelos raios UV.
- a ativação da melanina é fundamental para a obtenção de vitamina D.
- os raios solares são importantes na obtenção de vitamina E.
- os alimentos fornecem provitaminas D, que precisam ser convertidas em calciferol pela luz solar.

10. (CEFET-MG-2016) Nossa pele é rica em coлекаliferol, que também pode ser obtido do fígado de peixe e da gema de ovo, por exemplo. Porém, essa substância está inerte e, quando os raios ultravioleta do Sol atingem nosso corpo, ela se transforma em sua forma ativa: a vitamina D. Um médico recomendou a um idoso que tomasse banhos de Sol regularmente.

Disponível em: <<http://super.abril.com.br>>.

Acesso em: 09 set. 2015 (Adaptação).

Essa recomendação é importante especialmente para idosos porque essa vitamina reduz o(a)

- ocorrência de icterícias.
- risco de câncer de pele.
- enfraquecimento ósseo.
- taxa de envelhecimento.

11. (FUVEST-SP) No interior do Maranhão, uma doença que vitimou muitas pessoas começava com dormência e inchaço nas pernas, evoluindo para paralisia, insuficiência respiratória e cardíaca. Esses sintomas são iguais aos do beribéri, moléstia conhecida há mais de 2 000 anos. Nas primeiras décadas do século XX, o beribéri foi relacionado à carência da vitamina B, usualmente encontrada em cereais integrais, legumes, ovos e leite. O quadro carencial, comum em lugares pobres, onde a alimentação é inadequada, pode ser agravado pela ingestão de bebidas alcoólicas e pelo contato com agrotóxicos. Como no passado, também hoje, as vítimas do beribéri, no interior do Maranhão, são subnutridas, sendo sua alimentação baseada quase exclusivamente em arroz branco. Em uma das comunidades afetadas, foram feitas algumas propostas, visando a combater a doença:

- Incentivar o cultivo de hortas domésticas e a criação de pequenos animais para consumo.
- Isolar as pessoas afetadas e prevenir a doença com uma campanha de vacinação.
- Orientar os trabalhadores da região sobre o uso de equipamentos de proteção individual, quando da manipulação de agrotóxicos.

Entre as três propostas, pode(m) contribuir para o combate à doença, apenas

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

12. (UERJ) Toda alimentação apresenta vitaminas que estimulam a atividade enzimática das células, contribuindo para um bom funcionamento orgânico. Podem ser encontradas em vegetais e em alguns micro-organismos. Elas se distinguem das demais substâncias porque não são fonte de energia e não apresentam papel estrutural na célula.

Com base no trecho anterior, assinale a afirmativa correta.

- A) A vitamina E auxilia na coagulação do sangue, podendo ser encontrada em frutas, carnes e hortaliças.
B) Pessoas com lesões nos nervos, músculos e pele necessitam ingerir alimentos ricos em ácido fólico, tais como frutas, amendoim e feijão.
C) Carnes, fígado, ovos e laticínios são fontes de vitamina B12, importantes na formação de hemácias e no metabolismo dos ácidos nucleicos.
D) A vitamina D, encontrada em óleo de peixe, fígado e gema de ovo, tem a função de proteger parte das células contra a oxidação e os radicais livres.

13. (FCM-PB-2017) Os radicais livres são espécies químicas feitas naturalmente pelas mitocôndrias do organismo humano. São altamente reativos e instáveis pela presença de um ou mais elétrons desemparelhados. São formados durante o processo respiratório e a digestão celular. Também podem ser formados por fatores externos como fumaça de cigarro, radiação e álcool. A participação dos radicais livres já foi comprovada em mais de 50 tipos de doenças, entre elas: doenças reumatológicas, cardiovasculares, Alzheimer, câncer, depressão. Os radicais livres que se originam das reações químicas, das quais o O_2 participa, tem efeitos drásticos sobre a membrana biológica. Diante do exposto, pergunta-se: Entre as substâncias que protegem as membranas lipoproteicas da ação dos radicais livres, podemos citar:

- A) Vitaminas A e E e substâncias presentes na manga.
B) Vitaminas A e K e substâncias presentes no tomate.
C) Vitaminas C e K e substâncias presentes na castanha.
D) Vitaminas E e B e substâncias presentes nos frutos do mar.
E) Vitaminas B e K e substâncias presentes na castanha do Pará.

14. (UFMG) Esta tabela refere-se ao teor de minerais e de vitaminas expressos em mg por 100 g de parte comestível de alguns alimentos.

Alimento	Minerais			Vitaminas		
	Ca	P	Fe	A	B1	C
Abacate	13	47	0,7	20	0,07	12
Couve	203	63	1,0	650	0,20	92
Goiaba	22	26	0,7	26	0,04	218
Grão-de-bico	68	353	7,0	0	0,46	5

Com base nos dados dessa tabela, assinale a alternativa que contém uma recomendação alimentar inadequada.

- A) Abacate para pessoas que sofrem de beribéri.
B) Couve para alguém com osteoporose e xerofthalmia.
C) Goiaba para quem sofre de escorbuto.
D) Grão-de-bico para pessoas anêmicas.

15. (UFPR) Um problema do estilo de vida nas grandes cidades é que as pessoas, cada vez menos, tomam banhos de Sol. Dentre fatores que podem decorrer desse problema está o aumento da predisposição à osteoporose, que é a descalcificação dos ossos, ou o raquitismo, em crianças.

Qual a vitamina, cujo precursor é ativado por luz solar, envolvida nesses processos? Qual a função dessa vitamina na prevenção das doenças mencionadas anteriormente?

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil.

Os últimos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira estão acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e os remédios que prometem um emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos, foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação das lipases, enzimas que aceleram a reação de quebra de gorduras. Sem serem quebradas, elas não são absorvidas pelo intestino, e parte das gorduras ingeridas é eliminada com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contraindicações, pois a gordura não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois

- A) essas vitaminas, por serem mais energéticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.
 B) a ausência dos lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.
 C) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.
 D) as lipases também desdobram as vitaminas para que estas sejam absorvidas.
 E) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.

02. O enriquecimento de alimentos com nutrientes essenciais para o homem é uma prática que vem aumentando por parte da indústria alimentícia.

As opções abaixo representam nutrientes acrescentados a alguns alimentos, com as respectivas vantagens para o homem.

- I. Biscoitos enriquecidos com cálcio, nutriente importante para prevenir o escorbuto.
 II. Farinha de trigo com ferro, para diminuir a incidência de anemia.
 III. Leite enriquecido com vitamina A, importante na prevenção da diarreia.
 IV. Sucos acrescidos de vitamina C, que apresenta ação antioxidante.

É correto o que se afirma apenas em

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

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. Soma = 17
 02. B
 03. D
 04. A
 05. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. A
 02. C
 03. A
 04. B
 05. A
 06. B
 07. B
 08. A
 09. D
 10. C
 11. D
 12. C
 13. A
 14. A
 15. A vitamina em questão é a vitamina D. Ela é indispensável para a absorção intestinal do cálcio e sua fixação em ossos e dentes. A falta de vitamina D pode causar raquitismo, osteoporose e outros transtornos.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. E
 02. D



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Citologia: Revestimentos Externos da Célula

Na matéria viva, assim como na matéria bruta, os átomos se associam formando as moléculas. Entretanto, na matéria viva, ao contrário da matéria bruta, as moléculas se organizam formando estruturas que se associam, originando unidades mais complexas, denominadas células.

A célula pode ser conceituada como a unidade morfofisiológica dos seres vivos. Unidade morfológica, porque todos os seres vivos (com exceção dos vírus) são constituídos de células; unidade fisiológica, porque a célula é a menor porção do ser vivo capaz de desempenhar as funções relacionadas à manutenção da vida no organismo.

Em sua maioria, as células são estruturas microscópicas, cujas dimensões são medidas em unidades especiais, como o micrômetro (μm), o nanômetro (nm) e o angstrom (\AA).

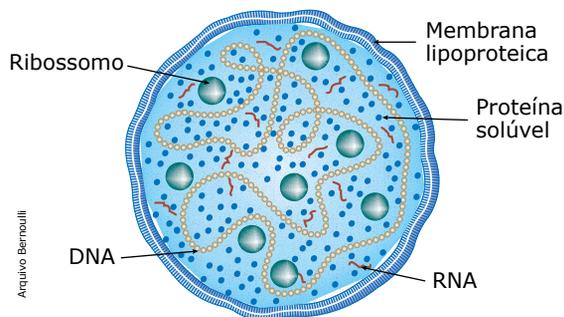
$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ mm}$
(um milésimo do milímetro)

$1 \text{ nm} = 0,000001 \text{ mm} = 10^{-6} \text{ mm}$
(um milionésimo do milímetro)

$1 \text{\AA} = 0,0000001 \text{ mm} = 10^{-7} \text{ mm}$
(um décimo milionésimo do milímetro)

Unidades usadas para medir as dimensões das estruturas celulares – Tradicionalmente, a milésima parte do milímetro era chamada micron (singular) e micra (plural). Seu símbolo era μ . Modernamente, prefere-se o termo micrômetro (μm). É importante não confundir μm (micrômetro) com $\text{m}\mu$ (milimicra), que é a milésima parte do micrômetro. Atualmente, o milimicra foi substituído por outro nome: o nanômetro (nm).

As menores células conhecidas são as dos PPLO (Pleuro-Pneumoniae Like Organisms), que chegam a medir cerca de $0,1 \mu\text{m}$ de diâmetro.



Representação da célula de PPLO ao ME (microscópio eletrônico). Os PPLO são parasitos que causam doenças respiratórias, especialmente em aves.

Alguns poucos exemplos de células possuem dimensões macroscópicas, podendo, inclusive, serem vistas a olho nu. É o caso, por exemplo, da célula da alga marinha acetabulária, que pode chegar a 10 cm de comprimento.

Geralmente, a forma da célula está diretamente relacionada com a função que esta realiza no organismo. Cada tipo celular é especializado para o exercício de determinadas funções.

COMPONENTES DA CÉLULA

Podemos dizer que, de um modo geral, as células apresentam três componentes básicos ou fundamentais: revestimento externo, citoplasma e material nuclear.

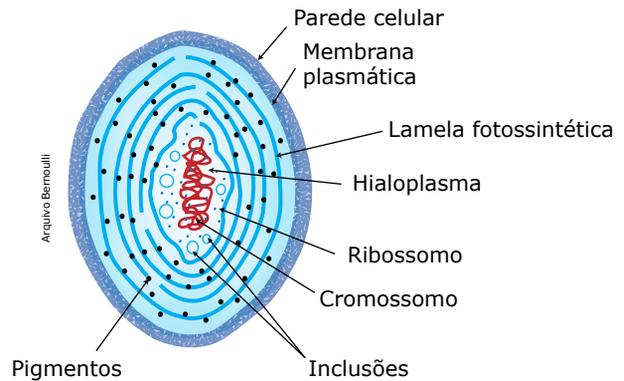
De acordo com a complexidade de organização, existem dois tipos de células: procariotas e eucariotas.

- 1) As **células procariotas (procarióticas, protocélulas)** são as menos complexas e, geralmente, menores do que as eucariotas. Não possuem núcleo individualizado, uma vez que não têm membrana nuclear (carioteca) separando o material nuclear do material citoplasmático. O filamento cromossômico fica em contato direto com o citoplasma. A região ocupada pelo cromossomo na célula procariota chama-se nucleóide. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de procariontes (do grego *protos*, primitivo, e *karion*, núcleo) e estão representados pelas bactérias, incluindo as cianobactérias (anteriormente chamadas de cianofíceas ou algas azuis). Algumas bactérias, como as do grupo das riquetsias e das clamídias, são parasitos intracelulares obrigatórios e, dessa forma, só conseguem se autoduplicar com a colaboração de material obtido das células que estão parasitando e, por isso, suas células são ditas procariotas incompletas. Segundo alguns autores, as células incompletas são células "degeneradas", isso é, no decorrer do tempo, perderam parte do DNA de suas enzimas e, portanto, sua autonomia, tornando-se dependentes das células que se conservaram completas.
- 2) As **células eucariotas (eucarióticas, eucélulas)** são mais complexas. Além do núcleo individualizado, ou seja, separado do citoplasma pela membrana nuclear, apresentam um maior número de estruturas em seu interior. Os seres que possuem esse tipo de célula são chamados de eucariontes (do grego *eu*, verdadeiro, e *karion*, núcleo).

No quadro a seguir, em que (+) significa presença e (-) ausência, temos, de modo geral, uma síntese das principais estruturas celulares e os tipos de células nas quais podem ser encontradas.

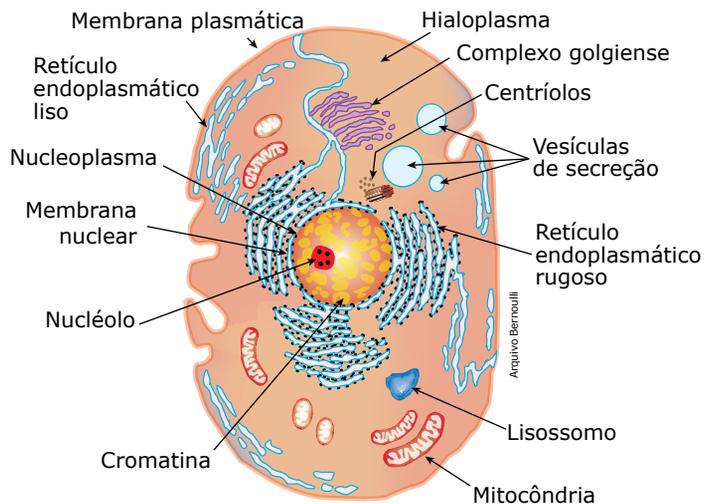
Componente celular	Célula procaríota	Célula eucariota animal	Célula eucariota vegetal
Membrana plasmática	+	+	+
Parede celular	+ (maioria) - (poucas)	-	+
Hialoplasma	+	+	+
Ribossomos	+	+	+
Retículo endoplasmático	-	+	+
Complexo golgiense	-	+	+
Mitocôndrias	-	+	+
Plastos	-	-	+
Lisossomos*	-	+	*
Vacúolo(s)	-	+ (pequeno)	+ (grandes e pouco numerosos)
Centríolos	-	+	+ (vegetais inferiores) - (vegetais superiores)
Carioteca	-	+	+
Cromossomo(s)	+	+	+
Nucléolo(s)	-	+	+

*A presença de lisossomos em células vegetais é bastante discutida. As células das plantas parecem não conter lisossomos.

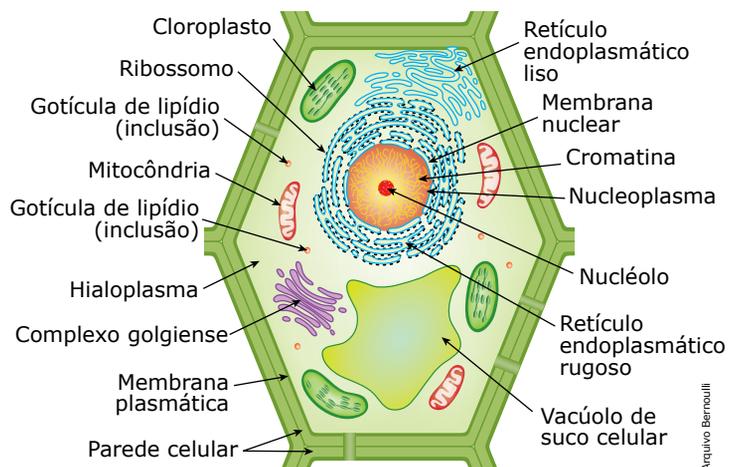


Célula de cianobactéria.

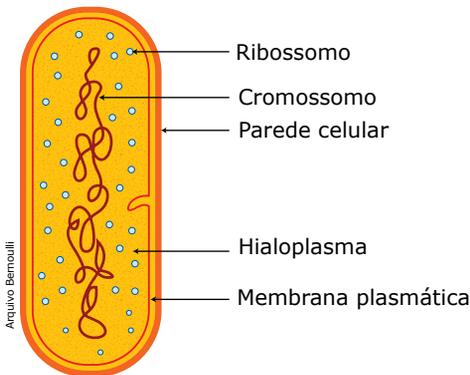
Célula eucariota animal



Célula eucariota vegetal



Células procaríotas



Célula de bactéria.

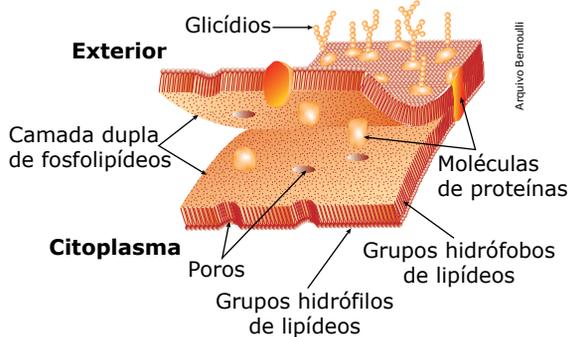
REVESTIMENTOS EXTERNOS DA CÉLULA



Membrana plasmática

Também conhecida por membrana citoplasmática, membrana celular ou ainda plasmalema, é uma película muito fina (cerca de 75 a 100 Å de espessura) que envolve e protege as células, visível apenas ao microscópio eletrônico (ME). Está presente em qualquer tipo de célula, seja ela procaríota ou eucaríota.

Basicamente, é formada por fosfolipídios e por proteínas (por isso se diz que possui uma composição química lipoproteica). Segundo o modelo de Singer e Nicholson, também conhecido por modelo do mosaico fluido, proposto em 1972, a membrana plasmática possui uma matriz lipídica constituída de duas camadas de fosfolipídios em que se inserem moléculas de proteínas globulares.



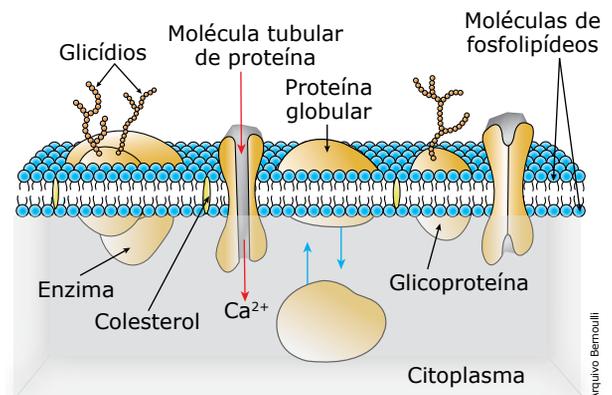
Modelo do mosaico fluido.

Os fosfolipídios conferem fluidez à membrana. As proteínas são responsáveis pela maioria das funções da membrana plasmática: algumas são enzimas e catalisam certas reações que ocorrem na membrana; outras funcionam como "receptores" de membrana, possuindo um papel importante no "reconhecimento" de substâncias produzidas pelo organismo ou vindas do meio externo: é assim, por exemplo, que os antígenos (proteínas estranhas ao organismo) são "reconhecidos" pelos linfócitos (células relacionadas com a produção de anticorpos). Existem, ainda, proteínas que funcionam como transportadoras ou carregadoras, exercendo um papel fundamental na entrada e na saída de substâncias da célula.

Na maioria das células animais, a membrana plasmática possui também alguns glicídios ligados a certas proteínas ou mesmo aos lipídios, formando moléculas de glicoproteínas ou de glicolipídios. Essas glicoproteínas e glicolipídios se entrelaçam, formando uma malha de aspecto gelatinoso que envolve a célula como uma vestimenta, denominada glicocálix (do grego *glykys*, doce, açúcar, e do latim *calyx*, casca, envoltório). Além de conferir maior proteção à célula animal contra agressões físicas e químicas do ambiente externo, acredita-se que o glicocálix atue na retenção de nutrientes que tocam a superfície celular, possibilitando que sejam posteriormente introduzidos no meio intracelular através de mecanismos especiais, como a pinocitose, que serão vistos adiante. O glicocálix também é responsável pelo reconhecimento de células de uma mesma variedade ou de um mesmo tecido ou órgão. Vários experimentos comprovaram a participação do glicocálix nesse reconhecimento celular. Um deles pode ser assim resumido: células do fígado e células dos rins foram isoladas, individualizadas e colocadas numa mesma solução, que foi, então, agitada levemente para facilitar o contato entre as células.

Com a agitação, as células se chocaram ao acaso. As células separadas foram capazes de se reagrupar, reconhecendo-se pelas substâncias em seus glicocálices. Assim, após certo tempo, observou-se o aparecimento de dois aglomerados celulares distintos: um deles só contendo células hepáticas, enquanto o outro tinha apenas células renais, ou seja, as células de um mesmo tipo aceitaram-se mutuamente, aderindo umas às outras e formando aglomerados celulares distintos. É também graças ao glicocálix que ocorre o fenômeno da inibição por contato, observado durante as divisões celulares (mitoses). Colocando-se dois grupos separados de células normais num mesmo meio de cultivo, cada grupo de células cresce separadamente, mas quando os glicocálices das células de um grupo se encontram com as células do outro grupo, as mitoses cessam. Se o mesmo procedimento for feito em dois grupos de células cancerosas, as divisões celulares não param. Depois de se encontrarem, as células cancerosas continuam se dividindo e amontoam-se desordenadamente umas sobre as outras. Isso mostra que as células cancerosas perdem a propriedade da inibição por contato.

Outro componente químico que também faz parte da estrutura da membrana plasmática das células animais é o colesterol, componente que diminui a fluidez da membrana. Não há colesterol nas membranas das células de plantas nem nas membranas de bactérias.



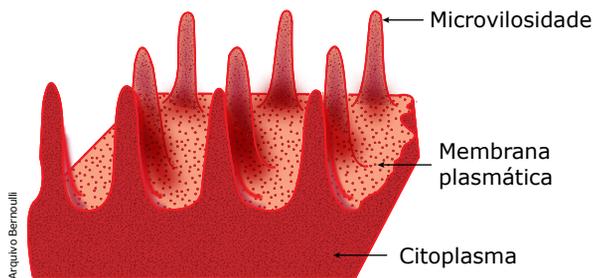
Modelo do mosaico fluido.

As proteínas não têm um lugar fixo, podendo se deslocar de um lado para outro ao longo da matriz lipídica, ir à tona ou mergulhar no citoplasma. As proteínas da membrana podem ser divididas em dois grupos: integrais (intrínsecas), quando firmemente inseridas na matriz lipídica, e periféricas (extrínsecas), quando não firmemente inseridas. Cerca de 70% das proteínas da membrana são integrais, algumas, inclusive, atravessam inteiramente a matriz lipídica e, por isso, são chamadas de proteínas transmembrana.

Para que a célula possa desempenhar melhor determinadas funções, a membrana plasmática pode apresentar certas modificações ou especializações. Entre elas, destacamos: microvilosidades, desmossomos, interdigitações, zônula de oclusão e junções comunicantes.

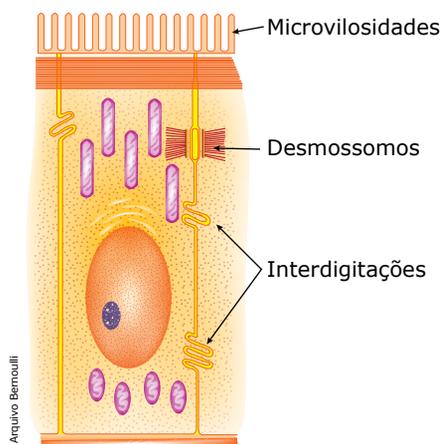
- **Microvilosidades (microvilos, borda em escova, orla em escova)** – São evaginações (projeções para fora) da superfície da membrana que lembram, em microscopia eletrônica, minúsculos dedos, vindo daí o seu nome.

As microvilosidades estão presentes em determinadas células eucaríotas de animais e têm a finalidade de aumentar a superfície de absorção de substâncias.



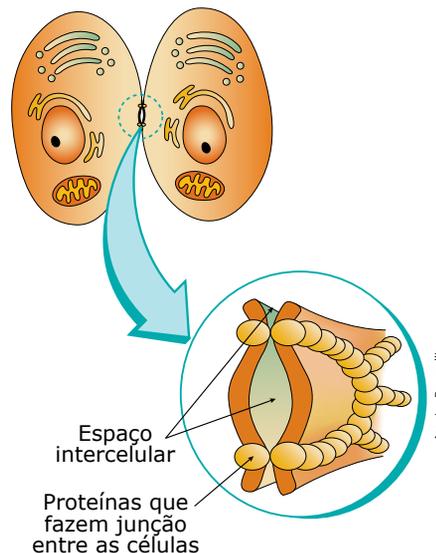
Microvilosidades – No tecido epitelial que reveste internamente o nosso intestino delgado, as células possuem essas modificações que aumentam a superfície de contato da membrana plasmática das células com os nutrientes resultantes da digestão dos alimentos. Isso garante, assim, uma absorção mais rápida e mais eficiente desses nutrientes.

- **Desmossomos (desmossomas, máculas de adesão)** – São modificações que aparecem nas membranas adjacentes de células vizinhas, notadamente no tecido epitelial. Sua finalidade é promover uma maior adesão (união) entre as células. Na região onde aparecem os desmossomos, o espaço entre as membranas das células vizinhas é preenchido por glicoproteínas com propriedades adesivas. Na face citoplasmática de cada membrana, há uma camada amorfa, densa, denominada placa do desmossomo, na qual se inserem filamentos intermediários (tonofilamentos) que se aprofundam no interior da célula, dando sustentação mecânica. Os desmossomos são as principais estruturas que mantêm as células epiteliais bem unidas.
- **Interdigitações** – São projeções laterais da membrana plasmática de uma célula que se encaixam em depressões da membrana da célula vizinha, formando dobras que proporcionam uma maior união das células. Essas modificações também aparecem entre células vizinhas do tecido epitelial.



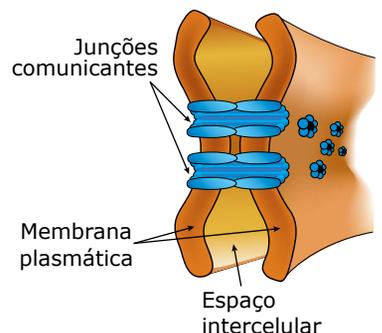
Especializações da membrana plasmática.

- **Zônula de oclusão** – É uma região contínua em torno da região apical de certas células epiteliais, em que os folhetos externos das membranas plasmáticas das duas células vizinhas se fundem, vedando o espaço intercelular.



Zônula de oclusão – Além de contribuir para a adesão entre as células, a zônula de oclusão impede a passagem de substâncias pelo espaço intercelular. Desse modo, as substâncias que passam pela camada epitelial o fazem através das células, sendo submetidas ao controle celular. No intestino delgado, por exemplo, no qual, entre as células, existem zônulas de oclusão, os nutrientes que serão absorvidos da cavidade intestinal têm de passar por dentro das células, o que garante o controle dos alimentos que devem ser absorvidos pela membrana celular.

- **Junção comunicante (nexo, gap junction)** – Observada em células epiteliais, musculares lisas, musculares cardíacas e nervosas, é uma estrutura formada por tubos proteicos paralelos que atravessam as membranas das duas células vizinhas, estabelecendo entre elas uma comunicação que permite a troca e a passagem de certas substâncias (nucleotídeos, aminoácidos, íons). Não permite, entretanto, a passagem de macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos).



Junção comunicante.

A membrana plasmática não isola totalmente a célula do meio extracelular. Como é uma unidade viva, a célula precisa adquirir certas substâncias do meio externo para garantir sua sobrevivência, assim como precisa eliminar algumas substâncias que estejam em excesso ou que sejam tóxicas ao meio intracelular.

A passagem de substâncias através da membrana plasmática pode ser realizada por diferentes mecanismos de transporte.

Membrana plasmática

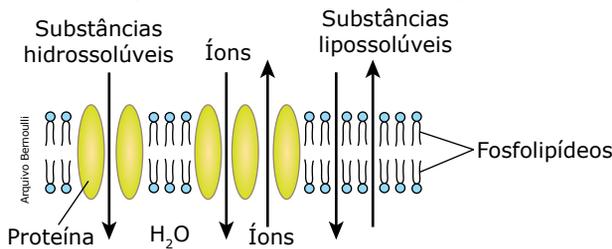
Nesse objeto de aprendizagem, você poderá observar a estrutura da membrana plasmática e seus principais componentes, bem como a sua função de permeabilidade seletiva. Bom vídeo!

Transporte passivo

A passagem de substâncias através da membrana se faz sem consumo ou gasto de energia (ATP) por parte da célula. Nesse caso, as pequenas moléculas e íons passam livremente por meio da matriz fosfolipídica ou dos poros e canais existentes na membrana, obedecendo às leis naturais da difusão.

A difusão é o fluxo de partículas (moléculas, íons) de uma região em que estejam em maior concentração para outra em que a quantidade dessas partículas seja menor. Esse fluxo é feito até que se estabeleça uma situação de equilíbrio, isto é, até que haja uma mesma concentração nas duas regiões. Uma vez atingida essa mesma concentração, continua havendo passagem das partículas, mas agora na mesma velocidade em ambos os sentidos.

Em se tratando de células, a difusão de substâncias pode ser feita do meio intracelular para o extracelular ou vice-versa. Assim, quando no meio intracelular há uma concentração maior de determinadas partículas em relação ao extracelular, as partículas tendem a sair da célula; se, ao contrário, houver uma menor concentração no meio intracelular em relação ao extracelular, as partículas tenderão a penetrar na célula. Água, O₂, CO₂, monossacarídeos, aminoácidos e substâncias lipossolúveis são exemplos de substâncias que entram ou saem da célula por difusão.



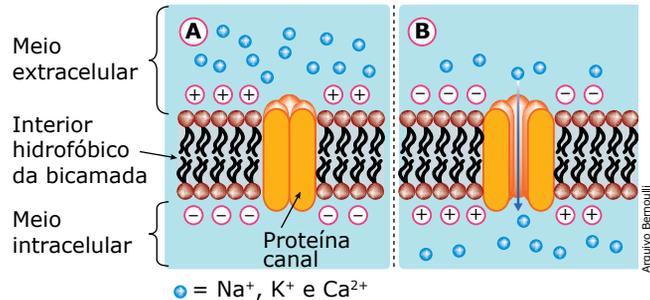
Difusão por meio da membrana plasmática.

De modo geral, quanto maior a solubilidade da substância em lipídios, maior será a velocidade de difusão das suas moléculas através da membrana. Oxigênio, gás carbônico, álcool e outras são tão solúveis em água como em lipídios. Dessa forma, as moléculas dessas substâncias difundem-se mais rapidamente, ou seja, passam mais rapidamente por meio da membrana plasmática. Enquanto essas substâncias lipossolúveis atravessam a matriz fosfolipídica, a água e as substâncias hidrossolúveis atravessam a membrana por difusão através de canais formados por moléculas de proteínas.

Conforme seja feita com a ajuda ou não de proteínas da própria membrana, a difusão pode ser simples ou facilitada.

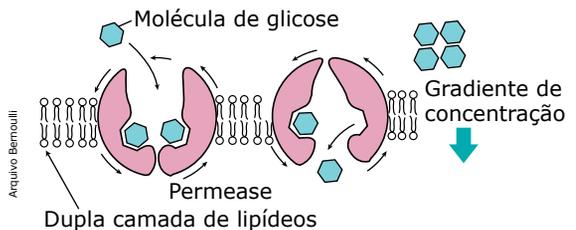
- **Difusão simples** – Nesse caso, as partículas atravessam a membrana sem a ajuda de proteínas “carregadoras” ou “transportadoras”, denominadas permeases, existentes na própria membrana. É o que acontece, por exemplo, com o O₂ entrando na célula e com CO₂ saindo da célula.

- **Difusão facilitada** – A passagem de substâncias através da membrana é feita com a ajuda de proteínas da própria membrana, denominadas genericamente de permeases. Algumas permeases formam canais proteicos que comunicam o meio intracelular com o meio extracelular, enquanto outras se ligam às moléculas do soluto, carregando-as (carregando-as) rapidamente para o meio intra ou extracelular.



Difusão facilitada através de canais iônicos.

Alguns íons, como Na⁺, K⁺ e Ca²⁺, podem atravessar a membrana através de canais de proteínas denominados canais iônicos. Esses canais funcionam como “portões” que podem estar fechados ou abertos à passagem de íons. Diferentes estímulos, como mudança de carga elétrica das membranas, podem alterar a forma das proteínas do “canal portão” e, assim, determinar a abertura ou o fechamento deste. Uma vez aberto, em poucos segundos, os íons podem atravessá-lo. A rapidez com que isso acontece e a direção do fluxo (para dentro ou para fora da célula) dependem do gradiente de concentração desses íons entre os meios intra e extracelular. Os sinais (+) e (-) representam a polaridade elétrica através da membrana.



Difusão facilitada com proteína carreadora.

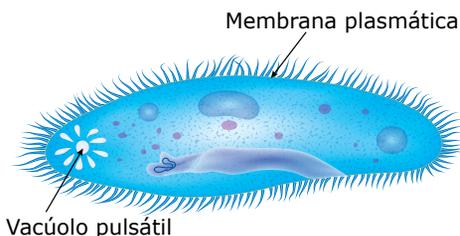
Uma molécula de soluto, glicose por exemplo, que esteja em maior concentração no meio extracelular, liga-se a um sítio ativo de uma permease específica, alterando a conformação dessa proteína, permitindo, assim, que o soluto seja lançado rapidamente para dentro da célula. Liberando a glicose no meio intracelular, a proteína carreadora volta à sua estrutura original e fica pronta para se ligar à outra molécula de glicose. Essa modalidade de transporte também é conhecida por modelo em “pingue-pongue” por causa dos diferentes estados de conformação da proteína carreadora. No estado “pongue”, os sítios ligantes estão voltados para o meio extracelular e, no estado “pingue”, voltam-se para o meio intracelular.

Um caso particular de difusão é a **osmose**, que é a difusão apenas do solvente. Na osmose, a passagem apenas do solvente se faz da solução hipotônica (menos concentrada ou mais diluída) para a solução hipertônica (mais concentrada ou menos diluída), até que as duas soluções atinjam uma situação de equilíbrio, isto é, uma situação de isotonia (igualdade de concentração). Para que ocorra a osmose, é necessário que as duas soluções de concentrações diferentes estejam separadas por uma membrana semipermeável, ou seja, por uma membrana que se deixa atravessar apenas pelo solvente.

No caso das células, o solvente é a água e boa parte dela atravessa a membrana plasmática através de canais proteicos denominados de aquaporinas. Entretanto, é preciso salientar que a membrana plasmática não é uma membrana semipermeável perfeita, já que ela permite a passagem do solvente (água), mas permite também a passagem de certos tipos de soluto. O que acontece na realidade é que a velocidade com que as moléculas de água atravessam a membrana é muito maior do que a de qualquer soluto. Isso faz com que, em determinadas situações, a passagem do soluto seja desprezível. Nesse caso, podemos dizer que está ocorrendo osmose através da membrana plasmática. Temos de considerar, também, que nos meios intra e extracelular existem diversos tipos de soluto e que muitos deles, como acontece com a maioria das proteínas, por terem moléculas muito grandes, não conseguem passar livremente por meio da membrana. Assim, dependendo da concentração das soluções nos meios intra e extracelular, a célula pode sofrer osmose, perdendo ou ganhando água rapidamente.

Quando o meio extracelular é hipotônico em relação ao intracelular, haverá uma endosmose, isto é, entrada de água na célula por osmose. Por outro lado, quando o meio extracelular for hipertônico em relação ao intracelular, ocorrerá uma exosmose (saída de água da célula por osmose).

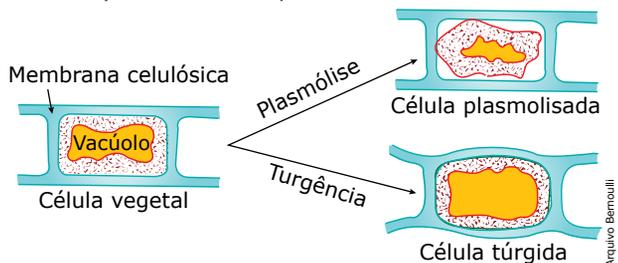
A entrada excessiva de água numa célula poderá ocasionar a plasmoptise, ou seja, a ruptura da membrana plasmática, devido à elevada pressão exercida pela água sobre a face interna da membrana, com a consequente morte da célula. Em outras palavras, a célula "estoura" devido ao excesso de água no seu interior. Algumas células, entretanto, conseguem evitar que isso ocorra. É o caso, por exemplo, das células dos protozoários dulcícolas (que vivem na água doce). Nas células desses protozoários, ocorre a formação de uma estrutura, denominada vacúolo contrátil ou pulsátil, que funciona bombeando água para fora da célula, impedindo, assim, que a quantidade de água se torne muito elevada no meio intracelular.



Paramecium, um protozoário dulcícola.

Nas células das plantas, das bactérias e dos fungos, a existência da parede celular rígida sobre a membrana plasmática também evita o rompimento da célula em consequência da entrada excessiva de água. Nessas células, após se atingir um volume máximo de distensão devido à entrada de água, a parede celular existente sobre a membrana plasmática passa a exercer uma força contrária à entrada de mais água no meio intracelular.

Nas células vegetais, a entrada de água por osmose (endosmose) recebe o nome especial de turgência ou turgescência, enquanto a saída de água por osmose (exosmose) é denominada plasmólise.



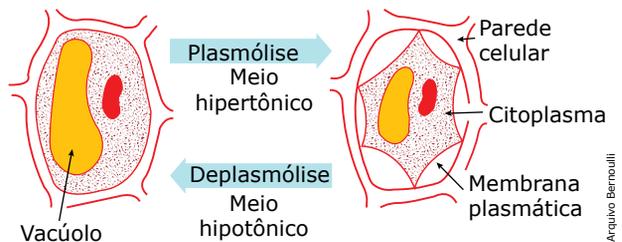
Osmose em célula vegetal.

- **Turgência** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipotônica, a água penetrará na célula vegetal por osmose e, consequentemente, o volume celular aumentará até que a pressão exercida pela parede celular passe a impedir a entrada de mais água. Nessa situação, em que a célula vegetal está com o seu volume máximo, diz-se que ela se encontra túrgida.

A estrutura da parede celular define o quanto ela pode ser esticada. Quanto menos elástica for a parede, menor será o volume de água que a célula poderá receber durante a turgência. A parede celular, à medida que se distende, exerce pressão contrária à entrada de água por osmose. Essa pressão é denominada pressão de turgência (PT) ou pressão da membrana celulósica (M).

- **Plasmólise** – Quando mergulhada em um meio contendo uma solução hipertônica, a célula vegetal perde água por osmose e, consequentemente, diminui o seu volume citoplasmático. O citoplasma se retrai, o vacúolo de suco celular murcha e a membrana plasmática descola-se em determinados pontos da parede celular, sofrendo uma retração junto ao citoplasma. Essa retração não é acompanhada pela parede celular (membrana de celulose). Uma célula vegetal nessas condições é dita plasmolisada.

Quando uma célula vegetal plasmolisada recebe água do meio extracelular e volta a ter o mesmo volume citoplasmático que possuía antes de sofrer a plasmólise, fala-se que ocorreu uma deplasmólise.



Ocorrência da plasmólise e deplasmólise.

Transporte ativo

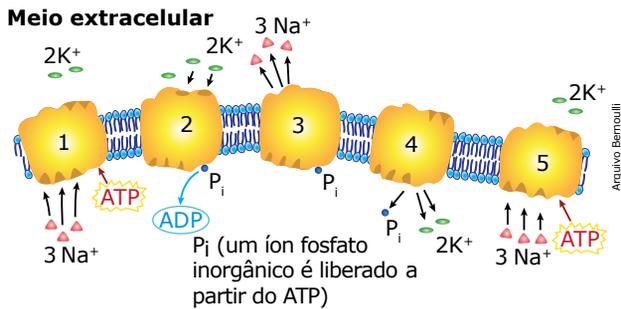
Muitas substâncias entram ou saem da célula, atravessando a membrana plasmática por um mecanismo de transporte ativo que, ao contrário do transporte passivo (difusão), requer gasto de energia (ATP).

Esse processo é realizado contra um gradiente de concentração, isto é, de maneira contrária às leis naturais da difusão. Já vimos que, na difusão, o fluxo de substâncias se faz da região de maior concentração para a região de menor concentração. No transporte ativo, ocorre o inverso: as substâncias passam da região em que estão em menor concentração para outra região em que já estejam em maior concentração.

O transporte ativo também é realizado com a participação de proteínas "transportadoras" (carreadoras) da membrana plasmática. Um bom exemplo desse tipo de transporte é a bomba de sódio e potássio.

Os íons Na^+ e K^+ são capazes de atravessar normalmente a membrana plasmática por difusão. Assim, se não houvesse um processo ativo capaz de contrariar a difusão desses íons, o Na^+ e o K^+ tenderiam a igualar suas concentrações dentro e fora da célula.

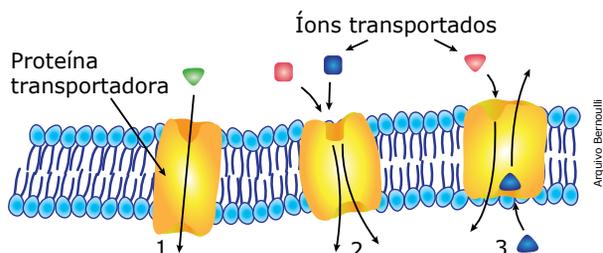
Por meio do mecanismo da bomba de sódio e potássio, a célula consegue manter concentrações diferentes de sódio e potássio entre os meios intra e extracelular: o Na^+ é mantido em maior concentração no meio extracelular do que no intracelular, ocorrendo o contrário com o K^+ . Esse mecanismo envolve a participação de proteínas transportadoras específicas e estabelece ligações com esses íons, conduzindo-os para dentro ou para fora da célula. Para que esse processo aconteça, é necessária a energia fornecida pelo ATP.



Bomba de sódio e potássio – 1. 3Na^+ e 1ATP se ligam à proteína transportadora na face interna da membrana; 2. O ATP é degradado, liberando o ADP e causando uma mudança na estrutura da proteína transportadora; 3. Os 3Na^+ são liberados no meio extracelular ao mesmo tempo em que 2K^+ se unem à proteína transportadora na face externa da membrana; 4. O P_i é liberado, causando uma mudança na estrutura da proteína transportadora, e os 2K^+ são liberados; 5. O processo se repete.

O transporte mediado por proteínas carreadoras ou transportadoras pode ser ativo ou passivo e pode ser classificado em *uniport*, *simport* ou *antiport*.

- **Uniport** – Refere-se ao transporte ativo ou passivo de um único tipo de molécula ou íon, num único sentido, através de um carreador ou canal. Ex.: a proteína da membrana que transporta ativamente íons Ca^{2+} .
- **Simport** – Refere-se ao transporte ativo de dois tipos distintos de substâncias, ao mesmo tempo, num mesmo sentido, utilizando o mesmo carreador. Ex.: na membrana plasmática das células intestinais, existem proteínas que se ligam e transportam simultaneamente sódio e aminoácidos.
- **Antiport** – É também um transporte ativo em que duas substâncias diferentes são transportadas em sentidos contrários pelo mesmo carreador. Ex.: proteína que atua na bomba de sódio (Na^+) e potássio (K^+), que move o Na^+ para fora da célula e o K^+ para dentro.



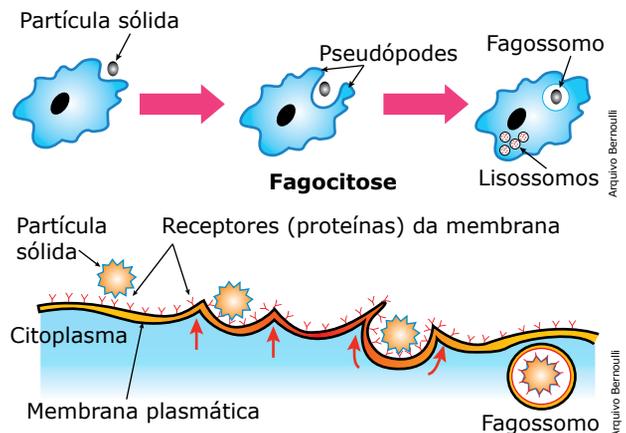
Transporte ativo – 1. Uniport; 2. Simport; 3. Antiport.

Conforme acabamos de ver, por meio dos mecanismos de transporte passivo e ativo, as substâncias podem penetrar ou sair da célula, atravessando a membrana plasmática. Entretanto, existem situações em que o material, para entrar ou sair da célula, precisa ser englobado pela membrana. Nesses casos de captura e de englobamento de partículas pela membrana, fala-se genericamente em endocitose e exocitose conforme o material esteja entrando ou saindo da célula, respectivamente. Esse tipo de transporte também é conhecido por transporte em bloco.

Transporte em bloco

Na endocitose, há englobamento de partículas ou macromoléculas presentes no meio extracelular e que normalmente não conseguem entrar na célula por transporte passivo nem por transporte ativo. Nela, compreendem duas modalidades: fagocitose e pinocitose.

- **Fagocitose** – Consiste no englobamento de partículas de natureza sólida através da formação de projeções da membrana plasmática que envolvem o material que se encontra no meio extracelular. Essas projeções são denominadas pseudópodes (pseudópodos). Ao fim do processo, a partícula sólida estará no meio intracelular, contida numa pequena bolsa ou vacúolo chamado fagossomo (“corpo comido”). Esse fagossomo, posteriormente, será digerido no interior da célula por meio da ação de enzimas digestivas presentes numa organela citoplasmática, denominada lisossomo.



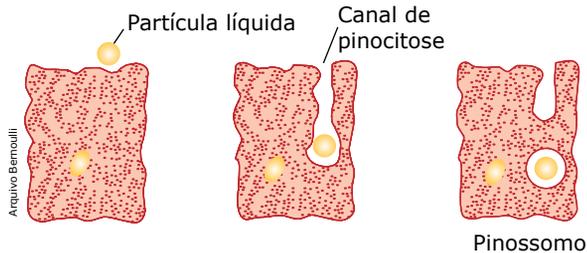
Fagocitose – As células que fazem fagocitose possuem certos tipos de proteínas “receptoras” na superfície da membrana plasmática. Quando uma partícula de natureza sólida é reconhecida por esses “receptores”, ela se liga a eles. Essa ligação induz uma reação imediata da membrana que, então, forma evaginações (projeções para fora) ao redor da partícula que se fecham sobre ela. A partícula capturada fica, então, encerrada numa bolsa ou vesícula, que se desprende da membrana e passa para o meio intracelular. Essa bolsa é o fagossomo.

A fagocitose é realizada pelas células com duas finalidades: obtenção de alimento e defesa contra corpos estranhos. Em alguns organismos unicelulares, como as amebas, o objetivo da fagocitose é a captura de alimentos que estão no meio extracelular; em seres pluricelulares, como a espécie humana, existem linhagens de células, como os macrófagos e os leucócitos (glóbulos brancos), especializadas em realizar fagocitose com o objetivo de capturar e de destruir corpos estranhos que invadem o organismo.

- **Pinocitose** – Englobamento de pequenas gotas de líquido através de invaginações da membrana plasmática. É um processo mais delicado do que a fagocitose, sendo difícil sua observação ao microscópio óptico (MO).

É provável que a maioria das células animais seja capaz de realizar a pinocitose. Algumas células, inclusive, dispõem de um reforço glicoproteico, o glicocálix, que muito contribui para a realização da pinocitose. Sabe-se que ao glicocálix se aderem mais firmemente as partículas que tocam a superfície da membrana, facilitando a sua imediata absorção pelo canal de pinocitose. Ao contrário do que se poderia pensar, a pinocitose não introduz indiscriminadamente na célula todos os líquidos do meio extracelular. Já se demonstrou que certas substâncias aderem seletivamente aos glicídios do glicocálix e, em seguida, são introduzidas na célula.

Rotineiramente, a membrana permite a passagem apenas de pequenas moléculas e íons. As macromoléculas de proteínas, ácidos nucleicos, polissacarídeos e outras precisam ser hidrolisadas, isto é, fragmentadas em unidades menores, para, então, poderem atravessar a membrana e passar ao meio intracelular. Por meio da pinocitose, é possível compreender como certas substâncias constituídas de macromoléculas (hormônios proteicos, por exemplo), que normalmente não podem atravessar a membrana, entram na célula sem precisar sofrer hidrólise.



Pinocitose – No tipo mais comum de pinocitose, a membrana plasmática, na região de contato com as gotículas, se invagina, aprofundando-se no interior do citoplasma e formando um pequeno canal, denominado canal de pinocitose, pelo qual o líquido penetra. Em seguida, as bordas do canal se fecham, dando origem a uma pequena bolsa ou vacúolo: é a vesícula de pinocitose ou pinossomo (“corpo bebido”). Essas vesículas são puxadas pelo citoesqueleto e penetram no citoplasma, onde o material englobado é repassado para o lisossomo. A membrana da vesícula vazia e os receptores são devolvidos à superfície celular, ou seja, são reciclados para serem novamente usados.

- **Exocitose** – É um processo inverso ao da endocitose e tem por objetivo a eliminação de substâncias da célula. Forma-se no meio intracelular uma vesícula ou vacúolo, contendo o material a ser eliminado. Essa vesícula funde-se à membrana plasmática num determinado ponto, eliminando o seu conteúdo no meio extracelular.



01KL

Transportes pela membrana plasmática

Nesse objeto de aprendizagem, você observará os seguintes transportes celulares: difusões simples e facilitada, osmose e transporte ativo. Perceba as diferenças entre eles. Boa atividade!

Parede celular

Também chamada de membrana esquelética, a parede celular é o revestimento mais externo de muitas células procariotas e eucariotas, sendo encontrada sobre a membrana plasmática de células de bactérias, algas, fungos, briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas.

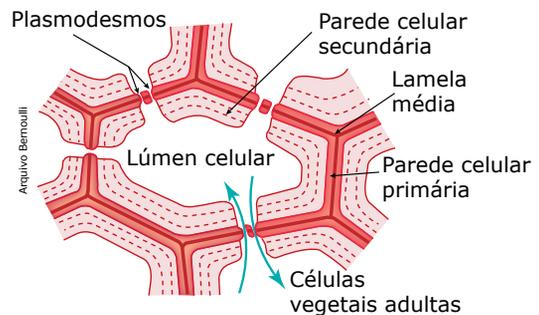
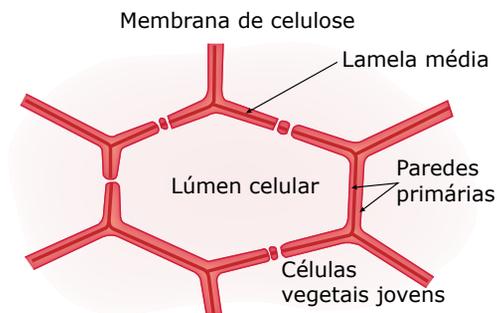
Trata-se de uma estrutura espessa, permeável, dotada de grande resistência, visível ao microscópio óptico, que determina a forma da célula e desempenha um papel mecânico, servindo de reforço e proteção à célula.

Sua composição química é diversificada, variando nos diferentes grupos de seres vivos nos quais é encontrada.

Nas clorófitas (clorófitas, “algas verdes”), nas briófitas, nas pteridófitas, nas gimnospermas e nas angiospermas, a parede celular é constituída basicamente de celulose. Por isso, nesses grupos de plantas, a parede celular também pode ser chamada de membrana de celulose ou membrana celulósica.

Tomando como referencial o grupo das angiospermas, vamos ver mais alguns detalhes sobre a membrana de celulose (parede celular constituída basicamente de celulose).

Nas células vegetais jovens, a membrana celulósica é relativamente delgada, flexível, elástica, de modo a permitir o crescimento celular, sendo chamada de membrana celulósica primária ou parede primária. Quando a célula vegetal se torna adulta, ela adquire, logo abaixo da parede primária, uma segunda camada protetora de celulose denominada membrana celulósica secundária ou parede secundária, que é mais espessa e mais rígida do que a parede primária. A grande resistência que a membrana de celulose tem numa célula vegetal adulta se deve à parede secundária. Como a formação da parede secundária se faz internamente à parede primária, sua formação reduz o lúmen celular, isto é, o espaço interno da célula diminui.



Membrana de celulose.

Observe que, entre células vegetais vizinhas, aparece a lamela média, estrutura constituída de pectatos de cálcio e magnésio (substâncias pécticas), que têm a finalidade de promover a união entre as células. A lamela média, encontrada entre as paredes primárias de células vizinhas, une, como um “cimento”, células vegetais adjacentes.

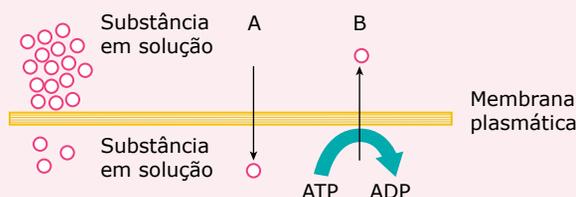
Também entre células vegetais vizinhas aparecem os plasmodesmos, regiões de descontinuidade dos revestimentos externos e que estabelecem comunicações entre as células. Os plasmodesmos são verdadeiras “pontes citoplasmáticas”, pelas quais ocorre intercâmbio de substâncias entre as células.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (Vunesp) Os procariontes diferenciam-se dos eucariontes porque os primeiros, entre outras características,
- não possuem material genético.
 - possuem material genético como os eucariontes, mas não possuem núcleo diferenciado.
 - possuem núcleo, mas o material genético encontra-se disperso no citoplasma.
 - possuem material genético disperso no núcleo, mas não estruturas organizadas, denominadas cromossomos.
 - possuem núcleo e material genético organizado nos cromossomos.

02. (UFLA-MG)



As formas pelas quais a substância está sendo transportada em A e B são, respectivamente

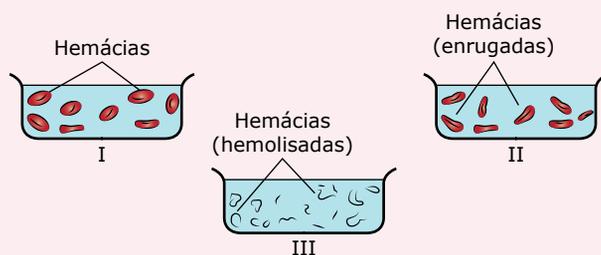
- transporte ativo; transporte passivo.
- transporte passivo; difusão facilitada.
- difusão; difusão facilitada.
- transporte passivo; transporte ativo.
- transporte ativo; difusão.

03. (UFU-MG) A membrana plasmática, além de exercer importante papel na seleção e no transporte de substâncias para dentro e para fora da célula, tem em sua constituição moléculas que trabalham na identificação de outras células iguais ou estranhas.

Analise as afirmativas a seguir sobre a estrutura e a função da membrana plasmática e marque a alternativa correta.

- A bomba de sódio e potássio é um exemplo de transporte passivo, em que a despolarização e a repolarização acontecem sem gasto de energia.
- Os glicídios, que aparecem apenas na face externa da membrana, participam na identificação de células do mesmo tecido ou de células estranhas.
- No modelo de membrana de Singer e Nicholson, as proteínas estão fixas entre uma camada dupla de lipídios, não se movendo em lateralidade, o que confere à estrutura da membrana um caráter estático.
- Difusão e osmose são sinônimos e exemplos de transporte passivo.

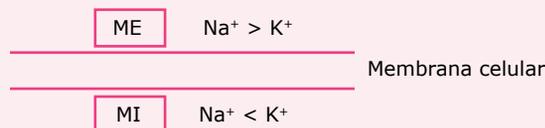
04. (UFS-SE) As figuras a seguir representam hemácias em soluções de diferentes concentrações.



Observando as figuras, é possível afirmar que as soluções I, II e III são, respectivamente

- isotônica, hipertônica e hipotônica.
- hipertônica, hipotônica e isotônica.
- hipotônica, isotônica e hipertônica.
- isotônica, hipotônica e hipertônica.
- hipotônica, hipertônica e isotônica.

05. (PUC-SP) O esquema a seguir refere-se às diferentes concentrações dos íons sódio e potássio no meio extracelular (ME) e no meio intracelular (MI). Essa situação é constatada em vários tipos celulares.



Se em uma célula nessa condição iônica for bloqueada a produção de ATP, espera-se que

- ocorra passagem de toda a quantidade de íons potássio para o meio extracelular.
- ocorra passagem de toda a quantidade de íons sódio para o meio intracelular.
- as concentrações desses íons se tornem aproximadamente iguais nos dois meios.
- diminua ainda mais a concentração de potássio no meio extracelular e de sódio no meio intracelular.
- essa situação permaneça inalterada.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UECE) Sobre o modelo mosaico fluido das membranas celulares, é correto afirmar que
- os componentes mais abundantes da membrana são fosfolipídios, proteínas e aminoácidos livres.
 - a membrana tem constituição glicoproteica.
 - lipídios formam uma camada única e contínua, no meio da qual se encaixam moléculas de proteína.
 - a dupla camada de fosfolipídios é fluida, possui consistência oleosa, e as proteínas mudam de posição continuamente, como se fossem peças de um mosaico.

02. (UEL-PR) Hemácias humanas possuem, em sua membrana plasmática, proteínas e glicídios, que atuam no processo de reconhecimento celular dos diferentes tipos de sangue pertencentes ao sistema A-B-O. Tais moléculas vão ajudar a compor uma região denominada

- A) glicocálix. D) microvilosidades.
B) citoesqueleto. E) parede celular.
C) desmossomo.

03. (Unicamp-SP) Considere os seguintes componentes celulares:

- I. Parede celular
II. Membrana nuclear
III. Membrana plasmática
IV. DNA

É correto afirmar que as células de

- A) fungos e protozoários possuem II e IV.
B) bactérias e animais possuem I e II.
C) bactérias e protozoários possuem II e IV.
D) animais e fungos possuem I e III.

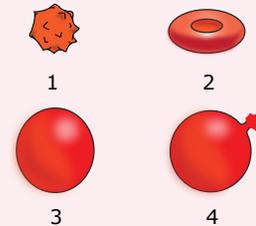
04. (Mackenzie-SP-2016) A respeito da permeabilidade celular, assinale a alternativa correta.

- A) Não há participação de proteínas da membrana em nenhum tipo de transporte passivo.
B) A bomba de sódio e potássio ocorre para garantir que os meios intra e extracelulares se mantenham isotônicos.
C) A semipermeabilidade garante que a membrana é capaz de controlar a passagem de qualquer tipo de substância através dela.
D) Na difusão, uma vez que os meios se tornam isotônicos, continua a haver passagem das substâncias, mas agora na mesma velocidade em ambos os sentidos.
E) Os processos de endocitose envolvem mudanças na estabilidade da membrana.

05. (Unioeste-PR) Considerando que a existência e a integridade da membrana plasmática são fundamentais para a célula, é correto afirmar que essa estrutura

- A) contém moléculas de lipídios que são incapazes de se deslocarem, não permitindo a passagem de substâncias entre os meios extracelular e intracelular.
B) permite, pelo processo de osmose, a passagem de solutos em direção à maior concentração de suas moléculas.
C) possibilita à célula manter a composição intracelular igual à do meio extracelular, em relação à água, sais minerais e macromoléculas.
D) para a realização do transporte ativo, proteínas de membrana atuam como bombas de íons, capturando ininterruptamente íons de sódio (Na^+) e mantendo igual concentração entre os meios extracelular e intracelular.
E) permite o movimento de fosfolipídios que lhes confere um grande dinamismo, pois deslocam-se continuamente sem perder o contato uns com os outros.

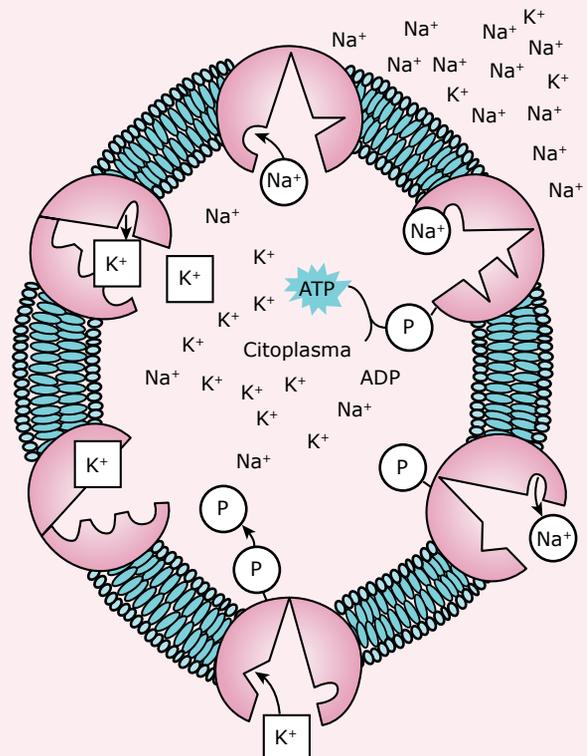
06. (UERJ) Colocando-se hemácias em diferentes soluções com concentrações iônicas variáveis, pode-se exemplificar a influência que o grau de permeabilidade da membrana plasmática à água exerce sobre a célula. As consequências desse experimento estão demonstradas no esquema a seguir:



O esquema que representa o comportamento da hemácia, ao ser colocada em um meio hipertônico, é o de número:

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

07. (UFPE) Medindo-se a concentração de dois importantes íons, Na^+ e K^+ , observa-se maior concentração de íons Na^+ no meio extracelular do que no meio intracelular. O contrário acontece com os íons K^+ . Íons de Na^+ são capturados do citoplasma para o meio extracelular, e íons de potássio (K^+) são capturados do meio extracelular para o meio intracelular, como mostrado na figura adjacente.



Esse processo é conhecido como

- A) difusão facilitada por permeases intracelulares.
B) osmose em meio hipertônico.
C) difusão simples.
D) transporte ativo.
E) transporte por poros da membrana plasmática.

- 08.** (UNITAU-SP-2016) A membrana plasmática, também conhecida como plasmalema, envolve as células e controla a passagem de substâncias entre os meios intra e extracelular. Com relação a essa membrana, assinale a alternativa correta.
- A membrana é composta por lipídios que apresentam uma região polar e uma apolar. A região apolar fica em contato com o meio aquoso do exterior e do interior da célula.
 - Os desmossomos, encontrados na membrana plasmática de células, são poros pelos quais passa o citoplasma e por onde é facilitada a passagem de substâncias entre as células.
 - Glicídios ligados a proteínas de membrana formam o glicocálice, um canal responsável pela passagem de íons e de pequenas moléculas entre uma célula e outra.
 - Proteínas podem estar presentes na bicamada lipídica das membranas e podem ser receptoras hormonais ou transportadoras de substâncias.
 - Zônulas ou junções oclusivas são encontradas na membrana de células, e têm a função de diminuir a velocidade de eliminação de substâncias da célula.

- 09.** (UEA-AM-2016) Um estudante, utilizando um microscópio óptico comum, realizou o seguinte experimento com um fragmento de tecido vegetal:

Etapa 1: Sobre a lâmina onde se encontrava a amostra, pingou algumas gotas de solução de sacarose em concentração muito próxima à das células. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e fez uma contagem das células.

Etapa 2: Removeu a primeira solução de sacarose com um papel absorvente e pingou algumas gotas de água destilada. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e fez nova contagem.

Etapa 3: Removeu a água destilada com papel absorvente e pingou algumas gotas de solução de sacarose em concentração muito superior à do tecido em questão. Aguardou alguns minutos, observou o resultado e realizou a última contagem.

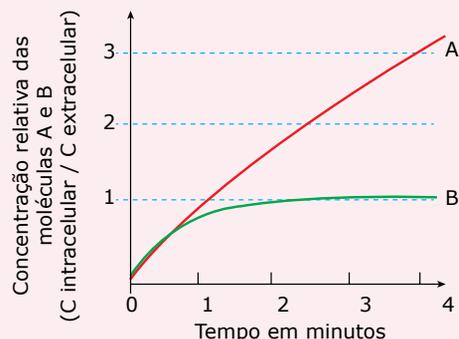
Se esse mesmo experimento fosse realizado com uma cultura de células animais, o estudante observaria

- uma redução significativa do volume celular ao final da etapa 2.
- um aumento do número de células ao final da etapa 3.
- uma redução significativa no número de células ao final da etapa 2.
- um aumento do volume celular ao final da etapa 1.
- uma redução significativa no número de células ao final da etapa 1.

- 10.** (UEMA) Ao longo do tempo, os cientistas têm estudado várias modificações sofridas pela membrana plasmática, tais como microvilosidades e interdigitações que desempenham funções importantes na manutenção da saúde do ser vivo.

Conceitue microvilosidades e interdigitações, relacionando-as com a nutrição e a proteção do ser humano.

- 11.** (PUC Minas) Uma célula animal foi colocada em um meio líquido e as concentrações relativas de duas diferentes moléculas (A e B) foram determinadas pela razão entre a concentração intracelular e a concentração extracelular, no início (tempo zero), a cada minuto. Proteínas de membrana são responsáveis pelos dois transportes, e os resultados foram utilizados para a elaboração do gráfico a seguir:



Pela análise das informações anteriores e outros conhecimentos sobre o assunto, não se pode afirmar que a célula

- absorve a molécula A por transporte ativo, gastando energia para a realização desse trabalho.
- realiza difusão facilitada, aumentando a concentração intracelular da molécula B no intervalo de 0 a 2 minutos.
- após três minutos no meio, tanto excreta como absorve a molécula B, mas continua absorvendo a molécula A.
- transporta a molécula B por difusão simples, tornando a célula hipotônica em relação ao meio.

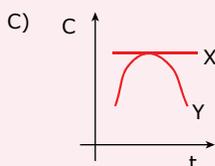
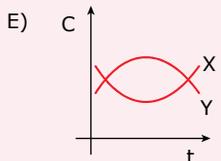
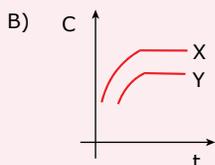
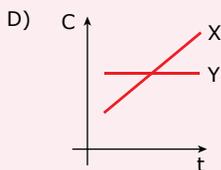
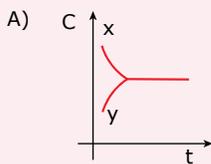
- 12.** (UNIRIO-RJ) As células animais apresentam um revestimento externo específico, que facilita sua aderência, assim como reações a partículas estranhas, como as células de um órgão transplantado. Esse revestimento é denominado

- membrana celulósica.
- glicocálix.
- microvilosidades.
- interdigitações.
- desmossomos.

- 13.** (IFPE-2015) A difusão simples e a osmose são dois fenômenos puramente físicos que promovem a entrada e a saída de substâncias na célula. Ambos os fenômenos citados ocorrem devido a um gradiente de concentração entre o meio interno e o externo da célula. Sobre esses dois fenômenos, assinale a única afirmativa correta.

- Quando o meio intracelular é hipotônico, em relação ao meio extracelular, poderá ocorrer saída de solutos da célula por difusão.
- Os fenômenos de difusão e osmose, que permitem a troca de substâncias entre a célula e o meio no qual ela se encontra, somente ocorrerão em células vivas.
- A entrada de substâncias na célula por difusão consome muito mais energia que a saída de substâncias da célula por osmose.
- Em uma célula cujo meio intracelular é hipotônico em relação ao meio extracelular, deverá ocorrer a saída de água.
- A difusão somente ocorrerá de fora para dentro da célula se o meio intracelular for hipertônico em relação ao meio extracelular.

14. (PUC Minas) O gráfico que melhor representa o que acontece com célula hipotônica em meio hipertônico e com a concentração do meio é:

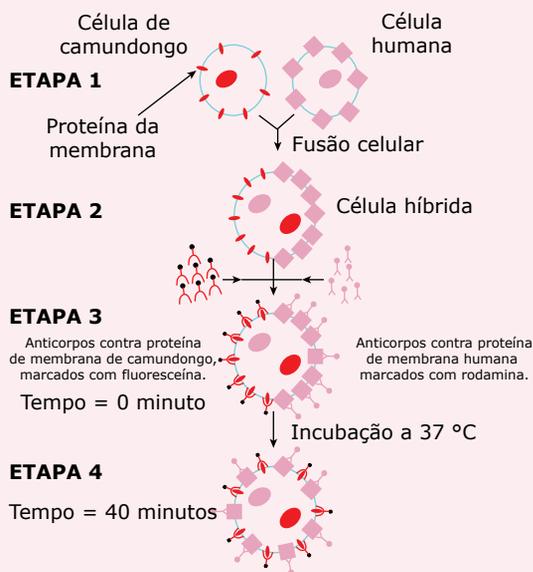


t = tempo
C = concentração
X = meio
Y = célula

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2017) Visando explicar uma das propriedades da membrana plasmática, fusionou-se uma célula de camundongo com uma célula humana, formando uma célula híbrida. Em seguida, com o intuito de marcar as proteínas de membrana, dois anticorpos foram inseridos no experimento, um específico para as proteínas de membrana do camundongo e outro para as proteínas de membrana humana. Os anticorpos foram visualizados ao microscópio por meio de fluorescência de cores diferentes.



ALBERT, B. et al. *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997 (Adaptação).

A mudança observada da etapa 3 para a etapa 4 do experimento ocorre porque as proteínas

- A) movimentam-se livremente no plano da bicamada lipídica.
- B) permanecem confinadas em determinadas regiões da bicamada.
- C) auxiliam o deslocamento dos fosfolipídios da membrana plasmática.
- D) são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.
- E) são bloqueadas pelos anticorpos.

02. (Enem-2017) Uma das estratégias para conservação de alimentos é o salgamento, adição de cloreto de sódio (NaCl), historicamente utilizado por tropeiros, vaqueiros e sertanejos para conservar carnes de boi, porco e peixe.

O que ocorre com as células presentes nos alimentos preservados com essa técnica?

- A) O sal adicionado diminui a concentração de solutos em seu interior.
- B) O sal adicionado desorganiza e destrói suas membranas plasmáticas.
- C) A adição de sal altera as propriedades de suas membranas plasmáticas.
- D) Os íons Na⁺ e Cl⁻ provenientes da dissociação do sal entram livremente nelas.
- E) A grande concentração de sal no meio extracelular provoca a saída de água de dentro delas.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B 03. B 05. C
- 02. D 04. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. D 04. D 07. D
- 02. A 05. E 08. D
- 03. A 06. A 09. C
- 10. Microvilosidades são evaginações da superfície da membrana. Elas estão presentes em determinadas células eucariotas com a finalidade de aumentar a superfície de absorção. As interdigitações são projeções laterais da membrana, que se encaixam em depressões da membrana vizinha, evitando a saída de fluidos e a entrada de agentes nocivos nos espaços intercelulares.
- 11. D 12. B 13. D 14. A

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A 02. E

Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Citoplasma

Nas células procariotas, o citoplasma (do grego *Kytos*, célula, e *plasma*, que dá forma, que modela) compreende toda a região interna da célula delimitada pela membrana plasmática; nas células eucariotas, é a região compreendida entre a membrana plasmática e a membrana nuclear.

Quando observado em microscopia óptica, o citoplasma apresenta um aspecto homogêneo. Entretanto, ao ser observado em microscopia eletrônica, revela a presença de diversas estruturas de aspectos diferentes.

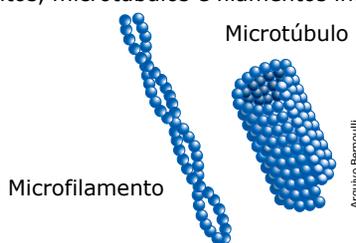
COMPONENTES DO CITOPLASMA



Hialoplasma

Também conhecido por matriz citoplasmática, citoplasma fundamental ou citosol, o hialoplasma está presente em qualquer tipo de célula e se constitui numa mistura formada por água, proteínas, aminoácidos, açúcares, ácidos nucleicos e íons minerais. É, na realidade, um sistema coloidal (coloide), no qual a fase dispersante é a água, e a fase dispersa é constituída, principalmente, de proteínas.

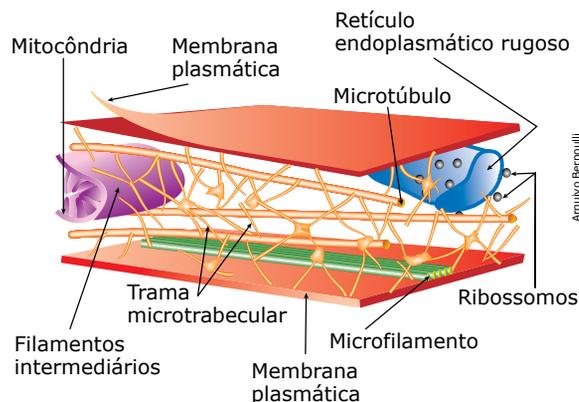
Três tipos de filamentos proteicos podem ser encontrados imersos no hialoplasma das células eucariotas: microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários.



Filamentos proteicos.

Os microfilamentos são constituídos de uma proteína contrátil chamada actina, embora, às vezes, encontre-se também outra proteína, a miosina. Os microtúbulos são constituídos de uma proteína chamada tubulina. Tanto os microfilamentos como os microtúbulos resultam da associação de proteínas globulares, que podem se juntar (polimerizar) ou se separar (despolimerizar) rapidamente no interior da célula. Os filamentos intermediários, formados por uma grande e heterogênea família de proteínas, estendem-se desde a região junto à membrana plasmática até o núcleo, aumentando a resistência da célula às tensões e ajudando na sustentação mecânica do núcleo e de organelas citoplasmáticas.

Os microfilamentos, os microtúbulos e os filamentos intermediários formam uma complexa rede de finíssimos filamentos e túbulos entrelaçados e interligados, constituindo o chamado citoesqueleto.

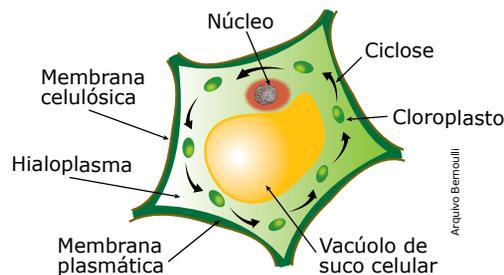


Citoesqueleto – O citoesqueleto é responsável pela manutenção da forma da célula eucariota e por determinados tipos de movimentos celulares, como a ciclose e os movimentos ameboides.

OBSERVAÇÃO

As células procariotas não possuem citoesqueleto.

O hialoplasma da porção mais interna do citoplasma (endoplasma) encontra-se em contínuo movimento de circulação, impulsionado pela contração rítmica de microfilamentos proteicos. Esse movimento de circulação, observado notadamente em células vegetais, tem o nome de **ciclose** e ajuda a distribuir substâncias através do citoplasma. A velocidade da ciclose pode aumentar ou diminuir em função de determinados fatores, como a temperatura: sua velocidade aumenta com a elevação da temperatura e diminui em temperaturas baixas.



Ciclose.

Nas células vegetais, devido à presença do grande vacúolo de suco celular, o hialoplasma fica restrito a uma pequena faixa entre o vacúolo e a membrana plasmática, tornando a ciclose bastante evidente, deslocando núcleo e organelas, como mitocôndrias e cloroplastos. Graças à ciclose, as células vegetais são capazes de aproveitar melhor a quantidade de luz que recebem, espalhando os seus cloroplastos uniformemente no citoplasma quando há pouca luz, e agrupando-os quando há excesso de luz.

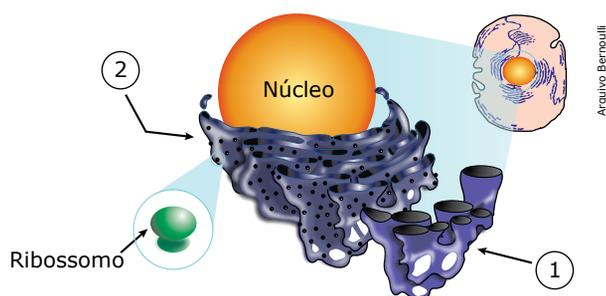
Algumas células conseguem se deslocar por meio da formação de pseudópodes: é o chamado movimento ameboide, realizado pelas amebas, pelos macrófagos e pelos leucócitos. Os movimentos que levam à formação dos pseudópodes também são de responsabilidade dos microfilamentos.

Os microtúbulos, além de participarem da formação do citoesqueleto, também participam da formação dos centríolos, do fuso da divisão celular e da formação dos cílios e dos flagelos.

No hialoplasma, ocorrem importantes reações do metabolismo celular, como as reações da glicólise (primeira etapa da respiração celular), nas quais a glicose é transformada em moléculas menores de ácido pirúvico. É também no hialoplasma que muitas substâncias de reserva, como as gorduras, o amido e o glicogênio, ficam armazenadas.

Retículo endoplasmático

Também chamado de retículo citoplasmático, é encontrado apenas em células eucariotas, sendo constituído de um sistema de túbulos (canalículos) e cisternas de paredes membranosas e intercomunicantes que percorre todo o citoplasma, estendendo-se, muitas vezes, desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear. É subdividido em não granuloso (liso) e granuloso (rugoso).



Retículo endoplasmático – 1. O não granuloso (liso, agranular) não possui ribossomos aderidos a suas paredes; 2. O granuloso (rugoso, granular, ergastoplasma) possui ribossomos aderidos a suas paredes.

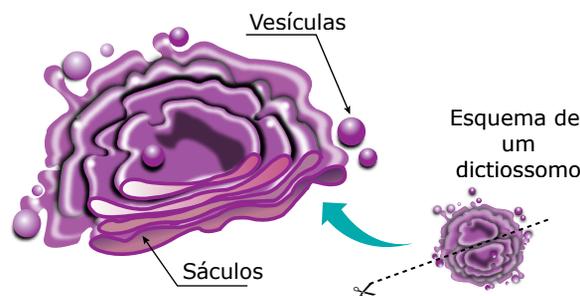
Entre as funções desempenhadas pelo retículo endoplasmático, destacamos:

- **Transportar ou distribuir substâncias** através do citoplasma, auxiliando a circulação intracelular de partículas pelo interior de seus túbulos ou canalículos.
- **Facilitar o intercâmbio (troca) de substâncias** entre a célula e o meio extracelular, uma vez que muitos dos canalículos que o constituem estendem-se desde a superfície externa da membrana plasmática até a membrana nuclear.

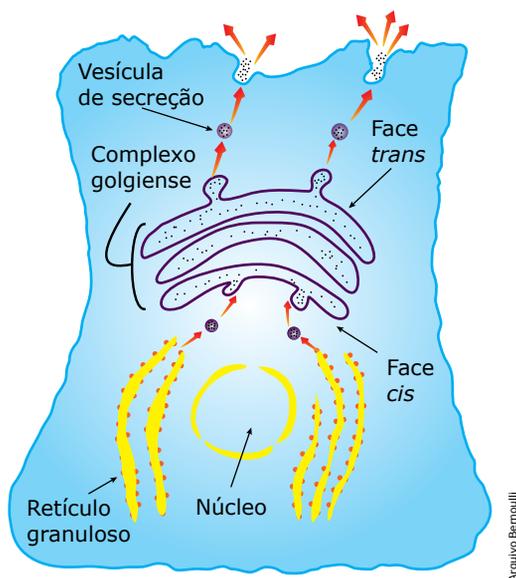
- **Armazenar substâncias** – Substâncias produzidas no interior da célula ou vindas do meio extracelular podem ser armazenadas no interior do retículo endoplasmático até serem utilizadas pela célula. Isso acontece, por exemplo, nas células musculares, nas quais íons Ca^{2+} ficam armazenados no interior do retículo liso até serem utilizados no mecanismo da contração muscular.
- **Neutralizar toxinas** – Nos hepatócitos (células do fígado), o retículo endoplasmático não granuloso absorve substâncias tóxicas, modificando-as ou destruindo-as, de modo a não causarem danos ao organismo. É a atuação do retículo das células hepáticas (hepatócitos) que permite, por exemplo, eliminar parte do álcool, medicamentos e outras substâncias nocivas que ingerimos. Nos hepatócitos, portanto, o retículo endoplasmático realiza uma função de desintoxicação.
- **Sintetizar substâncias** – O retículo não granuloso destaca-se na fabricação de lipídios, principalmente esteréides. Já o retículo granuloso, devido à presença dos ribossomos, destaca-se na síntese de proteínas.

Complexo golgiense

Conhecido também como complexo de Golgi, sistema golgiense, ou aparelho de Golgi, é encontrado apenas em células eucariotas. Essa organela é, na realidade, uma região modificada do retículo endoplasmático liso, constituída de unidades denominadas sáculos lameliformes (dictiossomos, golgissomos).



Dictiossomo – Cada dictiossomo é uma pilha de sáculos achatados de onde se desprendem pequenas vesículas. Nas células dos animais vertebrados, os dictiossomos concentram-se numa mesma região do citoplasma, que é variável de um tipo celular para outro. Nos neurônios, por exemplo, eles se concentram ao redor do núcleo (posição perinuclear); nas células glandulares, ficam entre o núcleo e o polo secretor (posição apical). Nas células dos vegetais, os dictiossomos estão separados e espalhados pelo citoplasma. Nesse caso, diz-se que o complexo golgiense é difuso (espalhado).



Complexo golgiense – Os sacos lameliformes têm duas faces: cis e trans. A face cis (formativa) está voltada para o retículo endoplasmático, contendo as proteínas nele sintetizadas. A face trans (de maturação) está voltada para a membrana plasmática. Dela, se desprendem as vesículas de secreções, contendo o material que foi processado no interior dos sacos lameliformes.

Entre as funções realizadas pelo complexo golgiense, destacam-se:

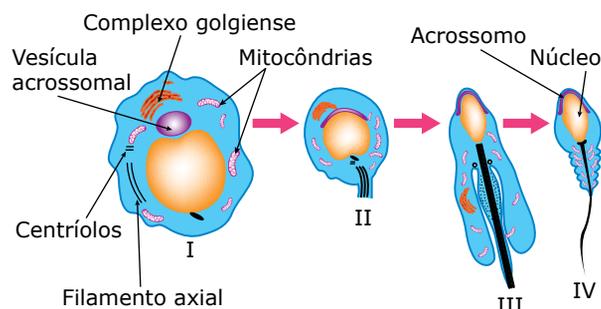
- **Armazenamento de secreções** – Secreções são substâncias que as células produzem e “exportam” para o meio extracelular. As secreções, portanto, exercem suas ações em um outro local, e não no interior das células em que foram produzidas. As proteínas tipo “exportação”, por exemplo, são sintetizadas no retículo endoplasmático granuloso e enviadas para o complexo golgiense, no qual são armazenadas para posterior eliminação, por exocitose, no meio extracelular.
- **Síntese de mucopolissacarídeos (muco)** – Mucopolissacarídeos são substâncias formadas pela associação de proteínas com polissacarídeos. Tais substâncias possuem um aspecto viscoso e são encontradas, por exemplo, nas nossas vias respiratórias e digestivas, exercendo função de proteção e de lubrificação das mucosas.

Os mucopolissacarídeos são formados da seguinte maneira: no complexo golgiense, os monossacarídeos sofrem polimerização (ligam-se uns aos outros), formando polissacarídeos. Em seguida, esses polissacarídeos combinam-se com proteínas provenientes do retículo granuloso, formando-se, assim, as glicoproteínas que constituem os mucopolissacarídeos. Um bom exemplo de células produtoras de muco são as células caliciformes, encontradas, por exemplo, nas vias respiratórias.



Célula caliciforme – Como em toda célula secretora, nas células caliciformes, o retículo endoplasmático e o complexo golgiense são bastante desenvolvidos. Repare no complexo golgiense, localizado acima do núcleo. Dele, saem vesículas de muco (grãos de muco) que, ao chegarem à superfície superior da célula, eliminam o muco no meio extracelular por exocitose.

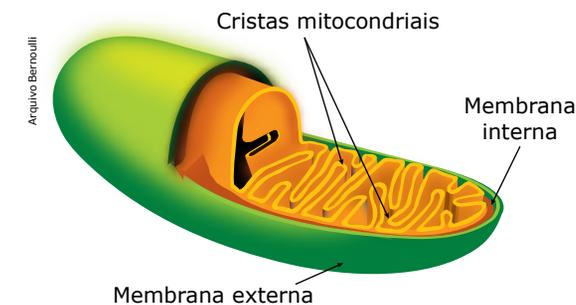
- **Formação da lamela média nos vegetais** – A união de células vegetais vizinhas é feita por meio de uma espécie de “cimento” intercelular: a lamela média. Quimicamente, a lamela média é constituída de substâncias pécicas ou pectinas (pectatos de cálcio e magnésio), que são polissacarídeos associados a minerais. O complexo golgiense das células vegetais é a organela responsável pela secreção dessas substâncias.
- **Formação do acrossomo no espermatozoide** – O acrossomo é um corpúsculo encontrado na cabeça do espermatozoide contendo a enzima hialuronidase. A enzima hialuronidase é liberada por ocasião da fecundação, pois é necessária para promover a perfuração da camada de ácido hialurônico que envolve e protege o gameta feminino, permitindo, assim, a penetração do espermatozoide.



Formação do acrossomo – I. Os sacos lameliformes (dictiossomos) se agrupam ao redor do núcleo; II. Do complexo golgiense, desprendem-se vesículas (grânulos) contendo a enzima hialuronidase; III. As vesículas originárias do complexo golgiense fundem-se, formando o acrossomo; IV. Espermatozoide com acrossomo.

Mitocôndrias

Estão presentes apenas no citoplasma de células eucariotas. São orgânulos esféricos, ovalados ou alongados, delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna.



Mitocôndria.

A membrana externa é lisa e contínua, a interna apresenta invaginações ou dobras denominadas cristas mitocondriais. Nas cristas mitocondriais, encontram-se as partículas elementares, enzimas que têm importante papel nas reações da cadeia respiratória. O espaço interno das mitocôndrias é preenchido por um material de consistência fluida, denominado matriz mitocondrial, constituído de água, carboidratos, íons minerais, moléculas de RNA e DNA. Imersos nessa matriz também são encontrados ribossomos (mitorribossomos).

Apesar do seu tamanho reduzido, as mitocôndrias podem ser evidenciadas em microscopia óptica, uma vez que podem ser coradas em células vivas com o verde janus, corante específico para sua evidenciação.

O número de mitocôndrias numa célula é muito variável, oscilando entre algumas dezenas e várias centenas. Como as mitocôndrias relacionam-se com os processos energéticos (produção de ATP), quanto maior a atividade metabólica de uma célula, maior é o número de mitocôndrias. O conjunto de todas as mitocôndrias de uma célula tem o nome de condrioma.

As mitocôndrias, devido à presença de DNA em sua estrutura, são capazes de se autoduplicar. A autoduplicação ou duplicação das mitocôndrias recebe o nome de condriocinese.

Quanto à função, as mitocôndrias estão diretamente envolvidas no processo da respiração celular aeróbica, que tem por objetivo a obtenção de energia para as atividades celulares.

A respiração celular possui três etapas básicas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. A glicólise ocorre no hialoplasma, enquanto o ciclo de Krebs e a cadeia respiratória, nas células eucariotas, realizam-se nas mitocôndrias.

O ciclo de Krebs realiza-se na matriz mitocondrial e a cadeia respiratória, nas cristas mitocondriais.

Plastos (plastídeos)

Encontrados em células eucariotas vegetais, os plastos estão subdivididos em dois grandes grupos: leucoplastos e cromoplastos.

- A) Leucoplastos** – São incolores, isto é, desprovidos de pigmentos (apigmentados) e relacionam-se com armazenamento de reservas nutritivas. Para cada tipo de substância nele armazenada, há uma denominação especial: amiloplastos (armazenam amido), oleoplastos (armazenam óleos) e proteoplastos (armazenam proteínas).
- B) Cromoplastos** – São coloridos, ou seja, possuem pigmentos (pigmentados). Relacionam-se com a absorção de luz e com a fotossíntese. De acordo com a sua coloração, recebem uma denominação especial: cloroplastos (verdes, devido à presença do pigmento verde clorofila), xantoplastos (amarelos, devido à presença do pigmento amarelo xantofila) e eritoplastos (vermelhos, devido à presença do pigmento vermelho licopeno, ficoeritrina ou eritrofila).

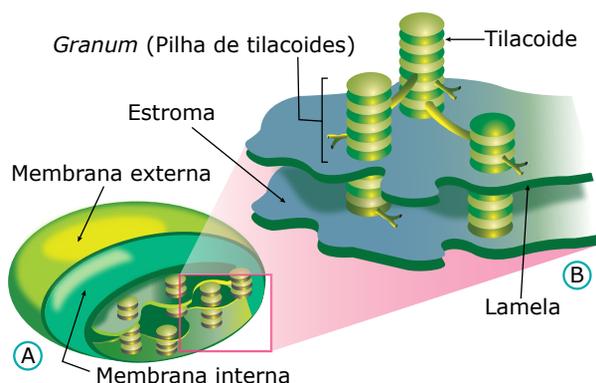
Numa célula vegetal, podem existir diferentes tipos de plastos e o conjunto de todos eles recebe o nome de plastidoma.

De todos os tipos de plastos, os cloroplastos são os mais importantes, uma vez que neles ocorre a reação de fotossíntese.

A fotossíntese tem por objetivo sintetizar glicose a partir de compostos inorgânicos, como água e gás carbônico, utilizando energia luminosa. Possui duas etapas básicas: fase clara e fase escura. Nas células eucariotas fotossintetizantes, essa reação ocorre nos cloroplastos. A fase clara tem lugar nos *grana*, enquanto a fase escura realiza-se no estroma.

Os cloroplastos podem apresentar morfologia variada: em certas algas, podem ser espiralados ou estrelados; nas células dos vegetais superiores, normalmente são esféricos ou ovoides.

Os plastos podem se transformar uns nos outros. Assim, cloroplastos podem se transformar em xantoplastos, em eritoplastos (no processo de amadurecimento de certos frutos, por exemplo) e, pela ausência de luz, em leucoplastos.



Cloroplastos – A. Representação de um cloroplasto visto ao microscópio eletrônico (ME); B. Ilustração indicando os grana formados pelos tilacoides. Observe que os tilacoides se intercomunicam.

Quanto à estrutura, os cloroplastos estão delimitados por duas membranas lipoproteicas: membrana externa e membrana interna. A membrana interna forma invaginações (dobras) para o interior da organela. Essas dobras se dispõem paralelamente e recebem o nome de lamelas. Sobre essas lamelas, encontramos pequenas estruturas discóides constituídas de clorofila, denominadas tilacoides. Os tilacoides se dispõem uns sobre os outros, formando pilhas. Cada pilha de tilacoides recebe o nome de granum, cujo plural é grana. O espaço interno do cloroplasto é preenchido por uma mistura denominada estroma, constituída de água, proteínas, carboidratos, lipídios, RNA e DNA. No estroma, também existem ribossomos. A presença de DNA nessa organela justifica sua capacidade de autoduplicação, e a presença de ribossomos permite a realização de síntese de proteínas em seu interior.

Lisossomos(as)

São pequenas vesículas delimitadas por membrana lipoproteica, originárias do sistema golgiense, contendo enzimas digestivas (hidrolíticas) que têm atividade máxima em meio ácido. Por isso, também são genericamente denominadas de hidrolases ácidas. Essas enzimas são produzidas no retículo endoplasmático granuloso e daí vão para o sistema golgiense, do qual desprendem pequenas vesículas, os lisossomos, contendo as referidas enzimas. As enzimas lisossômicas são ativas em meio ácido (pH entre 4,5 e 5,0). A acidez do interior do lisossomo é obtida por meio do bombeamento de íons H^+ para o interior dessas organelas. Na membrana do lisossomo, existe uma enzima que, utilizando energia liberada de ATP, bombeia íons H^+ para dentro dos lisossomos.

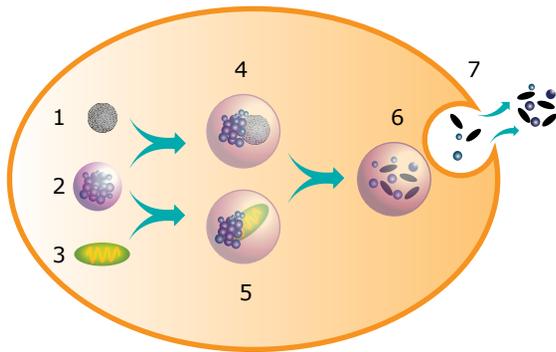
Como o hialoplasma é um meio neutro (pH = 7,0), se a membrana de um lisossomo se rompe liberando suas enzimas, isso não acarretará grandes danos à célula, uma vez que as enzimas lisossômicas são pouco ativas em meio neutro. Entretanto, havendo ruptura simultânea de muitos lisossomos, haverá extravasamento excessivo de enzimas, podendo pôr em risco a integridade da célula, levando, inclusive, à sua morte.

Os lisossomos são organelas típicas de células eucariotas animais e têm como função realizar a digestão intracelular. Essa digestão pode ser dos tipos: heterofagia e autofagia.

- **Heterofagia (digestão heterofágica)** – Consiste na digestão de material exógeno, isto é, material proveniente do meio extracelular e que penetra na célula por endocitose (fagocitose ou pinocitose). Trata-se, portanto, da digestão do fagossomo ou do pinossomo.

Uma vez dentro da célula, o fagossomo (ou o pinossomo) junta-se a um lisossomo (lisossomo primário) e, dessa união, surge o vacúolo digestivo ou lisossomo secundário. No interior do vacúolo digestivo, o material englobado por fagocitose ou pinocitose é digerido pelas enzimas lisossômicas. Os nutrientes resultantes dessa digestão são liberados no hialoplasma e aproveitados pela célula. O material que não foi digerido, ou seja, as sobras ou resíduos dessa digestão, permanece dentro do vacúolo, que passa então a ser chamado de vacúolo residual ou corpo residual. Uma vez formado, o vacúolo residual funde-se à membrana plasmática da célula e, por exocitose, libera os resíduos no meio extracelular. Alguns autores chamam essa exocitose realizada pelo vacúolo residual de defecação celular ou clasmocitose.

- **Autofagia (digestão autofágica)** – Consiste na digestão de material endógeno, isto é, material do próprio meio intracelular. Às vezes, certas organelas citoplasmáticas tornam-se inativas, deixando de realizar suas funções. Nesse caso, a organela inativa será digerida pelas enzimas lisossômicas. Na autofagia, o lisossomo primário junta-se à organela inativa, formando o vacúolo autofágico ou autofagossomo. No vacúolo autofágico, a organela é digerida. Os nutrientes provenientes dessa digestão são repassados para o hialoplasma e aproveitados pela célula, enquanto as “sobras” contidas no vacúolo residual são eliminadas, por clasmocitose, no meio extracelular.



- 1. Fagossomo ou pinossomo
 - 2. Lisossomo primário
 - 3. Organela inativa
 - 4. Vacúolo digestivo
 - 5. Vacúolo autofágico
 - 6. Vacúolo residual
 - 7. Clasmocitose
- $1 + 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 7 = \text{Heterofagia}$
 $2 + 3 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 = \text{Autofagia}$

Heterofagia e autofagia: os processos de digestão celular são compostos por várias etapas.

Os lisossomos também estão relacionados com o processo da autólise (citólise), fenômeno que consiste na destruição da célula por suas próprias enzimas, ou seja, é uma autodestruição celular. Para que isso ocorra, é preciso que haja uma ruptura da membrana de vários lisossomos com consequente extravasamento das suas enzimas para o hialoplasma. Em contato direto com o hialoplasma, as enzimas lisossômicas iniciam o processo de digestão de toda a célula.

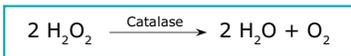
A autólise é um processo que ocorre, normalmente, após a morte do organismo. Após a nossa morte, por exemplo, as células entram em processo de autólise (autodestruição), o que, aliás, justifica, em parte, a degeneração cadavérica. Sabe-se que, assim que a célula morre, os lisossomos se rompem aos poucos, liberando suas enzimas que, evidentemente, aceleram o processo de degradação do material celular, simultaneamente à ação dos micro-organismos decompositores.

A autólise também acontece em alguns processos patológicos (doenças), como na silicose. Na silicose, doença pulmonar causada pela inalação constante de pó de sílica, muito comum em trabalhadores de pedreiras e minas, as partículas de sílica perfuram a membrana lisossômica das células pulmonares e, assim, há o extravasamento das enzimas que, então, iniciam o processo de autólise que leva à destruição e à morte das células pulmonares.

Peroxisomos(as)

São pequenas vesículas membranosas encontradas em células eucariotas de animais e vegetais. Tais vesículas armazenam em seu interior determinadas enzimas, as oxidases, que catalisam reações que modificam substâncias tóxicas, tornando-as inofensivas para as células.

Nas células dos rins e do fígado, por exemplo, existem grandes peroxissomos que têm importante papel na destruição de moléculas tóxicas, como o etanol das bebidas alcoólicas ingeridas pelo organismo. Aproximadamente 25% do álcool ingerido pelo ser humano são degradados pelos peroxissomos. O restante é degradado pelo retículo endoplasmático não granuloso. Nas reações de degradação das moléculas tóxicas que ocorrem nos peroxissomos, átomos de hidrogênio presentes na molécula da substância tóxica são transferidos ao oxigênio, originando, como resíduo, a água oxigenada ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Entretanto, a água oxigenada formada como subproduto dessas reações também é uma substância tóxica para a célula, tendo, inclusive, ação mutagênica. No entanto, nos peroxissomos, também existe uma enzima, a catalase, que rapidamente promove o desdobramento da água oxigenada, transformando-a em água e em oxigênio.



Desdobramento da água oxigenada pela catalase – A atividade da catalase é importante porque o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que se forma nos peroxissomos é um oxidante energético e prejudicaria a célula se não fosse rapidamente transformado.

Um tipo particular de peroxissomo, o glioxissomo, é encontrado em células vegetais de sementes oleaginosas (algodão, amendoim, girassol, etc.). Os glioxissomos possuem oxidases que atuam em reações que transformam lipídios (armazenados como reservas de alimento) em açúcares, que são utilizados como fontes de energia para o metabolismo celular. A glicose produzida a partir dos lipídios de reserva nas sementes é distribuída para a plântula em formação e serve de fonte energética até que os cloroplastos se formem nas folhas jovens e iniciem a fotossíntese.

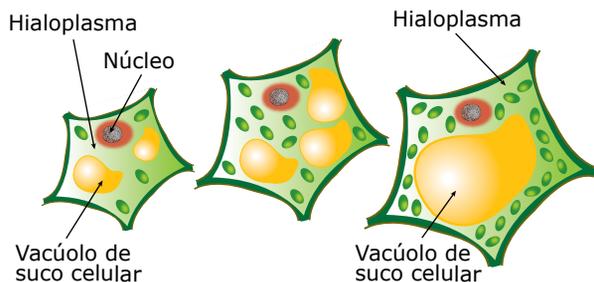
Vacúolos

São vesículas membranosas de diferentes tamanhos e relacionadas com diferentes funções. Subdividem-se em:

- A) Vacúolos relacionados com os processos de digestão intracelular** – Nesse grupo, temos os vacúolos alimentares (fagossomos e pinossomos), os vacúolos digestivos, os vacúolos autofágicos e os vacúolos residuais.
- B) Vacúolos contráteis ou pulsáteis** – Aparecem em seres unicelulares dulcícolas desprovidos de parede celular e têm a finalidade de bombear, por transporte ativo, água para o meio extracelular, impedindo, assim, que a célula “estoure” devido ao excesso de água em seu interior.

C) Vacúolos de suco celular ou vacúolos vegetais –

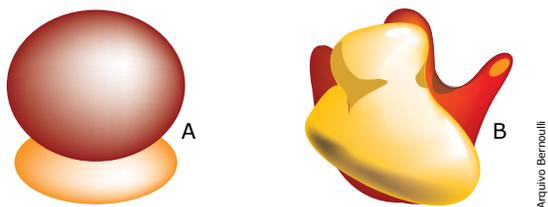
São encontrados apenas em células eucariotas vegetais. Estão delimitados por uma membrana lipoproteica, denominada tonoplasto, e contêm em seu interior o suco vacuolar, solução aquosa na qual, muitas vezes, estão dissolvidos açúcares, sais minerais e pigmentos.



Vacúolo de suco celular – Nas células vegetais jovens, os vacúolos de suco celular são pequenos e numerosos. À medida que a célula vai se desenvolvendo, os vacúolos se fundem uns com os outros, formando vacúolos maiores. Assim, na célula vegetal adulta, normalmente aparece um único e volumoso vacúolo de suco celular que ocupa uma grande área do citoplasma. Esse vacúolo, na célula adulta, é um reservatório de água, sais, pigmentos e açúcares. A concentração da solução existente dentro desse vacúolo exerce importante papel no mecanismo osmótico da célula vegetal.

Ribossomos(as)

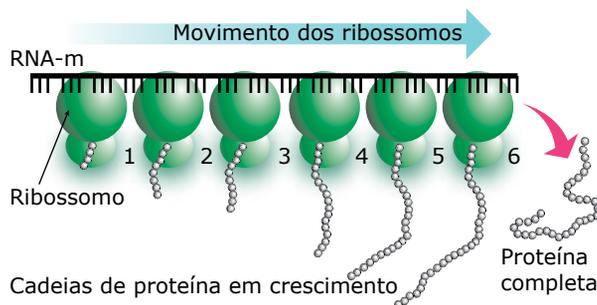
Estruturas não membranosas, encontradas em células procariotas e eucariotas. Descobertos em 1953 por George Palade, razão pela qual foram inicialmente denominados grânulos de Palade. São pequenos grânulos de ribonucleoproteínas, uma vez que são constituídos de RNA-r e proteínas.



Ribossomo – A. Cada ribossomo é formado por duas subunidades, uma maior e outra menor; B. Figura próxima ao ribossomo real.

Nas células procariotas, os ribossomos são encontrados dispersos pelo hialoplasma. Nas eucariotas, além de serem encontrados dispersos pelo hialoplasma, também estão presentes aderidos às paredes do retículo endoplasmático rugoso, na matriz mitocondrial e no estroma dos cloroplastos.

A função dos ribossomos é a síntese de proteínas. Para exercer essa função, precisam estar ligados a uma fita de RNA-m. Muitas vezes, vários ribossomos ligam-se a uma mesma molécula de RNA-m. O complexo formado pela molécula de RNA-m e pelos diversos ribossomos a ela associados recebe o nome de polissomo ou polirribossomo. No polissomo, todos os ribossomos percorrem a mesma fita de RNA-m e, assim, os peptídeos por eles produzidos serão idênticos, uma vez que terão a mesma sequência de aminoácidos.

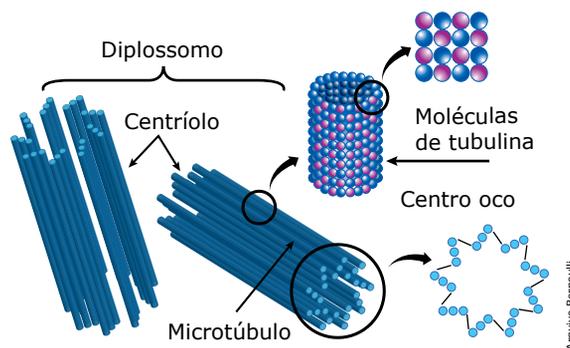


Polirribossomo – Observe que os diversos ribossomos, por estarem em diferentes pontos do RNA-m, estão com sua cadeia peptídica em fases diferentes de formação. O ribossomo 1 percorreu um número menor de códons e, por isso, está com um peptídeo menor. Ao contrário, o ribossomo 6 está com a cadeia peptídica já formada e se soltará do RNA-m.

Centríolos

Estruturas não membranosas encontradas apenas em células eucariotas, exceto em células de angiospermas e muitas gimnospermas (pinheiros, por exemplo).

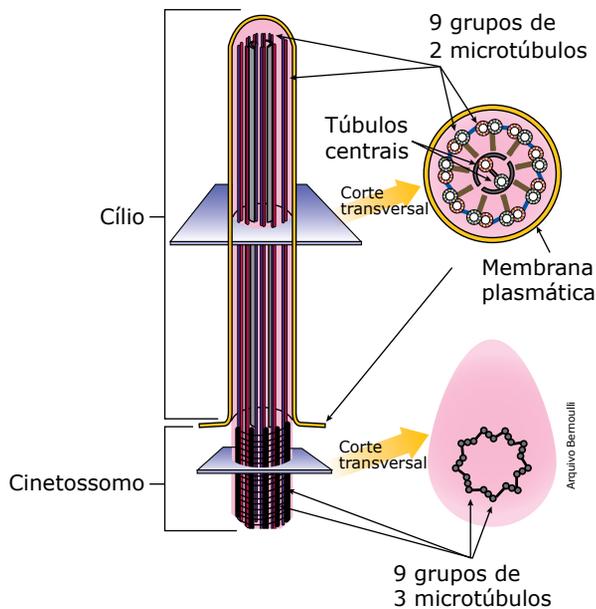
Em geral, a célula apresenta um par de centríolos dispostos perpendicularmente um ao outro, ocupando, normalmente, uma posição próxima ao núcleo celular em uma região denominada centro celular (centrossomo). Esse par de centríolos é denominado diplossomo.



Centríolos – Cada centríolo é formado por 27 túbulos proteicos, organizados em nove grupos de três túbulos cada. Esses túbulos proteicos são, na realidade, microtúbulos constituídos de proteínas denominadas tubulinas. Tem sido descrita, também, a ocorrência de duas outras proteínas: a nexina e a dineína, que fazem a ligação entre os dois centríolos constituintes do diplossomo, bem como a ligação entre os microtúbulos de cada centríolo.

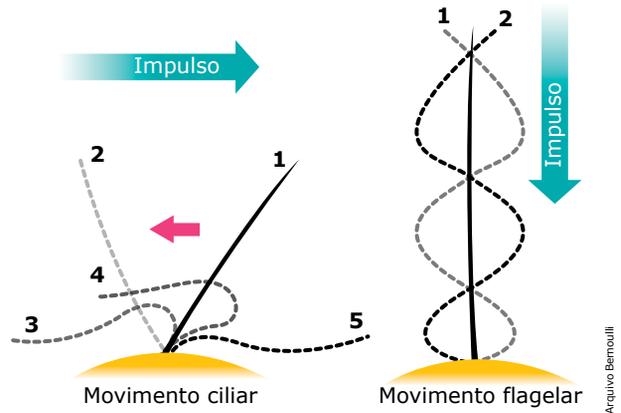
Os centríolos podem se duplicar por montagem molecular, isso é, podem orientar a formação de novos microtúbulos a partir da associação de moléculas de tubulinas e, conseqüentemente, formar novos centríolos.

Nas células eucariotas, os centríolos são responsáveis pela formação dos cílios e flagelos, estruturas filamentosas móveis que se projetam da superfície celular. Os cílios e os flagelos são centríolos modificados. A parte basal dos cílios e dos flagelos é denominada cinetossomo (corpúsculo basal) e tem a mesma estrutura do centríolo.



Cílios e flagelos – Um corte transversal no cinetossomo mostra uma estrutura idêntica à do centríolo, isto é, nove grupos de três túbulos proteicos cada. Do cinetossomo, dois túbulos de cada grupo de três alongam-se, empurrando a membrana plasmática, ocorrendo, ainda, a formação de um par de túbulos na região central. Assim, um corte transversal na parte do cílio ou flagelo que se exterioriza (que sai para o meio extracelular) mostra uma estrutura formada por nove grupos de dois túbulos proteicos cada e dois túbulos centrais. Alguns autores costumam empregar o esquema numérico 9 + 2 para designar a estrutura dos cílios e flagelos, e o esquema 9 + 0 para representar a organização dos túbulos no centríolo.

Os cílios e os flagelos das células eucariotas têm a mesma origem e a mesma estrutura interna. A diferença entre eles deve-se, basicamente, a três fatores: os cílios são mais curtos que os flagelos; os cílios são mais numerosos do que os flagelos; o movimento dos cílios é diferente do movimento flagelar, como mostra a figura a seguir:



O movimento dos cílios é diferente do movimento dos flagelos.



Estruturas das células eucariotas

Nesse objeto de aprendizagem, você visualizará a estrutura de uma célula eucariota animal e de uma vegetal, percebendo as semelhanças e diferenças entre elas. Atente às estruturas exclusivas e aos textos explicativos de cada organela. Bom trabalho!



APOPTOSE

A **apoptose** é um fenômeno que consiste na **morte celular geneticamente programada** como parte de um processo normal, ou seja, é uma autodestruição celular geneticamente programada. Muitas células, durante os diferentes processos de formação dos organismos pluricelulares, são programadas para morrer. Uma das razões da apoptose é o fato de a célula, em determinado momento, não ser mais necessária ao organismo. Por exemplo, antes do nascimento, o feto humano apresenta mãos com membrana interdigital (entre os dedos). Com a continuidade do desenvolvimento, as células que constituem essa membrana sofrem apoptose e desaparecem.

A apoptose também acontece nas alterações estruturais que se verifica na metamorfose de certos animais. É por apoptose, por exemplo, que ocorre o desaparecimento da cauda do girino (larva do sapo) quando ele começa a transformar-se num animal adulto. Na apoptose, a célula fragmenta-se em vesículas revestidas por membranas denominadas **corpos apoptóticos**. Por serem revestidos por membranas, esses fragmentos são reconhecidos e fagocitados por macrófagos ou por células vizinhas. Assim, as células que morrem por apoptose são removidas do tecido sem que haja extravasamento do conteúdo celular, o que evita a ocorrência de processo inflamatório. Quando danificadas por substância tóxica, veneno, ou então quando são privadas de nutrientes essenciais, as células podem morrer por necrose e se romper, liberando seu conteúdo no meio extracelular, o que frequentemente resulta em inflamação. Na morte celular por apoptose, não ocorre esse extravasamento.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



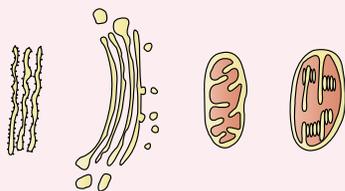
01. (Vunesp) Se fôssemos comparar a organização e o funcionamento de uma célula eucarionte com o que ocorre em uma cidade, poderíamos estabelecer determinadas analogias. Por exemplo, a membrana plasmática seria o perímetro urbano, e o hialoplasma corresponderia ao espaço ocupado pelos edifícios, ruas e casas com seus habitantes. O quadro reúne algumas similaridades funcionais entre cidade e célula eucarionte.

	Cidade	Células eucariontes
I.	Ruas e avenidas	1. Mitocôndrias
II.	Silos e armazéns	2. Lisossomos
III.	Central elétrica (energética)	3. Retículo endoplasmático
IV.	Casas com aquecimento solar	4. Complexo de Golgi
V.	Restaurantes e lanchonetes	5. Cloroplastos

Correlacione os locais da cidade com as principais funções correspondentes às organelas celulares e assinale a alternativa correta.

- A) I-3, II-4, III-1, IV-5 e V-2
- B) I-4, II-3, III-2, IV-5 e V-1
- C) I-3, II-4, III-5, IV-1 e V-2
- D) I-1, II-2, III-3, IV-4 e V-2
- E) I-5, II-4, III-1, IV-3 e V-2

02. (UFMG) Que alternativa indica as funções correspondentes aos organoides celulares representados?

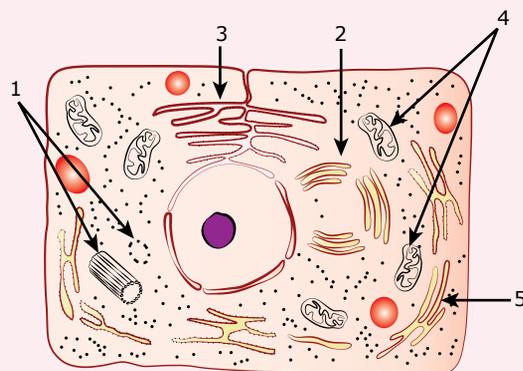


- A) Respiração, fotossíntese, síntese proteica, armazenamento de secreção.
- B) Síntese proteica, armazenamento de secreção, respiração, fotossíntese.
- C) Armazenamento de secreção, síntese proteica, fotossíntese, respiração.
- D) Síntese proteica, respiração, armazenamento de secreção, fotossíntese.
- E) Fotossíntese, armazenamento de secreção, respiração, síntese proteica.

03. (UFSCar-SP) Em uma célula vegetal o material genético concentra-se no interior do núcleo, o qual é delimitado por uma membrana. Além dessa região, o material genético também é encontrado no interior do

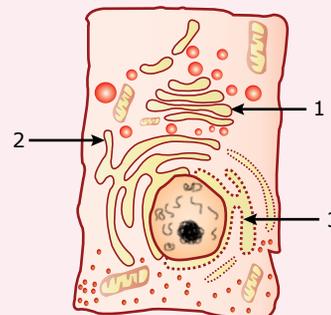
- A) retículo endoplasmático e complexo golgiense.
- B) complexo golgiense e cloroplasto.
- C) lisossomo e retículo endoplasmático.
- D) lisossomo e mitocôndria.
- E) cloroplasto e mitocôndria.

04. (Mackenzie-SP) O esquema a seguir representa uma célula eucariótica. Indique a alternativa correta a respeito das organelas apontadas.



- A) 4 está ausente em células vegetais.
- B) 2 é exclusiva de células produtoras de hormônios.
- C) As ligações peptídicas se estabelecem nos ribossomos presentes na organela 3.
- D) 1 é formadora de cílios e flagelos em todos os tipos de células, incluindo-se as procariontes.
- E) 5 é responsável pela digestão intracelular.

05. (UFF-RJ) Observe as três organelas indicadas na figura.



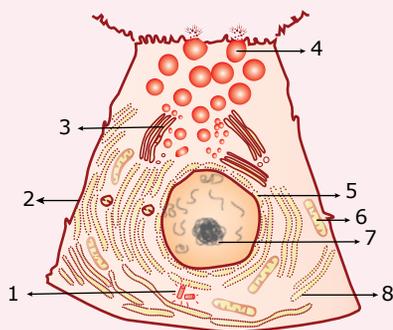
Assinale a alternativa que, relativamente a cada uma dessas organelas, apresenta sua identificação seguida de uma de suas funções.

- A) 1. retículo endoplasmático liso – síntese de lipídios; 2. retículo endoplasmático rugoso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3. Complexo de Golgi – secreção celular.
- B) 1. Complexo de Golgi – síntese de proteínas; 2. retículo endoplasmático rugoso – secreção celular; 3. retículo endoplasmático liso – transporte de substâncias.
- C) 1. Complexo de Golgi – origem dos lisossomos; 2. retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 3. retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas.
- D) 1. Complexo de Golgi – secreção celular; 2. retículo endoplasmático liso – síntese de proteínas; 3. retículo endoplasmático rugoso – síntese de lipídios.
- E) 1. retículo endoplasmático liso – pode controlar a concentração de cálcio citoplasmático; 2. retículo endoplasmático rugoso – síntese de proteínas; 3. Complexo de Golgi – secreção celular.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



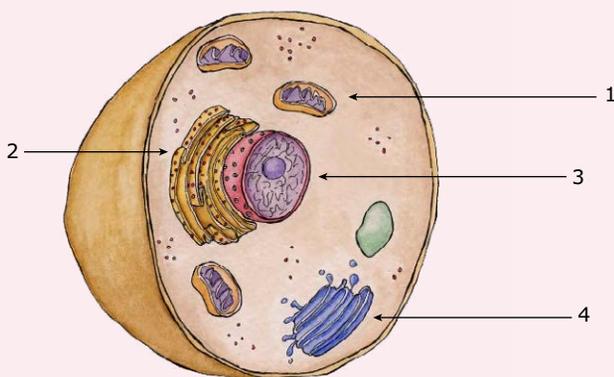
01. (UFMG) O esquema representa um modelo de célula com alguns de seus componentes numerados de 1 a 8.



Com relação aos componentes indicados, a alternativa totalmente correta é:

- A) 1 caracteriza células vegetais, e 2 é a membrana celular.
- B) 3 é o retículo endoplasmático liso, e 4 é um lisossomo.
- C) 5 e 7 ocorrem em células procariotas e eucariotas.
- D) 6 realiza a fotossíntese.
- E) 8 é local de síntese de macromoléculas orgânicas.

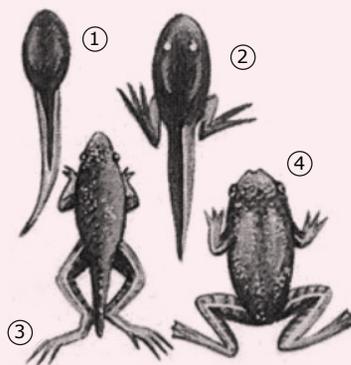
02. (FPS-PE) As células que formam os organismos vivos apresentam diferentes níveis de complexidade. Considerando a célula ilustrada a seguir, o que apresentam em comum as estruturas apontadas pelas setas?



Disponível em: <<http://www.exploringnature.org>> (Adaptação).

- A) Envolvimento com a síntese proteica.
- B) Capacidade de autoduplicação.
- C) Implicação com síntese de ácidos graxos.
- D) Habilidade de processar carboidratos.
- E) Delimitação por membrana lipoproteica.

03. (UNIUBE-MG)



SOARES, J. L. *Biologia no terceiro milênio*. São Paulo: Scipione, 1998. p. 93.

Durante a metamorfose, o girino sofre regressão da cauda por ação das catepsinas ou catepsinases, enzimas proteolíticas liberadas pelo(s)(as):

- A) mitocôndrias.
- B) complexo de Golgi.
- C) lisossomos.
- D) ribossomos.
- E) peroxissomos.

04.
XV1J

(PUC Minas) O processo de renovação celular em que orgânulos envelhecidos, não funcionais, são digeridos pelos lisossomos, com possível aproveitamento do material digerido, é chamado de

- A) heterofagia.
- B) clasmocitose.
- C) autofagia.
- D) fagocitose.
- E) autólise.

05.
1WMK

(UERN-2015) O corpo humano, como na maioria dos animais, é formado por sistemas. No homem, podem-se encontrar os sistemas digestório, respiratório, cardiovascular, nervoso, entre outros. Cada sistema é formado por órgãos, constituídos por tecidos, que são compostos por células. No que se refere à organização celular humana, marque a alternativa correta.

- A) No citoplasma ocorre a maioria das reações químicas celulares.
- B) As partes fundamentais das células são membrana plasmática e núcleo.
- C) O núcleo é responsável por controlar as trocas de substâncias entre o interior e o exterior da célula.
- D) A membrana plasmática é envolta por uma parede celular semirrígida que exerce o controle sobre as substâncias que penetram na célula.

06.

(UFRGS-RS) Em um experimento em que foram injetados aminoácidos radioativos em um animal, a observação de uma de suas células mostrou os seguintes resultados: após 3 minutos, a radioatividade estava localizada na organela X (demonstrando que a síntese de proteínas ocorria naquele local); após 20 minutos, a radioatividade passou a ser observada na organela Y; 90 minutos depois, verificou-se a presença de grânulos de secreção radioativos, uma evidência de que as proteínas estavam próximas de serem exportadas.

- As organelas X e Y referidas no texto são, respectivamente,
- o complexo golgiense e o lisossomo.
 - o retículo endoplasmático liso e o retículo endoplasmático rugoso.
 - a mitocôndria e o ribossomo.
 - o retículo endoplasmático rugoso e o complexo golgiense.
 - o centríolo e o retículo endoplasmático.

- 07.** (UFPI) Uma célula privada do aparelho de Golgi possui dificuldade em:
- Manter sua forma.
 - Sintetizar DNA.
 - Sintetizar mRNA.
 - Sintetizar proteínas.
 - Armazenar moléculas.

- 08.** (UEL-PR) S25X O tecido epitelial do intestino delgado apresenta um tipo de célula que produz mucopolissacarídeos com função lubrificante, facilitando, assim, o deslocamento do alimento durante o processo de digestão. Baseando-se na função destas células, qual das organelas celulares aparece bastante desenvolvida quando observada ao microscópio eletrônico?
- Retículo endoplasmático liso.
 - Lisossomo.
 - Complexo de Golgi.
 - Peroxisossomo.
 - Vacúolo.

- 09.** (UECE–2015) As reações metabólicas consistem em intrincados e elegantes mecanismos os quais são responsáveis pela manutenção e pelo equilíbrio da dinâmica da vida. A estrutura celular que tem responsabilidade pelo elegante mecanismo da síntese de moléculas de ATP, um trabalho indispensável à manutenção dos seres vivos, já que essa área se responsabiliza por energia, é denominada
- complexo de Golgi.
 - lisossomos.
 - DNA.
 - mitocôndrias.

- 10.** (UFMA) As organelas citoplasmáticas encontram-se em maior ou menor quantidade, ou mais ou menos desenvolvidas em determinadas células ou organismos. Essa variação está relacionada com o melhor desempenho da sua função. Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.
- Os vacúolos pulsáteis (ou contráteis) são bem desenvolvidos nos animais marinhos.
 - Os vacúolos de suco celular são abundantes nos protozoários de água doce.
 - As mitocôndrias ocorrem em grande quantidade nas células com baixa atividade metabólica.
 - O retículo endoplasmático granuloso é muito desenvolvido em células relacionadas com a produção de secreções.
 - Os ribossomos ocorrem em grande quantidade nos vírus.

- 11.** (UECE) LDMU O retículo endoplasmático e o complexo de Golgi são organelas celulares cujas funções estão relacionadas da seguinte forma: o complexo de Golgi
- recebe proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático.
 - envia proteínas, nele sintetizadas, para o retículo endoplasmático.
 - envia polissacarídeos, nele sintetizados, para o retículo endoplasmático.
 - recebe monossacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático, para o qual envia polissacarídeos.

- 12.** (PUC Rio) ZYZZ O cianureto é um veneno que mata em poucos minutos, sendo utilizado na condenação à morte na câmara de gás. Ele combina-se de forma irreversível com pelo menos uma molécula envolvida na produção de ATP.

Assim, ao se analisar uma célula de uma pessoa que tenha sido exposta ao cianureto, a maior parte do veneno será encontrada dentro de

- retículo endoplasmático.
- peroxissomos.
- lisossomos.
- mitocôndria.
- complexo de Golgi.

- 13.** (UPE) 7UT7 Num determinado hospital da Região Metropolitana do Recife, nasceu um menino com a síndrome de Zellweger ou síndrome cérebro-hepatorrenal. Considerada uma doença raríssima, por ocorrer 1 em cada 50 000 a 100 000 nascimentos, é resultante do defeito no funcionamento de uma organela celular, cuja função está relacionada com o armazenamento da enzima catalase. Esta reage com o peróxido de hidrogênio, substância tóxica que necessita da sua degradação, contribuindo com a desintoxicação do organismo, a partir da oxidação de substâncias absorvidas do sangue.

Com base nessas informações, a organela celular a que o texto se refere denomina-se

- lisossomos.
- peroxissomos.
- mitocôndrias.
- ribossomos.
- gliossomos.

- 14.** (UFPR) LB55 Os vertebrados possuem grupos de células bastante variados, com adaptações necessárias ao seu funcionamento. Essas adaptações refletem-se, muitas vezes, na própria estrutura celular, de modo que as células podem tornar-se especializadas em determinadas funções, como contração, transmissão de impulsos nervosos, "geração" de calor, síntese de proteínas e lipídios, secreção etc. Considere os resultados obtidos do estudo de duas células diferentes, apresentados na tabela.

Estrutura de duas células extraídas de tecidos diferentes, observadas ao microscópio.		
	Célula A	Célula B
Filamentos de actina	+++	+
Microtúbulos	+	++
Retículo endoplasmático liso	+++	++
Retículo endoplasmático rugoso	+	+++
Mitocôndrias	+++	+++
Aparato de Golgi	+	+++
Núcleo	+++	+
+ poucos ou escassos; ++ intermediários; +++ muitos ou abundantes.		

Considerando os resultados, que função poderia ser desempenhada pelas células A e B, respectivamente?

- Contração e secreção.
- Síntese de lipídios e contração.
- Geração de calor e síntese de lipídios.
- Síntese de proteínas e geração de calor.
- Transmissão de impulso nervoso e síntese de proteínas.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2016)

Companheira viajante

Suavemente revelada? Bem no interior de nossas células, uma clandestina e estranha alma existe. Silenciosamente, ela trama e aparece cumprindo seus afazeres domésticos cotidianos, descobrindo seu nicho especial em nossa fogaosa cozinha metabólica, mantendo entropia em apuros, em ciclos variáveis noturnos e diurnos. Contudo, raramente ela nos acende, apesar de sua fornalha consumi-la. Sua origem? Microbiana, supomos. Julga-se adaptada às células eucariontes, considerando-se como escrava – uma serve a serviço de nossa verdadeira evolução.

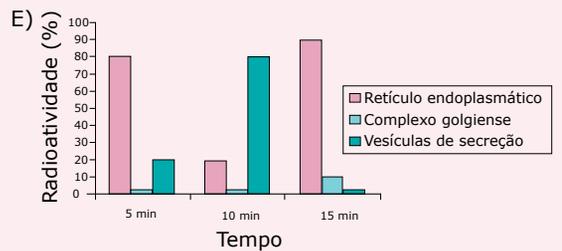
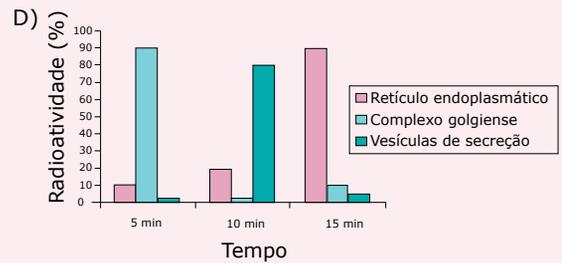
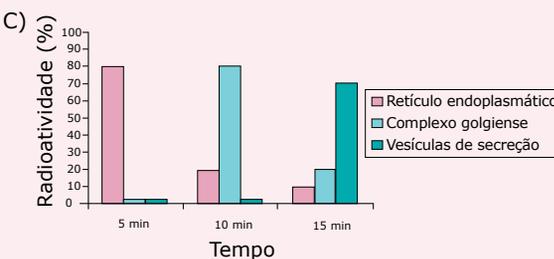
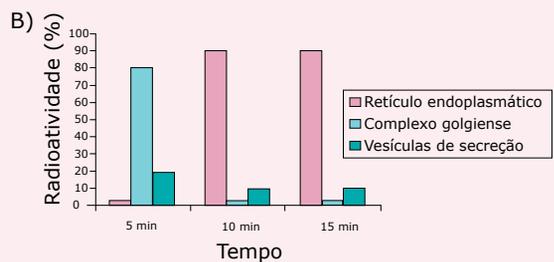
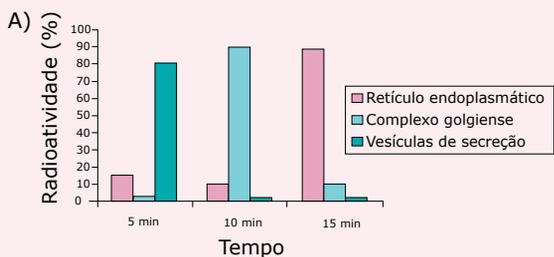
McMURRAY, W. C. The Traveler. *Trends in Biochemical Sciences*. 1994 (Adaptação).

A organela celular descrita de forma poética no texto é o(a)

- A) centríolo.
- B) lisossomo.
- C) mitocôndria.
- D) complexo golgiense.
- E) reticulo endoplasmático liso.

02. (Enem-2015) Muitos estudos de síntese e endereçamento de proteínas utilizam aminoácidos marcados radioativamente para acompanhar as proteínas, desde fases iniciais de sua produção até seu destino final. Esses ensaios foram muito empregados para estudo e caracterização de células secretoras.

Após esses ensaios de radioatividade, qual gráfico representa a evolução temporal da produção de proteínas e sua localização em uma célula secretora?



03. (Enem) Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariontes, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

- A) capacidade de produzir moléculas de ATP.
- B) presença de parede celular semelhante à de procariontes.
- C) presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
- D) capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
- E) presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A 03. E 05. C
- 02. B 04. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. E 05. A 09. D 13. B
- 02. E 06. D 10. D 14. A
- 03. C 07. E 11. A
- 04. C 08. C 12. D

Seção Enem

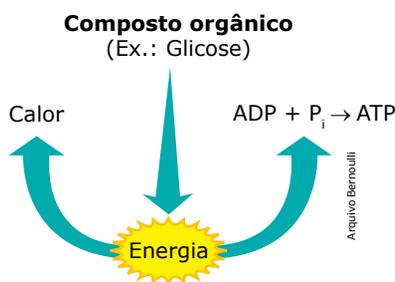
Acertei _____ Errei _____

- 01. C 02. C 03. D

Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Respiração Celular e Fermentação

A obtenção de energia a partir de compostos orgânicos consiste numa série de reações químicas que visam à degradação (“quebra”) de moléculas orgânicas no interior da célula com o objetivo de liberar a energia nelas contida. Parte dessa energia irradia-se para o meio sob a forma de calor e parte é utilizada na síntese de moléculas de ATP, nas quais fica armazenada até ser utilizada numa atividade. Assim, o objetivo da respiração celular e da fermentação é a síntese de moléculas de ATP.



Os compostos orgânicos utilizados no processo de obtenção de energia estão representados principalmente pelos carboidratos, notadamente a glicose. No entanto, na carência de carboidratos, as células passam a utilizar lipídios e, na falta destes, chegam a lançar mão das proteínas para obtenção de energia.

O oxigênio (O₂) pode participar ou não como um dos reagentes dessas reações que visam à obtenção de energia. Quando o O₂ participa, diz-se que o processo é aeróbio (aeróbico); quando não há participação do O₂, o processo é dito anaeróbio (anaeróbico). A respiração pode ser aeróbia ou anaeróbia, já a fermentação é um processo anaeróbio.

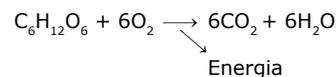
Existem células que só realizam processo aeróbio; outras que só realizam o processo anaeróbio; e, ainda, existem aquelas que podem realizar as duas modalidades. Assim, podemos classificar as células em:

- **Aeróbias estritas** – Só realizam o processo aeróbio. Na ausência de oxigênio, morrem. A maioria das células do nosso corpo está incluída nessa categoria.

- **Anaeróbias estritas ou obrigatórias** – Só realizam o processo anaeróbio. A presença do oxigênio, inclusive, lhes é prejudicial, chegando a matá-las. Isso acontece, por exemplo, com células de alguns micro-organismos, como é o caso do *Clostridium tetani*, bactéria causadora do tétano.
- **Anaeróbias facultativas** – São capazes de realizar processo aeróbio e anaeróbio, conforme tenham ou não à sua disposição o oxigênio. Na presença de O₂, realizam o processo aeróbio na ausência de O₂, passam a obter energia por processo anaeróbio. Isso é feito, por exemplo, por nossas células musculares esqueléticas.

RESPIRAÇÃO AERÓBIA

No metabolismo celular, normalmente, a respiração aeróbia é feita a partir da glicose. Trata-se de uma reação exergônica, que pode ser representada de forma simplificada por meio da seguinte equação química:



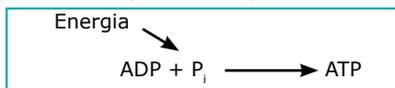
A glicose (C₆H₁₂O₆), utilizada como reagente, pode ser obtida por meio da alimentação, no caso de organismo heterótrofo, ou, então, é produzida dentro da própria célula, por meio da fotossíntese ou da quimiossíntese, no caso de o organismo ser autótrofo.

O oxigênio (O₂), que também é um reagente da respiração aeróbia, normalmente é proveniente do meio ambiente, podendo, dependendo da espécie, ser retirado da atmosfera, da água (O₂ que se encontra dissolvido entre as moléculas de água dos rios, mares, lagos, etc.) e mesmo do solo.

O gás carbônico ou dióxido de carbono (CO₂) é um dos produtos finais da reação. Em altas concentrações no interior do organismo, torna-se uma substância prejudicial e tóxica para as células, uma vez que é um óxido ácido. Assim, quanto maior a sua concentração num meio, mais ácido esse meio se torna. Essa acidificação excessiva pode levar à morte das células. Por isso, o CO₂ formado nas reações da respiração aeróbia, normalmente, é eliminado para o meio ambiente. Na respiração aeróbia, portanto, há, normalmente, uma troca de gases (absorção de O₂ e eliminação do CO₂) entre o organismo e o meio ambiente.

A água (H₂O), outro produto da reação, pode ser utilizada no próprio metabolismo celular como também pode ser eliminada por meio de diferentes processos (transpiração, por exemplo).

Quanto à energia liberada pela reação, parte dela é perdida para o meio sob a forma de calor, e parte é utilizada na fosforilação de moléculas de ADP para a fabricação de ATP conforme mostra o esquema a seguir:

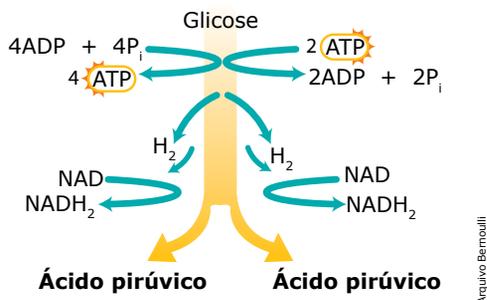


A respiração aeróbia feita a partir da glicose pode ser subdividida em três etapas básicas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

Glicólise

Ocorre no hialoplasma das células e consiste numa sequência de reações que tem como finalidade “quebrar” ou decompor a molécula de glicose (que possui 6 carbonos) em duas moléculas menores (cada uma com 3 carbonos) de uma substância denominada ácido pirúvico (piruvato).

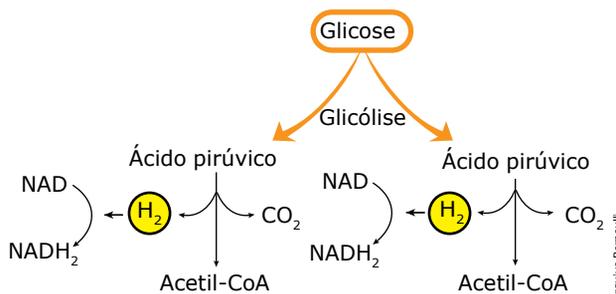
De forma mais simples, podemos resumir a glicólise da seguinte maneira:



Glicólise.

O esquema mostra resumidamente que as reações da glicólise consomem 2 ATP; liberam hidrogênios, com a consequente formação de 2 NADH₂ (2 NADH + H⁺); liberam energia, que é utilizada para a síntese de 4 ATP; e formam duas moléculas de ácido pirúvico. O NAD ou NAD⁺ (nicotinamida adenina dinucleotídeo) é um transportador de hidrogênios. Ao receber hidrogênios, o NAD passa para sua forma reduzida NADH + H⁺, que, por comodidade didática, muitos autores preferem representar por NADH₂ ou NAD2H. Embora a oxidação e a redução sejam definidas para perda e ganho de elétrons, podemos também usar esses termos quando são ganhos ou peridos átomos de hidrogênio, porque as transferências de átomos de hidrogênio envolvem transferência de elétrons (H = H⁺ + e⁻). Os NADH₂ formados na glicólise irão para a cadeia respiratória.

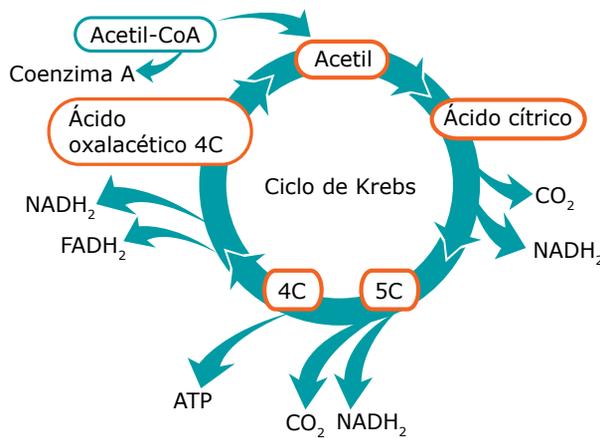
Após a glicólise, cada molécula de ácido pirúvico sofre descarboxilação (saída de CO₂ devido à ação das enzimas descarboxilases) e desidrogenação (saída de H₂), transformando-se no radical acetil que possui apenas dois carbonos.



As moléculas de CO₂ liberadas dessas reações são eliminadas para o meio extracelular e, posteriormente, liberadas no meio ambiente. Os H₂ liberados são capturados por moléculas de NAD, formando NADH₂, que, por sua vez, irão para a cadeia respiratória. Cada molécula de ácido acético liga-se à coenzima A, formando um composto conhecido por acetil-CoA, que irá para o ciclo de Krebs.

Ciclo de Krebs

O radical acetil desliga-se da coenzima A e reage com o ácido oxalacético (um composto que tem 4 carbonos na molécula), formando o ácido cítrico (com 6 carbonos na molécula). Assim, o ácido cítrico é o primeiro composto formado nessa etapa e, por isso, o ciclo de Krebs é conhecido também por ciclo do ácido cítrico. Na imagem a seguir, temos uma representação esquemática e resumida do ciclo de Krebs.

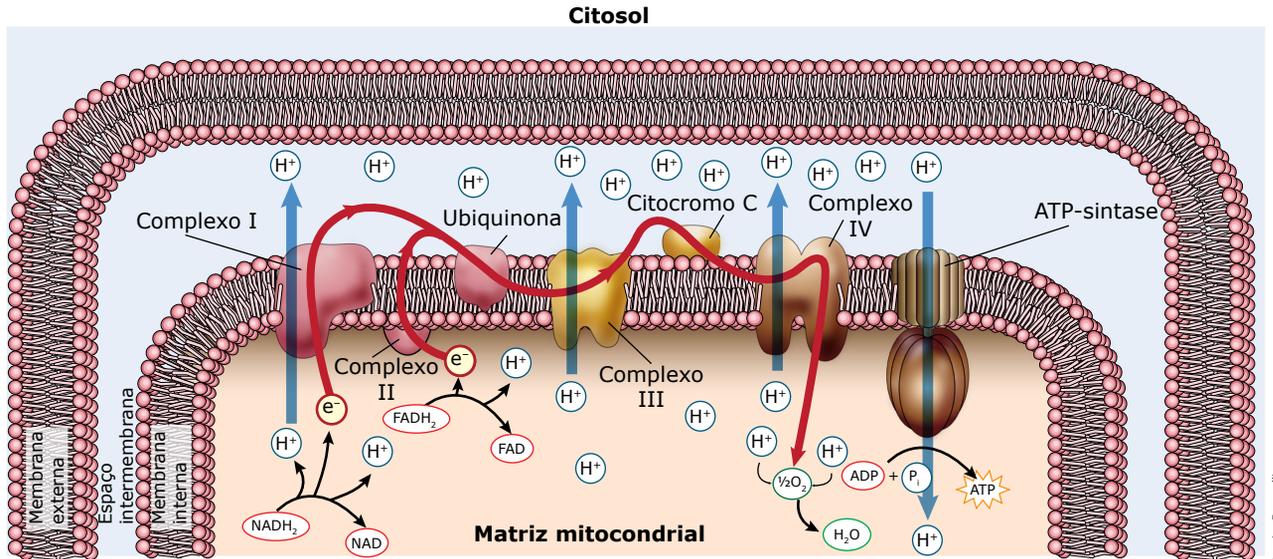


Ciclo de Krebs.

O esquema do ciclo de Krebs representado anteriormente mostra que, em cada volta do ciclo, ocorrem os seguintes fenômenos: o ácido cítrico é degradado sucessivamente em compostos com 4 e 5 carbonos até reconstituir o ácido oxalacético; liberação de 2 CO₂ (descarboxilação) que, normalmente, serão eliminados para o meio extracelular e, posteriormente, para o meio ambiente; liberação de energia que permitirá diretamente a síntese de um ATP e liberação de 4 H₂ (desidrogenação). Destes, 3 H₂ são capturados por moléculas de NAD, formando 3 NADH₂, e o outro H₂ liga-se a uma molécula de FAD, formando um FADH₂. O FAD (flavina adenina dinucleotídeo), assim como o NAD, é um aceptor e transportador de hidrogênios. Os NADH₂ e o FADH₂ formados durante as reações do ciclo de Krebs também irão para a cadeia respiratória.

Cadeia respiratória

A cadeia respiratória, que nas células eucariotas é realizada na membrana interna da mitocôndria, tem início a partir dos NADH_2 e dos FADH_2 produzidos nas etapas anteriores da respiração celular. Nela, ocorre síntese de água, transporte de elétrons através de uma cadeia de substâncias (cadeia transportadora de elétrons) e bomba de prótons (H^+) com consequente síntese de ATP. A cadeia transportadora de elétrons é um conjunto de reações de oxirredução que envolve a participação de quatro complexos proteicos (I, II, III e IV) e de duas moléculas conectoras móveis: a ubiquinona (coenzima Q) e o citocromo C. A bomba de prótons é um mecanismo de transporte ativo que transfere íons H^+ da matriz mitocondrial para o espaço intermembrana (espaço existente entre a membrana externa e a membrana interna da mitocôndria). A ilustração a seguir mostra de forma simplificada os principais fenômenos da cadeia respiratória.



A cadeia respiratória – A oxidação dos NADH_2 ($\text{NADH}_2 \rightarrow \text{NAD} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) e a dos FADH_2 ($\text{FADH}_2 \rightarrow \text{FAD} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$) liberam elétrons e prótons. Os elétrons provenientes da oxidação dos NADH_2 são recebidos pelo complexo I no começo da cadeia respiratória, enquanto aqueles provenientes dos FADH_2 são recebidos pelo complexo II. Desses receptores (I e II), os elétrons são transferidos para a ubiquinona, de onde são repassados para o complexo III e daí para o citocromo C. Do citocromo C, eles são enviados para o complexo IV, que, então, os entrega ao O_2 , que se combina com íons H^+ , formando água (H_2O). O oxigênio, portanto, é o receptor final dos elétrons na cadeia transportadora. Nesse processo de transferência de elétrons dos NADH_2 e dos FADH_2 até o O_2 , há, gradativamente, liberação de energia. Parte dessa energia é dissipada sob a forma de calor e parte é utilizada para bombear prótons (H^+) da matriz mitocondrial para o espaço existente entre as membranas mitocondriais. Portanto, à medida que os elétrons passam pela cadeia transportadora, os prótons são bombeados para o espaço intermembrana. O acúmulo de íons H^+ nesse espaço cria um gradiente de concentração de prótons: concentração alta de H^+ no espaço intermembrana e concentração baixa de H^+ na matriz mitocondrial. Devido à carga positiva nos prótons (H^+), estabelece-se, também, uma diferença na carga elétrica: a matriz mitocondrial torna-se mais negativa que o espaço intermembrana. Juntos, o gradiente de concentração de prótons e a diferença de carga constituem uma fonte de energia potencial denominada força motora de prótons. Essa força aciona o retorno de prótons para a matriz mitocondrial, através de um canal específico de prótons formado por um complexo proteico denominado ATP-sintase (ATP-sintetase). Ao passar por esse complexo proteico, ocorre liberação de energia, que é, então, utilizada para fosforilar o ADP, ou seja, acrescentar um fosfato ao ADP, transformando-o em ATP. O complexo ATP-sintase “extrai” energia química dos íons H^+ para sintetizar ATP. Essa fosforilação que ocorre na cadeia respiratória é conhecida por fosforilação oxidativa.

As reações da cadeia respiratória são de oxirredução, isso é, reações que envolvem perda e ganho de hidrogênios e de elétrons. Para os químicos, uma substância que perde elétrons ou hidrogênios fica oxidada. Quando ganha elétrons ou hidrogênios, fica reduzida. A glicose e seus subprodutos, por exemplo, ao perderem hidrogênios para os NAD, estão sofrendo oxidação. Por isso, fala-se que, durante a respiração, ocorre oxidação da glicose. Por outro lado, os NAD, ao receberem hidrogênios transformando-se em NADH_2 , estão sofrendo redução. Todos os componentes da cadeia respiratória, ao receberem elétrons, reduzem-se e, ao cedê-los para a substância seguinte, tornam a se oxidar. Assim, na respiração celular, a todo momento ocorrem reações de oxidação e de redução.

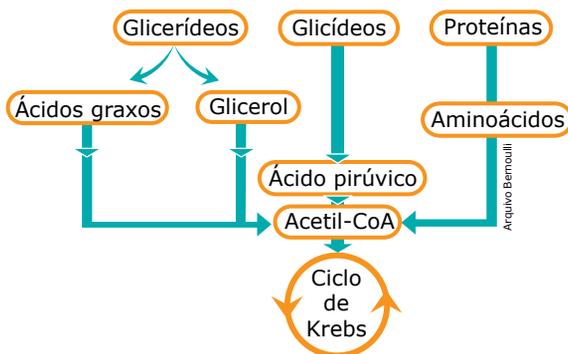
O objetivo da respiração celular é a produção de ATP. Cálculos mais antigos apontavam um saldo energético de 38 moléculas de ATP / glicose. Entretanto, estudos mais recentes demonstraram que esse saldo é de até 32 ATP / glicose.

Veja o quadro a seguir:

Saldo energético da respiração aeróbica / glicose	
Glicólise	São produzidos 4 ATP, mas, como são gastos 2 ATP, há saldo positivo de 2 ATP.
Ciclo de Krebs	Cada ciclo produz 1 ATP. Como são 2 ciclos por glicose, o saldo é de 2 ATP.
Cadeia respiratória	Cada NADH ₂ proporciona a síntese de 2,5 ATP. Como são 10 NADH ₂ por glicose, a partir deles são produzidos 25 ATP. Cada FADH ₂ proporciona a síntese de 1,5 ATP. Como são 2 FADH ₂ por glicose, a partir deles são produzidos 3 ATP.
Saldo total	2 ATP + 2 ATP + 25 ATP + 3 ATP = 32 ATP

Existem células em que a membrana interna da mitocôndria é impermeável ao NADH₂. Nessas células, a passagem para o interior da mitocôndria dos hidrogênios transportados pelos 2 NADH₂, produzidos no citosol durante a glicólise, requer gasto de energia, sendo gasto 1 ATP para cada um desses NADH₂. Nessas células, portanto, o saldo energético / glicose é de 30 ATP (32 - 2 = 30 ATP).

Para realizar a respiração aeróbica, a glicose é o "combustível" preferido pela célula. Mas não é o único. Na falta de glicose, a célula lança mão dos lipídios e, caso haja necessidade, até das proteínas. Isso é possível porque a substância acetil-CoA, formada na respiração aeróbica, também pode ser produzida a partir de outros compostos orgânicos, como ácidos graxos, glicerol e aminoácidos. Portanto, tanto os carboidratos como os lipídios e as proteínas podem originar o acetil-CoA por meio de diferentes vias metabólicas. O acetil-CoA, independentemente de onde provém, seguirá o mesmo caminho, ou seja, entrará no ciclo de Krebs conforme mostra o esquema a seguir:



A respiração aeróbica, não importando se feita a partir de glicídio, lipídio ou proteína, necessita de O₂ para sua realização e, no decorrer das reações, há a produção de CO₂. A relação existente entre a quantidade de moléculas de CO₂ liberadas durante a reação e a quantidade de moléculas de O₂ consumidas denomina-se **quociente respiratório (Q.R.)**. Veja os exemplos a seguir:

$$Q.R. = \frac{CO_2 \text{ liberado}}{O_2 \text{ consumido}}$$

- Q.R. da glicose (C₆H₁₂O₆): C₆H₁₂O₆ + 6O₂ → 6CO₂ + 6H₂O
Q.R. = 6/6 = 1
- Q.R. do ácido esteárico (C₁₈H₃₆O₂): C₁₈H₃₆O₂ + 26O₂ → 18CO₂ + 18H₂O
Q.R. = 18/26 = 0,69

Os exemplos anteriores mostram que o Q.R. é diferente para cada tipo de substância. O ácido esteárico, por exemplo, requer muito mais oxigênio para sua oxidação do que a glicose.

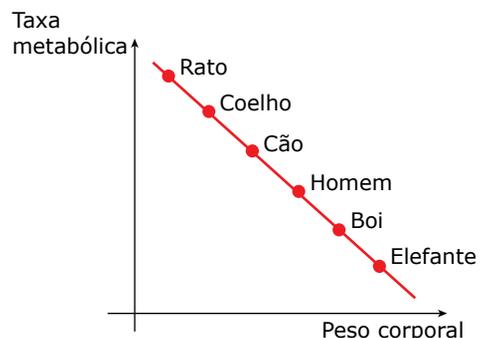
O consumo de O₂ está diretamente relacionado às atividades metabólicas. Assim, uma das maneiras de se avaliar a taxa metabólica de um organismo aeróbio é por meio do consumo de O₂ feito por esse organismo num determinado intervalo de tempo: quanto mais intensa a atividade metabólica, mais intensamente se faz a respiração celular e, conseqüentemente, maior será o consumo de O₂.

Animais lentos e animais que vivem fixos a substratos têm, em geral, taxas metabólicas menores do que animais mais ativos. As taxas de consumo de O₂ nos cnidários sésseis (fixos), por exemplo, são relativamente baixas, enquanto, nos mamíferos e nos insetos voadores, são mais elevadas.

As taxas metabólicas variam também num mesmo indivíduo, dependendo da idade, das atividades realizadas, do estado nutricional e da hora do dia. Por exemplo: quando o animal realiza um trabalho muscular intenso, consome muito mais O₂ do que quando está em repouso. Um mamífero correndo usa entre 5 e 20 vezes mais O₂ por minuto do que quando está parado. Insetos durante o voo consomem cerca de 100 vezes mais oxigênio do que quando estão no chão.

Há, também, uma diferença quando comparamos animais pecilotermos com os homeotermos. Os pecilotermos, também conhecidos por animais de "sangue frio", possuem metabolismo mais baixo do que os homeotermos. Contudo, nos homeotermos, a taxa metabólica varia na razão inversa ao tamanho ou à massa corporal. Animais grandes têm menor taxa metabólica do que animais pequenos. Num animal pequeno, a superfície do corpo é grande em relação ao seu volume e, dessa forma, a perda de calor pela pele é relativamente maior. Por isso, os animais pequenos têm necessidade de maior consumo de alimento por grama de peso que animais maiores. Um elefante, por exemplo, tem menor taxa metabólica do que um rato.

O gráfico a seguir mostra a relação entre a taxa metabólica e o peso corporal de alguns animais homeotermos.



Taxa metabólica x peso corporal.

Respiração celular aeróbia

Esse objeto de aprendizagem apresenta a respiração celular em suas três distintas fases: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia respiratória. Compreenda melhor as reações de oxirredução que acontecem ao longo desse importante processo metabólico. Boa atividade!

RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

A respiração anaeróbia é realizada por seres vivos que conseguem sobreviver na total ausência de O_2 . Evidentemente, esses seres também precisam de energia para suas atividades biológicas. Neles, a energia também é obtida pela oxidação de moléculas orgânicas, principalmente a glicose. Nessas oxidações, conforme vimos, há liberação de elétrons e íons hidrogênio (H^+). Como nas células dos anaeróbios não existe O_2 para receber, no fim da cadeia respiratória, os elétrons e combinar com os íons H^+ liberados para neutralizá-los, poderíamos pensar que, nessas células, ocorre uma intensa acidificação, o que se tornaria um grande perigo para o metabolismo celular. Isso, entretanto, não ocorre. Na respiração anaeróbia, alguma substância inorgânica, diferente do O_2 , funciona como receptor final dos elétrons e dos íons hidrogênio, neutralizando-os e evitando, assim, a acidose da célula.

Algumas bactérias, por exemplo, fazem a degradação de compostos orgânicos à semelhança do que vimos na respiração aeróbia e usam, como aceptores finais dos íons H^+ e dos elétrons, compostos inorgânicos, tais como nitratos, sulfatos ou carbonatos. Dessa forma, os íons H^+ são neutralizados, evitando a acidose do meio intracelular conforme mostra o exemplo a seguir:



No exemplo anterior, os 10 íons hidrogênio e os 10 elétrons resultantes das oxidações de moléculas orgânicas são recebidos por moléculas de nitrato (HNO_3) provenientes do meio extracelular. Dessa reação, surge o nitrogênio livre (N_2), que se difunde para a atmosfera, e moléculas de água. Nesse exemplo de respiração anaeróbia, o nitrato funciona comoceptor final dos elétrons e dos íons hidrogênio.

Além do receptor final dos elétrons e dos hidrogênios ser um composto inorgânico diferente do O_2 , na respiração anaeróbia, assim como na aeróbia, existe o ciclo de Krebs e uma cadeia respiratória. Entretanto, na respiração anaeróbia, parte do ciclo de Krebs não é funcional e também há um menor número de moléculas transportadoras de elétrons. Consequentemente, há um rendimento energético (saldo energético) menor do que o da respiração aeróbia.

FERMENTAÇÃO

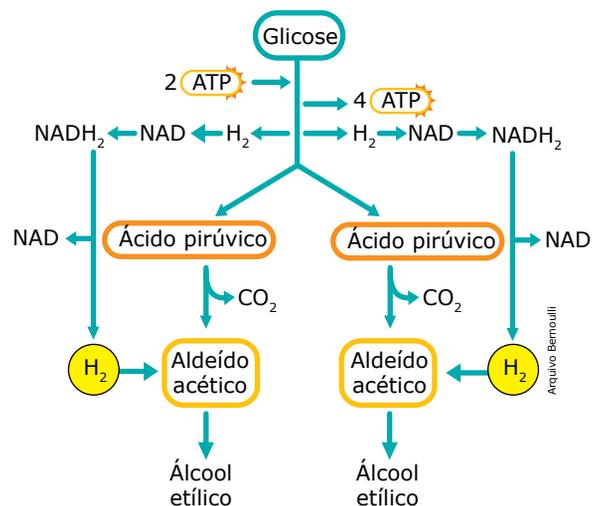
Assim como a respiração anaeróbia, a fermentação também é um processo anaeróbico (ausência de O_2) de obtenção de energia, feito a partir de compostos orgânicos, em especial a glicose. Na fermentação biológica, entretanto, não há cadeia respiratória e os aceptores finais dos íons hidrogênio não são substâncias inorgânicas, mas compostos orgânicos resultantes da própria reação.

Conforme a natureza química dos produtos orgânicos formados ao fim das reações, a fermentação pode ser classificada em diferentes tipos: alcoólica, láctica, acética, butírica, etc. Vejamos os dois tipos mais conhecidos de fermentação: **alcoólica** e **láctica**.

Fermentação alcoólica

Esse tipo de fermentação tem o álcool etílico como produto orgânico final. Nela, a glicose sofre glicólise, originando duas moléculas de ácido pirúvico, tal como acontece na respiração. Durante essa glicólise, ocorre saída de hidrogênios (desidrogenação), que são capturados por moléculas de NAD, formando, então, moléculas de $NADH_2$. Nessa glicólise, à semelhança da que acontece na respiração, há consumo de 2 ATP e liberação de energia suficiente para produção de 4 ATP. Há, portanto, um saldo energético positivo de 2 ATP (4 ATP produzidos - 2 ATP gastos = 2 ATP).

Cada ácido pirúvico resultante da glicólise sofre descarboxilação (liberação de CO_2), originando moléculas de aldeído acético. O CO_2 é eliminado no meio extracelular e o aldeído acético recebe os hidrogênios do $NADH_2$. Ao receber esses hidrogênios, o aldeído acético se converte em álcool etílico que, por sua vez, também será eliminado no meio extracelular. Veja o esquema a seguir:



Fermentação alcoólica – Observe que, na fermentação alcoólica, são produzidos 4 ATP a partir da glicose, mas, como são gastos 2 ATP durante a glicólise, o saldo energético é de apenas 2 ATP. Logo, uma boa parte da energia acumulada na glicose permanece no álcool, o que justifica o fato de ele ser um excelente combustível.

Conforme vimos no esquema anterior, os produtos finais da fermentação alcoólica são o álcool etílico e o gás carbônico.

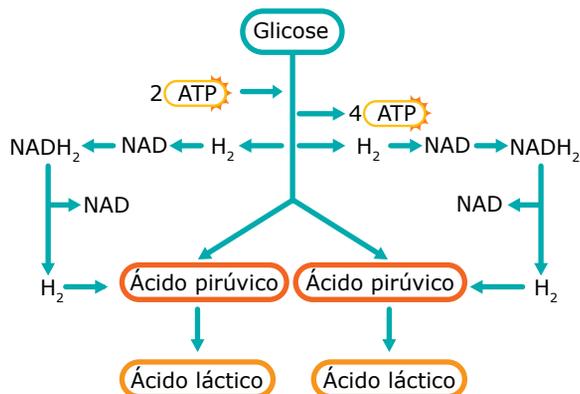
A fermentação alcoólica é realizada por algumas espécies de fungos (conhecidos por levedos ou leveduras), por algumas espécies de bactérias e até por células de vegetais superiores (algumas sementes em processo de germinação, por exemplo, embora respirem aerobicamente em ambientes contendo O_2 , também podem obter energia realizando a fermentação alcoólica quando falta esse gás).

Um bom exemplo de ser vivo realizador desse tipo de fermentação é o fungo *Saccharomyces cerevisiae*, muito utilizado na fabricação da cerveja e de outras bebidas alcoólicas e, por isso, conhecido por levedura da cerveja.

Espécies do gênero *Saccharomyces* também são utilizadas na fabricação de pães, bolos e biscoitos. Essas leveduras também são conhecidas por fermentos biológicos (fermento “de pão”, por exemplo). Na fabricação de pães e bolos, durante o preparo e cozimento da massa, o álcool escapa, enquanto o CO₂ forma bolhas em meio à massa, estufando-a e promovendo o seu crescimento.

Fermentação láctica

Esse tipo de fermentação tem como produto orgânico final o ácido láctico. Veja o esquema a seguir:



Fermentação láctica – Nessa fermentação, a glicose sofre glicólise, formando ácido pirúvico, exatamente como acontece na fermentação alcoólica e na respiração. Entretanto, o acceptor final dos hidrogênios é o próprio ácido pirúvico. Ao receber os hidrogênios do NADH₂, o ácido pirúvico transforma-se em ácido láctico. Nessa fermentação, não há descarboxilação (liberação de CO₂).

A fermentação láctica é realizada por algumas espécies de micro-organismos (bactérias, fungos, protozoários) e, também, por alguns tecidos animais, como o tecido muscular.

Algumas bactérias do gênero *Lactobacillus*, por exemplo, são muito utilizadas pela indústria de laticínios na fabricação de coalhadas, iogurtes, queijos e outros derivados do leite. Essas bactérias promovem o desdobramento do açúcar do leite (lactose) e realizam a fermentação láctica, liberando o ácido láctico no meio. O acúmulo do ácido láctico no leite torna-o “azedo”.

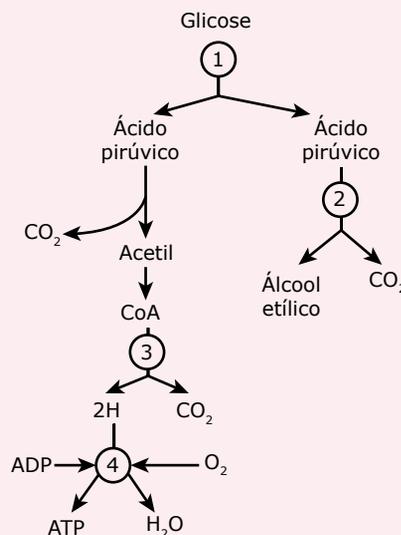
Em nossos músculos esqueléticos, em situação de intensa atividade, pode não haver uma disponibilidade adequada de O₂ para promover a respiração aeróbia. Nesse caso, as células musculares passam a realizar a fermentação láctica. Entretanto, o acúmulo de ácido láctico nessas células provoca fadiga muscular, com dor intensa, o que pode causar a paralisação da atividade muscular. A fermentação láctica, portanto, pode ocorrer eventualmente nas células musculares, bastando, para isso, que os músculos sejam excessivamente solicitados e que o suprimento de oxigênio oferecido pelo sangue não satisfaça às necessidades celulares. Nessa circunstância, os íons H⁺ começam a acumular-se nas células e, então, o ácido pirúvico passa a atuar como receptor final desses íons, transformando-se em ácido láctico. A presença do ácido láctico nas células musculares causa aquela sensação de dor muscular característica da fadiga ou câimbra.

Tanto na fermentação láctica como na alcoólica há um saldo energético de 2 ATP / glicose. Logo, o processo da fermentação apresenta um rendimento energético bem inferior ao da respiração aeróbia.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



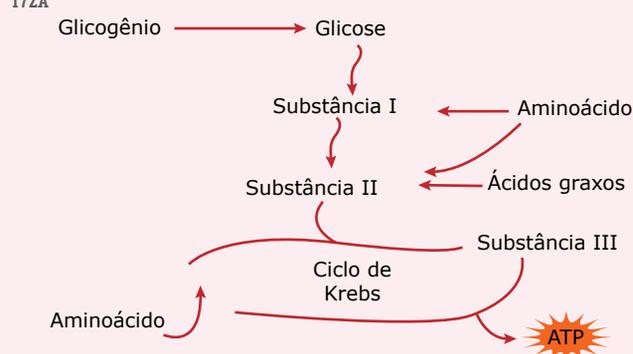
01. (OSEC-SP) O esquema a seguir mostra as etapas da degradação da glicose no interior das células para obtenção de energia.



Os fenômenos assinalados pelos números 1, 2, 3 e 4 correspondem, respectivamente, a

- A) glicólise – fermentação – cadeia respiratória – ciclo de Krebs.
- B) fermentação – glicólise – cadeia respiratória – ciclo de Krebs.
- C) glicólise – fermentação – ciclo de Krebs – cadeia respiratória.
- D) fermentação – glicólise – ciclo de Krebs – cadeia respiratória.
- E) glicólise – ciclo de Krebs – fermentação – cadeia respiratória.

02. (PUC-SP) Observe o esquema a seguir:



Pela análise do esquema, prevê-se que a energia pode ser obtida por um organismo

- A) somente a partir de açúcares.
- B) somente a partir de proteínas.
- C) somente a partir de gorduras.
- D) a partir de açúcares, proteínas e gorduras.
- E) a partir de substâncias inorgânicas.

- 03.** (UFMG) Todos os processos indicados são característicos da respiração aeróbica, exceto
- Consumo da glicose.
 - Formação de ácido pirúvico.
 - Produção de álcool.
 - Produção de ATP.
 - Produção de gás carbônico.
- 04.** (Cesgranrio) A técnica de fracionamento das mitocôndrias permitiu isolar seus componentes. Permiteu, ainda, demonstrar que as enzimas da cadeia transportadora de elétrons e as da fosforilação acopladas ao transporte de elétrons estão presentes
- na matriz mitocondrial.
 - na membrana interna da mitocôndria.
 - na membrana externa da mitocôndria.
 - nas membranas interna e externa da mitocôndria.
 - na matriz e na membrana interna da mitocôndria.

- 05.** (PUC Minas) Considere o esquema a seguir, referente ao processo respiratório de uma célula eucariota:



Assinale a afirmativa incorreta.

- Para que I se transforme em II, é necessário o gasto de ATP.
- As fases I e II ocorrem fora da mitocôndria.
- Na conversão de II para III, não há produção local de ATP.
- Em IV ocorre liberação de CO_2 e formação local de ATP.
- Em V há quebra da molécula de água, com liberação de oxigênio.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UFRGS-RS-2016) Sobre a respiração celular, é correto afirmar que
- a glicólise consiste em uma série de reações químicas na qual uma molécula de glicose resulta em duas moléculas de ácido pirúvico ou piruvato.
 - a glicólise é uma etapa aeróbica da respiração que ocorre no citosol e que, na ausência de oxigênio, produz etanol.
 - o ciclo do ácido cítrico é a etapa da respiração celular aeróbica que produz maior quantidade de ATP.
 - o ciclo do ácido cítrico ocorre na membrana interna da mitocôndria e tem como produto a liberação de CO_2 .
 - a fosforilação oxidativa ocorre na matriz mitocondrial, utilizando o oxigênio para a produção de H_2O e CO_2 .

- 02.** (Unicamp-SP-2016) Mecanismos de controle de pH são fundamentais para a vida. Um mecanismo bastante eficiente de controle de pH por organismos vivos envolve moléculas doadoras eceptoras de prótons, que são ácidos e bases que atuam em conjunto equilibrando alterações de pH às quais os organismos estão sujeitos.
- Alterações no pH intracelular afetam a estrutura de proteínas. Por que isso ocorre?
 - Que consequências para o processo de respiração celular a alteração na estrutura de proteínas envolvidas com o ciclo de Krebs pode trazer?

- 03.** (UNIFESP) Obter energia é vital para todos os seres vivos, tais como as bactérias, os protozoários, as algas, os fungos, as plantas e os animais. Nesse processo, a energia é armazenada na forma de ATP, a partir de doadores e de aceptores de elétrons. Em certos casos, organelas como as mitocôndrias são fundamentais para o processo.
- Dos organismos citados, quais são os que possuem mitocôndrias?
 - É correto afirmar que, tanto na fermentação quanto na respiração aeróbica, o doador inicial e o receptor final de elétrons são moléculas orgânicas? Justifique.

- 04.** (FUVEST-SP) Um atleta, participando de uma corrida de 1 500 metros, desmaiou depois de ter percorrido cerca de 800 m, devido à oxigenação deficiente de seu cérebro. Sabendo que as células musculares podem obter energia por meio da respiração aeróbica ou da fermentação, nos músculos do atleta desmaiado deve haver acúmulo de
- glicose.
 - glicogênio.
 - monóxido de carbono.
 - ácido láctico.
 - etanol.

- 05.** (UEA-AM) Classificadas de acordo com o produto final obtido no processo, as fermentações podem ser alcoólica, láctica e acética. A figura mostra, de forma esquemática e simplificada, as principais etapas de cada uma das fermentações.



Quando realizada pela levedura adequada, o tipo de fermentação que leva a massa do pão a inflar e tornar-se macia é aquela representada

- pela produção de ácido láctico.
- pela produção de ácido acético.
- pela produção de álcool etílico.
- pela produção de ácido pirúvico.
- pelas produções de ácidos láctico e acético.

06. (PUC Minas) Dois processos metabólicos distintos estão esquematizados a seguir:

HGV5

- I. GLICOSE – PIRUVATO – OXIDAÇÃO DE PIRUVATO – CICLO ÁCIDO CÍTRICO – CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS.
- II. GLICOSE – PIRUVATO – FERMENTAÇÃO – ÁLCOOL OU LACTATO.

Analizando os processos e de acordo com seus conhecimentos sobre o assunto, marque a afirmativa incorreta.

- A) Numa atividade física prolongada podem ocorrer os dois processos.
- B) O processo I pode ocorrer em atividades metabólicas tanto de plantas como de animais, dia e noite.
- C) O processo II pode ocorrer tanto na produção de vinho como na de coalhada.
- D) No processo II há mais gasto de ATP para iniciar a via metabólica do que em I.

07. (UEG-GO) Os princípios básicos envolvidos na fabricação de vinho são simples. Depois de esmagadas as uvas devidamente amadurecidas, obtém-se um suco fresco chamado mosto, que é rico em açúcares, constituindo em um excelente meio de cultivo para determinados micro-organismos.

Sobre esse assunto, julgue as proposições a seguir:

- I. A fermentação do suco de uva deve ocorrer essencialmente na presença de O_2 para inibir o desenvolvimento das leveduras do gênero *Saccharomyces*.
- II. O tipo de fermentação, láctica ou alcoólica, pode interferir na qualidade final do produto.
- III. No processo de fabricação do vinho, os fungos fermentam os açúcares para obter energia, liberando gás carbônico e álcool etílico.

Indique a proposição correta.

- A) Apenas a proposição I é verdadeira.
- B) Apenas a proposição II é verdadeira.
- C) Apenas a proposição III é verdadeira.
- D) Apenas as proposições I e II são verdadeiras.
- E) Apenas as proposições II e III são verdadeiras.

08. (UECE–2016) Profundamente relacionado à história e à cultura de diferentes povos, o vinho é uma das bebidas alcoólicas mais antigas do mundo. Sobre sua fermentação, fase do processo produtivo em que o suco de uva se transforma em bebida alcoólica, é correto afirmar que

PCPA

- A) é um processo que compreende um conjunto de reações enzimáticas, no qual ocorre a liberação de energia, por meio da participação do oxigênio.
- B) diferentemente do que acontece na respiração, a glicose é a molécula primordialmente utilizada como ponto de partida para a realização do processo de fermentação.

- C) o vinho é produzido por bactérias denominadas leveduras que, por meio da fermentação alcoólica, produzem o álcool dessa bebida.
- D) embora pequena quantidade da energia contida na molécula de glicose seja disponibilizada (apenas 2 ATP), a fermentação é fundamental para que os microrganismos realizem suas atividades vitais.

09. (FAMERP-SP–2016) A fermentação láctica e a respiração celular são reações bioquímicas que ocorrem em diferentes condições nas células musculares, gerando alguns produtos similares. Sobre essas reações, assinale a alternativa correta.

- A) A fermentação ocorre na ausência de gás oxigênio e a respiração celular ocorre somente na presença desse gás. As duas reações geram energia, armazenada na forma de ATP.
- B) A fermentação ocorre na presença de gás carbônico e a respiração celular ocorre na ausência desse gás. As duas reações geram ATP, um tipo de energia.
- C) A fermentação ocorre na ausência de gás oxigênio e a respiração celular ocorre somente na presença desse gás. As duas reações absorvem energia da molécula de ATP.
- D) A fermentação ocorre na presença de ácido láctico e a respiração celular ocorre na ausência desse ácido. As duas reações liberam a mesma quantidade de energia na forma de ATP.
- E) A fermentação ocorre na presença de gás oxigênio e a respiração celular ocorre na ausência desse gás. As duas reações geram energia, armazenada na forma de ATP.

10. (FGV) A produção de adenosina trifosfato (ATP) nas células eucarióticas animais acontece, essencialmente, nas cristas mitocondriais, em função de uma cadeia de proteínas transportadoras de elétrons, a cadeia respiratória.

X8JF

O número de moléculas de ATP produzidas nas mitocôndrias é diretamente proporcional ao número de moléculas de

- A) glicose e gás oxigênio que atravessam as membranas mitocondriais.
- B) gás oxigênio consumido no ciclo de Krebs, etapa anterior à cadeia respiratória.
- C) glicose oxidada no citoplasma celular, na etapa da glicólise.
- D) gás carbônico produzido na cadeia transportadora de elétrons.
- E) água produzida a partir do consumo de gás oxigênio.

11. (UFPB) Um professor, após discutir com seus alunos o conteúdo programático de biologia, pediu aos estudantes que usassem seus conhecimentos para interpretar a seguinte informação, já cientificamente comprovada: "O número de cristas mitocondriais é maior nas mitocôndrias de células musculares cardíacas do que em mitocôndrias de células epiteliais".

Um grupo de alunos interpretou essa informação através das seguintes afirmações:

- I. As células da musculatura cardíaca, pelas funções que desempenham, despendem mais energia do que as células epiteliais.
- II. A maior produção de moléculas de ATP, no processo de respiração celular, ocorre na fosforilação oxidativa, que tem lugar nas cristas mitocondriais.
- III. O maior número de cristas mitocondriais leva a um aumento na área de membrana interna e, portanto, à maior capacidade de conduzir o ciclo de Krebs.

Está(ão) relacionada(s) à informação dada pelo professor

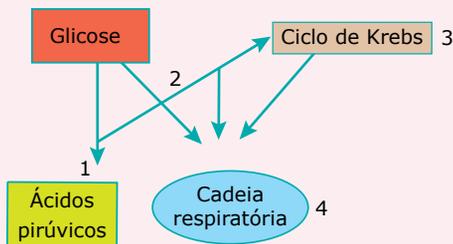
- A) apenas I.
- B) apenas I e II.
- C) apenas II e III.
- D) apenas I e III.
- E) I, II e III.

- 12.** (UFPR-2015) Nas prateleiras de um supermercado, podemos encontrar vinagre, iogurte, pão, cerveja e vinho.
- A) Que processo biológico está associado à produção de todos esses itens?
 - B) Que grupos de microrganismos são necessários para produção do iogurte e da cerveja?
 - C) Que células do corpo humano realizam processo semelhante? Em que situações?

- 13.** (UFRN) Diariamente gastamos energia em tudo o que fazemos – correndo, nadando, dançando, caminhando, pensando e até dormindo. Sobre o processo de obtenção da energia que utilizamos para essas e outras atividades, é correto afirmar:

- A) O dióxido de carbono e a água se originam durante a glicólise, etapa que ocorre no citoplasma da célula.
- B) Na respiração celular, o oxigênio e a glicose são utilizados para a produção de ADP pelas células do corpo.
- C) A glicose utilizada na respiração celular provém da digestão dos carboidratos pelo sistema digestório.
- D) Nesse processo metabólico, o gás carbônico é gerado em menor quantidade quando a produção de energia é elevada.

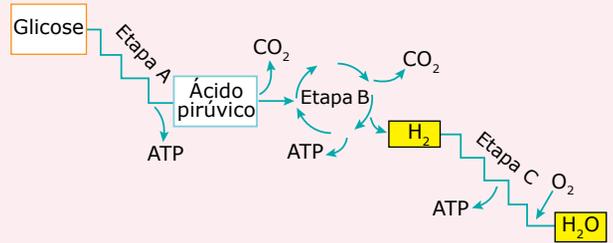
- 14.** (PUC Minas) Observe com atenção o esquema a seguir:



É falso afirmar que

- A) há produção de ATP em 1, 3 e 4.
- B) fosforilações oxidativas ocorrem em 4.
- C) o processo 1 ocorre em anaerobiose.
- D) há saída de CO₂ em 1, 2, 3 e 4.
- E) há transportadores de hidrogênios em 1, 2 e 3.

- 15.** (UEL-PR) Analise o esquema da respiração celular em eucariotos a seguir:



LOPES, Sônia. *Bio 1*. São Paulo: Saraiva, 1992. p. 98 (Adaptação).

Com base nas informações contidas no esquema e nos conhecimentos sobre respiração celular, considere as afirmativas a seguir:

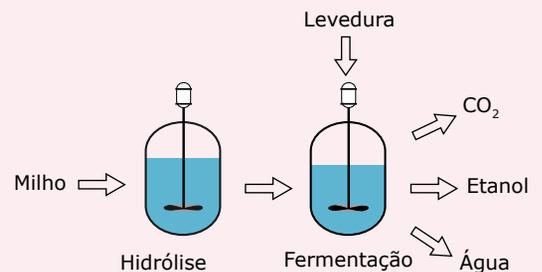
- I. A glicose é totalmente degradada durante a etapa A que ocorre na matriz mitocondrial.
- II. A etapa B ocorre no hialoplasma da célula e produz menor quantidade de ATP que a etapa A.
- III. A etapa C ocorre nas cristas mitocondriais e produz maior quantidade de ATP que a etapa B.
- IV. O processo anaeróbico que ocorre no hialoplasma corresponde à etapa A.

Assinale a alternativa correta.

- A) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- E) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2016) O esquema representa, de maneira simplificada, o processo de produção de etanol utilizando milho como matéria-prima.



A etapa de hidrólise na produção de etanol a partir do milho é fundamental para que

- A) a glicose seja convertida em sacarose.
- B) as enzimas dessa planta sejam ativadas.
- C) a maceração favoreça a solubilização em água.
- D) o amido seja transformado em substratos utilizáveis pela levedura.
- E) os grãos com diferentes composições químicas sejam padronizados.

Bacterioses

Muitas doenças infecciosas que acometem o homem são causadas por bactérias denominadas genericamente de bactérias patogênicas. Tais doenças são as bacterioses. A seguir, temos um estudo resumido de algumas bacterioses. De cada uma delas, é importante você saber o(s) modo(s) de transmissão e as principais medidas de profilaxia (prevenção).

Blenorragia (Gonorreia)

É uma doença do grupo das IST (infecções sexualmente transmissíveis)¹ causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, também conhecida por gonococos.

A transmissão se faz usualmente por meio do contato sexual e, após um período de incubação variável (entre três e seis dias), podem manifestar-se os sintomas da doença: sensação de ardência na uretra durante a micção, aumento dos gânglios (íngua) da região da virilha e corrimento amarelado (pus espesso). Em alguns casos, principalmente nas mulheres, a doença pode ser assintomática, isto é, não há manifestação dos sintomas.

O tratamento é feito com antibióticos, sob orientação médica, tendo sucesso na maioria dos casos. Para isso, no entanto, é essencial o tratamento do parceiro sexual, mesmo que assintomático.

A mulher deve fazer periodicamente o exame ginecológico preventivo, uma vez que essa doença, se não tratada, pode causar esterilidade: os gonococos podem atacar as tubas uterinas, causando nelas inflamação, fibrose e obstrução. Além disso, se a mulher estiver grávida e contaminada, ela pode infectar a criança caso o parto seja normal. Nesse caso, o contágio se faz diretamente quando ocorre a passagem do bebê pela vagina. Os gonococos causam uma infecção nos olhos do recém-nascido, conhecida por *oftalmia neonatorum*, que pode levar à cegueira. Para se evitar isso, recomenda-se, como profilaxia, a instilação de nitrato de prata a 1% na conjuntiva do recém-nascido.

Botulismo

Doença grave que tem como agente etiológico um bacilo anaeróbio, o *Clostridium botulinum*, também conhecido por bacilo do botulismo. Sua transmissão se faz pela ingestão de certos tipos de alimentos, geralmente enlatados e conservas, contendo a toxina botulínica, substância altamente tóxica produzida por esses bacilos.

¹IST é o novo termo utilizado pela OMS (Organização Mundial da Saúde) em substituição a DST (Doenças Sexualmente Transmissíveis). É também o novo termo recomendado pelo Ministério da Saúde.

O bacilo do botulismo é encontrado como saprófita no solo e no intestino de herbívoros e de peixes. No preparo de certos alimentos, como carnes, peixes, palmito em conserva, salsichas, compotas, geleias e outros, se a esterilização não for feita de forma correta e adequada, poderá haver proliferação do *C. botulinum* com produção de toxina que, mesmo em pequena concentração, torna tóxico o alimento, sem deterioração aparente: a lata de conserva, por exemplo, poderá apresentar-se “estufada” ou não, assim como o cheiro e o gosto poderão estar ou não alterados.

Uma vez ingerido o alimento contaminado, os efeitos da toxina botulínica se manifestam rapidamente (de 2 a 48 horas). Seu mecanismo de ação consiste em bloquear a liberação da acetilcolina nas sinapses neuromusculares.

A doença caracteriza-se por vômitos, prisão de ventre, sede, dificuldade de deglutição e da fala, além de paralisia respiratória, sobrevivendo a morte de 20% a 70% dos casos.

A profilaxia consiste essencialmente em controlar a esterilização dos alimentos em conserva e evitar a ingestão de alimentos enlatados cujas embalagens estejam “estufadas”.

Coqueluche (“tosse comprida”)

Causada pela bactéria *Bordetella pertussis*, é uma doença tipicamente infantil que acomete as vias respiratórias. Inicia-se com uma coriza, confundindo-se com um simples resfriado, mas, alguns dias depois, surgem acessos de tosse seca, que costumam deixar a criança sem fôlego.

A gravidade da doença varia com a idade, o estado geral e a maior ou menor sensibilidade de cada indivíduo. Sua transmissão se faz pela via respiratória, com a inalação de ar contaminado.

A profilaxia se faz com a aplicação de vacina. A vacina antipertussis (contra a coqueluche) normalmente está associada à antitetânica e à antidiftérica, constituindo uma vacina conhecida por tríplice bacteriana.

Cólera

É causada pela bactéria *Vibrio cholerae*, o vibrião colérico, que é transmitido, principalmente, por meio da água contaminada; pelas fezes e vômitos dos doentes e portadores (indivíduos que, embora já tenham o vibrião colérico nos seus intestinos, não apresentam sintomas da doença).

Também pode ser transmitida por alimentos que foram lavados com água contaminada pelo vibrião e que não foram bem cozidos, ou pelas mãos sujas de doentes ou portadores. É bom lembrar, também, que moscas e outros insetos podem veicular (transportar) mecanicamente os vibriões dos dejetos dos indivíduos infectados aos alimentos.

A cólera é uma infecção intestinal aguda, cujo principal sintoma é a diarreia intensa, que começa de repente. As fezes do doente são de cor esbranquiçada, como “água de arroz” (fezes riziformes), muito fluidas, sem muco e com odor peculiar de peixe. A febre, quando existe, geralmente é baixa. Junto à diarreia, podem aparecer cólicas abdominais e vômitos. A diarreia intensa e os vômitos fazem com que o indivíduo perca grande parte dos líquidos de seu organismo, desidratando-se rapidamente. Caso não seja tratada de imediato, essa desidratação poderá levar o doente à morte em pouco tempo.

Três medidas básicas de prevenção da doença são: controle da qualidade da água, destino adequado das fezes e vigilância em relação a passageiros e meios de transporte provenientes das áreas onde existem doentes de cólera.

As deficientes condições de saneamento, especialmente a falta de rede de esgotos, a quantidade insuficiente de estações de tratamento dos esgotos e a carência de água potável para atender às populações constituem fatores essenciais para a disseminação da doença.

A cólera está no grupo das chamadas “doenças ressurgentes”, isto é, doenças que retornaram de forma intensa após muito tempo sob controle. Em 1991, a doença voltou à América do Sul, reapareceu na África e tornou-se mais violenta na Ásia depois de passar décadas controlada.

Difteria (Crupe)

Causada pela bactéria *Corynebacterium diphtheriae*, o bacilo diftérico. Sua transmissão se faz por contato com secreções do nariz e de garganta da pessoa infectada, ou gotículas de saliva eliminadas pelo doente.

Os sintomas da doença são dor de garganta, febre, perda de apetite e, um dado importante para o diagnóstico, o aparecimento de uma membrana branco-amarelada constituída por células mortas, pus e bactérias na garganta do doente. O tratamento é feito com o soro antidiftérico e antibióticos. A complicação mais grave é a obstrução da laringe, impedindo a respiração e causando a morte por asfixia.

A profilaxia é feita com a vacina antidiftérica que, geralmente, é aplicada associada à antitetânica (contra o tétano) e à antipertussis (contra a coqueluche).

Disenterias bacterianas

As bactérias que causam essas infecções são transmitidas principalmente pela ingestão de água e de alimentos contaminados. Entre elas, destacam-se as dos gêneros *Shigella* e *Salmonella*. As do gênero *Shigella* causam a disenteria bacilar, caracterizada por uma enterite (inflamação dos intestinos), diarreia, dores abdominais e, às vezes, febre; as do gênero *Salmonella* são responsáveis por intoxicações alimentares que apresentam um quadro semelhante ao da disenteria bacilar, porém acometem também regiões mais altas do aparelho digestório (estômago e intestino delgado).

Todas as disenterias, independentemente de sua etiologia (vírus, bactérias, protozoários), exigem um pronto atendimento médico e cuidados com a desidratação por meio de preparados que mantêm o equilíbrio de água e sais do organismo. Nas de etiologia bacteriana, o tratamento inclui, também, o uso de antibióticos.

A prevenção dessas doenças exige melhorias no padrão de vida das populações, especialmente as mais carentes. Entre essas medidas, destacam-se as de saneamento básico, como o tratamento da água; o uso exclusivo de água filtrada ou fervida para beber; a proteção de poços e de cisternas contra a contaminação por moscas e outros animais; a construção de redes de esgoto e estações de tratamento de esgoto; os cuidados com o leite, que deve ser pasteurizado ou fervido; e a fiscalização em supermercados, açougues, matadouros e outros estabelecimentos que comercializam alimentos. Também são muito importantes as campanhas educativas de higiene pessoal.

Febre maculosa

É causada pela *Rickettsia rickettsii*, uma bactéria que é transmitida ao homem por meio da picada de carrapatos. Trata-se de uma doença mais comum em ambientes silvestres ou rurais que se manifesta com febre alta, dor de cabeça e exantema (erupções cutâneas). Sua profilaxia consiste no combate aos carrapatos.

Febre tifoide

É causada pela bactéria *Salmonella typhi* (bacilo de Ebert), que é transmitida através da água e de alimentos contaminados, especialmente aqueles que são consumidos crus (leite, ostras, verduras, frutas e outros).

Penetrando pela via digestiva, a bactéria ataca a mucosa intestinal, invade a corrente sanguínea e propaga-se por outros órgãos (fígado, baço e medula óssea).

Os principais sintomas da doença são febre alta, falta de apetite, dores musculares, diarreia, vômitos e manchas vermelhas na pele. Algumas pessoas podem não apresentar manifestações desses sintomas, mas alojar os bacilos no corpo e liberá-los pelo suor, pela urina e, principalmente, pelas fezes. Tais pessoas são ditas portadoras. Algumas pessoas infectadas podem, após o desaparecimento dos sintomas da doença, continuar portando alguns bacilos por longos períodos de tempo e, assim, tornam-se portadores crônicos. Suas fezes constituirão um perigo para a população, pois delas poderão advir epidemias.

A febre tifoide pode ocorrer de maneira epidêmica, principalmente durante o período de chuvas torrenciais (enchentes), nas localidades onde são precárias as condições de engenharia sanitária e saneamento básico, já que essa situação favorece e aumenta a possibilidade de contaminação da água potável pelas fezes de indivíduos doentes e portadores. Essas epidemias podem ser facilmente debeladas por medidas de engenharia sanitária relativas à canalização da água e dos esgotos, bem como pela cloração da água de abastecimento.

A imunização preventiva das pessoas é feita mediante a injeção subcutânea de 2 doses de vacina antitífica, com intervalos de 2 a 4 semanas.

Hanseníase (Lepra)

Causada pela bactéria *Mycobacterium leprae* (bacilo de Hansen), seu modo de transmissão é controverso. Acredita-se que seja por contato direto com os bacilos, encontrados nas gotículas de saliva, secreções nasais e feridas dos doentes. Entretanto, a exposição da pessoa ao bacilo não significa, obrigatoriamente, a instalação da doença.

De um modo geral, a doença manifesta-se de três a cinco anos após o contágio. O período de incubação, entretanto, pode estender-se por vários anos, como é o caso de crianças que se infectam na infância e só desenvolvem os sintomas da doença na vida adulta.

Na forma mais grave da lepra, a lepromatosa, surgem, inicialmente, na pele, manchas esbranquiçadas ou avermelhadas, que não coçam e tornam o local insensível. Muitas vezes, a pessoa se queima ou se fere nesses locais e nem percebe. A evolução da doença é lenta, com destruição da pele, das mucosas nasal, bucal e faringiana, dos olhos e das vísceras.

É importante que se procure orientação médica diante da menor suspeita. A doença tem cura, o que permite o restabelecimento completo, inclusive das lesões, quando precoces. A cirurgia plástica também pode auxiliar na restauração das partes mais atingidas.

Ainda não existe uma vacina específica contra a hanseníase, embora numerosos cientistas estejam pesquisando um medicamento e conseguindo bons resultados. A vacina BCG pode ajudar na prevenção, e, portanto, pessoas em contato intradomiciliar com quem apresente a doença devem procurar o posto de saúde para exame clínico e possível aplicação da vacina.

Leptospirose

É causada por um espiroqueta, a *Leptospira icterohaemorrhagiae*, que é transmitida pelo contato com água e outros materiais contaminados com fezes e urina de animais hospedeiros, notadamente ratos e camundongos. Esses animais eliminam as leptospirosas nas fezes e na urina, não só durante a doença, mas também durante a condição de portador assintomático. As leptospirosas podem permanecer viáveis na água estagnada por várias semanas. A infecção humana resulta geralmente da ingestão de água ou de alimentos contaminados com as bactérias, que também podem penetrar através de ferimentos ou rachaduras existentes na pele e mucosas. Indivíduos sujeitos ao contato com água poluída por ratos (operários de esgotos, por exemplo) correm maior risco de infecção.

Após uma incubação de 1 a 2 semanas, começa um período febril, durante o qual os espiroquetas estão presentes na corrente sanguínea. Posteriormente, as bactérias atacam diferentes órgãos (principalmente fígado e rins), produzindo hemorragias e necrose dos tecidos, o que resulta em alterações funcionais desses órgãos. O comprometimento renal, em muitas espécies de animais, é crônico, determinando a eliminação de grande número de leptospirosas na urina.

A profilaxia da doença consiste na eliminação da fonte de infecção e na utilização de vestimentas protetoras por parte daqueles que trabalham em locais possivelmente contaminados (arrozais, canaviais, esgotos e outros).

Meningite meningocócica

A meningite é uma inflamação das meninges (membranas que envolvem e protegem os órgãos do sistema nervoso central) e pode ser causada por vírus, bactérias ou fungos. A meningite meningocócica é causada pela bactéria *Neisseria meningitidis*, também conhecida por meningococos.

Sua transmissão se faz pela inalação de ar contaminado pelos meningococos. As pessoas infectadas liberam essas bactérias no ar por meio da tosse, do espirro e da fala. Mesmo sem apresentar os sintomas da doença, uma pessoa pode estar contaminada pelos meningococos e transmiti-los a outras.

As bactérias invadem inicialmente a garganta e, depois, por meio da corrente sanguínea, podem chegar às meninges. Surgem, então, febre alta, náuseas, vômitos, forte dor de cabeça, sonolência e um sintoma típico: a rigidez dos músculos da nuca, impedindo o doente de encostar o queixo no peito.

O doente deve ser hospitalizado e submetido a tratamento com antibióticos, pois, se não tratada a tempo, a doença pode ser fatal.

Para a sua prevenção, devem-se evitar ambientes fechados e aglomerações de pessoas, especialmente quando há um surto da doença; sempre que possível, preferir o uso de utensílios (copos, talheres, etc.) descartáveis (essa norma é importante para bares e outros recintos públicos), bem como isolar o doente em hospitais especializados (a meningite meningocócica é altamente contagiosa). As vacinas contra a doença são usadas com mais frequência em período de surtos epidêmicos ou por indivíduos que mantiveram contato com doentes. No Brasil, a vacina conjugada C está incluída no calendário público de vacinação. Já a ACWY e a meningocócica B são disponibilizadas pela rede privada.

Peste bubônica

Causada pela bactéria *Yersinia pestis* (bacilo de Yersin), conhecida anteriormente por *Pasteurella pestis*, é transmitida ao homem pela pulga do rato.

A doença pode manifestar-se sob duas formas clínicas: a bubônica e a pneumônica. A forma bubônica é assim denominada porque se caracteriza pela formação de tumefações (inchaços) ganglionares, vulgarmente chamadas de “bubões”, geralmente localizadas na região da virilha (ponto de junção da coxa com o ventre). A forma pneumônica evolui com os sintomas típicos de uma pneumonia. Enquanto a forma bubônica é relativamente “benigna”, a forma pneumônica é quase sempre fatal.

A peste bubônica foi outrora um dos maiores flagelos da humanidade: no reinado de Justiniano, dizimou quase 50% da população do Império Romano e, no século XIV, a “peste negra”, como era chamada, produziu perto de 25 milhões de vítimas, ou seja, aproximadamente um quarto da população da Europa naquele tempo.

O combate aos ratos e às pulgas é uma medida essencial na profilaxia da doença.

Pneumonia bacteriana

A pneumonia é uma inflamação de um ou de ambos os pulmões, causada, na maioria das vezes, por bactérias que penetram em nosso organismo pelas vias respiratórias. Entre as bactérias causadoras da pneumonia humana, destaca-se o *Diplococcus pneumoniae* (pneumococos).

A doença começa com febre alta, tremores, tosse com expectoração amarelada ou cor de tijolo e dores no peito e nas costas, principalmente ao tossir ou respirar. Essas dores tendem a aumentar com a progressão da doença.

O tratamento é feito com antibióticos e outros medicamentos. O doente deve ficar em repouso e manter boa alimentação.

Além das bactérias patogênicas propriamente ditas, existem as chamadas bactérias oportunistas, que só causam doença quando há uma deficiência no nosso sistema de defesa. Um exemplo é o *Streptococcus pneumoniae*, uma bactéria que vive na garganta da maioria das pessoas saudáveis. Quando há uma queda na capacidade de defesa da pessoa, essa bactéria prolifera, invade os pulmões e causa pneumonia.

Psitacose (Ornitose)

É causada por micro-organismos conhecidos por clamídias.

Anteriormente, as clamídias eram consideradas vírus devido ao seu parasitismo intracelular obrigatório. Atualmente, são classificadas como bactérias e diferem dos vírus pelas seguintes características: como as bactérias, as clamídias possuem os dois tipos de ácidos nucleicos (RNA e DNA); multiplicam-se por divisão binária, o que nunca acontece com os vírus; possuem uma parede celular do tipo bacteriano; possuem ribossomos, o que não se observa nos vírus; possuem diversas enzimas metabólicas ativas; seu crescimento é inibido por muitos agentes antibacterianos.

A psitacose é uma doença de aves que pode ser transmitida ao homem, no qual produz uma série de manifestações clínicas que vão desde uma infecção “benigna”, inaparente, até uma pneumonia grave, com septicemia e morte.

O termo psitacose é empregado para a doença humana e aviária adquirida a partir do contato com pássaros psitacídeos, como papagaios e periquitos. Já o termo ornitose aplica-se à infecção em aves domésticas, como, por exemplo, pombos, galinhas, patos e gansos, e selvagens (gaiotas, garças e outras).

Comumente, as aves adquirem a infecção no ninho após o nascimento. Podem apresentar manifestações diarreicas ou não manifestar nenhum sintoma da doença, passando a ser portadoras do agente infectante durante toda a vida, eliminando-o junto das fezes. A inalação das fezes infectadas, secas, das aves é uma via comum de infecção humana. Como o micro-organismo também pode ser encontrado nos tecidos das aves, outra fonte de infecção está no manuseio dos órgãos desses animais, como acontece, por exemplo, nos abatedouros. As pessoas que trabalham em granjas de criação, no abate, preparo e embalagem de aves,

com certa frequência apresentam quadros clínicos e subclínicos da doença. Em granjas, a doença tem ocasionado, às vezes, elevada mortalidade entre as aves, com grande perda econômica. Tem-se usado acrescentar antibióticos (tetraciclina, por exemplo) aos alimentos das aves com a finalidade de reduzir o número de portadores.

Sífilis

É uma doença grave que, se não tratada, pode generalizar-se pelo organismo e atingir o sistema nervoso, os pulmões, o fígado, o coração e outros órgãos.

É causada pelo espiroqueta *Treponema pallidum*, transmitida, principalmente, pelo contato sexual. A sífilis, portanto, é mais uma doença do grupo das IST (infecções sexualmente transmissíveis). A transmissão também pode ocorrer por meio de transfusões sanguíneas e através da placenta (a mãe infectada pode transmitir a doença ao filho durante a vida intrauterina). Nesse último caso, a sífilis pode provocar aborto, lesões no fígado, nos ossos e no sistema nervoso do bebê, surdez ou mesmo parto de feto morto (natimorto).

A primeira manifestação da sífilis (fase primária da doença) ocorre cerca de duas ou três semanas após a infecção, quando o *Treponema* já se espalhou por todo o organismo: uma ferida de borda endurecida e normalmente indolor, chamada de "cancro duro", aparece nos órgãos sexuais, na boca ou em outras partes do corpo. Essa ferida desaparece mesmo sem tratamento e, por isso, muitas vezes, o indivíduo não procura orientação médica.

Após um período que varia entre um e três meses desde o desaparecimento do "cancro duro", surgem manchas avermelhadas por todo o corpo, dor de cabeça, feridas na boca e na garganta: é a segunda fase da doença.

Os sintomas da fase secundária também regridem depois de certo tempo, mas, caso não seja tratada, a doença entra na etapa em que passa a afetar diversos órgãos: é a fase terciária, que pode manifestar-se muitos anos depois da fase secundária.

Na fase terciária, o sistema nervoso central e o coração são os órgãos mais frequentemente atacados, e o resultado pode ser cegueira, insanidade mental, doenças cardíacas, paralisia e morte.

O diagnóstico da doença, no seu período inicial, pode ser feito pela descoberta direta do *Treponema* nas lesões da pele. Na sífilis mais adiantada, só o exame de sangue permite o diagnóstico conclusivo. Um dos exames muito utilizados é o teste conhecido por VDRL (venereal disease research laboratory). O tratamento da doença é feito com antibióticos, sempre sob orientação médica.

Tétano

É causada pelo *Clostridium tetani*, também conhecido por bacilo de Nicolaier.

O bacilo do tétano pode ser encontrado sob a forma de esporo (uma forma de resistência) nos mais variados ambientes: pregos enferrujados, latas, água suja, galhos, espinhos e no solo, sobretudo quando tratado com adubo animal, pois esse bacilo se faz presente nas fezes dos animais, principalmente nas dos cavalos.

Os esporos penetram em nosso organismo através de um ferimento na pele provocado por algum acidente, por queimaduras malcuidadas, infecções dentárias e outros. Como o bacilo do tétano em sua forma vegetativa é anaeróbico estrito (não sobrevive em presença de O₂), quanto mais profundo o ferimento, isto é, quanto mais livre do contato com o ar, maior a probabilidade de o bacilo proliferar.

A doença caracteriza-se por contrações e espasmos (contrações súbitas e involuntárias) dos músculos do rosto, da nuca, da parede do abdome e dos membros. Esses espasmos são resultantes da ação da toxina produzida pelo bacilo sobre o sistema nervoso. As convulsões provocam asfixia temporária, que pode evoluir até parada respiratória e, conseqüentemente, levar à morte.

No recém-nascido, o bacilo pode penetrar também pelo cordão umbilical, quando este é cortado com instrumentos não esterilizados ou quando se coloca estrume de vaca, fumo ou outras substâncias contaminadas no umbigo da criança, a título de "curativo", hábito que, infelizmente, ainda é praticado em certas regiões, especialmente na zona rural.

Ferimentos profundos ou provocados por instrumentos perfurantes requerem observação médica. Se o indivíduo ferido tiver sido vacinado contra o tétano, a aplicação de um reforço da vacina será suficiente para elevar a concentração de anticorpos ao nível adequado de proteção. Esse reforço não é necessário se a última vacinação ocorreu há menos de um ano. Evidentemente, são necessários também cuidados no tratamento da ferida: limpeza com água e sabão, retirada de corpos estranhos e uso de antissépticos.

Se o indivíduo não tiver sido vacinado, o tratamento é feito com o soro antitetânico e antibióticos sob orientação médica.

Tifo

É causada pela *Rickettsia prowazekii* e pela *Rickettsia typhi*, bactérias que têm como reservatórios naturais certos tipos de artrópodes, nos quais vivem, usualmente, sem produzir doença alguma. Quando transmitidas ao homem, são capazes de causar infecções caracterizadas por febre e exantema (erupções cutâneas). Na realidade, existem dois tipos de tifo: tifo epidêmico e tifo endêmico.

O tifo epidêmico ou tifo exantemático clássico é causado pela *Rickettsia prowazekii*, que é transmitida ao homem pela picada de piolhos. O piolho adquire o micro-organismo picando seres humanos infectados e o transmite por meio das fezes na superfície da pele de outra pessoa. Sempre que um piolho pica, ao mesmo tempo, ele defeca. É ao coçar o local da picada que se propicia a penetração das riquetsias pela pele.

O tifo endêmico ou tifo murino é causado pela *Rickettsia typhi*, que é transmitida ao homem pela pulga do rato. As pulgas do rato carregam as riquetsias de um rato para outro e, algumas vezes, do rato para o homem. O tifo endêmico é de distribuição mundial, especialmente em áreas altamente infestadas pelos ratos, como os portos de mar.

Tracoma

Causada por clamídias, é uma doença oftálmica (dos olhos) caracterizada por uma ceratoconjuntivite (inflamação da córnea e conjuntiva), que, em certos casos, pode levar à cegueira.

Os sintomas iniciais são lacrimejamento, secreções mucopurulentas, irritação dos olhos e ceratite (inflamação da córnea).

A doença transmite-se mecanicamente, de olho a olho por meio dos dedos e por toalhas de uso comum. Seu tratamento é feito com uso de sulfas e de antibióticos.

Tuberculose

Causada pelo *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch), a tuberculose é transmitida pela inalação de ar contaminado. A transmissão ocorre quando se aspiram gotículas de catarro eliminadas pela tosse, espirro e fala de uma pessoa doente, ou quando se aspira poeira contaminada por essas gotículas.

Na maioria dos casos, a doença acomete apenas os pulmões, mas pode atingir, também, outros órgãos, como os rins, intestinos e ossos.

A penetração do bacilo de Koch em um organismo não significa obrigatoriamente que a doença vá manifestar-se. Muitas pessoas entram em contato com o bacilo em alguma fase da vida, mas, em geral, essa primeira infecção é assintomática e passa despercebida, porque o organismo consegue controlá-la. Às vezes, porém, a bactéria pode permanecer "adormecida", iniciando o seu trabalho de destruição quando houver uma queda nas defesas naturais do organismo, causada por desnutrição, fadiga, alcoolismo ou outras doenças. Nesse caso, o bacilo se reproduz, provocando lesões na forma de pequenos nódulos arredondados (tubérculos), que podem aumentar até formar grandes cavidades (cavernas) nos pulmões. Os bacilos também podem cair na corrente sanguínea e se espalhar para outras partes do corpo.

Dependendo da resistência do organismo, a evolução da doença pode ser muito lenta ou rápida. Um grande problema, e também um grande perigo, é que os sintomas iniciais podem passar despercebidos ou, então, ser confundidos com os de uma gripe. Muitas vezes, só numa fase mais avançada da doença surgem tosse contínua com catarro, dor torácica, emagrecimento e febre. Com o desenvolvimento da doença, alguns vasos sanguíneos podem arrebentar, especialmente durante os acessos de tosse, e o doente, então, passa a eliminar sangue no escarro (hemoptise).

Medicamentos (antibióticos) associados ao repouso e à boa alimentação curam a tuberculose. Entretanto, para completa eliminação da doença na população, é importante que ela seja diagnosticada logo no início por meio de radiografias periódicas dos pulmões, que mostram sombras anormais antes mesmo da manifestação dos sintomas. O diagnóstico é confirmado pelo encontro de bacilos da tuberculose no escarro.

Para diminuir a incidência da tuberculose, é fundamental a melhoria no padrão de vida das populações, em especial as mais carentes. A nutrição precária e as más condições de higiene nas moradias facilitam o contágio e diminuem a resistência do organismo à doença. O leite também merece cuidados, devendo sempre ser pasteurizado ou fervido, pois algumas bactérias que causam a tuberculose no gado também podem atacar o homem.

Finalmente, a profilaxia da tuberculose também conta com outra forma de prevenção: a vacina BCG (iniciais de Bacilo de Calmette e Guérin).

OS ANTIBIÓTICOS

Por volta de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, a medicina deu um largo passo na luta contra as bactérias. Nessa época, os antibióticos passaram a ser usados com sucesso contra diversos tipos de bactérias, salvando a vida de milhares de soldados que, certamente, teriam morrido devido às infecções dos ferimentos causados em combate.

A descoberta dos antibióticos, entretanto, é um pouco mais antiga. A história teve início em 1928, quando o escocês Alexander Fleming observou que bactérias não haviam crescido em um meio de cultura contaminado por fungos. Fleming deduziu, então, que o fungo deveria produzir alguma substância que impedia o desenvolvimento e a multiplicação das bactérias. Cerca de dez anos depois, tal substância foi realmente isolada de um tipo de fungo, o *Penicillium notatum*, recebendo o nome de penicilina. Com o passar do tempo, vários outros antibióticos foram isolados de outros tipos de fungos, enquanto outros foram fabricados sinteticamente em laboratórios. Os antibióticos podem exercer ação bactericida (matando as bactérias) ou bacteriostática (impedindo a multiplicação das bactérias).

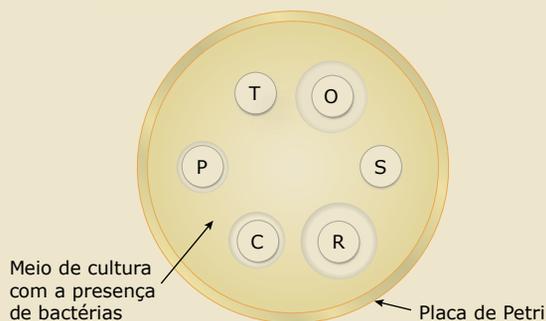
Embora sejam armas poderosas, os antibióticos só devem ser usados sob prescrição médica. Tais medicamentos somente serão eficientes quando usados por um tempo determinado e numa dosagem correta.

O uso indiscriminado dos antibióticos pode trazer como consequências:

- Crises alérgicas (anafilaxia) devido a uma hipersensibilidade (aumento da sensibilidade do organismo em relação a uma substância com a qual o organismo já estivera em contato).
- Alteração e destruição da microbiota bacteriana normal do corpo. Lembre-se de que muitas dessas bactérias são úteis ao nosso organismo, como as que vivem em nosso intestino produzindo certos tipos de vitaminas.
- Seleção de bactérias portadoras de genes para resistência à droga, isto é, seleção de mutantes resistentes. Nesse caso, o antibiótico destruirá quase toda a população de bactérias. Apenas os mutantes resistentes não serão destruídos. Reproduzindo-se com grande rapidez, os mutantes originam, em pouco tempo, uma nova população de bactérias constituída por indivíduos resistentes ao antibiótico em questão.

O antibiograma é um método importante para se determinar a ação dos antibióticos sobre as bactérias. Por meio dele, pode-se verificar a sensibilidade ou a resistência das bactérias aos diversos tipos de antibióticos. Em alguns casos, o antibiograma permite, também, detectar a presença de mutantes já resistentes à droga. De uma maneira bem resumida, o método consiste em colocar uma amostra do material contaminado do paciente (urina, escarro ou outros) num meio de cultura contendo pequenos discos de papel embebidos em diferentes tipos de antibióticos. O material é colocado numa estufa a 37 °C e, após 24-48 horas, faz-se a leitura: se ao redor dos discos de papel aparecem halos claros, onde não existem colônias de bactérias, significa que as bactérias são sensíveis àqueles antibióticos, motivo pelo qual não cresceram ao redor dos discos; se ao redor dos discos aparecem colônias de bactérias, significa que estas são resistentes aos antibióticos, daí seu crescimento ao redor dos discos. Veja a seguir o esquema e a interpretação dos resultados de um antibiograma:

Disco de papel embebido de antibiótico



Antibiograma – Quanto maior for o halo claro ao redor do disco de papel, maior será a eficácia do antibiótico (maior a área de bactérias que foram inibidas ao redor do disco). No exemplo anterior, R e O são os antibióticos mais eficientes contra as bactérias, que são resistentes aos antibióticos S, T., ao passo que C e P, nas concentrações testadas, apresentaram uma ação menos expressiva sobre essas bactérias.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- (Fatec-SP) As bactérias são organismos microscópicos, procariontes e muitas são patogênicas, pois causam doenças. Entre as doenças humanas causadas por bactérias, podemos citar
 - varíola, poliomielite, hidrofobia e aids.
 - sífilis, gonorreia, meningite e tétano.
 - pneumonia, tuberculose, caxumba e sarampo.
 - encefalite, poliomielite, hepatite e cólera.
 - botulismo, febre tifoide, gripe e aids.
- (CMMG) Um bioquímico realizou a análise de uma amostra de secreção colhida em uma lesão da garganta de uma criança, onde havia uma placa branco-amarelada. O exame revelou a presença de uma bactéria que provoca a difteria.

O bioquímico sabe que essa doença poderia ser evitada se a criança

 - fosse vacinada.
 - tomasse soro no início da doença.
 - aprendesse a escovar os dentes precocemente.
 - fosse protegida contra a picada do inseto vetor.
- (Unesp) A cidade de São Paulo, atravessada por dois grandes rios, Tietê e Pinheiros, e seus inúmeros afluentes, é frequentemente assolada por grandes enchentes nos períodos chuvosos. Após as enchentes, seguem-se casos de leptospirose. Um político, em sua campanha, propõe acabar com a doença, adotando as cinco medidas seguintes.
 - Exterminar o maior número possível de ratos.
 - Aplicar semanalmente inseticidas nas margens dos rios.
 - Multar as famílias que acumulam água nos fundos dos quintais.
 - Evitar o acúmulo de lixo próximo a residências e margens dos rios.
 - Desenvolver campanha para estimular o uso de calçados, principalmente em dias de chuva.

As medidas que, de fato, podem contribuir para acabar com a leptospirose são

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

04. (UFPB) O texto a seguir sobre doenças infectocontagiosas foi apresentado a um estudante para que fosse interpretado, de acordo com os seus conhecimentos.

958V

Grande parte das doenças infectocontagiosas estão intrinsecamente relacionadas ao nível socioeconômico da população. Sobre a cólera, por exemplo, conhece-se o agente causador e as formas de contágio, com detalhes. No entanto, essa doença pode levar muitos à morte nos locais onde falta política educacional e as condições sanitárias são precárias.

Interpretando o texto, o estudante depreendeu que:

- I. A cólera é causada por vírus, cujo contágio é feito por ingestão de alimentos contaminados e malcozidos.
- II. O fornecimento de água tratada e a construção de rede de esgotos são necessários ao combate à cólera.
- III. Uma política educacional, preocupada em informar sobre o uso adequado dos sanitários, higiene com alimentos e conservação e utilização da água tratada, é necessária ao combate à cólera.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões)

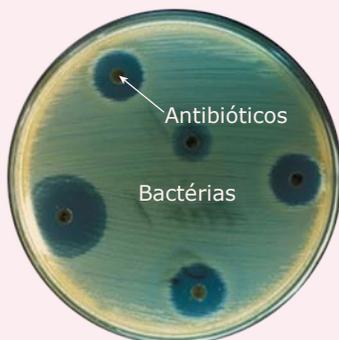
- A) I.
- B) I e II.
- C) II e III.
- D) I e III.
- E) III.

05. (FGV-2016) Alexander Fleming foi um microbiologista escocês que descobriu a penicilina no ano de 1928, a partir do cultivo não intencional de fungos *Penicillium notatum* e bactérias *Staphylococcus aureus* em uma mesma placa de Petri. Fleming observou algo bastante semelhante aos testes de antibiograma realizados atualmente.

H020

Antibiograma

Na área circular ao redor do antibiótico não ocorre crescimento bacteriano.



Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org>> (Adaptação).

Um antibiograma é utilizado para

- A) evitar o surgimento de colônias de bactérias resistentes aos antibióticos.

- B) eliminar, nos meios de cultura, colônias de bactérias resistentes aos antibióticos.
- C) determinar o tipo de antibiótico mais eficaz contra a bactéria infectante.
- D) produzir um antibiótico específico contra um tipo de bactéria infectante.
- E) selecionar bactérias infectantes não resistentes aos antibióticos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UEMG-2016) Leptospirose e dengue são doenças que podem ser fatais. A informação sobre as formas de transmissão auxilia a população a tomar importantes medidas de prevenção.



Disponível em: <<http://www.sp.senac.br/jsp/default.jsp?template=1933.dwt&idProjeto=208&testeira=1928>>. Acesso em: 28 set. 2015.

Uma medida profilática que pode impedir a expansão de ambas as doenças é:

- A) Realizar a vacinação periódica da população.
 - B) Evitar o acúmulo de água de chuva.
 - C) Controlar a população de insetos vetores.
 - D) Evitar o contato com água contaminada.
- 02.** (UEL-PR) A cólera é uma doença infecciosa aguda, caracterizada por febre, vômito e diarreia. O agente causador é a bactéria *Vibrio cholerae*, que é principalmente transmitida pela
- A) picada do mosquito *Aedes aegypti*.
 - B) contaminação fecal da água e dos alimentos.
 - C) ingestão de carnes malcozidas, com cistos.
 - D) pele, através do contato com as larvas.
 - E) inspiração dos esporos que atingem os pulmões.

03. (UCS-RS-2016) No Estado de São Paulo ocorreram alguns casos curiosos no ano de 2015: algumas pessoas foram inicialmente diagnosticadas com dengue, pois apresentavam febre alta, dores de cabeça, vômito e manchas vermelhas na pele, mas, posteriormente, após análises mais criteriosas, foram identificadas como portadoras de outra doença. As análises mostraram que se tratava de uma doença bacteriana, associada ao sistema circulatório e transmitida pelo carrapato-estrela. A doença em questão era

- A) febre tifoide.
- B) botulismo.
- C) tétano.
- D) tifo.
- E) febre maculosa.

04. (UnirG-TO-2016) Leia o texto a seguir.

7ULD

A partir da década de 1960 e, em especial, na década de 1980, com a liberação sexual e o aumento do uso de drogas injetáveis, registrou-se um aumento mundial nos casos de sífilis. Como consequência do aumento nos casos de sífilis adquirida, houve um aumento proporcional de sua transmissão vertical.

LORENZI, D. R. S. et al. Transmissão vertical da sífilis: prevenção, tratamento e diagnóstico. *Femina*, Caxias do Sul, v. 37, n. 2, 2009 (Adaptação).

A transmissão vertical referida no texto ocorre

- A) pela injeção de drogas com agulha contaminada.
- B) mediante ferimento na mucosa da boca.
- C) por meio de relação sexual.
- D) por via transplacentária.

05. (UFG-GO) Leia as informações a seguir.

Como chefe da Diretoria de Saúde Pública da cidade do Rio de Janeiro a partir de 1903, o médico sanitário Oswaldo Cruz adotou medidas como a formação de um esquadrão de 50 homens vacinados, que percorriam a cidade espalhando raticida e mandando recolher o lixo, sendo essas medidas pertencentes à Reforma Sanitária, durante o mandato (1902-1906) do presidente Rodrigues Alves.

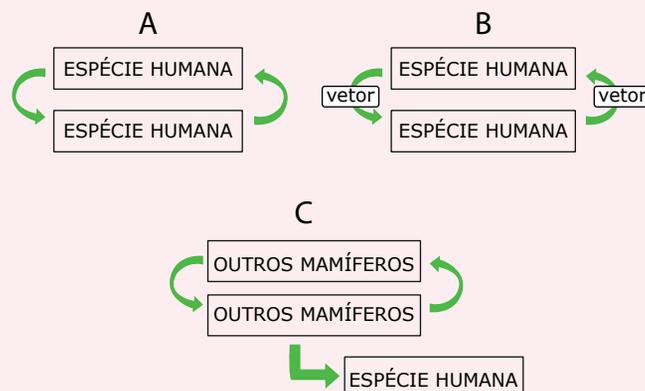
Disponível em: <http://super.abril.com.br/arquivo/1994/conteudo_114370.shtml> (Adaptação).

Nesse contexto histórico, a medida adotada visava erradicar a seguinte doença:

- A) Febre amarela.
- B) Peste bubônica.
- C) Tuberculose.
- D) Cólera.
- E) Varíola.

06. (UFPR-2016) Existem diferentes modos de transmissão das doenças infecciosas humanas. A figura a seguir apresenta três deles.

FOEI



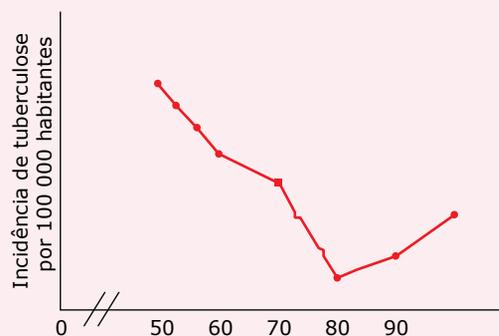
Dengue e tuberculose têm seus principais modos de transmissão representados, respectivamente, em

- A) A e B.
- B) A e C.
- C) B e A.
- D) B e C.
- E) C e A.

07. (UFMG) A tuberculose é uma doença que pode ser controlada.

8VAL

Observe este gráfico, em que está representada a incidência de tuberculose no Brasil.



Considerando-se as informações desse gráfico, todos os seguintes fatores explicam a curva que caracteriza as décadas de 80 e 90, exceto

- A) Alto custo do diagnóstico e uso de antibióticos ineficientes.
- B) Aumento da desnutrição e da pobreza e queda na qualidade das moradias como consequência da política social.
- C) A ocorrência de aids tornando os pacientes mais susceptíveis ao bacilo.
- D) Movimentos migratórios da população humana e consequente dispersão do bacilo por várias regiões.

08. (UFMS) O Ministério da Saúde estuda incluir quatro novas vacinas no calendário oficial do país já a partir de 2005. As vacinas contra rotavírus, varicela, pneumococo e meningococo poderão ser gratuitas e fazer parte do Plano Nacional de Imunização. Atualmente, fazem parte do calendário oficial: BCG (tuberculose), hepatite B, poliomielite, Hib (meningite), febre amarela (em áreas endêmicas), tríplice viral e tríplice bacteriana.

FOLHA DE S. PAULO, 27 ago. 2004. p. C4.

As vacinas tríplice viral e tríplice bacteriana são administradas para evitar, respectivamente, as seguintes doenças:

- A) Sarampo, difteria e cólera / tétano, rubéola e coqueluche.
- B) Gripe, herpes e coqueluche / cólera, botulismo e sífilis.
- C) Sarampo, caxumba e rubéola / difteria, coqueluche e tétano.
- D) Rubéola, leptospirose e sífilis / gonorreia, sarampo e tétano.
- E) Gripe, sarampo e coqueluche / botulismo, sífilis e rubéola.

09. (Unifor-CE) A tuberculose (TB) causou grande impacto na humanidade principalmente em meados do século XIX, onde se estima que aproximadamente um quarto da população europeia tenha morrido de tuberculose. A descoberta de drogas eficazes contra a doença e o desenvolvimento de vacinas, atrelados a um notório avanço na qualidade de vida da população mundial, contribuíram para expressiva queda no número de casos da TB na maioria dos países. Todavia, mais recentemente, tem-se percebido o reaparecimento desta doença, com incidência elevada em vários locais. Tal fato pode ser associado ao surgimento da Aids, à diminuição da eficácia das drogas utilizadas no tratamento e à piora nas condições sanitárias de alguns países. Sobre a tuberculose, é correto afirmar:

- A) Doença infecciosa causada pelo bacilo *Mycobacterium leprae*, que foi descrito inicialmente por Robert Koch.
- B) A doença se caracteriza por ter uma evolução rápida e se dissemina através de aerossóis no ar que são expelidos quando pessoas com tuberculose infecciosa tosse e ou espirram.
- C) A tuberculose é considerada uma doença socialmente determinada, pois sua ocorrência está diretamente associada à forma como se organizam os processos sociais.
- D) A vacina Penta é utilizada na prevenção da tuberculose e deve ser administrada em todos os recém-nascidos.
- E) A resposta imunológica é capaz de impedir o desenvolvimento da doença e, por tal motivo, pessoas com sistema imune mais resistente não correm risco de adquirir tuberculose.

10.
NM8N

(UFSC) No outono de 1347, a frota genovesa regressou à Itália levando nos porões não somente especiarias da Índia mas também os ratos negros da Ásia, portadores da peste negra. Cerca de quatro quintos da população de Florença morreria durante os 12 meses seguintes, despovoando a cidade de tal maneira que foi preciso importar escravos tártaros e circassianos para minorar a escassez de mão de obra [...].

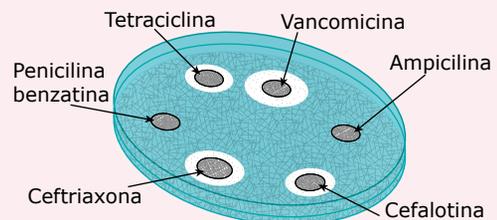
KING, Ross. *O domo de Brunelleschi*. São Paulo: Record, 2013. p. 17.

A peste negra, também conhecida como peste bubônica, é uma das muitas doenças causadas pela ação de bactérias, especificamente a bactéria *Yersinia pestis*. Analise as proposições a seguir e indique a soma da(s) correta(s).

- 01. A *Yersinia pestis* também é o agente causador de doenças como a gonorreia e a sífilis.
- 02. A transmissão da peste negra aos humanos ocorre pela picada de pulgas infectadas com a bactéria *Yersinia pestis*.
- 04. O controle da peste negra na Idade Média só foi possível com o uso de antibióticos.
- 08. A peste negra, com certeza, foi uma pandemia que assolou a humanidade na Idade Média.
- 16. Nos tempos atuais, devido ao uso de antibióticos, não são mais registrados casos de peste negra.
- 32. O escorbuto, doença comum nos tempos das grandes navegações, era causado por uma bactéria encontrada na água contaminada dos barcos que navegavam por meses em viagens transatlânticas.

Soma ()

11. (UEG-GO) A utilização de antibióticos tem se tornado cada vez mais comum entre a população humana. A figura a seguir apresenta o resultado de um antibiograma.

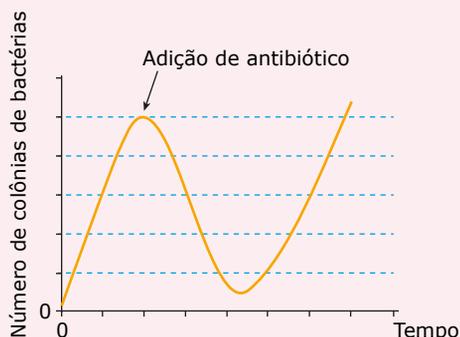


Com base nas informações apresentadas no antibiograma, é correto afirmar:

- A) Os antibióticos tetraciclina, vancomicina, ceftriaxona e cefalotina oferecem resistência a determinadas bactérias, uma vez que garantem a sua multiplicação.
- B) A cultura bacteriana apresentou maior resistência aos antibióticos penicilina benzatina e ampicilina, uma vez que não houve a interrupção da sua propagação.
- C) O antibiograma é um método utilizado para detectar quais antibióticos são considerados eficientes no tratamento de determinadas bacterioses e viroses.
- D) Os antibióticos penicilina benzatina e cefalotina podem ser considerados os mais eficientes contra a bactéria em questão.

12.
DTR0

(Unesp–2015) Um pesquisador cultivou, em um meio de cultura, uma espécie de bactéria que rapidamente se desenvolveu nesse meio. Um tempo depois, o pesquisador adicionou ao meio de cultura um antibiótico para verificar a ação desse medicamento sobre a população bacteriana. O resultado dessa pesquisa encontra-se registrado no gráfico a seguir.



A análise do gráfico permite concluir que o antibiótico utilizado

- A) impediu o desenvolvimento das bactérias resistentes a ele.
- B) selecionou bactérias resistentes a ele, que voltaram a se desenvolver.
- C) modificou o material genético das bactérias, que ficaram inibidas.
- D) estimulou a adaptação de bactérias sensíveis a ele.

13.
LPL5

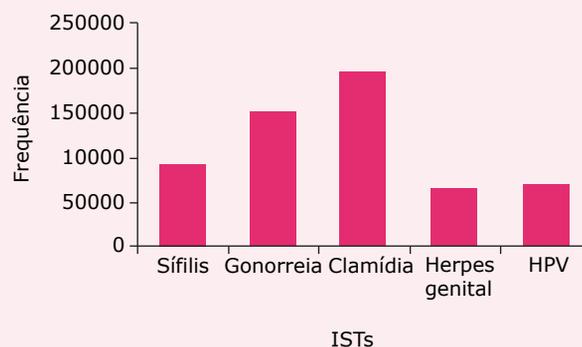
(PUCPR–2016) Em outubro de 2010, a Anvisa, após alguns hospitais brasileiros sofrerem com um surto da bactéria “KPC”, resolveu proibir a venda de antibióticos sem receita médica pelas farmácias. Com a nova regra, a receita médica para antibióticos ficará retida na farmácia junto com os dados do comprador. A validade da receita é de 10 dias, o que obriga o paciente a procurar novamente o médico em casos de persistência da doença. Um dos objetivos da regra é mudar o hábito do brasileiro de se automedicar, uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos pode provocar

- A) a resistência microbiana, a qual pode tornar a bactéria resistente ao medicamento, uma vez que o uso indiscriminado de antibióticos pode induzir novas formas de bactérias.
- B) a aquisição de resistência por indução de componentes antimicrobianos; com isso, as bactérias geram cepas capazes de suportar os antibióticos.
- C) a resistência microbiana desencadeada pela indução de formas genéticas modificadas pela troca de pequenos plasmídeos (plasmídeo R) encarregados de levarem consigo genes que permitem a resistência antimicrobiana.

14.
TLFA

- D) a necessidade de mudança por parte da população bacteriana, que se torna resistente por alterações genéticas impostas pelo uso dos antibióticos.
- E) a redução da eficácia dos antibióticos devido à seleção de organismos resistentes.

(UEG-GO) As infecções sexualmente transmissíveis (ISTs) são consideradas como um dos problemas de saúde pública mais comum em todo o mundo. Em ambos os sexos, tornam o organismo mais vulnerável a outras doenças, inclusive à Aids, além de terem relação com a mortalidade materna e infantil. No Brasil, as estimativas da Organização Mundial de Saúde (OMS) de infecções de transmissão sexual na população sexualmente ativa, a cada ano, estão representadas no gráfico a seguir:



Após a análise do gráfico e do conhecimento acerca das possíveis formas de contágio das ISTs apresentadas, pode-se afirmar que

- A) a frequência similar de herpes genital e de HPV está relacionada ao fato de ambas serem bacterianas e de serem transmitidas pelo contato sexual direto com pessoas contaminadas.
- B) a gonorreia, com frequência maior em relação à sífilis, HPV e herpes genital, é causada por uma bactéria cujo doente pode ser tratado com o uso de antibióticos.
- C) a maior frequência de clamídia na população está relacionada às diversas mutações que ocorrem no vírus transmissor, o que dificulta o tratamento da doença e possibilita maior contágio.
- D) a menor frequência de sífilis em relação à gonorreia e à clamídia pode ser explicada pelo fato de a população humana utilizar frequentemente espermicidas e anticoncepcionais.

15.

(UFRJ) Uma pessoa só contrai a cólera se ingerir água contendo, no mínimo, 10^8 vibriões, o micro-organismo causador dessa doença. No entanto, se uma pessoa beber água contendo bicarbonato de sódio – um antiácido – são necessários apenas 10^4 vibriões para iniciar a doença. Por que ocorre essa diferença?

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2017) Os medicamentos são rotineiramente utilizados pelo ser humano com o intuito de diminuir ou, por muitas vezes, curar possíveis transtornos de saúde. Os antibióticos são grupos de fármacos inseridos no tratamento de doenças causadas por bactérias.

Na terapêutica das doenças mencionadas, alguns desses fármacos atuam

- A) ativando o sistema imunológico do hospedeiro.
- B) interferindo na cascata bioquímica da inflamação.
- C) removendo as toxinas sintetizadas pelas bactérias.
- D) combatendo as células hospedeiras das bactérias.
- E) danificando estruturas específicas da célula bacteriana.

02. (Enem-2016) Suponha que uma doença desconhecida esteja dizimando um rebanho bovino de uma cidade e alguns veterinários tenham conseguido isolar o agente causador da doença, verificando que se trata de um ser unicelular e procarionte.

Para combater a doença, os veterinários devem administrar, nos bovinos contaminados,

- A) vacinas.
- B) antivirais.
- C) fungicidas.
- D) vermífugos.
- E) antibióticos.

03. (Enem) Medidas de saneamento básico são fundamentais no processo de promoção de saúde e qualidade de vida da população. Muitas vezes, a falta de saneamento está relacionada com o aparecimento de várias doenças. Nesse contexto, um paciente dá entrada em um pronto atendimento relatando que há 30 dias teve contato com águas de enchente. Ainda informa que nesta localidade não há rede de esgoto e drenagem de águas pluviais e que a coleta de lixo é inadequada. Ele apresenta os seguintes sintomas: febre, dor de cabeça e dores musculares.

Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 27 fev. 2012 (Adaptação).

Relacionando os sintomas apresentados com as condições sanitárias da localidade, há indicações de que o paciente apresenta um caso de

- A) difteria.
- B) botulismo.
- C) tuberculose.
- D) leptospirose.
- E) meningite meningocócica.

04. (Enem) A cárie dental resulta da atividade de bactérias que degradam os açúcares e os transformam em ácidos que corroem a porção mineralizada dos dentes. O flúor, juntamente com o cálcio e um açúcar chamado xilitol, agem inibindo esse processo. Quando não se escovam os dentes corretamente e neles acumulam-se restos de alimentos, as bactérias que vivem na boca aderem aos dentes, formando a placa bacteriana ou biofilme.

Na placa, elas transformam o açúcar dos restos de alimentos em ácidos, que corroem o esmalte do dente formando uma cavidade, que é a cárie. Vale lembrar que a placa bacteriana se forma mesmo na ausência de ingestão de carboidratos fermentáveis, pois as bactérias possuem polissacarídeos intracelulares de reserva.

Disponível em: <<http://www.diariodasaude.com.br>>. Acesso em: 11 ago. 2010 (Adaptação).

cárie 1. destruição de um osso por corrosão progressiva. * cárie dentária: efeito da destruição da estrutura dentária por bactérias.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário eletrônico*. Versão 1.0. Editora Objetiva, 2001 (Adaptação).

A partir da leitura do texto, que discute as causas do aparecimento de cáries, e da sua relação com as informações do dicionário, conclui-se que a cárie dental resulta, principalmente, de

- A) falta de flúor e de cálcio na alimentação diária da população brasileira.
- B) consumo exagerado do xilitol, um açúcar, na dieta alimentar diária do indivíduo.
- C) redução na proliferação bacteriana quando a saliva é desbalanceada pela má alimentação.
- D) uso exagerado do flúor, um agente que em alta quantidade torna-se tóxico à formação dos dentes.
- E) consumo excessivo de açúcares na alimentação e má higienização bucal, que contribuem para a proliferação de bactérias.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. A
- 03. C
- 04. C
- 05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. B
- 03. E
- 04. D
- 05. B
- 06. C
- 07. A
- 08. C
- 09. C
- 10. Soma = 10
- 11. B
- 12. B
- 13. E
- 14. B
- 15. Normalmente, a acidez do suco gástrico no estômago é suficiente para matar uma fração dos vibriões, porém, na presença de bicarbonato, mais vibriões sobrevivem, porque a água que contém o bicarbonato de sódio, que é básico, neutraliza parte do suco gástrico.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. E
- 03. D
- 04. E



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Protozoários e Protozooses

Os protozoários já foram classificados como animais unicelulares, vindo daí, inclusive, o nome protozoário (do grego *protos*, primeiro, primitivo, e *zoon*, animal). Atualmente, considerando o sistema de classificação de cinco reinos, eles são classificados como protistas (Reino Protista) e, portanto, pertencem ao Domínio Eucarya.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os protozoários são seres unicelulares, eucariontes, heterótrofos, aeróbicos ou anaeróbicos, encontrados nos mais variados ambientes (solo, água doce, água salgada, interior de outros seres vivos). Eles podem ser de vida livre, coloniais ou viver associados a outros organismos, estabelecendo relações dos tipos comensalismo, mutualismo e parasitismo.

Em sua quase totalidade, são seres microscópicos, mas existem algumas exceções, como é o caso do *Spirostomum*, um protozoário de água doce que chega a ter até 3 mm de comprimento.

Apresentam morfologia variada, sendo que, em algumas espécies, ocorre o polimorfismo, isto é, o indivíduo assume várias formas durante o seu ciclo de vida. Muitas espécies também são capazes de formar cistos. O cisto é uma forma de resistência, protegido por uma membrana (ou parede cística), que permite ao protozoário sobreviver em condições ambientais adversas.

Podem ter ou não estruturas locomotoras. Quando presentes, essas estruturas podem ser flagelos, cílios, pseudópodos ou, ainda, mionemas (fibrilas contráteis que permitem o “deslizamento” do indivíduo).

A excreção se faz por difusão, através da membrana plasmática e, em algumas espécies, também por transporte ativo, por meio da atividade dos vacúolos contráteis.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada. A reprodução assexuada se faz por bipartição (cissiparidade) e, em alguns casos, por esquizogonia. A reprodução sexuada, dependendo da espécie de protozoário, pode ser feita por conjugação ou por fecundação.

CLASSIFICAÇÃO DOS PROTOZOÁRIOS

Baseando-se na presença ou na ausência de estruturas locomotoras, bem como no tipo dessas estruturas, os protozoários podem ser subdivididos em quatro grupos:

Protozoários (cerca de 24 mil espécies)	
Grupo	Características
Mastigóforos ou flagelados	Presença de flagelos. Espécies de vida livre, mutualísticas ou parasitas.
Ciliados	Presença de cílios. Espécies de vida livre, mutualísticas e parasitas.
Sarcodinos	Formam pseudópodos. Espécies de vida livre, comensais e parasitas.
Esporozoários ou apicomplexos	Ausência de organelas de locomoção. Todas as espécies são parasitas.

Protozoários mastigóforos

Os protozoários mastigóforos são os que possuem flagelos. O número de flagelos é variável de acordo com as espécies. Muitas utilizam os flagelos para a locomoção no meio líquido (natação). Outras são sésseis, isto é, vivem fixadas a um substrato e utilizam o movimento flagelar para criar correntezas líquidas que arrastam partículas de alimento para perto de si. Os que possuem uma única e grande mitocôndria na base do flagelo também podem ser chamados de cinetoplastídeos. Os cinetoplastídeos mais importantes são os parasitos dos gêneros *Trypanosoma* e *Leishmania*.

Os protozoários flagelados podem ser de vida livre, mutualísticos ou parasitos. Muitas espécies fazem parte do zooplâncton marinho e dulcícola. Entre as espécies parasitas, muitas são agentes etiológicos (causadoras) de doenças no homem. Veja os exemplos a seguir:

Protozoários flagelados	Doenças que causam
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Doença de Chagas
<i>Trypanosoma gambiense</i>	Doença do sono
<i>Trypanosoma rhodesiense</i>	Doença do sono
<i>Leishmania brasiliensis</i>	Leishmaniose tegumentar (úlcer de Bauru)
<i>Leishmania chagasi</i>	Leishmaniose visceral (calazar)
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiase ou giardiose
<i>Trichomonas vaginalis</i>	Tricomoniase

Doença de Chagas (Mal de Chagas, Tripanossomíase americana)

Seu agente etiológico é o protozoário *Trypanosoma cruzi*, parasito heteroxeno que realiza seu ciclo de vida em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado.

Os hospedeiros vertebrados podem ser o homem e outros animais mamíferos (tatu, gambá, morcego, vários roedores, cão, gato). Esses outros mamíferos, quando infectados, funcionam como reservatórios naturais do parasito. O conceito de reservatório vivo de alguns autores relaciona-se com a capacidade de manter a infecção, sendo esta pouco patogênica para o reservatório.

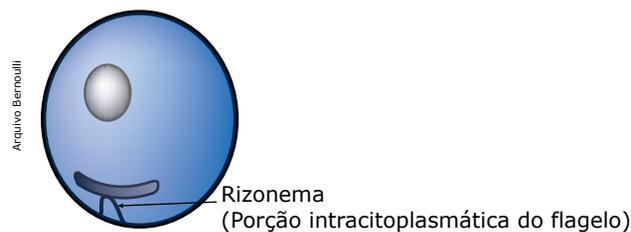
Os hospedeiros invertebrados são os insetos hemípteros triatomíneos, conhecidos popularmente por barbeiros ou "chupanças". Esses insetos são animais hematófagos e de hábitos noturnos: durante o dia, escondem-se em buracos no chão, nas paredes e entre as palhas da cobertura das casas de pau a pique, ainda muito comuns na zona rural, e, à noite, saem à procura de alimento, quando, então, picam as pessoas e outros animais para obter o sangue. Geralmente, picam as pessoas no rosto (região que normalmente fica descoberta quando estamos dormindo), vindo daí o nome popular de "barbeiro". Ao picarem as pessoas, os triatomíneos defecam e, estando infectados, eliminam, junto das fezes, o *T. cruzi*. Ao coçar o local da picada, a pessoa facilita a penetração dos tripanossomas através da pele.

No Brasil, entre as espécies de barbeiros transmissoras da doença de Chagas, destacam-se: *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius prolixus*.

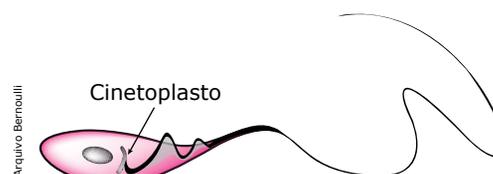


Triatoma infestans – Tem cerca de 2,5 cm de comprimento, cor negra com manchas amarelas. É uma espécie predominantemente domiciliar, sendo encontrada nas frestas das caixas de barro e pau a pique.

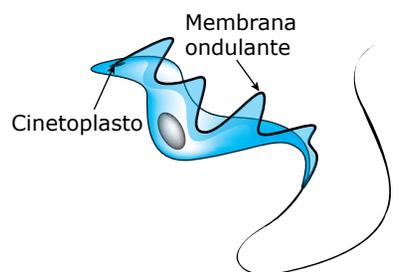
O *T. cruzi* é um protozoário polimórfico, isto é, assume diferentes formas durante o seu ciclo biológico. Assim, ele pode ser encontrado sob três diferentes tipos morfológicos básicos: amastigota, epimastigota e tripomastigota. Veja as características dessas formas a seguir:



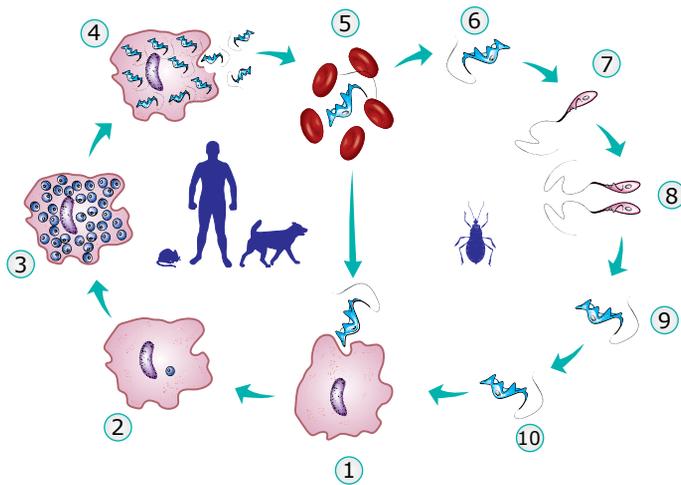
Amastigota – Esférica, sem flagelo livre. É uma forma intracelular, sendo encontrada no interior de células musculares e nervosas do hospedeiro vertebrado.



Epimastigota – Oval, alongada, com flagelo livre, cinetoplasto anterior ao núcleo e pequena membrana ondulante. Encontrada na porção média e posterior do intestino do hospedeiro invertebrado (barbeiro) e em meios de cultura.



Tripomastigota – Alongada, com flagelo livre, cinetoplasto posterior ao núcleo e membrana ondulante desenvolvida. Encontrada no sangue circulante do hospedeiro vertebrado, nas fezes do hospedeiro invertebrado e em meios de cultura. É a forma infectante do *T. cruzi*.



Ciclo biológico do *Trypanosoma cruzi* – 1. O tripomastigota penetra em uma célula do hospedeiro. 2. No interior da célula, ocorre a transformação do tripomastigota em amastigota. 3. O amastigota se reproduz por cissiparidade. 4. A célula infectada se rompe liberando tripomastigotas. 5. Uma vez no sangue, os tripomastigotas podem ser ingeridos pelo triatomíneo ou penetrar em outra célula. 6. Tripomastigotas no estômago do barbeiro. 7. Ao chegar no intestino do triatomíneo, os tripomastigotas se transformam em epimastigotas. 8. Os epimastigotas se reproduzem por cissiparidade. 9. No reto do inseto, ocorre a transformação dos epimastigotas em tripomastigotas. 10. Ao realizar o repasto, o triatomíneo (barbeiro), libera fezes que contém *Trypanosomas* metacíclicos, aptos a invadir células do hospedeiro mamífero.

A maneira usual da transmissão da doença de Chagas ao homem é pela penetração do tripomastigota metacíclico, presente nas fezes do barbeiro, através da pele lesada ou mucosas. Entretanto, outros mecanismos de transmissão podem ocorrer, entre eles, destacam-se: transfusão sanguínea, no caso de doadores chagásicos; transmissão congênita, no caso de mãe chagásica (o *T. cruzi* passa do organismo materno para o feto através da placenta); amamentação (embora rara, já foi constatada a presença de tripomastigotas no leite materno); contato e manuseio de animais recém-abatidos (tatus, gambás e outros).

A doença de Chagas apresenta duas fases distintas: a fase aguda e a fase crônica.

I. Fase aguda – Inicia-se cerca de 5 a 10 dias após a infecção. Dura de 10 a 15 dias, sendo caracterizada por febre alta e elevada parasitemia (elevado número de parasitos na corrente sanguínea). Quando a porta de entrada dos tripomastigotas infectantes é a mucosa ocular, na fase aguda, também aparece o sinal de Romanã, caracterizado por um edema bupalpebral unilateral. Na fase aguda, o índice de mortalidade é baixo (cerca de 10%), e as mortes ocorrem principalmente por miocardites e encefalites.

Após a fase aguda, ocorre a resposta imunitária do organismo por meio da ação de anticorpos, provocando uma diminuição da parasitemia. A doença passa, então, para a fase crônica.

II. Fase crônica – Caracterizada pela baixa parasitemia e por lesões no coração (cardiopatia chagásica) e no tubo digestório. A cardiopatia chagásica caracteriza-se por cardiomegalia (aumento do volume do coração), disritmia cardíaca (alteração do ritmo cardíaco) e insuficiência cardíaca, o que pode levar à morte súbita do doente. Entretanto, o doente poderá viver vários anos com essas alterações.

No tubo digestório, notadamente no esôfago e no cólon (maior parte do intestino grosso), pode haver, também, a destruição de neurônios, provocando disritmia peristáltica (alterações do ritmo normal do peristaltismo), estase do bolo alimentar ou fecal que, normalmente, levam ao megaesôfago ou ao megacólon.

A profilaxia da doença está intimamente ligada à melhoria das condições de vida camponesa, bem como à modificação do hábito secular de destruição da fauna e da flora. Entre as medidas de profilaxia, destacamos melhoria das habitações rurais, substituindo-se as cafuas ou casas de pau a pique por construções de alvenaria; combate aos insetos vetores, os barbeiros transmissores, por meio do uso de substâncias químicas (inseticidas) ou controle biológico; e avaliação dos doadores de sangue, descartando-se aqueles que apresentarem sorologia positiva para o *T. cruzi*.



2NDI

Doença de Chagas

O objeto de aprendizagem “Doença de Chagas” apresenta uma das formas de transmissão da enfermidade ao homem, a transmissão vetorial. Assista ao vídeo para conhecer um pouco mais sobre o ciclo de reprodução do protozoário. Boa tarefa!

Doença do sono (Tripanossomíase africana)

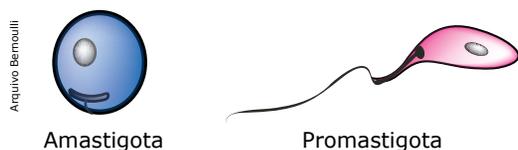
É causada pelos protozoários flagelados *Trypanosoma gambiense* e *Trypanosoma rhodesiense*, encontrados somente na África e transmitidos ao homem por meio da picada da mosca *Glossina palpalis*, conhecida popularmente por mosca tsé-tsé.

Leishmanioses

São doenças causadas por protozoários flagelados do gênero *Leishmania*. No Brasil, existem duas espécies importantes: *Leishmania brasiliensis*, causadora da leishmaniose tegumentar americana ou úlcera de Bauru, e *Leishmania chagasi*, responsável pela leishmaniose visceral ou calazar.

As leishmanias são parasitos heteroxenos que completam seu ciclo biológico em dois hospedeiros: um vertebrado e outro invertebrado. O hospedeiro vertebrado pode ser o homem e outros mamíferos (roedores, raposas, cães), que funcionam como reservatórios do parasito. O hospedeiro invertebrado é um mosquito fêmea do gênero *Lutzomyia*, também conhecido por flebótomo, birigui ou mosquito-palha.

As espécies do gênero *Leishmania* apresentam duas formas fundamentais: amastigota e promastigota.



Morfologia das leishmanias – As amastigotas da *Leishmania* são semelhantes às do *Trypanosoma*, sendo encontradas parasitando macrófagos do hospedeiro vertebrado. São, portanto, formas intracelulares do parasito. As amastigotas da *Leishmania* brasiliensis são encontradas em macrófagos da pele, tecido subcutâneo e da região nasobucofaringeana, enquanto as da *Leishmania* chagasi são encontradas nos macrófagos viscerais, isto é, macrófagos hepáticos (do fígado), esplênicos (do baço) e da medula óssea. A forma promastigota é oval, alongada, com flagelo livre, cinetoplasto anterior ao núcleo, não apresentando membrana ondulante. As promastigotas da *L. brasiliensis* e da *L. chagasi* são encontradas no aparelho bucal (probóscide) do hospedeiro invertebrado e constituem as formas infectantes para o hospedeiro vertebrado.

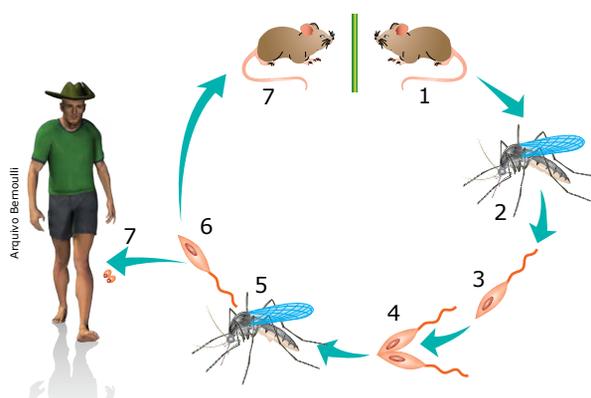
I. Leishmaniose tegumentar americana ou úlcera de Bauru – É causada pela *Leishmania* brasiliensis, cuja transmissão ao homem se faz por meio da picada dos mosquitos fêmeas do gênero *Lutzomyia*. Ao exercer o hematofagismo sobre o hospedeiro vertebrado, o mosquito infectado inocula, com sua saliva, as formas promastigotas do parasito.

A leishmaniose tegumentar é uma doença que compromete as células do sistema reticuloendotelial (SRE), notadamente os macrófagos, localizadas nos tecidos cutâneo e subcutâneo. As regiões do corpo mais atingidas são pernas, braços e rosto, ou seja, partes descobertas do corpo, com formação de ulcerações (feridas) nesses locais. Tais ulcerações podem alastrar-se para a mucosa nasobucofaringeana.

A lesão da região nasobucofaringeana é típica dessa leishmaniose e se constitui na maior gravidade da doença devido às lesões faciais que provoca: inicialmente, a pele do nariz fica espessa, edemaciada (inchada), acarretando o aumento do volume do órgão ("nariz de tapir" ou "nariz de anta").

Posteriormente, pode haver comprometimento de todo o nariz, do lábio superior, do céu da boca e da faringe, provocando ulcerações graves que dificultam a alimentação, a respiração e a fonação.

Sua profilaxia consiste em: tratar os doentes; evitar dormir dentro de matas ou grutas, pois o hematofagismo do *Lutzomyia* é principalmente crepuscular ou noturno; construir casas ou acampamentos a uma distância mínima de 500 metros da orla da mata, pois o *Lutzomyia* é um inseto que voa pequenas distâncias; usar repelentes, telar as casas ou dormir com mosquiteiros finos; e combater os mosquitos vetores com o uso de inseticidas nas regiões em que a transmissão for domiciliar.



Ciclo biológico da *L. brasiliensis* – 1. Roedor naturalmente infectado; 2. *Lutzomyia* ingere formas amastigotas juntamente com o sangue; 3. No intestino anterior do inseto, as amastigotas transformam-se em promastigotas; 4. Reprodução assexuada por cissiparidade das promastigotas no intestino do inseto. As promastigotas, que têm grande motilidade, migram para a parte anterior do tubo digestório do mosquito; 5. Em novo repasto sanguíneo, o *Lutzomyia* inocula no vertebrado (homem, roedor) sua saliva contendo as formas promastigotas; 6. No vertebrado, as promastigotas penetram nas células do sistema reticuloendotelial (SRE) local, transformam-se em amastigotas e se reproduzem por cissiparidade; 7. No homem ou no roedor, as células parasitadas, repletas de amastigotas, se rompem, originando ulcerações (feridas) no local.

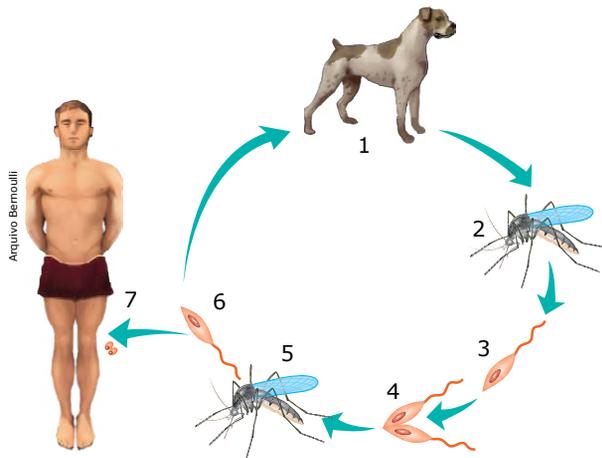
OBSERVAÇÃO

A membrana das formas amastigotas resiste à ação destruidora dos macrófagos do SRE, o que explica a sua não destruição dentro dos macrófagos.

II. Leishmaniose visceral ou calazar – É causada pela *Leishmania* chagasi, anteriormente conhecida por *Leishmania donovani*, cuja transmissão ao homem se faz pela picada dos mosquitos fêmeas do gênero *Lutzomyia*, em especial a *Lutzomyia longipalpis*.

É uma doença grave, uma vez que acomete células fagocitárias localizadas principalmente no baço, no fígado e na medula óssea. O comprometimento do baço causa esplenomegalia (aumento do volume do baço) e, conseqüentemente, dificuldades circulatórias nesse órgão devido à pressão das células aumentadas. No fígado, a doença causa hepatomegalia (aumento do volume do fígado), com desenvolvimento de hepatite crônica. O comprometimento da medula óssea leva à anemia (diminuição do número normal de hemácias), leucopenia (diminuição do número de leucócitos) e trombocitopenia (diminuição do número de plaquetas), o que facilita a gênese (origem) de hemorragias.

A doença possui um ciclo silvestre, em que o protozoário circula entre raposa-inseto-raposa, e um ciclo doméstico, em que a *Leishmania* circula.

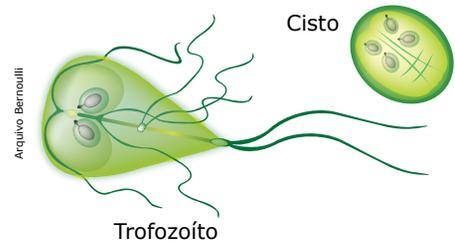


Ciclo biológico da Leishmania chagasi – 1. Cão ou raposa naturalmente infectados; 2. *Lutzomyia ingere* formas amastigotas junto ao sangue; 3. Amastigotas transformam-se em promastigotas no intestino do inseto; 4. Reprodução por cissiparidade das promastigotas no intestino do inseto. Essas promastigotas invadem as glândulas salivares do mosquito; 5. Em novo repasto sanguíneo, o *Lutzomyia* inocula no vertebrado (homem, cão, raposa) sua saliva contendo as formas promastigotas; 6. As promastigotas penetram nas células do SRE local, transformam-se em amastigotas e se reproduzem por cissiparidade; 7. No homem ou cão, as amastigotas rompem as células parasitadas e, por meio da corrente sanguínea, chegam ao baço, ao fígado e à medula óssea.

As principais medidas de profilaxia da leishmaniose visceral são: tratar as pessoas doentes; fazer, em zonas endêmicas, o levantamento sorológico de todos os cães, eliminando os animais positivos; usar inseticidas no domicílio e peridomicílio; usar telas em janelas; usar mosquiteiros.

Giardiase ou Giardiose

Doença causada pelo protozoário flagelado *Giardia lamblia*, um parasito monoxeno que vive no intestino delgado do homem, principalmente no duodeno.



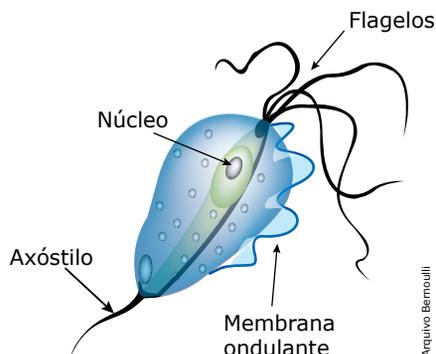
Giardia lamblia – A *Giardia* possui duas formas: trofozoíto (forma normal, de vida vegetativa) e cisto (forma de resistência que permite a sobrevivência do parasito em condições adversas).

A transmissão usual da *Giardia* ao homem se faz por meio da ingestão de cistos desse parasito. Os cistos, chegando ao duodeno (primeira porção do intestino delgado), sofrem desencistamento, transformam-se em trofozoítos e se multiplicam por divisão binária. Os trofozoítos prendem-se à mucosa intestinal por meio de ventosas. Milhares de trofozoítos presos à mucosa forram-na como um “tapete”. Dias depois, alguns trofozoítos despreendem-se da mucosa e sofrem encistamento. Os cistos, assim formados, são, então, eliminados nas fezes da pessoa parasitada. Esses cistos são capazes de resistir no meio ambiente por cerca de dois meses. Na maioria das vezes, a giardiase é assintomática. Os casos sintomáticos estão relacionados ao número de cistos ingeridos, à deficiência imunitária e, principalmente, à baixa acidez do suco gástrico do paciente. Os sintomas mais comuns são dor abdominal, diarreia, perda de peso e, às vezes, hipovitaminoses. O diagnóstico conclusivo só pode ser feito por meio do exame de fezes.

A profilaxia da doença consiste em tratamento dos doentes; higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações, manter as unhas sempre bem aparadas, etc.); tratamento da água destinada ao consumo da população; engenharia sanitária (construção de sanitários, redes de esgoto, estações de tratamento de esgotos, etc.) e higiene com os alimentos, especialmente os que são ingeridos crus (lavar bem as frutas e verduras, proteger os alimentos de insetos domésticos, como moscas e baratas, pois esses insetos podem veicular cistos do protozoário).

Tricomoníase

Doença do grupo das ISTs causada pelo protozoário flagelado *Trichomonas vaginalis*, um parasito monoxeno que vive nas vias genitais e urinárias feminina e masculina.



Trichomonas vaginalis – O *T. vaginalis* apresenta uma organela de sustentação típica denominada axóstilo.

A maneira usual de transmissão da tricomoníase é pelo contato sexual. Também existe a possibilidade de os trofozoítos serem transmitidos por meio do contato com roupas íntimas, roupas de banho e roupas de cama contaminadas, bem como por água de piscinas contaminadas.

No sexo masculino, a doença normalmente não provoca alterações graves, ocasionando, às vezes, uma uretrite (inflamação da uretra), com corrimento purulento e ligeira dor durante a micção. Nas mulheres, entretanto, provoca alterações mais sérias: vulvovaginite (inflamação da vulva e da vagina), leucorreia (corrimento branco-amarelado) e prurido (coceira) intenso.

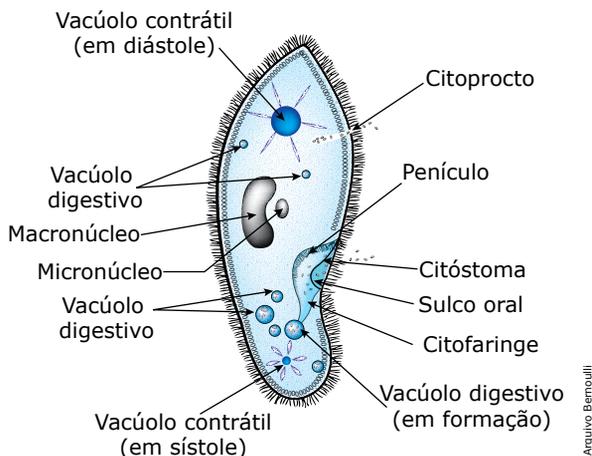
As medidas de profilaxia são: tratamento dos doentes e de seus parceiros sexuais, mesmo que estes não manifestem sintomas da doença; higiene com o vestuário (roupas íntimas, toalhas de banho, etc.); uso de preservativos (“camisinhas”) nas relações sexuais e tratamento adequado das águas de piscinas.

Protozoários ciliados

São os que possuem numerosos cílios. Muitas espécies usam os cílios para a locomoção, mas, à semelhança dos flagelados, algumas espécies são sésseis e, nesse caso, usam os batimentos ciliares para criar correntes líquidas que arrastam partículas de alimento para perto de si. Outra característica do grupo é a presença de dois ou mais núcleos de tamanhos diferentes: macronúcleos e micronúcleos. Os macronúcleos regulam as funções vegetativas, tais como a nutrição e a regeneração, e os micronúcleos são responsáveis pelos processos de reprodução.

A maioria das espécies de protozoários ciliados é de vida livre, existindo, entretanto, algumas espécies parasitas e outras mutualísticas.

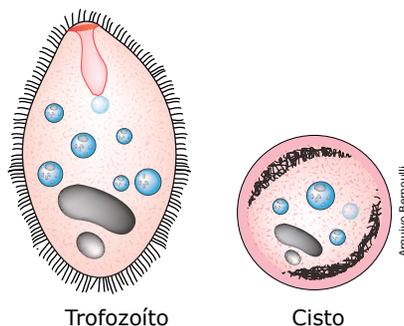
Um exemplo clássico de protozoário ciliado de vida livre é o *Paramecium caudatum*, encontrado na água doce.



Paramecium – Os paramécios apresentam em sua membrana celular uma depressão, denominada sulco oral, por onde o alimento penetra no interior da célula. O sulco oral termina numa abertura chamada citóstoma (cito, célula; stoma, boca), que é continuada por uma região denominada citofaringe, onde existe um tufo de cílios, o penicilo. Nesses protozoários, as partículas de alimento presentes no meio penetram no sulco oral devido ao turbilhonamento da água provocado pelos cílios que revestem externamente o protozoário. Por meio do sulco oral, o alimento atravessa o citóstoma e cai na citofaringe. Nela, os movimentos do penicilo impulsionam o alimento para o fundo da citofaringe, onde se forma o vacúolo digestivo, que se desprende e passa a circular no endoplasma. Realizada a digestão intracelular, o vacúolo residual é eliminado por uma região específica da célula, chamada citopígeo ou citoprocto.

Além da reprodução assexuada por cissiparidade (divisão binária), os ciliados também podem se reproduzir sexuadamente por conjugação.

Entre as poucas espécies de ciliados parasitas, o destaque fica por conta do *Balantidium coli*, protozoário ciliado capaz de parasitar o homem.



Balantidium coli – O *Balantidium coli* apresenta duas formas básicas: trofozoíto e cisto. Normalmente, é encontrado no intestino grosso de suínos, onde vive em comensalismo.

No homem, o *B. coli* é capaz de causar a balantidíase ou balantidiose, doença caracterizada por ulcerações na mucosa do intestino, diarreia, dor abdominal e, às vezes, febre.

A transmissão da balantidíase é feita pela ingestão de cistos que saem nas fezes dos suínos e podem contaminar a água, os alimentos ou mesmo as mãos. Sua incidência é maior entre tratadores, criadores e abatedores de suínos.

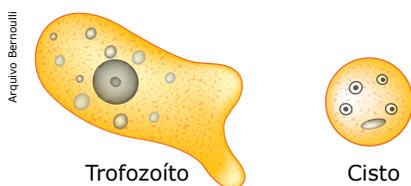
A profilaxia se baseia em higiene individual (como lavar as mãos antes das refeições e manter as unhas bem aparadas. Esses cuidados devem ser ainda maiores entre aqueles que trabalham diretamente com suínos); higiene com os alimentos, especialmente os que são ingeridos crus (lavar bem frutas e verduras); engenharia sanitária (construção de redes de esgotos, etc.), a fim de evitar que as fezes dos suínos alcancem os abastecimentos de água de uso humano. A criação de suínos em boas condições sanitárias impede que os excrementos desses animais sejam disseminados (se possível, devem ser amontoados para que a fermentação produzida mate os cistos aí presentes).

A balantidiose tem tratamento e o seu diagnóstico conclusivo é feito por meio de exame de fezes.

Protozoários sarcodinos

São os que se movimentam por meio de pseudópodos. Podem ser de vida livre, comensais ou parasitos. Entre esses protozoários, estão os amebozoários.

Entre as espécies de vida livre, encontra-se, por exemplo, a *Amoeba proteus*, uma ameba encontrada na água doce. Entre as espécies comensais, existe a *Entamoeba coli*, encontrada no tubo digestório do homem e de outros animais. Já a *Entamoeba histolytica* é uma espécie parasita do intestino humano, que causa a disenteria amebiana ou amebíase.



Entamoeba histolytica – A *E. histolytica* apresenta duas formas: trofozoíto e cisto.

A *E. histolytica* é um parasito monoxeno, encontrado no intestino grosso do homem. Sua transmissão se faz pela ingestão de água e de alimentos contaminados com cistos do protozoário. Os cistos também podem ser veiculados por insetos domésticos (moscas, baratas e outros).

Uma pessoa se infecta ao ingerir cistos do protozoário. No intestino delgado, ocorre a transformação dos cistos em trofozoítos, que, então, reproduzem-se assexuadamente por cissiparidade. Os trofozoítos, assim formados, migram (por meio de movimentos amebóides) para o intestino grosso, podendo permanecer na luz intestinal ou invadir a mucosa intestinal causando ulcerações. Os que permanecem na luz intestinal se transformam em cistos e são eliminados nas fezes; os que invadem a mucosa intestinal provocam a formação de úlceras (feridas), dor abdominal, disenteria com fezes mucossanguinolentas.

Em uma fase mais adiantada, há possibilidade de os trofozoítos presentes nas ulcerações intestinais caírem na circulação sanguínea e atingirem outros órgãos, como o fígado, causando a hepatite amebiana. A *E. histolytica*, portanto, pode invadir ou não a mucosa intestinal. Os trofozoítos que invadem a mucosa constituem a chamada “forma magna”, virulenta ou invasora do protozoário; os que não invadem a mucosa, sendo encontrados apenas na luz intestinal, constituem a “forma minuta”, avirulenta ou não invasora do parasito. Para muitos autores, essa forma não invasora seria, na realidade, uma outra espécie de ameba, a *Entamoeba dispar*.

A amebíase tem cura, e o diagnóstico é feito por meio do exame de fezes. Sua profilaxia consiste em tratamento dos doentes; higiene pessoal (lavar as mãos antes das refeições e após as defecações); engenharia e educação sanitária; exame frequente dos “manipuladores de alimentos” para detecção e tratamento de algum possível portador assintomático; e combate aos insetos domésticos (moscas, baratas) que podem veicular cistos do protozoário.

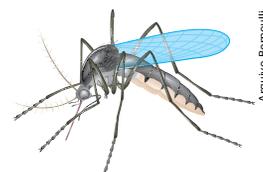
Protozoários esporozoários

São desprovidos de organelas locomotoras. Todas as espécies são parasitas. Entre elas, destacam-se as espécies do gênero *Plasmodium* e o *Toxoplasma gondii*, responsáveis, respectivamente, pelas doenças malária e toxoplasmose.

Malária (impaludismo, febre palustre, sezão, maleita)

Causada por protozoários do gênero *Plasmodium*. No Brasil, existem três espécies distintas desse gênero que causam diferentes tipos de malária. São elas: *Plasmodium vivax*, causador da malária terçã benigna; *Plasmodium falciparum*, causador da malária terçã maligna e o *Plasmodium malariae*, agente causador da malária quartã benigna.

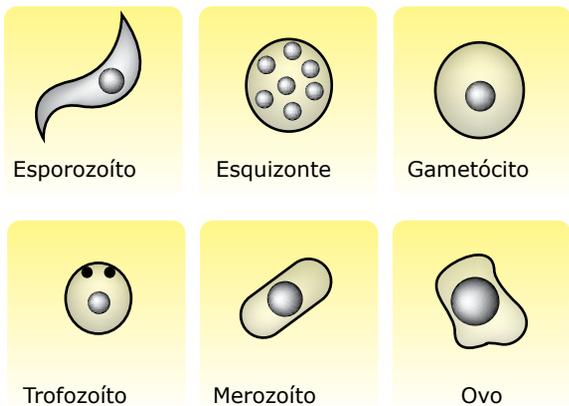
Os plasmódios são parasitos heteroxenos que têm como hospedeiro vertebrado o homem e, como hospedeiro invertebrado, os mosquitos fêmeas do gênero *Anopheles* (mosquitos anofelinos, “mosquito-prego”).



Mosquito Anopheles – O *Anopheles darlingi* é a mais importante espécie transmissora de malária no Brasil e tem como criadouros grandes coleções de água (como represas e remansos de rios), desde que sejam límpidas e sombreadas.

No homem (hospedeiro vertebrado), o *Plasmodium* se reproduz assexuadamente e, no mosquito, sexuadamente. Por isso, o homem é o hospedeiro intermediário, ao passo que o mosquito anofelino (fêmea) é o hospedeiro definitivo.

Durante o seu ciclo biológico, o *Plasmodium* apresenta diferentes formas: esporozoíto, trofozoíto, esquizonte, merozoíto, gametócito, ovo (zigoto) e oocisto.

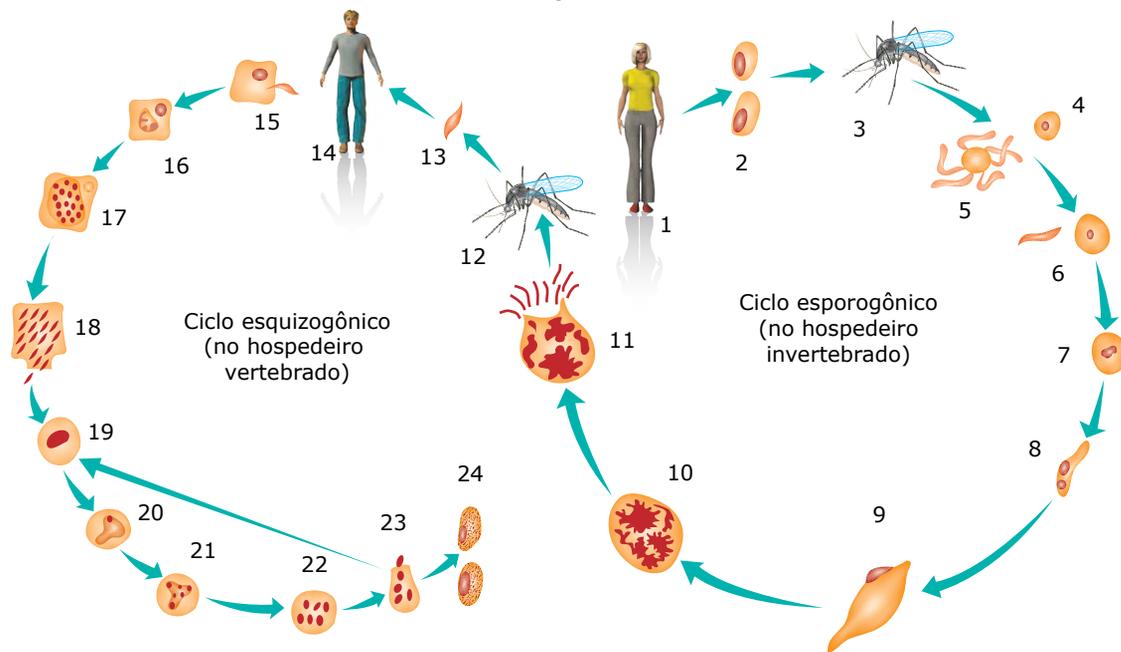


Tipos morfológicos do Plasmodium – Esporozoíto: alongado com núcleo central. É a forma infectante que o mosquito inocula no homem; Trofozoíto: arredondado. Lembra, muitas vezes, um anel, em que o aro é o citoplasma, e a pedra, o núcleo; Esquizonte: polinucleado; Merozoíto: esférico, pequeno, com apenas um núcleo central. Ao conjunto de merozoítos dentro de uma célula parasitada, dá-se o nome de rosácea ou merócito; Gametócitos: formas precursoras dos gametas. São de dois tipos: microgametócitos, que originam os gametas masculinos, e macrogametócitos, que dão origem aos gametas femininos. São as formas infectantes para o mosquito; ovo (zigoto): arredondado, com um único núcleo diploide. Resulta da fusão dos gametas masculino e feminino; oocisto: é o ovo encistado na parede do estômago do mosquito e dá origem aos esporozoítos.

O ciclo biológico do Plasmodium é subdividido em ciclo esquizogônico e ciclo esporogônico.

- I.** Ciclo esquizogônico – É realizado no hospedeiro vertebrado (homem). Durante esse ciclo, o parasito se reproduz assexuadamente por um processo denominado esquizogonia. Esse ciclo é subdividido em duas fases ou etapas: pré-eritrocítica (exoeritrocítica) e eritrocítica.
 - A)** Fase pré-eritrocítica – realizada nos hepatócitos (células do fígado).
 - B)** Fase eritrocítica – realizada nos eritrócitos (hemácias).
- II.** Ciclo esporogônico – É realizado no hospedeiro invertebrado (mosquito anofelino). Durante esse ciclo, o Plasmodium se reproduz sexuadamente por fecundação seguida por um processo de divisão denominado esporogonia.

Pode-se resumir o ciclo de vida do Plasmodium da seguinte maneira:



Ciclo biológico do Plasmodium – 1. Indivíduo com gametócitos no sangue. 2. Macrogametócitos e microgametócitos são ingeridos pelo mosquito Anopheles. 3. Mosquito Anopheles com gametócitos. 4. No estômago do mosquito, o macrogametócito amadurece, dando origem ao macrogameta. 5. No estômago do mosquito, os microgametócitos, por exflagelação, originam vários microgametas. 6. Um microgameta fecunda o macrogameta. 7. Formação do ovo ou zigoto. 8. Ovo móvel ou oocineto. 9. Encistamento do ovo na parede do estômago do mosquito. Esse ovo encistado é agora denominado oocisto. 10. Esporogonia dando origem aos esporozoítos dentro do oocisto. 11. Rompimento do oocisto e liberação de esporozoítos que se espalham por todo o mosquito, chegando às glândulas salivares deste. 12. Anopheles indo fazer novo repasto sanguíneo. 13. Inoculação dos esporozoítos no homem. 14. Indivíduo recebendo os esporozoítos por meio da picada do mosquito anofelino. 15. Os esporozoítos, por meio da corrente sanguínea, chegam aos hepatócitos. 16. Hepatócitos infectados por esporozoítos. 17. No interior dos hepatócitos, os esporozoítos crescem e se multiplicam (esquizogonia), originando os merozoítos. 18. Rompimento do hepatócito com liberação dos merozoítos. 19. Os merozoítos liberados pelos hepatócitos caem na corrente sanguínea e invadem hemácias, transformando-se em trofozoítos jovens. 20. Trofozoíto ameboide. 21. Esquizonte. 22. Rosácea. 23. Rompimento da hemácia e liberação dos merozoítos que irão penetrar em novas hemácias. 24. Formação de gametócitos que irão infectar outro mosquito.

A transmissão usual da malária ao homem se faz por meio da picada de mosquitos fêmeas do gênero *Anopheles*. Outro modo possível de transmissão é por meio de transfusões sanguíneas. A transmissão congênita (placentária), apesar de rara, também pode ocorrer.

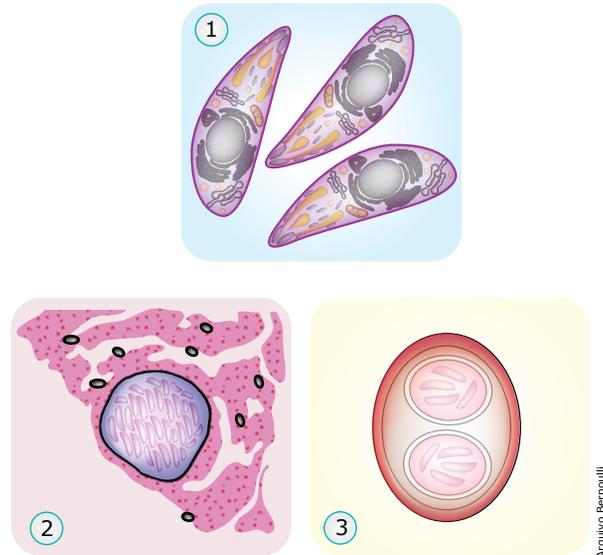
As alterações mais frequentes na malária são o acesso malárico e a anemia.

O acesso malárico é caracterizado por episódios de calafrio, calor e suor que, geralmente, ocorrem em intervalos regulares de tempo e são característicos para cada espécie de *Plasmodium*. Para o *P. falciparum*, o acesso ocorre a cada 36-48 horas, para o *P. vivax*, o intervalo é de 48 horas e, para o *P. malariae*, é de 72 horas. O acesso malárico acontece quando ocorre a ruptura das hemácias, liberando na corrente sanguínea os merozoítos e o pigmento malárico (hemozoína). Esse pigmento é produzido no interior das hemácias parasitadas devido à ação do parasito sobre a hemoglobina. No acesso malárico, o doente começa a tremer de frio (calafrio), sensação que cessa cerca de 30 minutos depois, quando, então, o indivíduo começa a sentir um calor intenso e a febre eleva-se para 39 °C a 41 °C, permanecendo assim por cerca de duas horas. Após o acesso malárico, o doente sente-se aliviado e, muitas vezes, é capaz de voltar às suas atividades normais, apesar de sentir-se um pouco fraco. Durante o acesso malárico, há um desequilíbrio do sódio (queda) e do potássio (aumento). Alguns autores supõem que esse desequilíbrio seja o responsável pelos calafrios.

A anemia malárica é provocada pela destruição das hemácias parasitadas após a esquizogonia.

A malária é uma doença que tem tratamento e sua profilaxia consiste em tratamento dos doentes; combate às larvas dos mosquitos anofelinos em regiões alagadas, por meio de drenagem, do uso de inseticidas ou de inimigos naturais (peixes larvófagos, como o *Gambusia affinis*, também conhecido por guaru-guaru); e utilização de recursos que evitem o acesso dos mosquitos às moradias, tais como o uso de telas em portas e janelas, de cortinados ou mosquiteiros nas camas e de inseticidas.

O *T. gondii* é um parasito heteroxeno que tem o gato como hospedeiro definitivo e o homem, os mamíferos em geral e as aves como hospedeiros intermediários. Ele apresenta várias formas durante o seu ciclo biológico.



Principais formas do *Toxoplasma gondii* – 1. Trofozoítos: encontrados nos líquidos orgânicos (saliva, leite, urina e outros) e no interior de células do SRE. O trofozoíto do *T. gondii* também é chamado de taquizoíto. 2. Cisto: encontrado em diversos tecidos (muscular, nervoso e outros), tendo, no seu interior, um grande número de trofozoítos. 3. Oocisto: encontrado nas fezes de gatos e outros felídeos. Quando maduro, contém dois esporocistos, cada um contendo quatro esporozoítos.

A transmissão do *Toxoplasma* ao homem se faz por meio da ingestão de oocistos e de cistos encontrados em carne crua ou malcozida e, congenitamente, através da placenta.

Muitas vezes, a toxoplasmose é uma doença assintomática. Nos casos sintomáticos, podem haver alterações graves, tais como cegueira, retardamento mental da criança e aborto.

A transmissão congênita é frequentemente a mais grave. As alterações mais comuns, devido à toxoplasmose na gravidez, são aborto, nascimento prematuro, calcificações cerebrais na criança e destruição da retina da criança, ocasionando cegueira total ou parcial.

A toxoplasmose adquirida após o nascimento pode apresentar uma evolução variável. Na maioria dos casos, constitui-se numa infecção assintomática. Quando se manifesta na forma sintomática, pode ocasionar febre, inflamação dos gânglios, inflamação da retina (com consequente cegueira parcial ou total) e lesões generalizadas na pele.



U2S3

Ciclo da malária

Esse objeto de aprendizagem apresenta as etapas do ciclo reprodutivo do *Plasmodium*, tanto no hospedeiro intermediário, o humano, quanto no definitivo, o anofelino. Atente para onde ocorrem as fases de reprodução sexuada e assexuada do parasito. Boa tarefa!

Toxoplasmose

Doença de distribuição geográfica mundial, causada pelo *Toxoplasma gondii*, um protozoário esporozoário. Calcula-se que cerca de 40% de uma população apresenta sorologia positiva a esse protozoário.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFPE) A respeito das doenças causadas por protozoários, indique quais são as afirmativas verdadeiras (V) e falsas (F).

1. () A tricomoníase é causada por um protozoário flagelado que pode ser transmitido através do contato sexual com portadores desse flagelado.
2. () A leishmaniose cutânea ou úlcera de Bauru é causada por um protozoário esporozoário e é transmitida através da picada do mosquito-prego do gênero *Anopheles*.
3. () A giardíase é causada por um protozoário esporozoário e pode ser transmitida através da ingestão de alimentos ou água contaminados com cistos do protozoário.
4. () A malária é causada por um protozoário esporozoário e pode ser transmitida através da picada do mosquito-palha ou birigui (flebotomo).
5. () A toxoplasmose é causada por um protozoário esporozoário e pode ser transmitida através da ingestão de cistos do parasita, eliminados com as fezes do gato.

02. (PUC Rio) Considere as seguintes afirmações referentes aos protozoários:

- I. Considerando-se o nível de organização dos protozoários, pode-se afirmar corretamente que são seres acelulares como os vírus.
- II. Pode-se afirmar corretamente que os protozoários só se reproduzem assexuadamente.
- III. O protozoário causador da malária é o parasito plasmódio.

Assinale

- A) se apenas II está correta.
 - B) se apenas III está correta.
 - C) se apenas I e II estão corretas.
 - D) se apenas II e III estão corretas.
 - E) se todas estão corretas.
- 03.** (UFU-MG) No início do século XX o médico sanitário Carlos Chagas e sua equipe descreveram, por completo, uma doença infecciosa produzindo conhecimento científico sobre o patógeno, o vetor, hospedeiros e manifestações clínicas dessa doença.
- Para compreender a epidemiologia da doença de Chagas, foi importante a descoberta, por Carlos Chagas e sua equipe, de que

- A) o vetor da doença é o protozoário conhecido popularmente como “barbeiro”.
- B) o protozoário *Trypanosoma cruzi* é o parasita causador da doença.
- C) a doença se manifesta principalmente como uma disfunção cardíaca pelo aumento do volume do coração devido a uma reação inflamatória à picada do barbeiro.
- D) o controle do vetor *Trypanosoma cruzi* é a maneira mais eficaz para a redução dos casos dessa doença.

04. (UFMG) Conforme tem sido noticiado na imprensa mineira, a incidência de calazar, leishmaniose visceral, nos cães de áreas urbanas tem aumentado significativamente.

- Em relação a essa doença, é incorreto afirmar que
- A) a mordida do cão pode transmitir a doença ao homem.
 - B) a raposa também é reservatório da doença no meio rural.
 - C) o agente patogênico é um protozoário flagelado.
 - D) o vetor pertence à mesma classe do barbeiro.
 - E) uma medida profilática é a eliminação de cães contaminados.

05. (Osec-SP) Os picos de febre que ocorrem na malária são devidos

- A) à invasão do fígado pelo plasmódio.
- B) ao aumento do baço, que passa a produzir mais glóbulos brancos.
- C) à migração de protozoários para zonas cerebrais que controlam a temperatura.
- D) à liberação de substâncias tóxicas por ruptura de glóbulos vermelhos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (IFSP-2015) Foi noticiado nos jornais que um grupo de ativistas, em defesa dos animais, invadiu um laboratório de pesquisas e acabou encontrando só insetos, popularmente chamados de barbeiros, resultando na liberação de milhares desses insetos na região. Os mesmos jornais informaram que a população local corria sérios riscos por causa da libertação de tais barbeiros que eram utilizados em pesquisas. É correto afirmar que o risco devia-se ao fato de que os barbeiros são
- A) danosos à agricultura.
 - B) insetos peçonhentos.
 - C) transmissores da febre amarela.
 - D) vetores da encefalite.
 - E) transmissores (vetores) da doença de Chagas.

02. (CMMG–2016) Conhecedores da transmissão da doença de Chagas ficaram surpreendidos quando a imprensa divulgou casos de contaminações no Sul, pelo caldo de cana, e no Norte, através do açaí. Sem mais esclarecimentos dados, ficou a dúvida de como isso ocorria, o que pode ser explicado corretamente na alternativa:

- A) Copos ou talheres não descartáveis utilizados por pessoas portadoras da doença podem conter formas infectantes do agente etiológico dessa doença.
- B) Fezes de barbeiros infectados, presentes na cana ou no açaí, acabavam por contaminar o caldo ou a polpa ao serem preparados inadequadamente.
- C) Pessoas portadoras da doença, ao manusearem a cana ou o açaí, contaminavam o seu produto através de perdigotos contendo tripanossomas.
- D) A palha de cana e as “varas” do açaí, materiais cortantes, podem ferir trabalhadores infectados, que contaminam o produto com seu sangue.

03. (Unifor-CE–2015) Leia o trecho da reportagem que segue.

A amebíase é um problema sério nos países em desenvolvimento, entre viajantes e imigrantes. Nas favelas de Dacca, em Bangladesh, por exemplo, 30% das crianças estão infectadas com o parasita antes de completarem um ano. As amebas podem perfurar o intestino, provocando colite, inflamação do cólon, e se alastrar para o fígado e causar abscessos hepáticos.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, abr. 2014.

Baseado no texto anterior e nas características da amebíase, para evitá-la, a melhor forma é

- A) substituir casebres de taipa por casas de concreto.
- B) aplicar inseticidas de ação residual.
- C) lavar as mãos com água e sabão.
- D) eliminar os moluscos hospedeiros.
- E) inspecionar carnes nos matadouros e frigoríficos.

04. (CMMG) Observando uma cultura de Paramecium (protozoário ciliado), através de um monitor com uma câmara acoplada ao MO, um dos alunos notou que um protozoário, apesar do tamanho idêntico aos demais, apresentava a forma de um 8. Sua atenção foi concentrada nesse exemplar e, para sua surpresa, viu o pequeno organismo rodopiar e, de repente, se separar em dois. O processo ocorrido, que foi esclarecido pelo professor, tratava-se de um(a)

- A) forma de brotamento encontrada em seres unicelulares.
- B) processo de conjugação entre dois protozoários.
- C) bipartição, exclusiva de protozoários ciliados.
- D) reprodução assexuada por divisão binária.

05. (UFPI) O texto a seguir, escrito pelo historiador inglês Kennet Maxwell, um dos principais estudiosos do Brasil, foi extraído do caderno Mais! do jornal *Folha de S.Paulo*, 11 de agosto de 2002.

Uma das consequências imprevistas do contato intercontinental e da comunicação marítima iniciada por Colombo em 1492 foi a chegada de doenças do Velho Mundo que atacaram os habitantes nativos do Novo Mundo, que não tinham imunidade [...]. Doenças até então desconhecidas, como malária e febre amarela, exigindo ajustes econômicos e sociais que levaram à criação de uma sociedade multiétnica no continente.

A respeito dessas doenças, ainda hoje presentes no nosso país, mesmo passados mais de cinco séculos, podemos afirmar, sob o enfoque biológico, que são

- A) causadas por insetos.
- B) causadas por bactérias.
- C) transmitidas por protistas.
- D) transmitidas por insetos.
- E) transmitidas por bactérias.

06. (FUVEST-SP) Uma pessoa pretende processar um hospital com o argumento de que a doença de Chagas, da qual é portadora, foi adquirida em uma transfusão de sangue.

A acusação

- A) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um verme platelminto que se adquire em lagoas.
- B) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário transmitido pela picada de mosquitos.
- C) não procede, pois a doença de Chagas resulta de uma malformação cardíaca congênita.
- D) procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que vive no sangue.
- E) procede, pois a doença de Chagas é causada por um vírus transmitido pelo contato sexual ou por transfusão sanguínea.

07. (UDESC) Assinale a alternativa correta quanto aos protozoários.

- A) Os protozoários de água doce possuem vacúolos pulsáteis ou contráteis, que permitem a digestão através da clasmocitose.
- B) As amebas são protozoários do filo Sarcodina e se movimentam por meio de cílios.
- C) Os protozoários são unicelulares, eucariontes e heterotróficos. Vivem na água ou no solo, livres ou em associações com outros seres vivos. Sua digestão é intracelular.
- D) A reprodução assexuada das amebas ocorre por esquizogonia, originando duas células-filhas.
- E) Os paramécios são protozoários do filo Mastigophora e se locomovem por meio de cílios.

08. (UEFS-BA-2016) A malária, antes uma doença exclusiva da zona rural, hoje também está presente nas grandes cidades da Amazônia, como Manaus, capital do Amazonas, e Porto Velho, capital de Rondônia. O frágil desequilíbrio ecológico que existia nas regiões de floresta foi rompido quando o ser humano passou a destruir o *habitat* original do *Anopheles*. As matas próximas aos pântanos que cercam os rios foram derrubadas para dar lugar às pastagens de gado bovino, ou para exploração da madeira. Com essas mudanças, houve um desequilíbrio ecológico, deslocando o *Anopheles* para as proximidades das casas, em que a água empoeçada do esgoto doméstico oferece condições favoráveis à sua reprodução.

TELAROLLI JR., Rodolpho. *Epidemias no Brasil: uma abordagem biológica e social*. São Paulo: Moderna, 2012.

Analisando-se o texto e com base nos conhecimentos acerca do assunto em tese, é correto afirmar:

- A) No *Anopheles*, o agente etiológico da malária se reproduz sexuadamente.
- B) Não há uma ação antrópica que possa reverter o desenvolvimento do *Anopheles*.
- C) O *Anopheles*, agente etiológico da malária, tem seu desenvolvimento inicial em meio aquoso.
- D) O ciclo de vida do *Anopheles* é heteróxico, e, no ser humano, há destruição de células sanguíneas.
- E) A malária é desenvolvida no ser humano a partir de um protozoário flagelado, introduzido a partir da picada do *Anopheles*.

09. (UEG-GO-2016) O *Trypanosoma cruzi* é o protozoário causador da doença de Chagas. A relação entre a doença e o protozoário foi descoberta por Carlos Chagas ao investigar a presença do protozoário no sangue de indivíduos que moravam em casas infestadas por barbeiros. A principal forma de transmissão da doença é

- A) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão congênita e, menos frequentemente, pelo coito.
- B) pelo vetor, seguida pela transmissão oral e, menos frequentemente, por transfusão de sangue.
- C) pelo vetor, seguida pela transfusão de sangue e, menos frequentemente, por transplantes de órgãos.
- D) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão sexual e contaminação acidental.

10. (Unesp) CVGW Ao longo dos meses de fevereiro e março de 2005, a doença de Chagas voltou a ser destaque nos meios de comunicação, agora em razão da forma inusitada pela qual foi adquirida: mais de 30 pessoas apresentaram a forma aguda da doença, todas elas contaminadas depois de terem bebido caldo de cana (garapa) em quiosques do litoral norte de Santa Catarina. Embora este novo surto da doença tenha merecido destaque nos noticiários, cerca de 6 milhões de brasileiros possuem a doença de Chagas adquirida na sua forma convencional de contágio.

- A) Normalmente, como se adquire a doença de Chagas? Explique o modo pelo qual o caldo de cana pode ter sido o veículo do agente transmissor da doença.
- B) Produtos obtidos desse caldo de cana, tais como melado e rapadura, poderiam veicular os agentes transmissores da doença? Justifique.

11. (Unicamp-SP) Quando intensamente parasitada por *Giardia lamblia*, uma pessoa passa a sofrer de certas deficiências nutricionais. Estas são explicadas pela interferência na absorção de nutrientes, devido ao fato de que esses parasitas cobrem a mucosa de extensa região do tubo digestivo.

- A) Qual é esta região?
- B) De que maneira se adquire essa parasitose?
- C) Qual o processo de reprodução que ocorre nesse parasita?

12. (UFRR-2016) 2229 O protozoário do gênero *Plasmodium*, parasita que causa a malária, vive em mosquitos e em alguns vertebrados, como o homem. Essa doença aflige aproximadamente 300 milhões de pessoas nos trópicos, causando inúmeras mortes todos os anos. A pessoa com malária, dentre outros sintomas, pode apresentar dores musculares, arrepios e febres periódicas. Esses sintomas aparecem nas pessoas

- A) quando o mosquito pica a pessoa, injetando os esporozoítos do *Plasmodium* e substâncias tóxicas no sangue.
- B) quando os esporozoítos penetram nas células do fígado da pessoa.
- C) quando os esporozoítos rompem os glóbulos vermelhos, liberando substâncias tóxicas no meio.
- D) quando os merozoítos rompem os glóbulos vermelhos, liberando substâncias tóxicas no meio.
- E) quando o mosquito pica a pessoa, injetando os merozoítos do *Plasmodium* e substâncias tóxicas no sangue.

13. (Mackenzie-SP)

Bactérias combatem causador da malária dentro do mosquito

Bactérias que vivem naturalmente no intestino de mosquitos foram modificadas geneticamente para bloquear o desenvolvimento do parasita que causa malária. O parasita tem um complexo ciclo de vida, tanto no mosquito que transmite a doença quanto no organismo humano. Ele ataca o fígado e os glóbulos vermelhos do sangue humano, e parte do seu desenvolvimento se dá no intestino e nas glândulas salivares das fêmeas de mosquitos do gênero *Anopheles*. O *Plasmodium* convive naturalmente com as bactérias da espécie *Pantoea agglomerans*. Os cientistas produziram mudanças em proteínas delas que poderiam atacar o parasita.

Uma das bactérias modificadas produziu o melhor efeito, reduzindo em 98% a formação de oocistos, os gametas femininos do *Plasmodium*. Os experimentos envolveram a mais letal espécie de parasita causador da malária em seres humanos, o *Plasmodium falciparum*.

FOLHA DE S.PAULO, 25 jul. 2012.

Assinale a alternativa correta a respeito de malária.

- A) Segundo o texto, o mosquito é o hospedeiro definitivo do *Plasmodium*.
- B) A contaminação se dá quando o mosquito defeca próximo ao local da picada e os parasitas alcançam a corrente sanguínea.
- C) O principal sintoma dessa doença é a ocorrência de hemorragias frequentes devido à destruição de glóbulos vermelhos.
- D) O *Plasmodium* é uma bactéria.
- E) A única maneira do homem se contaminar pelo *Plasmodium* é através da picada do mosquito.

- 14.** (PUC Minas) Pesquisadores britânicos encontraram provas genéticas da existência do primeiro caso de malária, que pode ser documentado pela análise do DNA extraído de um esqueleto de uma criança de três anos, que morreu em decorrência de uma epidemia ocorrida no século V, em Roma. Esses achados vêm reforçar a suspeita de que a doença epidêmica que contribuiu para o fim do Império Romano foi a malária. A palavra malária é de origem italiana e significa "mau ar", pois a doença era atribuída à presença de ar "contaminado" em locais pantanosos.

A respeito dessa doença, que ainda hoje faz milhões de vítimas no mundo inteiro, só não podemos afirmar que

- A) é causada por um organismo eucarionte.
- B) seu agente etiológico é um parasito intracelular.
- C) é transmitida ao homem por artrópodes que são também parasitados pelo micro-organismo.
- D) o homem é o hospedeiro definitivo do parasita, que destrói seu fígado e deixa, por isso, sua pele amarelada.

- 15.** (UnB-DF) O município de Bauru, no interior de São Paulo, registrou o primeiro caso de leishmaniose em cão. O médico veterinário que atendeu à ocorrência disse que se tratava de leishmaniose visceral (ref.1), doença considerada grave, porque é transmissível para humanos e mata na maioria dos casos. O primeiro cão com a doença foi sacrificado pelo veterinário. A suspeita que está sendo investigada é de um segundo cão, que vivia no mesmo quarteirão. Se a doença for confirmada na sua forma mais grave, Bauru será a segunda região do estado a ter o registro. O município de Araçatuba já sacrificou este ano 908 cães doentes. A cidade registrou no último mês o primeiro caso no estado da doença em um ser humano.

BAURU tem suspeita de leishmaniose visceral.

Folha de S.Paulo, 22 mai. 1999 (Adaptação).

A partir do texto anterior, julgue os itens a seguir:

- () O adjetivo "visceral" (ref.1) é derivado do substantivo víscera que, anatomicamente, é qualquer órgão alojado na cavidade craniana, torácica ou abdominal.
- () No ciclo da *Leishmania*, existem dois hospedeiros, um deles vertebrado e o outro invertebrado.
- () A incidência da leishmaniose no interior do estado de São Paulo indica que essa doença é decorrente da expansão agroindustrial.
- () Os cães portadores de leishmaniose devem ser sacrificados, pois são vetores dessa doença.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2018) A utilização de extratos de origem natural tem recebido a atenção de pesquisadores em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento que são altamente acometidos por doenças infecciosas e parasitárias. Um bom exemplo dessa utilização são os produtos de origem botânica que combatem insetos.

O uso desses produtos pode auxiliar no controle da

- A) esquistossomose.
- B) leptospirose.
- C) leishmaniose.
- D) hanseníase.
- E) aids.

- 02.** (Enem-2016) A sombra do cedro vem se encostar no cocho. Primo Ribeiro levantou os ombros; começa a tremer. Com muito atraso. Mas ele tem no baço duas colmeias de bichinhos maldosos, que não se misturam, soltando enxames no sangue em dias alternados. E assim nunca precisa de passar um dia sem tremer.

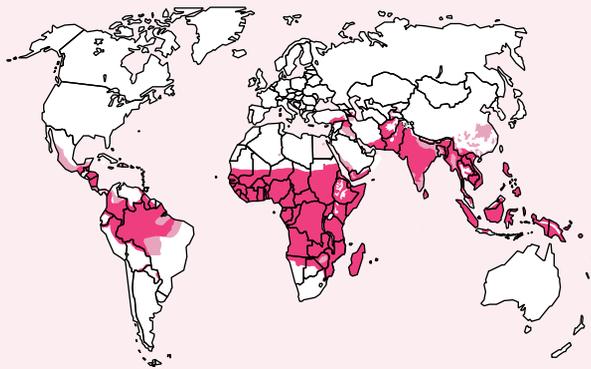
ROSA, J. G. *Sagarana*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1984.

O texto de João Guimarães Rosa descreve as manifestações das crises paroxísticas da malária em seu personagem. Essas se caracterizam por febre alta, calafrios, sudorese intensa e tremores, com intervalos de 48h ou 72h, dependendo da espécie de *Plasmodium*.

Essas crises periódicas ocorrem em razão da

- A) lise das hemácias, liberando merozoítos e substâncias denominadas hemozoínas.
- B) invasão das hemácias por merozoítos com maturação até a forma esquizonte.
- C) reprodução assexuada dos esporozoítos no fígado do indivíduo infectado.
- D) liberação de merozoítos dos hepatócitos para a corrente sanguínea.
- E) formação de gametócitos dentro das hemácias.

03. (Enem)



- Áreas onde ocorre transmissão de malária
- Áreas com risco limitado
- Áreas sem malária

Disponível em: <www.anvisa.gov.br>.

O mapa mostra a área de ocorrência da malária no mundo. Considerando-se sua distribuição na América do Sul, a malária pode ser classificada como

- A) endemia, pois se concentra em uma área geográfica restrita desse continente.
- B) peste, já que ocorre nas regiões mais quentes do continente.
- C) epidemia, já que ocorre na maior parte do continente.
- D) surto, pois apresenta ocorrência em áreas pequenas.
- E) pandemia, pois ocorre em todo o continente.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. V F F F V
- 02. B
- 03. B
- 04. A
- 05. D

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. B
- 03. C
- 04. D
- 05. D

- 06. D
- 07. C
- 08. A
- 09. C
- 10.

- A) Embora possua diferentes formas de contágio, a forma mais comum de transmissão da doença de Chagas é por meio do contato da pele e mucosas com as fezes do "barbeiro" infectado. O caldo de cana pode ter transmitido a doença por estar contaminado com as fezes do "barbeiro". Nesse caso, o *Trypanosoma cruzi* penetrou no organismo pela mucosa bucal.
- B) Melado e rapadura são produtos que envolvem fervura do caldo de cana em seu preparado. A temperatura elevada mataria os agentes transmissores ("barbeiros") que estivessem presentes no caldo de cana e também os tripanossomas, protozoários causadores da doença.

11.

- A) Intestino delgado.
- B) Ingestão de alimentos e água contaminados com cistos do protozoário.
- C) Reprodução assexuada por cissiparidade.

- 12. D
- 13. A
- 14. D
- 15. V V F F

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. A
- 03. A



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Fungos

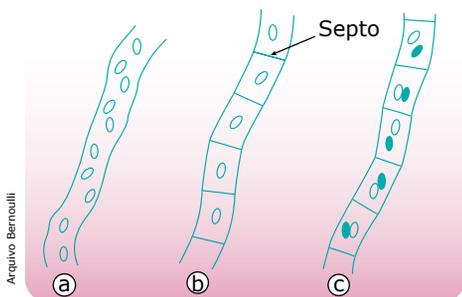
Denomina-se micologia o estudo dos fungos. Durante muito tempo, foram classificados como vegetais aclorofilados. Posteriormente, foram incluídos no Reino Protista. Nos sistemas mais modernos de classificação, formam um Reino só deles: o Reino Fungi.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os fungos ou micófitos são seres unicelulares ou pluricelulares, eucariontes, heterótrofos, aeróbios ou anaeróbios, encontrados nos mais variados ambientes, preferencialmente os úmidos e ricos em matéria orgânica. De morfologia e tamanhos variados, esses seres apresentam desde espécies microscópicas, como as leveduras unicelulares, até espécies macroscópicas, como os *champignons* (cogumelos comestíveis).

Os pluricelulares são filamentosos, isso é, as células se organizam formando filamentos denominados hifas que podem ser asseptadas ou septadas.

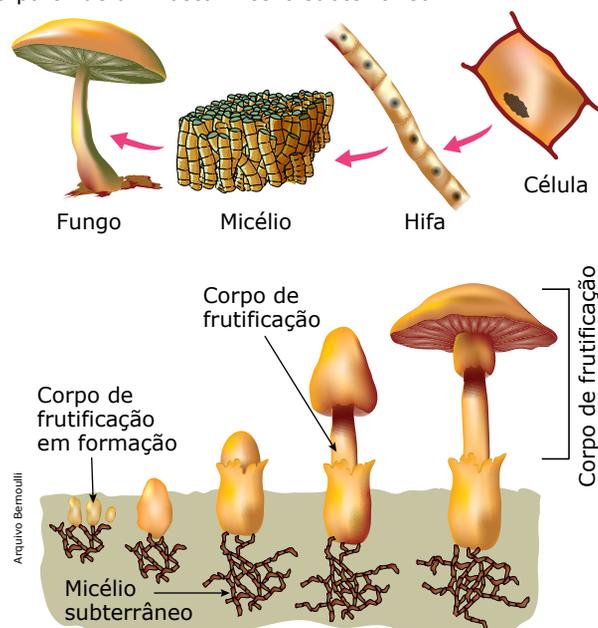
- **Hifas asseptadas ou cenocíticas:** não possuem septos transversais. Nesse caso, as hifas apresentam vários núcleos haploides dispersos em uma massa citoplasmática comum.
- **Hifas septadas:** apresentam septos ou paredes transversais separando as células. Nesse caso, as células podem apresentar um ou dois núcleos haploides.



Tipos de hifas – a. Hifa asseptada ou cenocítica; b. Hifa septada com células mononucleadas ou hifa unicariótica; c. Hifa septada com células binucleadas ou hifa dicariótica.

O conjunto de hifas de um fungo recebe o nome de micélio. No micélio, existem hifas vegetativas, encarregadas da nutrição, e hifas reprodutoras, especializadas na reprodução.

Em certos tipos de fungos, o micélio se organiza formando um talo ou corpo de frutificação de morfologia variada que cresce e aflora à superfície do solo ou de um tronco podre. Esse corpo de frutificação, quando presente, desenvolve-se a partir de um vasto micélio subterrâneo.



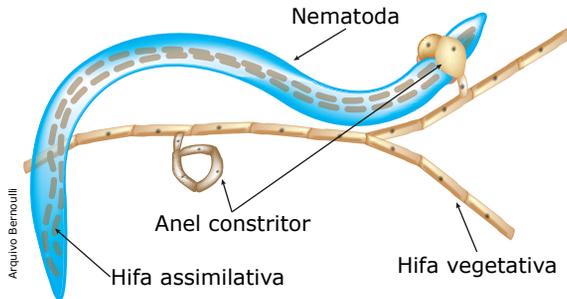
Estruturas organizacionais dos fungos.

A parede celular das células dos fungos é rígida, sendo constituída basicamente por quitina, um polissacarídeo nitrogenado que também é encontrado no exoesqueleto dos animais artrópodes. Os fungos não têm celulose na sua parede celular, exceto alguns fungos aquáticos.

Os fungos não armazenam amido como substância de reserva. À semelhança do que ocorre nos animais, os fungos armazenam glicôgeno em suas células.

Os fungos são seres aclorofilados, heterótrofos. Muitos são saprófagos e crescem sobre os mais variados substratos orgânicos, como restos de vegetais em apodrecimento, animais mortos, fezes, etc., promovendo a decomposição desses organismos. Tais fungos realizam digestão extracorpórea, liberando enzimas que digerem o substrato orgânico e absorvem, em seguida, as substâncias provenientes da digestão. Algumas espécies de fungos vivem associadas a outros seres vivos, mantendo com estes relações de mutualismo ou de parasitismo. Existem, ainda, poucas espécies que são predadoras de pequenos animais, geralmente, vermes nematódeos encontrados no solo e em raízes apodrecidas.

Nessas raras espécies predadoras, um dos mecanismos de captura do alimento consiste na produção de uma substância viscosa sobre a superfície das hifas, à qual ficam presos pequenos vermes. Em seguida, o fungo libera hifas que penetram no corpo do verme e absorvem os seus tecidos, conforme ilustrado na figura a seguir:



Nematoda capturado por fungo – Observe a presença de hifas no interior do corpo do nematoda, absorvendo seus tecidos.

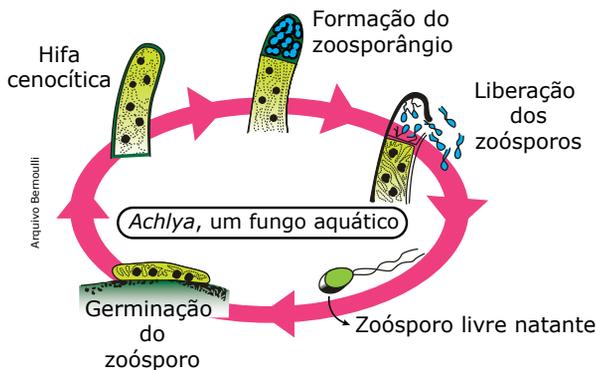
Acredita-se que os fungos tenham evoluído a partir de algas, tendo, no entanto, perdido a condição autótrofa.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada e, quase sempre, envolve a participação de esporos.

Os esporos dos fungos são células haploides que, ao germinarem, dão origem a um indivíduo haploide. No quadro a seguir, estão os principais tipos de esporos formados pelos fungos.

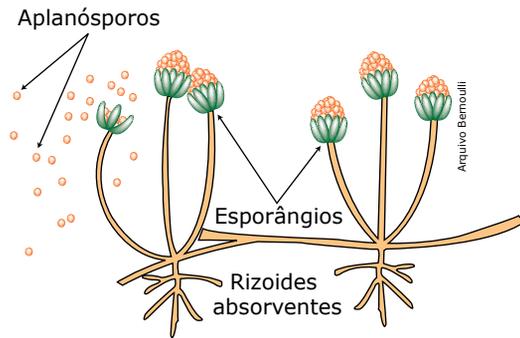
Tipos de esporos	
No processo de formação não ocorre meiose, apenas mitose.	No processo de formação, ocorre meiose.
Zoósporos Aplanósporos Conidiósporos	Ascósporos Basidiósporos

- Zoósporos** – Dotados de flagelos, os zoósporos são esporos móveis encontrados em fungos aquáticos e formados no interior de estruturas especiais denominadas zoosporângios.



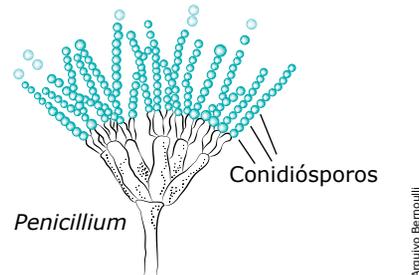
Ciclo do fungo Achlya.

- Aplanósporos** – Sem mobilidade própria, esse tipo de esporo é transportado pelo vento e produzido no interior de estruturas denominadas esporângios.

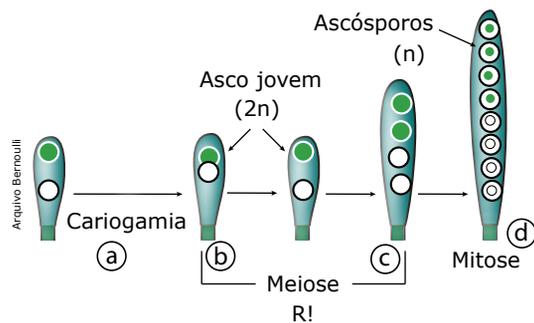
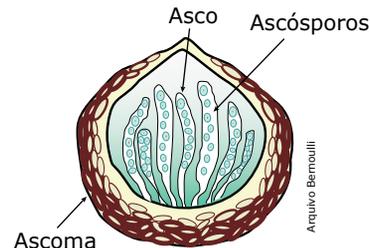


Rhizopus (bolor preto de pão), um fungo terrestre – Esse fungo possui hifas especiais, denominadas rizoides, que penetram no substrato, participando do processo de absorção de alimentos.

- Conidiósporos** – Também sem mobilidade própria, sendo transportados pelo vento, os conidiósporos são menores do que os aplanósporos e produzidos em filas na extremidade das hifas.

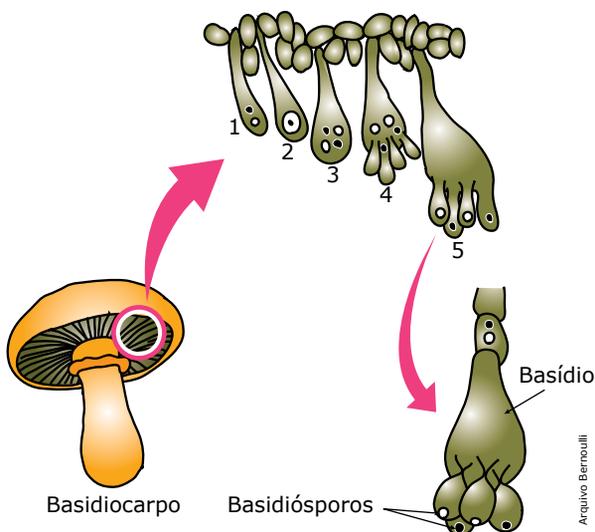


- Ascósporos** – Geralmente em número de oito, os ascósporos são formados no interior de uma estrutura denominada asco.



Formação dos ascósporos – As hifas responsáveis pela formação dos ascósporos são do tipo dicarióticas. Inicialmente, nessas hifas, ocorre a fusão dos dois núcleos haploides (n), originando um núcleo diploide (2n). Em seguida, esse núcleo diploide sofre uma meiose, formando quatro núcleos haploides. Esses quatro núcleos haploides sofrem mitose, originando dentro do asco oito ascósporos haploides. a. Fusão de núcleos haploides; b. Núcleo diploide; c. Fim da meiose com 4 núcleos haploides; d. Após mitose, 8 ascósporos no interior do asco.

- **Basidiósporos** – Em número de quatro, os basidiósporos são formados numa célula fértil claviforme, denominada basídio e localizada na extremidade de uma hifa.



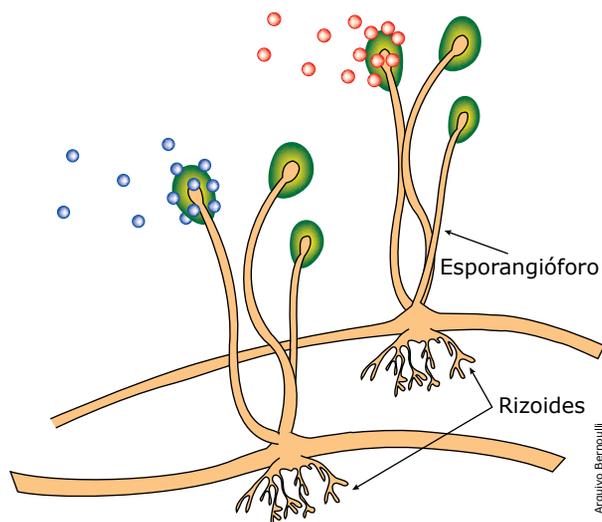
Formação dos basidiósporos – 1. No basídio, ocorre a cariogamia (fusão dos núcleos). 2. Formação de um núcleo diploide (2n). 3. Por meiose, o núcleo diploide dá origem a quatro núcleos haploides (n). 4 e 5. Cada núcleo haploide, assim formado, dará origem a um esporo (basidiósporo).

CLASSIFICAÇÃO DOS FUNGOS

Os fungos podem ser classificados em quitridiomicetos, zigomicetos, ascomicetos e basidiomicetos.

- A) Quitridiomicetos (quitrídios)** – São predominantemente aquáticos, com formação de zoósporos. Alguns são unicelulares e, portanto, não formam micélio. Outros são pluricelulares com hifas cenocíticas e possuem rizoides que penetram no substrato. Algumas espécies são parasitas de algas e plantas.
- B) Zigomicetos (Ficomicetos)** – Possuem **hifas cenocíticas**, isso é, hifas asseptadas. Podem ser aquáticos ou terrestres. Nesse grupo, a reprodução envolve processos sexuais e assexuais. Nos aquáticos, a reprodução envolve a formação de zoósporos, e nos terrestres os esporos são do tipo aplanósporos.

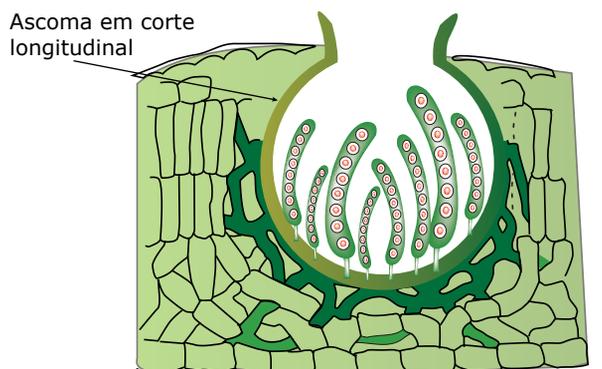
Algumas espécies são responsáveis pelo mofo ou bolor de muitos alimentos. Entre elas, destaca-se o *Rhizopus stolonifer*, mais conhecido por mofo ou bolor negro do pão.



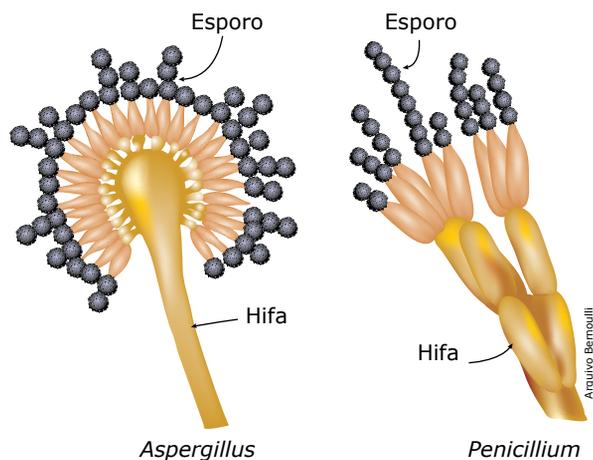
Rhizopus stolonifer (bolor preto do pão).

- C) Ascomicetos (Ascomycota)** – Fungos unicelulares ou filamentosos com hifas septadas, suas espécies mais simples estão representadas pelas leveduras (lêvedos), como o *Saccharomyces cerevisiae*, também conhecido por levedura da cerveja. Essas leveduras são organismos unicelulares haploides (n) ou diploides (2n). Quando haploides, reproduzem-se assexuadamente por brotamento. Quando diploides, também podem reproduzir-se por brotamento, mas, em certas ocasiões, podem formar ascósporos e se reproduzir sexuadamente.

Os ascomicetos pluricelulares possuem hifas septadas. Algumas hifas especiais se diferenciam, assumindo uma forma de saco, conhecido por asco, em cujo interior são produzidos os ascósporos. O conjunto dos ascos de um micélio recebe o nome de asocarpo (ascoma), que é um corpo de frutificação.



No grupo dos ascomicetos, existem espécies que, além dos ascósporos, também produzem conidiósporos. Isso acontece, por exemplo, com as espécies dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*.

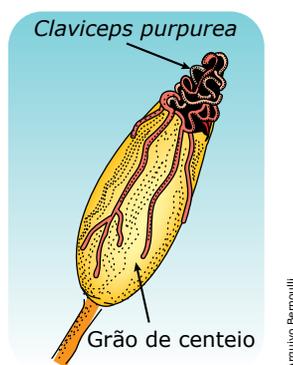


Aspergillus e *Penicillium*, *ascomicetos* que também produzem conidiósporos.

No gênero *Penicillium*, encontram-se espécies produtoras de antibióticos, como o *Penicillium notatum* (produtor do antibiótico penicilina), e espécies utilizadas na fabricação de queijos famosos, como o *Penicillium roquefortii* e o *Penicillium camembertii*, utilizados, respectivamente, na fabricação dos queijos Roquefort e Camembert.

No gênero *Aspergillus*, estão algumas espécies que produzem bolores marrons ou verde-azulados, comuns no pão, nas frutas e em outros alimentos. Também estão espécies que provocam doenças graves no homem, como o *Aspergillus fumigans*, que causa a aspergilose pulmonar, determinando, muitas vezes, quadros pulmonares bastante sérios.

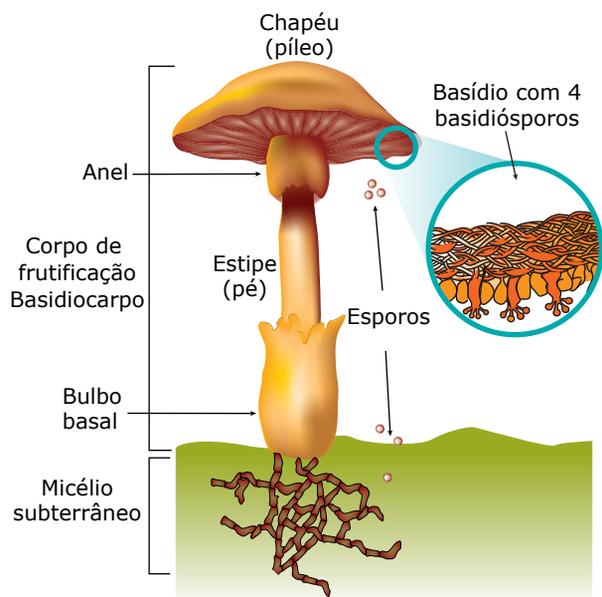
Também no grupo dos ascomicetos, encontra-se a espécie *Claviceps purpurea*, que cresce sobre os grãos de centeio e elabora uma substância denominada ergotamina, da qual se extrai o LSD (do inglês *lysergic sour diethylamide*, dietilamida do ácido lisérgico), um poderoso alucinógeno.



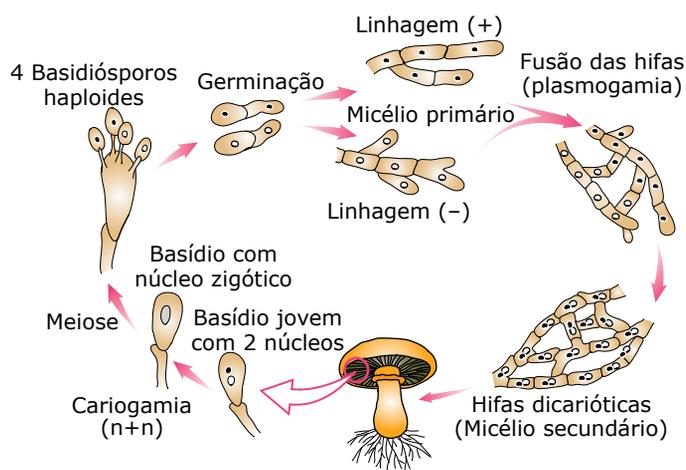
Claviceps purpurea, *fungo* do qual se extrai o LSD. Note o micélio do *fungo* crescendo sobre o grão de cereal.

D) Basidiomicetos – Formam o grupo mais complexo de fungos. Acredita-se que tenham se originado dos ascomicetos. Os cogumelos e as orelhas-de-pau são os seus representantes mais conhecidos.

Os basidiomicetos são fungos filamentosos com hifas septadas. No micélio, a parte vegetativa geralmente é subterrânea, estendendo-se, muitas vezes, por vários metros abaixo do solo. Desse micélio subterrâneo, emerge um corpo de frutificação denominado basidiocarpo, constituído pelo estipe (pé) e pelo píleo (chapéu). No seu chapéu, o basidiocarpo contém inúmeras hifas de reprodução denominadas basídios, onde são produzidos esporos, os basidiósporos.



Ao se destacarem do basídio, os basidiósporos são disseminados pelo vento e, ao caírem num meio que lhes seja favorável, germinam e originam hifas septadas monocarióticas. Da fusão de duas hifas monocarióticas, surge uma hifa dicariótica, que, desenvolvendo-se, origina um novo micélio. Para melhor exemplificar o ciclo de vida de um basidiomiceto, vamos considerar o ciclo dos representantes do gênero *Agaricus*, que está esquematizado a seguir.



Ciclo de vida de um Basidiomiceto – No basidiocarpo, os basídios, localizados na face inferior do “chapéu”, formam os basidiósporos, que, ao se destacarem e caírem num solo rico em substâncias orgânicas, originam micélios subterrâneos constituídos por hifas septadas monocarióticas. Da fusão de duas hifas pertencentes a micélios diferentes (heterotalismo), surgem hifas dicarióticas. Essa fusão de duas hifas tem o nome de plasmogamia. Do micélio subterrâneo, constituído por hifas dicarióticas, emerge o basidiocarpo (corpo de frutificação). Em hifas especiais desse basidiocarpo, isso é, nos basídios, os dois núcleos haploides se unem (cariogamia), formando um núcleo diploide (2n) que, sofrendo meiose, dará origem a quatro basidiósporos haploides (n).

Entre as muitas espécies de basidiomicetos, destacam-se:

- *Agaricus campestris* – Espécie comestível, conhecida também por *champignon*. É rica em proteínas, vitaminas do complexo B e sais minerais, contendo fósforo e potássio.
- *Amanita muscaria* – Cogumelo venenoso que, quando ingerido, causa distúrbios hepáticos e intestinais.
- *Psilocybe mexicana* – Essa espécie é produtora de uma substância alucinógena, a psilocibina ou psilocibin.
- *Polyporus* sp. – Popularmente, são conhecidos por “orelhas-de-pau”. Seus micélios vegetativos crescem no interior de troncos podres. O corpo de frutificação se apresenta sob a forma de grossas lâminas semicirculares.

UTILIDADES E NOCIVIDADES DOS FUNGOS



No grande reino dos fungos, muitas espécies se destacam pelas utilidades que trazem ao homem e ao meio ambiente. Por outro lado, algumas espécies também se destacam por serem prejudiciais ao homem, a outros animais e às plantas.

Utilidades

- Atuam como decompositores, tendo, portanto, papel importante na reciclagem da matéria nos ecossistemas e no enriquecimento do meio abiótico com nutrientes minerais, indispensáveis ao desenvolvimento dos produtores.
- Alguns vivem associados com raízes de plantas, formando as micorrizas, relação em que há uma troca mútua de benefícios. As raízes das plantas absorvem parte dos nutrientes minerais provenientes da degradação dos restos de matéria orgânica do solo realizada pelos fungos e, em troca, as plantas cedem açúcares produzidos pela fotossíntese para os fungos. Esse tipo de associação tem uma importância relevante na agricultura, uma vez que disponibiliza mais nutrientes minerais para o desenvolvimento das plantas cultivadas.
- Muitas espécies são utilizadas na alimentação, como acontece com o basidiomiceto *Agaricus campestris* (*champignon*) e o ascomiceto *Morchella esculenta*.
- Muitas espécies fermentadoras são utilizadas industrialmente na produção de certos tipos de queijos (*Camembert*, *Roquefort*, *Gorgonzola*) e bebidas alcoólicas (cervejas, vinhos). Certas leveduras, conhecidas também por fermentos biológicos, são utilizadas na fabricação de pães, bolos e biscoitos.
- Algumas espécies servem como matéria-prima para a extração de drogas de interesse médico-farmacêutico. É o caso, por exemplo, dos fungos utilizados na fabricação de antibióticos.
- Muitas espécies se constituem ótimo material para estudo do código genético, ação gênica e recombinação genética e, por isso, são muito utilizadas em Genética, Citologia e Bioquímica.

Nocividades

- Algumas espécies produzem toxinas prejudiciais ao nosso metabolismo e, por isso, tornam-se venenosas quando ingeridas, causando distúrbios hepáticos e intestinais. As aflatoxinas, por exemplo, são produzidas por diversos fungos, em especial o *Aspergillus flavus*. Esse fungo é um bolor que ataca as sementes de muitas leguminosas (feijão, soja, amendoim) e gramíneas (milho, arroz, trigo). As sementes emboloradas usadas na produção de ração animal têm causado graves intoxicações, lesões hepáticas e até a morte dos mais variados animais, como aves, porcos e bezerros.
- Algumas espécies produzem substâncias alucinógenas, como a ergotamina (substância da qual se sintetiza o LSD) fabricada pelo ascomiceto *Claviceps purpurea*.
- Muitas formas de alergias que afetam o sistema respiratório são provocadas por esporos de fungos existentes na poeira, especialmente os dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*.
- Muitas espécies parasitam plantas, causando doenças conhecidas genericamente por fitomicoses, que trazem, muitas vezes, grandes prejuízos às plantações. Entre essas fitomicoses, podem-se citar a ferrugem do café, o cancro da maçã e a podridão da batata.
- Muitas espécies são agentes etiológicos de várias doenças que acometem o homem e outros animais. Essas doenças causadas por fungos são chamadas genericamente de micoses. Veja no quadro a seguir alguns exemplos de micoses que acometem a espécie humana.

Micoses e fungos causadores

Sapinho (candidíase) – *Candida albicans*

Frieira (pé de atleta, *tinea pedis*) – *Trichophyton rubrum*

Aspergilose pulmonar – *Aspergillus fumigatus*

Micose da pele – *Epidermophyton floccosum*

Pneumonia – *Histoplasma capsulatum*, *Coccidioides immitis*, *Blastomyces dermatitidis*



ZT30

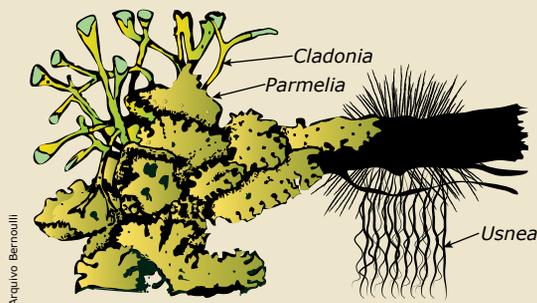
Fungos

Nesse objeto de aprendizagem, você terá acesso aos aspectos gerais e às principais características dos fungos. Além disso, ao assistir ao vídeo, você perceberá diversas situações em que os fungos podem ser úteis ou nocivos para o meio ambiente. Bom trabalho!

LIQUENS E MICORRIZAS

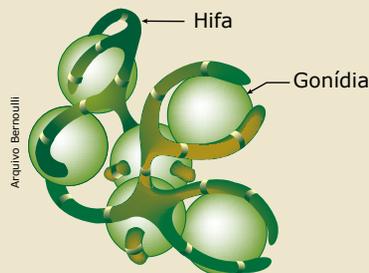
Os fungos liquinizados (liquens ou líquenes) são associações do tipo mutualismo entre fungos e cianobactérias ou entre fungos e algas. Assim, distinguimos nessa associação o **micobionte** (o fungo) e o **ficobionte** (a alga). Os fungos presentes nos liquens, geralmente, são ascomicetos, já as algas estão representadas pelas clorófitas. As hifas dos fungos revestem e protegem as **gonídias** (células das algas), formando com elas um conjunto tão homogêneo e harmonioso que dá ao líquen o aspecto de um organismo único.

Além de dar proteção às células das algas, os fungos fornecem água e minerais para que elas, por meio da nutrição autótrofa, possam fabricar alimentos. Parte do alimento fabricado pelas algas é, então, fornecido aos fungos.



Líquens – Os líquens podem ser encontrados no solo, sobre troncos de árvores, superfícies de rochas, etc., e apresentam diversos aspectos macroscópicos conforme mostra a figura anterior.

A reprodução dos líquens comumente envolve fragmentos denominados **sorédios**. Cada sorédio é formado por grupos de algas envoltas por algumas hifas de fungos. Tais fragmentos são dispersos pelo vento e, caindo em um substrato favorável, originam novos líquens.



Sorédios – A reprodução dos líquens se faz por meio de sorédios, minúsculas estruturas, quase microscópicas, contendo algumas hifas e algumas gonídias, que são transportados pelo vento, que age, portanto, como veículo de dispersão dos líquens.

Os líquens são ótimos indicadores dos níveis de poluição atmosférica, especialmente pelo SO₂. Assim, a presença de líquens sugere baixo índice de poluição, já o desaparecimento sugere agravamento da poluição ambiental.

As micorrizas são associações mutualísticas (simbiose mutualística) de fungos (geralmente basidiomicetos) com raízes de muitas espécies de plantas (pinheiros, carvalhos, goiabeiras, mangueiras, etc.). A planta fornece ao fungo alimento (glicose, vitaminas) e, em troca, o fungo degrada a matéria orgânica do solo, mantendo a umidade da raiz e favorecendo a absorção de água e sais minerais. Os fungos micorrízicos, portanto, aumentam a taxa de absorção de nutrientes minerais (zinco, manganês, cobre, fósforo, etc.) pela raiz.

05. (PUC RS–2016) Os fungos são organismos que possuem características que tornam este grupo de seres vivos bastante peculiar, pois evoluíram de maneira tal que, atualmente, apresentam uma grande diversidade de formas corporais, de ciclos de vida e de estruturas reprodutivas, o que favorece a sua adaptação a variadas condições ambientais.

Sobre os fungos, é correto afirmar que

- A) cada um de seus filamentos é denominado de micélio.
- B) o cogumelo corresponde ao corpo de frutificação nos basidiomicetos.
- C) são seres procariotos e fermentadores que decompõem a matéria orgânica.
- D) seus esporângios produzem esporos – células diploides (2n) envolvidas no processo de reprodução sexuada.
- E) a fusão de hifas, também conhecida como plasmogamia, corresponde à parte assexuada do seu ciclo reprodutivo.

06. (UEA-AM) Uma empresa americana afirma ter desenvolvido uma espécie de pão à prova de mofo, que mantém o pão intacto por 60 dias. De acordo com os criadores, o alimento é submetido a um micro-ondas especial, que mata os fungos que deixam o pão mofado.

Disponível em: <www.perfecta.com.br>.

Para que colônias de fungos não se desenvolvam sobre o pão durante o período citado na notícia, o micro-ondas

- A) elimina grande parte dos esporos presentes no ar, e que entraram em contato com o pão antes do procedimento desenvolvido.
- B) evapora praticamente toda água do pão, tornando o alimento desidratado e sem condições para a proliferação dos fungos.
- C) destrói a parede celulósica do fungo, impedindo suas células de formarem tecidos fibrosos sobre o alimento.
- D) altera a composição alimentar do pão, tornando suas moléculas impróprias para a proliferação dos fungos.
- E) mata as leveduras utilizadas na fermentação para o crescimento da massa, interrompendo o processo de decomposição.

07. (UFSM-RS) Os princípios básicos da fabricação artesanal ou industrial do vinho são simples e utilizam o “trabalho” de certos fungos (*Saccharomyces*): o suco da uva, rico em açúcares, constitui-se no meio ideal para o crescimento das leveduras (ou fermentos), fungos microscópicos. Nesse processo, ao aproveitarem os açúcares, as leveduras liberam CO₂ e álcool etílico, dando continuidade à obtenção da bebida.

Esse pequeno resumo do processo de fabricação do vinho traz informações sobre o(a)

- A) espécie de fungo envolvida na obtenção do vinho em questão.
- B) associação harmoniosa entre os fungos e a uva, com benefícios mútuos.
- C) parasitismo das leveduras, que leva à obtenção da bebida.
- D) organização corporal desse tipo de fungo, com formação de corpos frutíferos, por exemplo.
- E) processo de nutrição heterotrófica das leveduras.

08. (FUVEST-SP–2018) No grupo dos fungos, são conhecidas perto de 100 mil espécies. Esse grupo tão diverso inclui espécies que

- A) são sapróbias, fundamentais na ciclagem dos nutrientes, pois sintetizam açúcares a partir do dióxido de carbono do ar.
- B) são parasitas, procariontes heterotróficos que absorvem compostos orgânicos produzidos pelos organismos hospedeiros.
- C) são comestíveis, pertencentes a um grupo de fungos primitivos que não formam corpos de frutificação.
- D) formam, com as raízes de plantas, associações chamadas micorrizas, mutuamente benéficas, pela troca de nutrientes.
- E) realizam respiração, na presença de oxigênio, e fotossíntese, na ausência desse gás, sendo, portanto, anaeróbias facultativas.

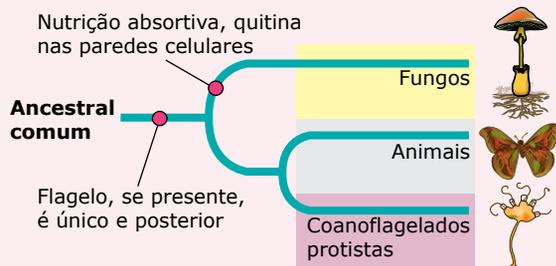
09. (PUCPR) Os líquenes estão entre os primeiros seres a ocuparem novas superfícies por serem nutricionalmente autossuficientes. Isso se deve, entre outras causas, ao fato de constituírem-se de uma associação entre

- A) bactérias aeróbias e fungos filamentosos, com grande capacidade fotossintetizante.
- B) cianobactérias ou algas verdes e fungos, com grande capacidade de absorção de água e de sais minerais.
- C) algas e fungos, com grande capacidade de absorção de CO₂.
- D) algas verdes e cianobactérias que fazem fotossíntese.
- E) protistas heterotróficos por absorção e protistas autotróficos por fotossíntese.

10. (UFF-RJ) Pode-se afirmar que os líquens são uma associação entre

- A) algas e fungos com reprodução sexuada por meio de sorédios.
- B) algas e bactérias com reprodução assexuada por meio de esporos.
- C) algas e fungos com reprodução assexuada por meio de sorédios.
- D) algas e fungos com reprodução assexuada por meio de esporos.
- E) algas e fungos com reprodução sexuada por meio de esporos.

02. A figura a seguir mostra os fungos no contexto evolutivo.



Embora muitas pessoas acreditem que uma salada contendo cogumelos é um prato 100% vegetariano, a análise das características genéticas dos fungos (grupo ao qual pertencem os cogumelos) mostra que esses seres vivos estão mais próximos evolutivamente dos animais do que dos vegetais.

Entre as características que identificam os fungos com os animais estão

- A) a nutrição autótrofa, a ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.
- B) a nutrição autótrofa, a presença de clorofila e o amido como material de reserva.
- C) a nutrição heterótrofa, a ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.
- D) a nutrição heterótrofa, a ausência de clorofila e o amido como material de reserva.
- E) a nutrição mixotrófica, ausência de clorofila e o glicogênio como material de reserva.

GABARITO

Aprendizagem

- 01. C
- 02. B
- 03. D
- 04. E

Propostos

- 01. B
- 02. C
- 03. E
- 04. D
- 05. B
- 06. A
- 07. E
- 08. D
- 09. B
- 10. C
- 11. C
- 12. C
- 13. D
- 14.
 - A) Os animais não apresentam parede celular, já os fungos apresentam de quitina. As plantas possuem cloroplastos e os fungos não.
 - B) Os fungos podem ser usados como alimento, ajudam na fermentação e na produção de antibióticos, além de serem decompositores.

Seção Enem

- 01. A
- 02. C

Meu aproveitamento

Acertei _____ Errei _____

- 05. B

Acertei _____ Errei _____

Acertei _____ Errei _____



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Relações Ecológicas

A Ecologia (do grego *oikos*, casa, e *logos*, estudo) é a parte da Biologia que estuda as relações de interdependência dos seres vivos, bem como suas relações com o meio ambiente.



Nenhuma espécie de ser vivo é totalmente independente, uma vez que direta ou indiretamente depende de outras para sobreviver. Animais e vegetais, por exemplo, mantêm diversas relações de dependência entre si. Os animais de uma região (a fauna) dependem da flora típica ali existente, nela encontrando, por exemplo, abrigo, refúgio e alimentos. Por outro lado, os vegetais da região (a flora) também dependem da fauna. A polinização e a dispersão de sementes, etapas importantes da reprodução de muitos vegetais, são realizadas por insetos, pássaros e outros animais. Também a ação predatória e parasitária de muitos animais (lagartas, mamíferos pastadores, etc.) atua como fator limitante ao desenvolvimento de diversas plantas.

Animais e plantas, por sua vez, também dependem das condições físicas (temperatura, pressão atmosférica, luminosidade, etc.) e químicas (pH do solo, da água, concentração de certas substâncias, etc.) do meio ambiente e podem, por meio de determinadas atividades, interferir nessas condições ambientais. Exemplo disso são as constantes alterações que o homem moderno vem impondo ao ambiente em que vive.

RELAÇÕES ENTRE OS SERES VIVOS



As relações ecológicas entre os seres vivos são classificadas em:

- **Intraespecíficas** – Estabelecidas entre seres de uma mesma espécie.
- **Interespecíficas** – Estabelecidas entre seres de espécies diferentes.

Esses dois tipos de relações podem ser harmônicas ou desarmônicas.

- **Harmônicas (positivas)** – São aquelas em que não há algum tipo de prejuízo para os organismos.
- **Desarmônicas (negativas)** – Pelo menos um dos organismos associados é prejudicado.

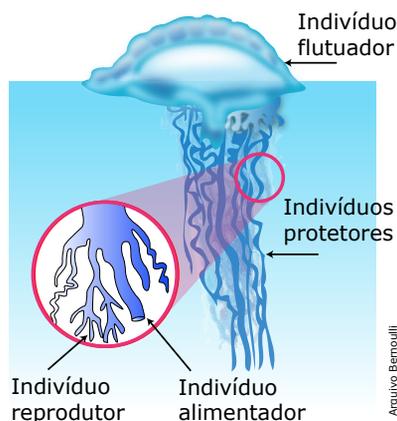
A tabela a seguir mostra as principais relações que os seres vivos podem estabelecer entre si.

Relações intraespecíficas	Harmônica	Colônia Sociedade
	Desarmônica	Canibalismo Competição
Relações interespecíficas	Harmônica	Mutualismo Protocooperação Comensalismo Inquilinismo
	Desarmônica	Predatismo Parasitismo Competição Amensalismo Eslavagismo

Colônias

São associações entre indivíduos de uma mesma espécie, que vivem juntos, ligados anatomicamente uns aos outros, formando uma unidade estrutural em que poderá ou não haver divisão de trabalho. Podem ser isomorfas ou heteromorfas.

- Colônias isomorfas (homomorfas, homotípicas)** – Aquelas nas quais os indivíduos têm a mesma morfologia e realizam as mesmas funções. Não há, portanto, divisão de trabalho. É o tipo mais comum de colônia encontrado na natureza. Como exemplos, podemos citar os estafilococos e estreptococos (colônias de bactérias do grupo dos cocos); os corais (colônias de cnidários); as colônias de cracas (crustáceos).
- Colônias heteromorfas (heterotípicas)** – Aquelas nas quais os indivíduos têm morfologia diferente e realizam funções diferentes. Nesse tipo de colônia, temos, portanto, uma divisão de trabalho, uma vez que cada indivíduo está adaptado para realizar uma determinada função. É o tipo menos frequente de colônia. Exemplo típico desse tipo de colônia são as caravelas (cnidários).



Arquivo Bernoulli

Caravela (*Physalia physalis*).

Sociedades

Associações entre indivíduos de uma mesma espécie, que vivem juntos, organizados de modo cooperativo por meio de uma divisão de trabalho, não ligados anatomicamente uns aos outros. Exemplos: colmeia (sociedade das abelhas), formigueiro (sociedade das formigas), termiteiro ou cupinzeiro (sociedade dos térmitas ou cupins), vespeiro (sociedade das vespas), etc.

Em muitas sociedades, os indivíduos componentes estão diferenciados em castas (classes sociais). Na sociedade das abelhas, por exemplo, existem três castas: rainha, operárias e zangões.

OBSERVAÇÃO

Alguns autores também usam o termo “colônia” para designar grupos de indivíduos da mesma espécie que constroem ninhos ou criam prole de forma cooperativa. De acordo com esse critério, em que a união dos indivíduos está relacionada à reprodução, é comum, no caso dos insetos sociais, chamar as colmeias, os formigueiros e os cupinzeiros de colônias.

Canibalismo

Relação na qual um indivíduo mata outro da mesma espécie para dele se alimentar. Exemplos: entre peixes, é comum os adultos atacarem e comerem os próprios filhotes; em certas espécies de aranhas e insetos (louva-a-deus, por exemplo), é comum a fêmea matar e devorar o macho após a cópula.

O canibalismo pode também ocorrer eventualmente em espécies que normalmente não o praticam, sendo, nesse caso, desencadeado por diversos fatores, como o aumento da densidade populacional (superpopulação) ou pela falta de alimento. Isso acontece, por exemplo, em populações de camundongos confinadas em um espaço físico limitado e com escassez de alimento.

Competição intraespecífica

Consiste em uma disputa entre indivíduos de uma mesma espécie pelos mesmos fatores (alimento, espaço, etc.). Exemplo: em muitas espécies de animais, por ocasião da reprodução, os machos disputam as fêmeas.

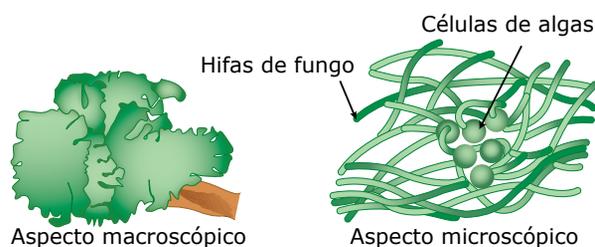
Os perdedores se afastam e o vencedor forma um verdadeiro “harém”, encarregando-se da perpetuação da espécie junto às suas fêmeas.

Uma vez que não são todos os machos que conseguem formar casais e se reproduzir, a competição intraespecífica, nesse caso, exerce um importante papel no controle da densidade populacional. Por outro lado, os indivíduos com características mais vantajosas têm mais possibilidade de sobrevivência pelo fato de terem maiores chances de vencer todos os tipos de disputa. Assim, são os que provavelmente conseguem se reproduzir, gerando descendentes que podem herdar suas características genéticas favoráveis à sobrevivência. Por essa razão, a competição intraespecífica também exerce papel importante no mecanismo da seleção natural, já que elimina, dentro da espécie, aqueles indivíduos com características menos vantajosas.

Mutualismo

Associação entre indivíduos de espécies distintas que se beneficiam mutuamente. Os associados criam um grau de dependência recíproca tão acentuado que a coexistência deles passa a ser obrigatória, isto é, os indivíduos não conseguem mais sobreviver isolados uns dos outros. Entre os muitos exemplos de mutualismo, destacamos os líquens, as micorrizas, as bacteriorrizas, a associação entre os ruminantes e micro-organismos produtores da celulase e a associação entre os cupins e protozoários também produtores da celulase.

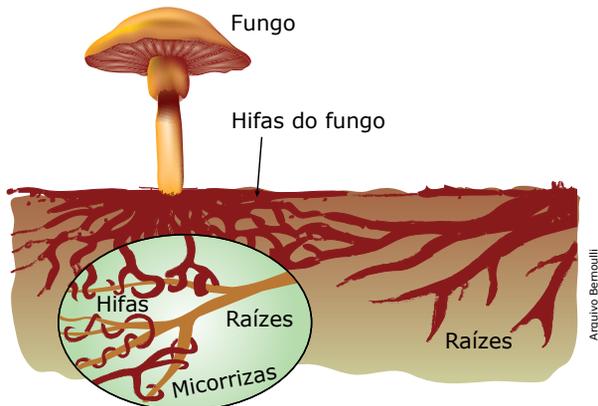
Os líquens são associações entre algas unicelulares ou cianobactérias e fungos. As algas sintetizam matéria orgânica por meio da fotossíntese e fornecem aos fungos parte do alimento produzido. Os fungos, por sua vez, retiram água e sais minerais do substrato, fornecendo-os às algas. Além disso, os fungos envolvem com suas hifas o grupo de algas, protegendo-as contra a desidratação.



Líquens.

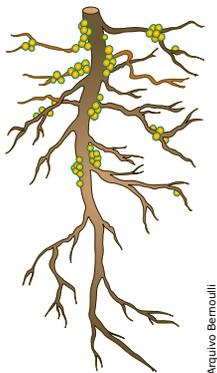
O líquen é uma associação que pode se instalar em lugares onde a alga e o fungo, isoladamente, não sobreviveriam. Pode ser encontrado em troncos de árvores, muros, sobre telhados, na superfície de rochas, na neve, etc. Apesar disso, os líquens são bastante suscetíveis ou sensíveis à poluição atmosférica, em especial à causada pela presença de dióxido de enxofre (SO_2). Por esse motivo, são raros nas grandes cidades e em ambientes muito industrializados. Assim, a presença de muitos líquens em um determinado ambiente sugere baixo índice de poluição atmosférica, já o desaparecimento deles pode indicar agravamento desse tipo de poluição.

As micorrizas são associações mutualísticas estabelecidas entre fungos e raízes de certas plantas, como orquídeas, morangueiros, tomateiros e pinheiros. Os fungos degradam substâncias orgânicas do solo, transformando-as em nutrientes minerais (sais de fósforo, potássio, etc.) que são absorvidos pelas raízes das plantas. As plantas, por sua vez, fornecem aos fungos parte da matéria orgânica produzida por meio da fotossíntese.



Micorrizas.

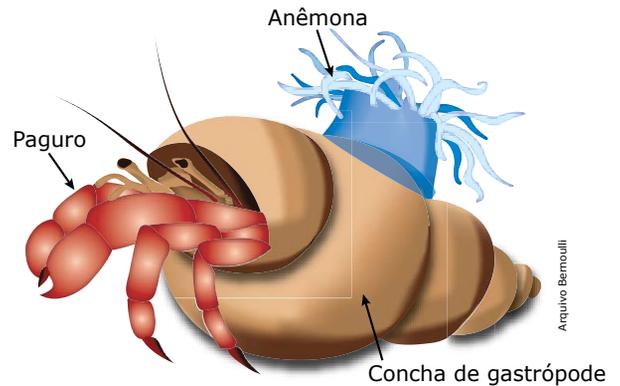
A associação de bactérias do gênero *Rhizobium* com células das raízes de plantas leguminosas (soja, feijão, ervilha, etc.) se dá o nome bacteriorrizo. Nessas raízes, aparecem nódulos (nodosidades, "inchaços"), em que são encontradas bactérias do gênero *Rhizobium*. Essas bactérias são fixadoras do N_2 atmosférico e, assim, enriquecem o solo com nitratos que serão absorvidos pelas leguminosas e utilizados como matéria-prima na construção de compostos orgânicos nitrogenados (aminoácidos, por exemplo). As leguminosas, por sua vez, fornecem a essas bactérias heterotróficas parte das substâncias orgânicas que sintetizam, isto é, fornecem alimento às bactérias.



Bacteriorrizo.

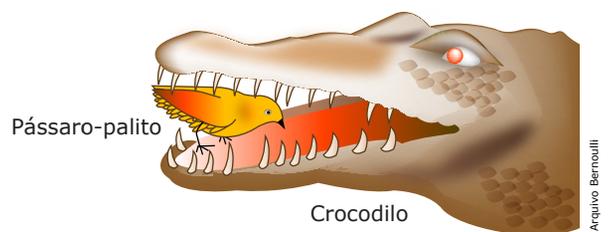
Protocooperação (cooperação)

Associação entre duas espécies que também se beneficiam mutuamente sem, entretanto, estabelecer um grau de dependência obrigatório, como acontece no mutualismo. Na protocooperação, portanto, a coexistência das espécies não é obrigatória. Por isso, alguns autores também chamam a protocooperação de mutualismo não obrigatório, mutualismo facultativo ou mutualismo sem dependência obrigatória. As relações entre paguro e *Actinia*, anu e gado e pássaro-palito e crocodilo são alguns exemplos de protocooperação.



O caranguejo paguro (bernardo-eremita), crustáceo muito comum em nossas praias, caracteriza-se por ter um abdome mole e não possuir carapaça protetora. Assim, para obter maior proteção contra seus predadores, aloja-se no interior de conchas vazias abandonadas pelos moluscos. Já as actínias (anêmonas-do-mar) são cnidários que produzem substâncias urticantes e necessitam de um substrato para sua fixação. O paguro, com frequência, coloca, sobre a concha onde se alojou, uma ou mais actínias, estabelecendo com elas uma relação de protocooperação. O paguro se beneficia da proteção que a actínia lhe dá, pois afasta ou impede a aproximação dos predadores naturais por causa das substâncias urticantes que produz. A actínia, por sua vez, se beneficia da locomoção, uma vez que passa a ser transportada pelo paguro e, assim, amplia o seu território de obtenção de alimento.

O anu é um pássaro que pousa sobre o dorso do gado para coletar e comer carrapatos. Dessa maneira, o gado se beneficia por se livrar dos carrapatos parasitas, e o anu, por sua vez, encontra no gado uma fonte de alimento.



O pássaro-palito frequentemente entra na boca do crocodilo africano para retirar e comer sanguessugas, que normalmente são encontradas aderidas à mucosa bucal do réptil. Com isso, o crocodilo é beneficiado por se livrar dos parasitas, ao passo que o pássaro-palito tem uma opção alimentar.

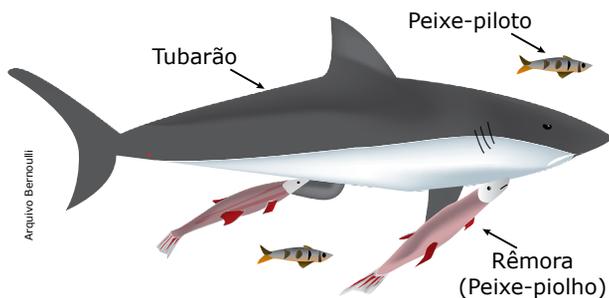
Comensalismo

Associação entre indivíduos de espécies diferentes, na qual apenas uma das espécies é beneficiada, sem, entretanto, haver prejuízos para a outra. É, portanto, uma relação harmônica unilateral. A espécie beneficiada é chamada de comensal e o benefício que recebe da outra pode ser alimento, abrigo, transporte, etc.

Assim, temos: comensalismo de alimentação, comensalismo de abrigo (inquilinismo), comensalismo de transporte (forésia), etc. Vejamos alguns exemplos:

A rêmora (peixe-piolho) possui uma ventosa (órgão de fixação) no alto de sua cabeça. Com sua ventosa, a rêmora se fixa na região ventral de um tubarão, passando a ser transportada por ele. Quando o tubarão ataca algum animal, os restos da presa que flutuam na água são imediatamente ingeridos pela rêmora. Nesse relacionamento, envolvendo a rêmora e o tubarão, temos um comensalismo de transporte (foresia) e um comensalismo de alimentação.

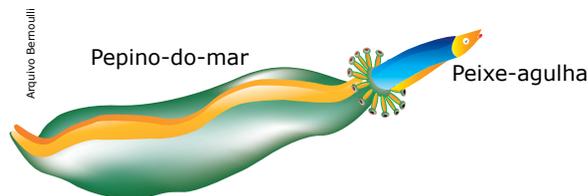
O comensalismo de alimentação é encontrado também na relação entre os peixes-pilotos e o tubarão. Os peixes-pilotos acompanham o tubarão, nadando ao seu redor para se alimentarem dos restos de comida que escapam da boca dele. O nome "peixe-piloto" vem de uma crença segundo a qual esses peixes orientam o tubarão em sua navegação pelos mares.



Comensalismo de alimentação e forésia.

Inquilinismo (epibiose)

Relação na qual uma espécie procura abrigo ou suporte no corpo de indivíduos de uma outra espécie sem prejudicá-la. Trata-se, portanto, de um caso particular de comensalismo. Dessa relação, participam o inquilino e o hospedeiro. O inquilino (espécie beneficiada) obtém abrigo, proteção ou, ainda, suporte no corpo da espécie hospedeira. Exemplos: peixe-agulha e holotúria, orquídeas e árvores e bromélias e árvores.



O peixe-agulha (do gênero *Fierasfer*), que possui um corpo fino e alongado, quando perseguido pelos inimigos naturais, procura abrigo e proteção no corpo de uma Holothúria (equinodermo conhecido popularmente por "pepino-do-mar"). O peixe-agulha penetra através do ânus da Holothúria, abrigando-se no tubo digestório desse equinodermo sem causar prejuízos a ele.

As orquídeas e as bromélias, ao contrário do que muitas pessoas pensam, não são plantas parasitas, uma vez que não causam prejuízos às plantas hospedeiras sobre as quais crescem. Essas plantas usam o tronco da hospedeira apenas como suporte para chegarem ao alto das árvores, onde encontram condições ideais de luminosidade para a realização da fotossíntese e, conseqüentemente, para um melhor desenvolvimento. Esse inquilinismo envolvendo espécies vegetais também é chamado de epifitismo e, nesse caso, a planta inquilina é dita epífita. As epífitas são plantas que apenas procuram abrigo, proteção e luz ideal ao crescerem sobre outras plantas, mas sem prejudicá-las. As plantas parasitas, como veremos mais adiante, prejudicam a hospedeira. Orquídeas e bromélias, portanto, são exemplos de epífitas.

Predatismo (predação)

Relação em que indivíduos de uma espécie matam outros de espécies diferentes para usá-los como alimento. Os indivíduos beneficiados diretamente são os predadores, e os indivíduos que são mortos e que servem de alimento são as presas. Predador e presa nunca são da mesma espécie.

O predatismo exerce um papel regulador, contribuindo para manter a população de presas e predadores de uma região em estado de equilíbrio. Em geral, a elevação do número de presas em uma região propicia também um aumento do número de predadores devido a uma maior disponibilidade de alimento no ambiente. Em consequência do aumento do número de predadores, o número de presas diminui, o que acarreta, também, uma redução na população dos predadores. Por sua vez, a redução da população de predadores permite a recuperação da população de presas, que se eleva, e assim sucessivamente. Dessa maneira, as duas populações não se extinguem nem entram em superpopulação, permanecendo em equilíbrio no ambiente.

A eliminação sistemática de muitos predadores, promovida pelo homem, tem causado sérios prejuízos ao equilíbrio natural existente entre as populações de predadores e presas de diversas regiões. Um bom exemplo disso ocorreu no Pantanal mato-grossense, onde existiam muitos jacarés, que controlavam a população de suas presas (piranhas, por exemplo). A matança indiscriminada de jacarés nessa região, movida por interesses econômicos na exploração do couro, diminuiu consideravelmente a população desses animais. Uma das conseqüências foi o aumento da população de piranhas em muitos rios do Pantanal.

O predador pode também atacar e devorar plantas, como é o caso do gafanhoto, que, em bandos, devora rapidamente toda uma plantação. Quando a espécie predada (presa) é vegetal, costuma-se dar ao predatismo o nome de herbivorismo. No herbivorismo, portanto, animais (herbívoros) devoram plantas inteiras ou partes delas. O gado, ao se alimentar de capim, constitui um bom exemplo de herbivorismo.

Os predadores, em sua maioria, são animais. No entanto, existem na natureza alguns predadores vegetais, como é o caso das plantas insetívoras.

Os predadores apresentam uma série de adaptações que os possibilitam executar as suas atividades com maior eficiência. Assim, os dentes afiados dos tubarões, os caninos desenvolvidos dos animais carnívoros, as garras da águia, o veneno das cobras, as teias de aranha e a caça em grupo são exemplos de adaptações apresentadas pelos predadores para facilitar a captura das presas.

Por outro lado, existem muitas adaptações que permitem às presas escaparem do ataque de seus predadores. Algumas espécies são capazes de exibir cores vivas e marcantes (coloração de advertência ou aposematismo) para afastar seus possíveis predadores, já que eles as reconhecem pelo gosto desagradável ou pelos venenos que possuem. A produção de substâncias de odor ou sabor desagradável, o hábito de somente andar em bandos e a grande capacidade de correr e saltar são exemplos de processos utilizados por presas para tentar escapar de seus predadores.

A camuflagem e o mimetismo são duas outras adaptações importantes, tanto para predadores quanto para presas.

Na camuflagem, o organismo procura se confundir com o meio físico do ambiente de modo a se tornar menos visível. É um tipo de adaptação na qual o organismo revela a mesma cor do meio em que vive ou possui forma que se confunde com coisas do ambiente. Ao ficar parecido com este, determinado animal pode se esconder de seu predador; ou, ainda, um predador pode se esconder de sua presa, o que lhe possibilita capturá-la mais facilmente. Muitos animais (insetos, répteis, anfíbios, aves) possuem cor verde e, assim, fazem uma perfeita camuflagem em meio às folhagens onde se escondem. A superfície ventral dos peixes, por exemplo, costuma ser mais clara do que o dorso. Um predador que estiver abaixo do peixe poderá confundir-lo com a superfície iluminada da água; por outro lado, se o peixe for visto de cima, seu dorso poderá ser confundido com o fundo. Muitas espécies de lagartos e artrópodes que vivem na areia têm uma coloração clara, confundindo-se com a cor do ambiente.

No mimetismo, os indivíduos de uma espécie se mostram acentadamente semelhantes aos indivíduos de uma outra espécie, levando vantagens com essa semelhança. É o que acontece, por exemplo, com a falsa-coral (*Simophis rhinostoma*), cobra não venenosa, mas que se torna temida e respeitada por outros animais por ser muito semelhante à coral-verdadeira (*Micrurus frontalis*). Outro bom exemplo de mimetismo é encontrado com as borboletas vice-rei e monarca que, embora de espécies distintas, são extremamente semelhantes. A borboleta monarca tem um sabor repugnante para as aves, e as vice-rei são comestíveis. Em face da semelhança, muitas aves rejeitam a borboleta vice-rei, que se beneficia do mimetismo.

Parasitismo

Relação em que indivíduos de uma espécie vivem às custas de indivíduos de outra espécie, dos quais retiram alimento, prejudicando-os. O beneficiado é chamado de parasito ou bionte, e o prejudicado, hospedeiro ou biosado.

Os hospedeiros em geral são, para os parasitos, fontes de alimento e *habitat* (local onde vivem). Por isso, o sucesso de um parasito é normalmente tão maior quanto menores forem os incômodos ou prejuízos causados à espécie hospedeira, uma vez que a morte do hospedeiro representa também a perda do *habitat* para o parasito. De um modo geral, a morte do hospedeiro não é conveniente ao parasito. Mas, a despeito disso, muitas vezes ela ocorre.

O parasitismo é uma relação que também exerce influência na densidade populacional, uma vez que debilita o organismo dos hospedeiros, tornando-os mais suscetíveis a outras doenças e infecções, diminuindo o tempo de vida e, conseqüentemente, aumentando a taxa de mortalidade na população da espécie hospedeira.

Quanto ao tamanho, os parasitos podem ser classificados como microparasitos ou macroparasitos.

- **Microparasitos** – Microscópicos, isto é, não visíveis a olho nu. É o caso, por exemplo, dos vírus, das bactérias patogênicas (causadoras de doenças) e de muitos protozoários.
- **Macroparasitos** – Visíveis a olho nu. Exemplos: piolho, carrapato, lombriga e tênia (solitária).

Quanto à localização no hospedeiro, os parasitos se diferenciam em ectoparasitos e endoparasitos.

- **Ectoparasitos** – São encontrados na superfície externa (epiderme, pelos, unhas, etc.) do corpo do hospedeiro. Exemplos: piolho, pulga e carrapato.
- **Endoparasitos** – Vivem internamente no corpo do hospedeiro. Exemplos: lombrigas, tênia e *Trypanosoma cruzi* (protozoário causador da doença de Chagas).

Quanto à necessidade de realização do parasitismo para sua sobrevivência, os parasitos podem ser obrigatórios ou facultativos.

- **Obrigatórios** – Têm no parasitismo a única forma de obtenção de alimento. A grande maioria dos parasitos é desse tipo. Exemplos: lombrigas e tênias.
- **Facultativos** – Podem se adaptar ou encontrar outras formas de obtenção de alimentos, diferente do parasito obrigatório. Parasitos desse tipo são raros. Exemplo: larvas de certas moscas podem viver como parasitos, desenvolvendo-se em feridas existentes no corpo do hospedeiro, mas também podem se desenvolver no esterco, que é um meio rico em matéria orgânica (restos orgânicos).

Quanto ao tempo de permanência junto ao hospedeiro, distinguem-se parasitos permanentes, temporários e provisórios.

- **Permanentes** – Mantêm-se juntos aos seus hospedeiros por toda a vida. São os mais comuns e dispensam exemplos.
- **Temporários (periódicos)** – Só procuram o hospedeiro quando têm fome. Saciado o apetite, eles abandonam os hospedeiros. Exemplos: pulgas e fêmeas de algumas espécies de mosquitos (pernilongos).
- **Provisórios (intermitentes)** – Exercem o parasitismo apenas durante certas fases de suas vidas. Exemplo: as moscas berneiras são parasitos apenas na fase larvária, quando causam o berne ou bicheira nos animais. Ao se tornarem adultas, deixam o hospedeiro e passam a se alimentar de matéria orgânica em decomposição, encontrada no meio ambiente.

Quanto à capacidade de parasitar uma ou mais espécies de hospedeiros, os parasitos podem ser classificados como eurixenos e estenoxenos.

- **Eurixenos (eurixênicos)** – Parasitam diversas espécies. Exemplo: o protozoário *Trypanosoma cruzi* é capaz de parasitar o homem, o tatu, o cão, o gambá e muitas outras espécies.
- **Estenoxenos (estenoxênicos)** – Apresentam acentuada especificidade de hospedeiro, isto é, parasitam sempre uma única e mesma espécie. Exemplo: o bacilo de Hansen, bactéria causadora da lepra (hanseníase), só parasita o homem. Ele não se adapta, por exemplo, ao organismo do cão. Logo, não existe lepra entre cães e, por conseguinte, a expressão “cão leproso”, às vezes usada, vem de um equívoco: a leishmaniose cutânea (que acomete também os cães) é muito parecida com a lepra (doença grave que causa destruição dos tecidos). O cão supostamente leproso possui, na realidade, a leishmaniose, e não hanseníase.

Quanto ao seu ciclo biológico (ciclo de vida), os parasitos se classificam em monoxenos e heteroxenos.

- **Monoxenos (monoxênicos)** – Completam seu ciclo biológico em um único hospedeiro. Exemplo: *Ascaris lumbricoides* (lombriga).
- **Heteroxenos (heteroxênicos)** – Completam seu ciclo biológico em mais de um hospedeiro. Exemplo: a *Taenia saginata* (solitária), quando está na fase de larva, é encontrada parasitando o boi, e, quando está na fase adulta, parasita o homem. O seu ciclo biológico se passa em dois hospedeiros (o boi e o homem).

Geralmente, os parasitos heteroxenos passam por dois hospedeiros, havendo, entretanto, alguns exemplos em que passam por um número maior. É o caso do *Diphylobotrium latum*, verme que evolui para larva primeiramente em um microcrustáceo (*Cyclops* sp.), depois em um peixe (*Perca*), e termina seu desenvolvimento atingindo a maturidade no homem.

No caso dos parasitos heteroxenos, os diferentes hospedeiros por que passam são classificados em definitivos e intermediários.

- **Hospedeiro definitivo** – É aquele no qual o parasito se encontra na fase adulta ou se reproduz sexuadamente.
- **Hospedeiro intermediário** – É aquele em que o parasito se encontra na fase de larva ou se reproduz assexuadamente.

Os parasitos podem ser animais ou vegetais. Quando um animal parasita outro animal, o parasito é chamado de zoótico. O *Ascaris lumbricoides* é um exemplo.

Quando um animal parasita um vegetal, o parasito é dito zoofítico. É o caso, por exemplo, dos “pulgões”, insetos que parasitam plantas, roubando-lhes a seiva elaborada.

Às vezes, encontramos um vegetal parasitando outro vegetal. Nesse caso, o vegetal parasito é chamado de fitofítico. Os parasitos fitofíticos podem ser hemiparasitos ou holoparasitos.

- **Hemiparasitos** – São aqueles que roubam a seiva bruta da planta hospedeira. Exemplo: erva-de-passarinho, uma planta clorofilada cujas raízes penetram os troncos das árvores e roubam a seiva bruta. O parasito ainda terá o trabalho de transformar a seiva bruta em seiva elaborada. O hemiparasito, portanto, realiza um parasitismo incompleto, pela metade.
- **Holoparasitos** – São aqueles que roubam a seiva elaborada da planta hospedeira. Exemplo: cipó-chumbo, cujas raízes sugadoras, chamadas haustórios, penetram o caule da planta hospedeira até atingir os vasos liberianos, dos quais roubam a seiva já elaborada.

Competição interespecífica

É uma disputa entre indivíduos de espécies diferentes por algum fator (alimento, espaço, abrigo, etc.). Exemplos: corujas, cobras e gaviões que atacam pequenos roedores. Nesse caso, indivíduos de espécies diferentes competem pela mesma fonte de alimento.

Assim como a competição intraespecífica, a competição interespecífica ajuda a controlar a densidade populacional das espécies e também é um importante fator de seleção natural, levando à manutenção em uma região das espécies mais bem adaptadas, portadoras de características mais vantajosas, em detrimento daquelas menos adaptadas. Se a competição for muito acentuada, a espécie menos adaptada pode até ser eliminada.

Amensalismo (antibiose)

Relação em que indivíduos de uma espécie eliminam substâncias no meio que prejudicam (inibem) o crescimento ou a reprodução de outras espécies com as quais convivem. A substância liberada pela espécie inibidora pode ter ou não efeito letal sobre a espécie amensal (espécie prejudicada pela inibição do seu desenvolvimento ou reprodução).

Algumas espécies de fungos produzem e liberam no meio em que vivem substâncias antibióticas que inibem o crescimento ou a reprodução de bactérias.

O fenômeno da maré vermelha, resultante da superpopulação de algas microscópicas do grupo das pirrófitas ou dinoflagelados, é outro exemplo de amensalismo. Essas algas liberam toxinas que, em altas concentrações no meio, provocam a morte de inúmeras outras espécies marinhas (peixes, crustáceos, moluscos, etc.). Além da clorofila, elas possuem pigmentos vermelhos que lhes conferem cor avermelhada e rutilante (brilhante). Quando há uma superpopulação dessas algas, formam-se enormes manchas avermelhadas no oceano, e a concentração das toxinas por elas liberadas aumenta, provocando grande mortalidade de animais marinhos, além de sérios distúrbios nervosos nos animais contaminados, inclusive no homem, acarretando-lhes a morte.

Certas plantas, como o eucalipto, liberam de suas raízes substâncias que impedem a germinação de sementes de outras plantas ao redor. Isso evita que outras plantas venham a competir com os eucaliptos pela água e por outros recursos do solo.

Esclavagismo (sinfilia)

Relação em que uma espécie se beneficia do trabalho de outra, que é prejudicada. Exemplo: existem pássaros que botam ovos no ninho de outra espécie, às vezes jogando fora os ovos do dono do ninho. A espécie "escrava" passa a chocar os ovos estranhos até a eclosão. Às vezes, também, indivíduos de uma espécie mantêm em cativeiro indivíduos de outra espécie para obter algum tipo de vantagem. Algumas espécies de formigas, por exemplo, sequestram e aprisionam no formigueiro larvas de outras espécies, obtendo, assim, um trabalho escravo.

RELAÇÕES ECOLÓGICAS QUE SE CONFUNDEM

Nem sempre é fácil estabelecer limites entre duas relações ecológicas. Muitas vezes, mais de um tipo de relação ecológica pode estar presente em uma mesma associação, envolvendo indivíduos de espécies distintas. Isso acontece, por exemplo, na associação entre certas espécies de formigas e pulgões. Os pulgões, insetos parasitos de plantas, retiram seiva elaborada (rica em carboidrato) diretamente dos vasos liberianos das plantas hospedeiras para usá-la como alimento. Em consequência da ingestão excessiva de açúcar presente na seiva elaborada, os pulgões eliminam o seu excesso pelo ânus. Esse açúcar eliminado é aproveitado pelas formigas que, para obtê-lo, carregam os pulgões para dentro do formigueiro e aí os mantêm em cativeiro. Feito isso, as formigas passam a fornecer aos pulgões parte recém-cortada de plantas (folhas, caule, etc.) para que eles suguem a seiva elaborada e, posteriormente, eliminem produtos açucarados que elas, então, usam como alimento. Muitas vezes, as formigas chegam a acariciar com as suas antenas o abdome dos pulgões com o objetivo de estimular contrações da musculatura abdominal desses insetos, fazendo que eles eliminem mais rapidamente os produtos açucarados. Essa associação entre as formigas e os pulgões tem característica desarmônica, já que os pulgões são mantidos em cativeiro. A partir desse ponto de vista, seria, então, um exemplo de escravagismo. Por outro lado, existe também uma relação relativamente harmônica, pois os pulgões são beneficiados pela facilidade de encontrar alimento e pela proteção oferecida pelas formigas, que chegam, inclusive, a cuidar da sua prole. Nesse sentido, temos uma relação do tipo protocooperação.

Outro caso em que as relações se confundem é a associação entre o pássaro-palito e o crocodilo, que pode ser exemplo de protocooperação, quando se considera que o pássaro retira sanguessugas (parasitos) da boca do réptil, mas também pode ser descrita como exemplo de comensalismo; nesse caso, o pássaro atua retirando apenas restos alimentares que ficam entre os dentes do crocodilo, vindo daí o nome popular da ave: pássaro-palito.

Merece destaque também o significado do termo simbiose, criado em 1879 por Anton de Bary, que, muitas vezes, aparece caracterizando uma determinada relação ecológica. Simbiose (do grego, viver junto) designa qualquer associação permanente entre indivíduos de espécies diferentes que, normalmente, exerce influência recíproca no metabolismo. É a vida em conjunto de duas ou mais espécies em uma relação ecológica prolongada e íntima. Assim, o parasitismo, o comensalismo e o mutualismo podem ser considerados diferentes tipos de simbiose.



Relações ecológicas

Nesse objeto de aprendizagem, você associará a descrição de uma relação ecológica à ilustração que melhor a exemplifique e responderá a perguntas relacionadas ao tema. A sua pontuação total será baseada nos acertos e no tempo gasto para finalizar o jogo. Boa atividade!



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMS) As interações entre seres de uma comunidade biológica, da mesma espécie ou de espécies diferentes, são denominadas genericamente de relações ecológicas. Quando essas interações ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, elas são denominadas intraespecíficas e, quando elas envolvem seres de espécies diferentes, são denominadas interações interespecíficas. Considerando-se as relações ecológicas em uma comunidade biológica, é correto afirmar que

- 01. A planta epífita que vive sobre uma palmeira representa um caso de protocooperação.
- 02. Temos um caso de competição interespecífica quando a coruja mata e se alimenta de um rato.
- 04. A competição intraespecífica, na qual os indivíduos concorrem pelos mesmos recursos do meio, ocorre somente nos herbívoros.
- 08. O comensalismo é uma relação interespecífica em que uma das partes é beneficiada, sem prejuízo da outra.
- 16. A relação entre algas e fungos que formam os líquens é denominada mutualismo.
- 32. O inquilinismo ocorre quando um indivíduo utiliza um outro como moradia, com prejuízo da outra parte.

Soma ()

02. (UFMG) Para proteger os ovos das galinhas, o homem mata o gambá. A relação ecológica que se estabelece entre o homem e o gambá, nesse comportamento, denomina-se

- A) competição. D) predação.
- B) mutualismo. E) protocooperação.
- C) parasitismo.

03. (PUC Minas) Sob determinadas condições ambientais, certas algas proliferam muito e produzem substâncias tóxicas avermelhadas que provocam mortandade nos animais aquáticos. Isso pode ser citado como exemplo de

- A) amensalismo. D) predação.
- B) comensalismo. E) protocooperação.
- C) parasitismo.

04. (UFRGS-RS) O lobo-guará, uma espécie ameaçada de extinção, ocorre nas baixadas próximas às matas arbustivas no Rio Grande do Sul. Esse cão selvagem vive à beira de charcos, caçando pequenos roedores, aves e alguns invertebrados. Frequentemente, abriga vermes em seus rins, que podem chegar a destruir tais órgãos, ocasionando a morte do animal.

O trecho anterior trata de dois tipos de relações entre o lobo-guará e outros membros da comunidade. Essas relações são _____ e _____ e podem ser classificadas, respectivamente, como _____ e _____.

Assinale a alternativa que contém, na sequência correta, as expressões que completam as lacunas da frase anterior.

- A) interespecíficas e harmônicas; predatismo e parasitismo.
- B) intraespecíficas e desarmônicas; comensalismo e parasitismo.
- C) interespecíficas e desarmônicas; predatismo e inquilinismo.
- D) intraespecíficas e harmônicas; comensalismo e inquilinismo.
- E) interespecíficas e desarmônicas; predatismo e parasitismo.

05. (UFRGS-RS-2018) O quadro a seguir apresenta, na primeira coluna, tipos de interações entre populações de uma comunidade; na segunda, exemplos dessas interações; e, na terceira, alguns organismos que ilustram os exemplos.

Tipos de interações	Exemplos de interações	Organismos
(I)	Inquilinismo	Orquídeas
Interespecífica desarmônica	(II)	Piolho
Interespecífica harmônica	Sociedades heteromórficas	(III)

Assinale a alternativa que substitui adequadamente a sequência de números do quadro.

- A) Interespecífica harmônica - Parasitismo - Cupins
- B) Intraespecífica desarmônica - Canibalismo - Corais
- C) Interespecífica desarmônica - Competição - Líquens
- D) Interespecífica harmônica - Predação - Carrapatos
- E) Intraespecífica harmônica - Amensalismo - *Physalia* (caravela-portuguesa)

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UNIME-BA)



A relação do cuco com a ave que vai cuidá-lo é de

- A) mutualismo. D) comensalismo.
- B) parasitismo. E) protocooperação.
- C) amensalismo.

02. (UFPR-2017) Para atrair potenciais polinizadores, as plantas comumente armazenam néctar nas suas flores em estruturas específicas chamadas de nectários. Contudo, várias espécies de plantas também podem apresentar nectários longe das flores, os chamados "nectários extraflorais". Essas estruturas podem ser encontradas em vários locais, como folhas e brotos. Durante a sua procura por alimento, formigas se deparam com esses nectários, passam a se alimentar do néctar produzido, a eles retornando repetidamente. Durante essa atividade, as formigas acabam patrulhando essas plantas e defendendo-as contra potenciais herbívoros, como lagartas e percevejos.

Esse tipo de interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais pode ser categorizado como

- A) epifitismo. D) predação.
B) mutualismo. E) parasitismo.
C) colonialismo.

03. (Unesp-2016) O parasitismo é uma relação unilateral, desarmônica, que se caracteriza pela dependência do parasita em relação ao hospedeiro. Podemos citar, como exemplo de parasitismo, a relação entre

- A) a orquídea e o jequitibá.
B) a rêmora e o tubarão.
C) o crocodilo e o pássaro-palito.
D) o caranguejo paguro e a anêmona do mar.
E) a lombriga e o lobo-guará.

04. (Cesgranrio) A figura a seguir mostra uma maneira peculiar de pequenos peixes, chamados rêmoras, se deslocarem de um lugar para outro, fixados por uma ventosa cefálica na região ventral de um tubarão.



Em ecologia, essa associação é denominada

- A) parasitismo. D) mutualismo.
B) competição. E) predatismo.
C) comensalismo.

05. (UFSCar-SP-2016) No intestino grosso humano, existem bactérias que produzem vitaminas B12 e K. Essas vitaminas são fundamentais para o metabolismo humano, e as bactérias ganham proteção e nutrientes no interior do intestino. A relação ecológica que ocorre entre esses micro-organismos intestinais e o homem é chamada

- A) comensalismo. D) mutualismo.
B) predatismo. E) amensalismo.
C) parasitismo.

06. (Mackenzie-SP-2016) Na cidade de São Paulo, temos observado, na época chuvosa e com ventos, várias árvores de grande porte tombadas. Essas árvores, geralmente, estão enfraquecidas pelo ataque de cupins que se alimentam da celulose do vegetal. A digestão da celulose, no aparelho digestório do cupim só é possível porque eles possuem protozoários produtores de celulase, enzima que digere a celulose. Os relacionamentos entre árvore e cupim e cupim e protozoário são considerados, respectivamente,

- A) predatismo e parasitismo.
B) parasitismo e mutualismo.
C) parasitismo e inquilinismo.
D) parasitismo e comensalismo.
E) mutualismo e parasitismo.

07. (Vunesp) Um gavião, que tem sob suas penas carrapatos e piolhos, traz preso em suas garras um rato, com pulgas em seus pelos. Entre o rato e as pulgas, entre os carrapatos e os piolhos e entre o gavião e o rato existem relações interespecíficas denominadas, respectivamente,

- A) inquilinismo, competição e predatismo.
B) predatismo, competição e parasitismo.
C) parasitismo, competição e predatismo.
D) parasitismo, inquilinismo e predatismo.
E) parasitismo, predatismo e competição.

08. (Unifor-CE-2016) A presença de algumas algas verdes prolonga enormemente a sobrevivência de hidras (um tipo de cnidário), em condições de privação de alimentos, em relação às hidras que as não possuem. Se uma quantidade limitada de alimento for fornecida, hidras verdes crescerão mais rapidamente que hidras pálidas, mostrando novamente que as algas verdes contribuem com a matéria orgânica. E ainda, o consumo de oxigênio das hidras verdes é menor que em animais que não possuem algas. As algas, por sua vez, utilizam amônia liberada pelo hospedeiro para a síntese proteica.

A relação ecológica anterior é do tipo

- A) parasitismo. D) amensalismo.
B) simbiose. E) comensalismo.
C) competição.

09. (UEMG-2016) No deserto do Arizona nos Estados Unidos algumas espécies de formigas e roedores granívoros (animais que se alimentam de sementes) vivem juntas. Para entender melhor a relação entre elas, os ecólogos realizaram três procedimentos:

- Removeram as formigas. Como consequência a densidade de roedores aumentou levemente, mas a densidade de sementes não variou.
- Removeram os roedores. Como consequência a densidade de formigas quase dobrou, mas, novamente, a densidade de sementes não variou.
- Removeram tanto formigas quanto roedores. Como consequência a densidade de sementes aumentou cinco vezes em relação aos valores anteriores.

Uma hipótese plausível que poderia indicar o objetivo dos ecólogos ao realizarem tais procedimentos seria a suposição de que as formigas e os roedores, quando juntos, podem estabelecer uma relação de

- A) competição pelas mesmas sementes.
- B) predatismo em que roedores comem formigas.
- C) comensalismo que desfavorece somente as formigas.
- D) mutualismo que favorece principalmente os roedores.

10. (UEA-AM-2016) Duas espécies, A e B, foram observadas em duas situações: vivendo separadamente e vivendo juntas.



Os resultados expressos no gráfico permitem concluir que a espécie A

- A) é parasita da espécie B.
- B) consome restos de alimento de B.
- C) prejudica a proliferação da espécie B.
- D) compete com B por alimento ou território.
- E) é predadora de B.

11. (UCB-DF-2016) É constante a relação entre os seres vivos e o ambiente, o qual consiste em fornecedor de recursos como energia, água e nutrientes. As diferentes espécies de organismos também possuem diversos tipos de relações. No que se refere às relações ecológicas, assinale a alternativa correta.

- A) No mutualismo, ambas as espécies se beneficiam e dependem uma da outra para sobreviver.
- B) O parasitismo é positivo tanto para a espécie parasita como para o respectivo hospedeiro.
- C) Uma relação em que há troca de benefícios é o inquilinismo.
- D) O comensalismo é a relação em que uma espécie se alimenta da outra, causando prejuízo à presa.
- E) No predatismo, assim como no amensalismo, não há competição.

12. (UECE-2016) Cada espécie ocupa um lugar no espaço onde busca sobreviver, crescer, reproduzir e manter uma população viável. Em um ecossistema, quando duas espécies distintas ocupam o mesmo nicho ecológico, espera-se que

- A) ocorra uma associação obrigatória entre os indivíduos dessas espécies, para que todos se beneficiem e consigam superar situações adversas.
- B) aconteça competição intraespecífica, necessária ao equilíbrio do ecossistema.
- C) haja disputa por recursos e, conseqüentemente, estabeleça-se uma competição interespecífica.
- D) uma das espécies ocupe um nível trófico elevado para escapar de situações competitivas.

13. (PUC Rio-2016) Peixes leões das espécies *Pterois volitans* e *P. miles* são nativos do Indo-Pacífico. Esses peixes, no entanto, foram introduzidos no Atlântico Ocidental, na costa dos Estados Unidos. A partir dessa introdução, diversos registros têm sido feitos em localidades mais ao sul da Flórida, como Caribe e, mais recentemente, litoral sudeste do Brasil. Nessas áreas, tais peixes são considerados espécies exóticas invasoras.

Com relação a essas espécies de peixes e à invasão das novas áreas, não é correto afirmar que

- A) essas espécies são endêmicas apenas de suas áreas de origem.
- B) as populações dessas espécies são reguladas pela ação de predadores locais.
- C) espécies invasoras são consideradas a segunda maior causa de extinção de espécies.
- D) representam uma séria ameaça à biodiversidade local por serem predadoras e competidoras eficientes.
- E) a invasão se dá em função do estabelecimento de relações desarmônicas com outras espécies da comunidade.

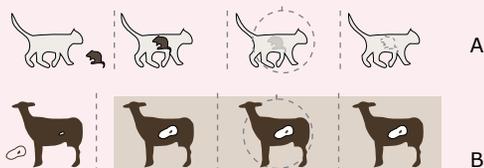
14. (Unicamp-SP-2017) Pesquisadores analisaram o número de polinizadores, a biodiversidade e o rendimento de cultivos dependentes de polinizadores (maçã, pepino, caju, café, feijão, algodão e canola, entre outros) em propriedades da África, Ásia e América do Sul. Nos países analisados, o rendimento agrícola cresceu de acordo com a densidade de polinizadores, indicando que a redução na população de abelhas e outros insetos poderia ser parcialmente responsável pela queda de produtividade.

Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/01/21/insetos-elevam-produtividade-agricola/>>.

Os resultados obtidos com a pesquisa relatada anteriormente sugerem que

- A) a presença de insetos nas lavouras pode ser uma das causas da queda de produtividade e biodiversidade.
- B) práticas agrícolas convencionais, com uso de pesticidas, favorecem os polinizadores e aumentam a produtividade.
- C) a adoção de medidas que ofereçam condições de vida mais favoráveis a polinizadores pode resultar em aumento de produtividade do feijão.
- D) a biodiversidade observada na África, Ásia e América do Sul demanda uso intenso de defensivos agrícolas.

15. (Unicamp-SP-2016) As figuras a seguir representam interações ecológicas.



- A) Pode-se afirmar que as interações ecológicas representadas em A e B são associações? Justifique sua resposta.
- B) Cite duas interações ecológicas harmônicas.

SEÇÃO ENEM

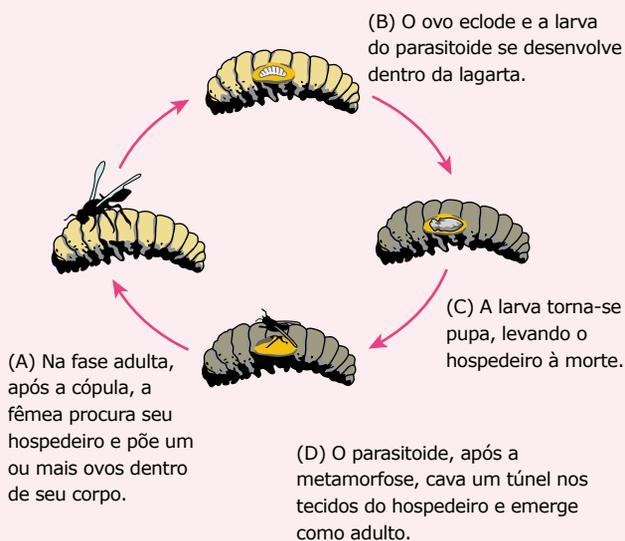
01. (Enem-2018) Insetos podem apresentar três tipos de desenvolvimento. Um deles, a holometabolía (desenvolvimento completo), é constituído pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto sexualmente maduro, que ocupam diferentes *habitats*. Os insetos com holometabolía pertencem às ordens mais numerosas em termos de espécies conhecidas.

Esse tipo de desenvolvimento está relacionado a um maior número de espécies em razão da

- A) proteção na fase de pupa, favorecendo a sobrevivência de adultos férteis.
- B) produção de muitos ovos, larvas e pupas, aumentando o número de adultos.
- C) exploração de diferentes nichos, evitando a competição entre as fases da vida.
- D) ingestão de alimentos em todas as fases da vida, garantindo o surgimento do adulto.
- E) utilização do mesmo alimento em todas as fases, otimizando a nutrição do organismo.

02. (Enem) Os parasitoides (misto de parasitas e predadores) são insetos diminutos que têm hábitos muito peculiares: suas larvas podem se desenvolver dentro do corpo de outros organismos, como mostra a figura. A forma adulta se alimenta de pólen e açúcares. Em geral, cada parasitoide ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

Ciclo de vida de um inseto parasitoide de lagartas



SANTO, M. M. E.; FARIA, M. L. Parasitoides: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 291, abr. 2012 (Adaptação).

A forma larval do parasitoide assume qual papel nessa cadeia alimentar?

- A) Consumidor primário, pois ataca diretamente uma espécie herbívora.
- B) Consumidor secundário, pois se alimenta diretamente dos tecidos da lagarta.

- C) Organismo heterótrofo de primeira ordem, pois se alimenta de pólen na fase adulta.
- D) Organismo heterótrofo de segunda ordem, pois apresenta o maior nível energético na cadeia.
- E) Decompositor, pois se alimenta de tecidos do interior do corpo da lagarta e a leva à morte.

03. (Enem) Existem bactérias que inibem o crescimento de um fungo causador de doenças no tomateiro, por consumirem o ferro disponível no meio. As bactérias também fazem fixação de nitrogênio, disponibilizam cálcio e produzem auxinas, substâncias que estimulam diretamente o crescimento do tomateiro.

PELZER, G. Q. et al. Mecanismos de controle da murcha-de-esclerócio e promoção de crescimento em tomateiro mediados por rizobactérias. *Tropical Plant Pathology*, v. 36, n. 2, mar./abr. 2011 (Adaptação).

Qual dos processos biológicos mencionados indica uma relação ecológica de competição?

- A) Fixação de nitrogênio para o tomateiro.
- B) Disponibilização de cálcio para o tomateiro.
- C) Diminuição da quantidade de ferro disponível para o fungo.
- D) Liberação de substâncias que inibem o crescimento do fungo.
- E) Liberação de auxinas que estimulam o crescimento do tomateiro.

04. (Enem) No Brasil, cerca de 80% da energia elétrica advém de hidrelétricas, cuja construção implica o represamento de rios. A formação de um reservatório para esse fim, por sua vez, pode modificar a ictiofauna local. Um exemplo é o represamento do Rio Paraná, onde se observou o desaparecimento de peixes cascudos quase que simultaneamente ao aumento do número de peixes de espécies exóticas introduzidas, como o mapará e a corvina, as três espécies com nichos ecológicos semelhantes.

PETESSE, M. L.; PETRERE, JR. M. *Ciência Hoje*, São Paulo, n. 293, v. 49, jun. 2012 (Adaptação).

Nessa modificação da ictiofauna, o desaparecimento de cascudos é explicado pelo(a)

- A) redução do fluxo gênico da espécie nativa.
- B) diminuição da competição intraespecífica.
- C) aumento da competição interespecífica.
- D) isolamento geográfico dos peixes.
- E) extinção de nichos ecológicos.

05. (Enem) As fêmeas de algumas espécies de aranhas, escorpiões e de outros invertebrados predam os machos após a cópula e inseminação. Como exemplo, fêmeas canibais do inseto conhecido como louva-a-deus, *Tenodera aridifolia*, possuem até 63% da sua dieta composta por machos parceiros. Para as fêmeas, o canibalismo sexual pode assegurar a obtenção de nutrientes importantes na reprodução. Com esse incremento na dieta, elas geralmente produzem maior quantidade de ovos.

BORGES, J. C. *Jogo mortal*. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br>>. Acesso em: 01 mar. 2012 (Adaptação).

Apesar de ser um comportamento aparentemente desvantajoso para os machos, o canibalismo sexual evoluiu nesses táxons animais porque

- A) promove a maior ocupação de diferentes nichos ecológicos pela espécie.
- B) favorece o sucesso reprodutivo individual de ambos os parentais.
- C) impossibilita a transmissão de genes do macho para a prole.
- D) impede a sobrevivência e reprodução futura do macho.
- E) reduz a variabilidade genética da população.

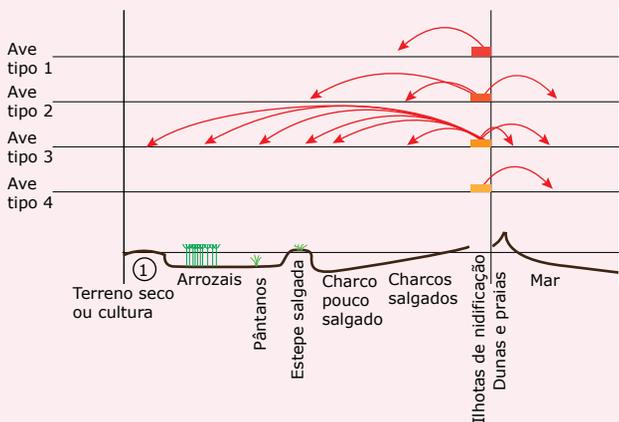
06. (Enem) Os vaga-lumes machos e fêmeas emitem sinais luminosos para se atraírem para o acasalamento. O macho reconhece a fêmea de sua espécie e, atraído por ela, vai ao seu encontro. Porém, existe um tipo de vaga-lume, o *Photuris*, cuja fêmea engana e atrai os machos de outro tipo, o *Photinus*, fingindo ser desse gênero. Quando o macho *Photinus* se aproxima da fêmea *Photuris*, muito maior que ele, é atacado e devorado por ela.

BERTOLDI, O. G.; VASCONCELLOS, J. R. *Ciência & sociedade: a aventura da vida, a aventura da tecnologia.* São Paulo: Scipione, 2000 (Adaptação).

A relação descrita no texto, entre a fêmea do gênero *Photuris* e o macho do gênero *Photinus*, é um exemplo de

- A) comensalismo.
- B) inquilinismo.
- C) cooperação.
- D) predatismo.
- E) mutualismo.

07. (Enem) O esquema a seguir representa os diversos meios em que se alimentam aves, de diferentes espécies, que fazem ninho na mesma região.



Com base no esquema, uma classe de alunos procurou identificar a possível existência de competição alimentar entre essas aves e concluiu que

- A) não há competição entre os quatro tipos de aves porque nem todas elas se alimentam nos mesmos locais.
- B) não há competição apenas entre as aves dos tipos 1, 2 e 4 porque retiram alimentos de locais exclusivos.

- C) há competição porque a ave do tipo 3 se alimenta em todos os lugares e, portanto, compete com todas as demais.
- D) há competição apenas entre as aves 2 e 4 porque retiram grande quantidade de alimento de um mesmo local.
- E) não se pode afirmar se há competição entre as aves que se alimentam em uma mesma região sem conhecer os tipos de alimentos que consomem.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. Soma = 24
- 02. A
- 03. A
- 04. E
- 05. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. B
- 03. E
- 04. C
- 05. D
- 06. B
- 07. C
- 08. B
- 09. A
- 10. B
- 11. A
- 12. C
- 13. B
- 14. C
- 15.
 - A) Uma associação é caracterizada pela coexistência de todos os organismos presentes na interação. Apenas na imagem B observamos essa situação. Em A temos um caso de predação, em que o organismo menor deixa de existir.
 - B) São exemplos de interações harmônicas: simbiose, protocoperação, mutualismo, inquilinismo e comensalismo.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

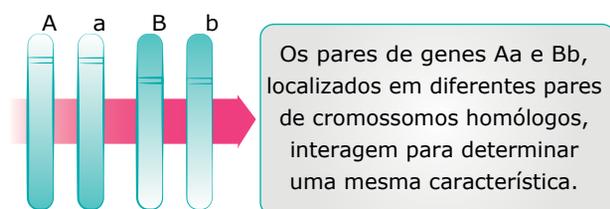
- 01. C
- 02. B
- 03. C
- 04. C
- 05. B
- 06. D
- 07. E



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Genética: Interação Gênica

A interação gênica entre genes não alelos consiste no fenômeno em que dois ou mais pares de genes agem conjuntamente para determinar uma única característica. Trata-se, portanto, de um fenômeno inverso ao da pleiotropia.



Existem diferentes tipos de interação entre genes não alelos. Um bom exemplo disso é o tipo de crista em galináceos domésticos. Para essa característica, os galináceos podem apresentar quatro tipos diferentes de cristas: crista ervilha, crista rosa, crista simples e crista noz conforme mostra a ilustração a seguir:



Arquivo Bernoulli

O tipo de crista depende da interação dos pares de genes – R / r e E / e – conforme descrito a seguir.

- **Crista ervilha:** O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene E e a ausência do gene R.
- **Crista rosa:** O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene R e a ausência do gene E.
- **Crista noz:** O galináceo precisa ter, no seu genótipo, a presença de pelo menos um gene R e pelo menos um gene E.
- **Crista simples:** o genótipo do galináceo não pode ter nenhum gene R e nenhum gene E.

Assim, conclui-se que os possíveis genótipos e respectivos fenótipos para a característica do tipo de crista em galináceos domésticos são:

Genótipos	Fenótipos
	<p>Crista ervilha</p>
	<p>Crista rosa</p>
	<p>Crista noz</p>
	<p>Crista simples</p>

Arquivo Bernoulli

Veja o exemplo a seguir.

- Um macho de crista rosa duplamente homocigoto é cruzado com uma fêmea de crista noz duplamente heterocigota. Quais são os possíveis fenótipos dos descendentes desse cruzamento e respectivas proporções?

Resolução:

Sendo o macho de crista rosa duplamente homocigoto, seu genótipo é RRee. Sendo a fêmea de crista noz duplamente heterocigota, seu genótipo é RrEe. Então, o cruzamento em questão é RRee x RrEe.

Ao se separar os possíveis gametas formados pelo macho e pela fêmea, encontra-se o seguinte:

Gametas masculinos	Gametas femininos
Re (100%)	RE (25%)
	Re (25%)
	rE (25%)
	re (25%)

Com os gametas anteriores, pode-se construir o seguinte genograma:

♀ \ ♂	RE (25%)	Re (25%)	rE (25%)	re (25%)
Re (100%)	RREe (25%) Crista noz	RRee (25%) Crista rosa	RrEe (25%) Crista noz	Rree (25%) Crista rosa

Resposta: 50% dos descendentes têm (porcentagem) crista do tipo noz, e 50%, do tipo rosa.

HERANÇA QUANTITATIVA

Também chamada de herança poligênica, poligenia ou, ainda, herança multifatorial, é uma modalidade de interação entre genes não alelos, em que o fenótipo depende da quantidade de certos tipos de genes presentes no genótipo.

Nesse tipo de herança, existem dois ou mais pares de genes alelos. Em cada par, um dos alelos é dito efetivo e o outro, não efetivo. O fenótipo é determinado por uma interação entre esses genes.

Um bom exemplo desse tipo de herança acontece com a determinação genética da coloração ou intensidade de pigmentação da pele na espécie humana. Essa característica depende da quantidade de melanina produzida, e essa quantidade é determinada por diferentes pares de genes que se segregam independentemente. Para exemplificar esse tipo de interação nessa característica, vamos considerar apenas dois pares de genes A / a e B / b.

Para esses dois pares de genes, podem-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
AABB	Negro
AABb AaBB	Moreno escuro
AAbb aaBB AaBb	Moreno médio
Aabb aaBb	Moreno claro
aabb	Branco

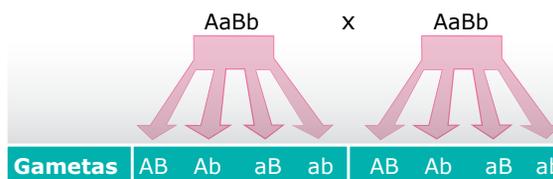
Observe, na tabela, que a quantidade de genes representados por letras maiúsculas (dominantes) ou por letras minúsculas (recessivos) presentes no genótipo é fator determinante do fenótipo: se os quatro genes dos dois pares de alelos forem dominantes, o indivíduo produzirá muita melanina e, conseqüentemente, terá a pele muito escura (negra); se três dos quatro genes forem dominantes, o indivíduo será moreno escuro; caso no genótipo existam dois genes e dois recessivo, o indivíduo será moreno médio; se, dos quatro genes, apenas um for dominante, o indivíduo será moreno claro e, se os quatro genes dos dois pares de alelos forem recessivo, o indivíduo produzirá menos melanina e, portanto, será branco. Conclui-se então que, nessa característica, quanto maior o número de genes dominantes presentes no genótipo do indivíduo, mais escura será a coloração de sua pele.

Veja o exemplo a seguir.

- Um casal de morenos médios teve um filho branco. Quais são os genótipos dos indivíduos que formam esse casal e como poderão ser seus próximos filhos quanto à coloração da pele?

Resolução:

Os morenos médios possuem no genótipo dois genes representados por letras maiúsculas e dois genes representados por letras minúsculas. Como o casal teve um filho branco (aabb), conclui-se que ambos possuem no genótipo os genes a e b. Assim, ambos têm genótipo AaBb.



Construindo um genograma com os gametas da figura anterior, obtêm-se as seguintes combinações:

☒ / ☒	ⒶB	Ⓐb	aⒷ	ab
ⒶB	Negros AABB	Morenos escuros AABb	Morenos escuros AaBB	Morenos médios AaBb
Ⓐb	Morenos escuros AABb	Morenos médios AAbb	Morenos médios AaBb	Morenos claros Aabb
aⒷ	Morenos escuros AaBB	Morenos médios AaBb	Morenos médios aaBB	Morenos claros aaBb
ab	Morenos médios AaBb	Morenos claros Aabb	Morenos claros aaBb	Branco aabb

A análise das combinações obtidas no genograma anterior permite concluir que os próximos filhos do casal poderão ser negros, morenos escuros, morenos médios, morenos claros ou brancos com as seguintes probabilidades de nascimentos:

- Negros (AABB): 1/16
- Morenos escuros (AABb e AaBB): 4/16 = 2/8
- Morenos médios (AaBb, AAbb e aaBB): 6/16 = 3/8
- Morenos claros (Aabb e aaBb): 4/16 = 2/8
- Brancos (aabb): 1/16

Em uma característica de herança quantitativa, o número de fenótipos é igual ao número de poligenes + 1. Assim, no caso da coloração da pele humana, visto anteriormente, existem 4 poligenes (A / a e B / b) e, portanto, 5 fenótipos distintos (negro, moreno escuro, moreno médio, moreno claro e branco). Se, por exemplo, em uma característica de herança quantitativa, participarem 6 poligenes (Aa, Bb, Cc), teremos 7 fenótipos diferentes, e assim por diante.

Inversamente, se soubermos o número de fenótipos distintos existentes num caso de herança quantitativa, o número de poligenes envolvidos será igual ao número de fenótipos - 1.

$$\begin{aligned} \text{N. de poligenes} &= \text{N. de fenótipos} - 1 \\ \text{N. de fenótipos} &= \text{N. de poligenes} + 1 \end{aligned}$$

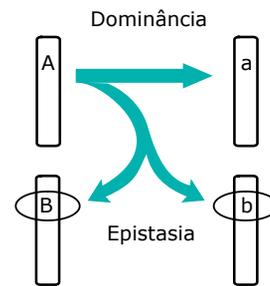
O número de pares de poligenes envolvidos na característica também pode ser calculado a partir do número de classes fenotípicas (número de fenótipos) por meio da seguinte relação:

$$\text{N. de pares de poligenes} = \frac{\text{N. de classes fenotípicas} - 1}{2}$$

Aplicando-se a relação anterior no caso da herança sobre a cor da pele na espécie humana, o número de pares de poligenes será: $\frac{5 - 1}{2} = 2$.

EPISTASIA

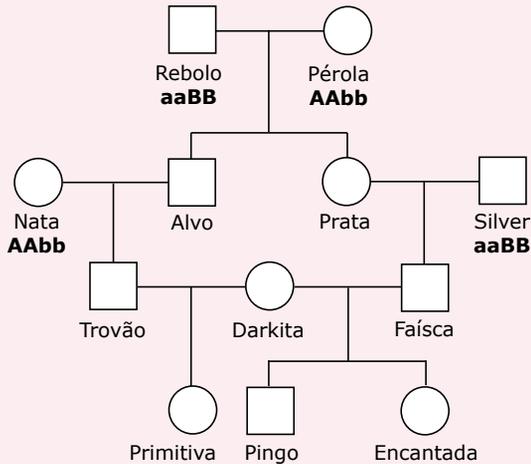
Nessa modalidade de interação gênica, um gene inibe ou oculta o efeito de outro gene que não seja seu alelo. O gene que inibe é chamado de epistático e o inibido é denominado hipostático. Os genes epistático e hipostático não são genes alelos.



Epistasia – Quando um gene inibe a manifestação do seu alelo, o inibidor é chamado de gene dominante, e o inibido, de gene recessivo. Quando um gene inibe a manifestação de outro que não seja seu alelo, o inibidor é denominado gene epistático, e o inibido, hipostático. No esquema anterior, os genes A / a são alelos, sendo o gene A dominante e o gene a recessivo. Os genes B / b também são alelos, sendo que B é o gene dominante e b, o gene recessivo. Admitindo-se que o gene A tenha a capacidade de inibir a ação dos genes B / b, então, o gene A é epistático em relação aos genes B / b. Os genes B / b, por sua vez, são hipostáticos em relação ao gene A.

A epistasia pode ser dominante ou recessiva.

- **Epistasia dominante:** O alelo dominante de um par inibe o efeito de genes alelos de um outro par, ou seja, o gene epistático é dominante no seu par de alelos. Por exemplo: em determinada raça de cães, a cor dos pelos depende da ação de dois pares de genes M / m e C / c, que se segregam independentemente. O gene M determina a formação de pelagem preta, já o seu alelo m condiciona uma pelagem marrom; o gene C inibe os genes M / m, isso é, inibe a manifestação da cor, e o seu alelo c permite a manifestação da cor. Quando o gene C está presente no genótipo, o animal apresenta uma pelagem branca. Nesse exemplo, então, o gene C é epistático, e os genes M / m são hipostáticos.



Qual dos seguintes cruzamentos poderá apresentar, na descendência, o cavalo mais veloz?

- Trovão x Darkita.
- Prata x Silver.
- Alvo x Nata.
- Prata x Alvo.
- Fáisca x Darkita.

04. (FCC-SP) Supondo que na aboboreira existam três pares de genes que influem no peso do fruto, uma planta $aabbcc$ origina frutos com aproximadamente 1 500 g e uma planta $AABBCC$, frutos de aproximadamente 3 000 g. Se essas duas plantas forem cruzadas, o peso aproximado dos frutos produzidos pelas plantas F1 será de

- 3 000 g.
- 2 500 g.
- 2 250 g.
- 2 000 g.
- 1 500 g.

05. (Cessem-SP) Na cebola, a cor do bulbo é resultado da ação de dois pares de genes que interagem. O gene C, dominante, determina bulbo colorido, e seu recessivo c determina bulbo incolor (branco). O gene B, dominante, determina bulbo vermelho, e seu recessivo b, bulbo amarelo. Cruzando-se indivíduos heterozigotos para os dois genes, obtém-se descendentes na seguinte proporção:

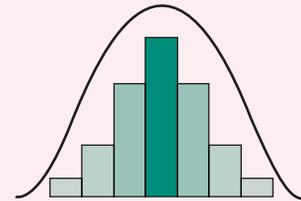
- 12 vermelhos : 3 brancos : 4 amarelos.
- 12 brancos : 3 vermelhos : 4 amarelos.
- 9 brancos : 3 amarelos : 4 vermelhos.
- 9 vermelhos : 3 brancos : 4 amarelos.
- 9 vermelhos : 3 amarelos : 4 brancos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UECE) Em determinado tipo de herança com efeito cumulativo de 6(seis) poligenes, a quantidade de classes fenotípicas encontradas é
- 2(duas), porque este tipo de herança funciona de acordo com as regras do monohibridismo.
 - 3(três), porque cada par de poligenes é responsável por uma classe fenotípica.
 - 6(seis), porque cada poligene é responsável por uma classe fenotípica.
 - 7(sete), porque o número de classes fenotípicas é igual ao número de poligenes mais um.

02. (UEFS-BA-2015)



O gráfico mostra a curva de distribuição quantitativa da variação fenotípica para uma determinada característica.

O número de alelos envolvidos na herança desse caráter é:

- 5.
- 6.
- 7.
- 9.
- 14.

03. (UNITAU-SP-2015) A epistasia é um fenômeno de interação genética em que um par de alelos controla a expressão de genes de um outro par. Considere que a determinação da cor da pelagem do camundongo comum é representada por um dado par de alelos A, em que a cor marrom é dominante e a cor preta é recessiva. Considere também que a determinação da cor da pelagem nesses animais representa um caso de epistasia recessiva, dada pelo gene não alelo C.

Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- $ccAA$ é o genótipo que produz fenótipo albino.
- $ccAA$ é o genótipo que produz fenótipo preto.
- $CcAA$ é o genótipo que produz o fenótipo albino.
- $ccA_$ é o genótipo que produz fenótipo marrom.
- $CcAa$ é o genótipo que produz fenótipo albino.

- 04.** (UECE) Na interação gênica, os casos de epistasia recessiva acontecem em camundongos que possuem pelagem aguti, preta ou albina. No cruzamento do duplo-heterozigoto aguti $AaPp \times AaPp$, sabendo-se que o alelo P condiciona a cor aguti, o alelo p condiciona a cor preta e o alelo A permite a manifestação da cor enquanto a a inibe, pode-se afirmar corretamente que a proporção mendeliana fenotípica clássica de 9 : 3 : 3 : 1 é alterada para
- A) 12 : 3 : 1.
 - B) 15 : 1.
 - C) 13 : 3.
 - D) 9 : 3 : 4.

- 05.** (Unesp) Um dos casos de herança quantitativa é a cor da pele humana, em que os fenótipos são obtidos com a combinação de, no mínimo, dois pares de genes não alelos. Supondo que um casal de mulatos médios com genótipo $PpNn$ (P e N determinam grande produção de melanina) tenha filhos, a probabilidade desses serem brancos é de:
- A) 1/16.
 - B) 4/16.
 - C) 5/16.
 - D) 6/16.
 - E) 8/16.

- 06.** (Uniube-MG) Um exemplo de herança quantitativa na nossa espécie é a cor da pele, característica estudada por Davenport, que mostrou que essa característica é determinada por dois pares de genes, os quais não apresentam dominância entre si, porém seus efeitos são aditivos.

O quadro a seguir mostra os fenótipos e os genótipos para a cor da pele.

Fenótipos	Genótipos
Negro	SSTT
Mulato escuro	SSTt ou SsTT
Mulato médio	SsTt ou SStt ou ssTT
Mulato claro	Sstt ou ssTt
Branco	ssst

Um casal formado por uma mulher mulato-média ($SsTt$) e um homem branco ($ssst$) poderá ter filhos que apresentem os seguintes fenótipos:

- A) Mulato médio, mulato claro e branco.
- B) Mulato claro e branco.
- C) Mulato médio, mulato escuro e mulato claro.
- D) Mulato escuro, mulato médio e branco.
- E) Mulato médio e branco.

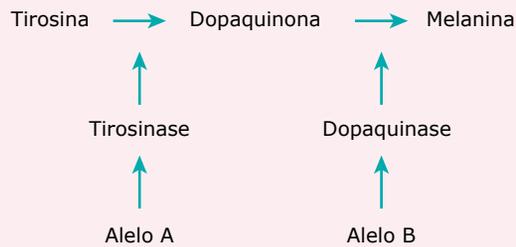
- 07.** (PUC-SP) Em galinhas, os genótipos R_ee , $rrE_$, $R_E_$ e $rree$ determinam, respectivamente, os seguintes tipos de cristas: rosa, ervilha, noz e simples. Em 80 descendentes provenientes do cruzamento $Rree \times rrEe$, o resultado esperado é o seguinte:
- A) 20 noz, 20 rosa, 20 ervilha, 20 simples.
 - B) 30 noz, 30 rosa, 10 ervilha, 10 simples.
 - C) 45 noz, 15 rosa, 15 ervilha, 5 simples.
 - D) 45 noz, 30 rosa, 5 ervilha.
 - E) 60 noz, 20 simples.

- 08.** (USP-2015) Quando plantas de abóbora com frutos discoides (AABB) são cruzadas com plantas de frutos alongados (aabb), toda a geração F1 tem frutos discoides. Na F2, 9/16 dos frutos são discoides, 6/16 são esféricos e 1/16 são alongados. Entre as plantas com frutos esféricos da F2, há
- A) apenas um único genótipo.
 - B) sempre um único alelo recessivo.
 - C) nove genótipos diferentes.
 - D) quatro classes genotípicas.
 - E) somente os genótipos $AaBb$ ou $aaBb$.

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

- 10.** (UDESC-2016) A altura de uma determinada planta é determinada por dois genes de efeito aditivo, A e B e seus respectivos alelos a e b. Os alelos A e B acrescentam 0,30 cm às plantas e os alelos a e b 0,15 cm. Ao se cruzarem plantas $AABB$ com plantas $AaBb$, pode-se esperar a frequência entre os descendentes de
- A) 25% com 2,40 m; 50% com 2,10 m e 25% com 1,90 m.
 - B) 75% com 2,10 m e 25% com 1,40 m.
 - C) 50% com 1,20 m e 50% com 0,60 m.
 - D) 25% com 1,20 m e 75% com 0,60 m.
 - E) 25% com 1,20 m; 50% com 1,05 m e 25% com 0,90 m.

11. (UFMA) O esquema a seguir demonstra a via metabólica da produção do pigmento melanina:



Com base no demonstrado, pode-se dizer:

- I. Toda a prole de casal albino (tirosinase negativo) X albino (tirosinase positivo) será sempre albina.
 II. O esquema anterior demonstra um caso de interação gênica.
 III. A única forma de um indivíduo ser albino é ele sendo duplo recessivo (aabb).

Indique a opção correta.

- A) Somente I é verdadeira. C) Somente I e II são verdadeiras. E) Somente II e III são verdadeiras.
 B) Somente II é verdadeira. D) Somente I e III são verdadeiras.

12. (UFRGS-RS-2015) O quadro apresenta a distribuição dos 4 diferentes alelos do gene A cujas combinações genotípicas são responsáveis pelos padrões de coloração da pelagem de algumas raças caninas.

Raça	Padrão de coloração	Genótipo
Doberman	<i>tan</i>	$a^t a^t$
Collie	dourada	$a^y a^y$
Collie	dourada	$a^y a^t$
Pastor de Shetland	preta	aa
Pastor de Shetland	<i>tan</i>	$a^t a$
Pastor de Shetland	dourada	$a^y a$
Eurasier	preta	aa
Eurasier	prateada	$a^w a^w$
Eurasier	prateada	$a^w a^t$
Eurasier	dourada	$a^y a^w$
Eurasier	prateada	$a^w a$

DREGER, D. L.; SCHMUTZ, S. M. A SINE insertion causes the Black – and – tan and Saddle Tan Phenotypes in domestic dogs. *Journal of Heredity*, v. 102, supplement 1, September/October 2011, S.11-S.18 (Adaptação).

Assinale a alternativa correta, considerando que o gene K é epistático em relação ao gene A de tal forma que, na presença de K, todos os cães têm a cor do pelo preta; e que o genótipo kk permite a expressão dos diferentes alelos do gene A.

- A) O cruzamento entre cães $KK a^y a^w$ X $Kk a^y a^w$ somente resulta cães com cor do pelo preta.
 B) Os cães apresentados no quadro são homocigotos dominantes para o gene K.
 C) O cruzamento entre cães kk prateados pode acarretar cães dourados.
 D) A cor de pelo preta somente pode ser obtida em cães homocigotos para os dois genes citados.
 E) O cruzamento entre di-híbridos $Kk a^y a$ resulta em 9/16 animais pretos.

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

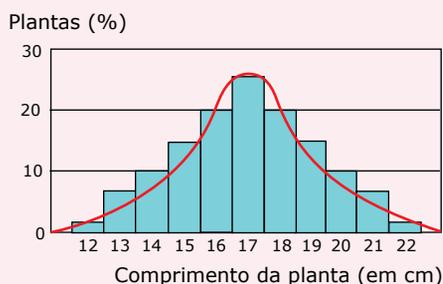
- A) 0, 0 e 36. C) 18, 9 e 9. E) 18, 18 e 0.
 B) 9, 9 e 18. D) 18, 0 e 18.

SEÇÃO ENEM

01. Em um caso de herança quantitativa (poligênica), o número de genes envolvidos (número de poligenes) e o número de fenótipos possíveis obedecem à seguinte relação:

$$N. \text{ de poligenes} = N. \text{ de fenótipos} - 1$$

O gráfico a seguir refere-se a uma característica poligênica de uma planta, onde estão representados os diferentes tipos de fenótipos para a característica comprimento da planta.



É correto dizer que a característica em questão envolve a participação de

- A) 10 poligenes.
- B) 11 poligenes.
- C) 12 poligenes.
- D) 22 poligenes.
- E) 24 poligenes.

02. A cor da íris do olho humano varia do azul-claro ao castanho-escuro ("preto"), passando pelo cinza, verde, avelã e por algumas tonalidades de castanho. Essas diferentes cores são produzidas pela presença de diferentes quantidades do pigmento melanina, o mesmo que dá cor à pele e aos pelos.

Vamos considerar que a cor dos olhos na espécie humana seja resultado de uma interação entre quatro pares de poligenes. A tabela a seguir mostra o número de alelos efetivos no genótipo e os respectivos fenótipos.

Número de alelos efetivos no genótipo	Cor dos olhos
0	Azul-claro
1	Azul-médio
2	Azul-escuro
3	Cinza
4	Verde
5	Avelã
6	Castanho-claro
7	Castanho-médio
8	Castanho-escuro

BURNS, George W.; BOTTINO, Paul J. *Genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p. 288.

Um casal, em que o homem tem olhos castanho-escuros e a mulher, olhos azul-claros, teve uma filha. Considerado as informações fornecidas pela tabela e não considerando ocorrência de mutações, conclui-se que a filha desse casal tem

- A) olhos azuis.
- B) olhos cinza.
- C) olhos verdes.
- D) olhos avelã.
- E) olhos castanhos.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. C
- 03. D
- 04. C
- 05. E

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. B
- 03. A
- 04. D
- 05. A
- 06. A
- 07. A
- 08. D
- 09. A
- 10. E
- 11. B
- 12. A
- 13. A

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Genética: Herança dos Grupos Sanguíneos

SISTEMA ABO

No chamado sistema ABO, o sangue humano é classificado em quatro tipos ou grupos: sangue A, sangue B, sangue AB e sangue O. Essa classificação se baseia em certos tipos de aglutinogênios (antígenos) presentes na membrana plasmática das hemácias e em certos tipos de aglutininas (anticorpos) presentes no plasma. Veja o quadro a seguir.

Tipo sanguíneo	Antígeno(s)	Anticorpos
A	A (a)	Anti-B
B	B (b)	Anti-A
AB	A (a) e B (b)	Ausente
O	Ausente	Anti-A e anti-B

Essa característica é um caso de polialelia (alelos múltiplos), e os genes com ela relacionados são:

- Gene I^A ou A: Determina a formação de sangue tipo A.
- Gene I^B ou B: Determina a formação de sangue tipo B.
- Gene i ou o: Determina a formação de sangue tipo O.

Entre os genes I^A e i , temos um caso de herança com dominância absoluta, o mesmo ocorrendo entre os genes I^B e i . Já entre os genes I^A e I^B , há uma codominância. O quadro a seguir mostra os diferentes genótipos com os respectivos fenótipos para essa característica.

Genótipos	Fenótipos
$I^A I^A$ ou AA	Sangue tipo A
$I^A i$ ou AO	Sangue tipo A
$I^B I^B$ ou BB	Sangue tipo B
$I^B i$ ou BO	Sangue tipo B
$I^A I^B$ ou AB	Sangue tipo AB
ii ou OO	Sangue tipo O

O quadro a seguir mostra as possíveis trocas sanguíneas por doação e por recepção no sistema ABO.

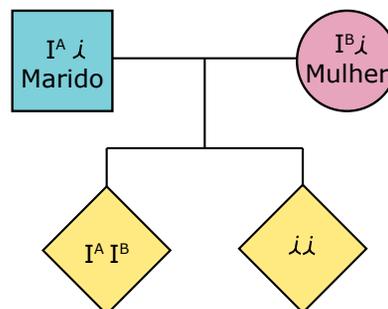
Grupo sanguíneo	Pode doar a	Pode receber de
A	A e AB	A e O
B	B e AB	B e O
AB	AB	A, B, AB e O
O	O, A, B e AB	O

Vejam, agora, alguns exemplos da herança do sistema ABO.

- Uma mulher do grupo sanguíneo B precisa urgentemente receber sangue. Sabendo que seu marido pertence ao grupo A e que seus dois filhos são um do grupo AB e outro do grupo O, determinar
 - o genótipo das pessoas citadas.
 - as pessoas, entre as citadas, que poderão doar sangue a essa mulher.

Resolução:

Com os dados fornecidos pelo enunciado, podemos construir a seguinte genealogia.



- O filho do grupo O tem genótipo ii ; daí, deduz-se que tanto o marido como a mulher são portadores do gene i . Como o marido pertence ao grupo A, conclui-se que seu genótipo é $I^A i$. E, sendo a mulher do grupo B, seu genótipo é $I^B i$. O filho do grupo AB tem, evidentemente, genótipo $I^A I^B$.

Resposta: Mulher: $I^B i$; Marido: $I^A i$; Filhos: $I^A I^B$ e ii .

- Sendo a mulher do grupo B, poderá receber sangue apenas de indivíduos pertencentes ao próprio grupo B ou ao grupo O. Logo, entre os indivíduos citados, apenas o filho do grupo O poderá doar sangue à referida mulher.

Resposta: Apenas o filho do grupo O.

- Uma mulher "receptora universal" para o sistema ABO casa-se com um indivíduo cujos avós paternos e maternos são "doadores universais". Como poderão ser os fenótipos sanguíneos dos filhos desse casal?

Resolução:

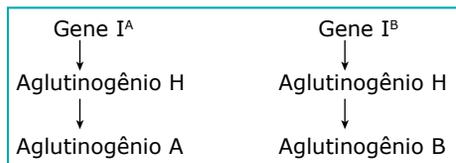
A mulher, sendo "receptora universal", pertence ao grupo sanguíneo AB e, portanto, seu genótipo é $I^A I^B$. O homem, cujos avós paternos são do grupo O (ii) e avós maternos também do grupo O (ii), tem pai e mãe do grupo O (ii). Logo, esse homem também pertence ao grupo O e tem o genótipo ii . Assim, do casamento entre uma mulher $I^A I^B$ com um homem ii , os filhos poderão ser do grupo A ($I^A i$) ou do grupo B ($I^B i$) conforme mostra o genograma a seguir:

Gametas	I^A	I^B
i	$I^A i$ sangue A	$I^B i$ sangue B
i	$I^A i$ sangue A	$I^B i$ sangue B

Resposta: Sangue tipo A ou sangue tipo B.

OBSERVAÇÃO

Na realidade, a herança do sistema ABO envolve a participação de dois pares de genes situados em cromossomos homólogos distintos. Trata-se, portanto, de um caso de interação gênica envolvendo dois pares de genes. Um desses pares é constituído pelos genes H / h. O gene H determina a formação de um antígeno, o aglutinogênio H, e o gene h impede a formação desse aglutinogênio. Assim, para esse par de genes, podemos ter os seguintes genótipos: HH, Hh e hh. Indivíduos HH ou Hh produzem o aglutinogênio H, e os indivíduos hh não produzem esse aglutinogênio. É a partir do aglutinogênio H que são formados os aglutinogênios A e B do sistema ABO. Assim, o gene I^A , agindo sobre o aglutinogênio H, promove a síntese do aglutinogênio A, ao passo que o gene I^B determina a formação do aglutinogênio B.



Observe que, para formar aglutinogênios A e B, primeiro é preciso que se forme o aglutinogênio H.

Pelo que acabamos de observar, o indivíduo, para ser do grupo sanguíneo A, além de ser $I^A I^A$ ou $I^A i$, precisa ter também pelo menos um gene H; para ser do grupo B, além de ser $I^B I^B$ ou $I^B i$, também precisa ter pelo menos um gene H, e, para ser do grupo AB, além de ser $I^A I^B$, precisa ter pelo menos um gene H. Se o indivíduo for hh, não haverá a produção do aglutinogênio H e, nesse caso, mesmo que tenha os genes I^A e / ou I^B , não haverá a produção dos aglutinogênio A e / ou B.

Concluimos, então, que os genótipos e os fenótipos para o sistema ABO são:

Genótipos	Fenótipos
$HHI^{AA} / HHI^A i / HhI^{AA} / HhI^A i$	Sangue A
$HHI^{BB} / HHI^B i / HhI^{BB} / HhI^B i$	Sangue B
HHI^{AB} / HhI^{AB}	Sangue AB
$HHii / Hhii$	Sangue O
$hhI^{AA} / hhI^A i / hhI^{BB} / hhI^B i / hhI^{AB} / hhii$	Sangue "Falso" O

Os indivíduos de genótipos HH*ii*, Hh*ii* e os de genótipos hh*I^AI^A*, hh*I^Ai*, hh*I^BI^B*, hh*I^Bi*, hh*I^AI^B*, hh*ii*, por meio das técnicas tradicionais de determinação da tipagem sanguínea, são identificados como sendo do grupo sanguíneo O. A diferença entre o "verdadeiro" O e o "falso" O é dada pelo aglutinogênio H. O verdadeiro O não possui os aglutinogênios A e B, mas possui o aglutinogênio H. O "falso" O, além de não possuir os aglutinogênios A e B, também não tem o aglutinogênio H. Os indivíduos "falso" O correspondem a uma pequena parcela da população (menos de 1%), sendo mais frequentes na Índia, especialmente na região de Bombaim, vindo daí a expressão fenótipo Bombaim para se referir ao sangue "falso" O.

Como a frequência em nossa população do sangue "falso" O é muito baixa, ao resolvermos problemas relacionados com a herança do sistema ABO, normalmente, consideramos apenas os genes I^A , I^B e i .

SISTEMA RH (SISTEMA D)

Nesse sistema, o sangue humano é classificado em dois tipos: Rh positivo (Rh^+) e Rh negativo (Rh^-). Essa classificação baseia-se na presença ou não na membrana das hemácias do aglutinogênio (antígeno) fator Rh (fator D). As pessoas que possuem o fator Rh são ditas Rh^+ (Rh positivo), já as que não o possuem são Rh^- (Rh negativo).

A presença ou não do fator Rh na membrana das hemácias é determinada pelos seguintes genes:

- Gene R (gene D): Determina a formação do fator Rh, isso é, que o sangue seja Rh^+ (Rh positivo).
- Gene r (gene d): Não determina a formação do fator Rh, isso é, que o sangue seja Rh^- (Rh negativo).

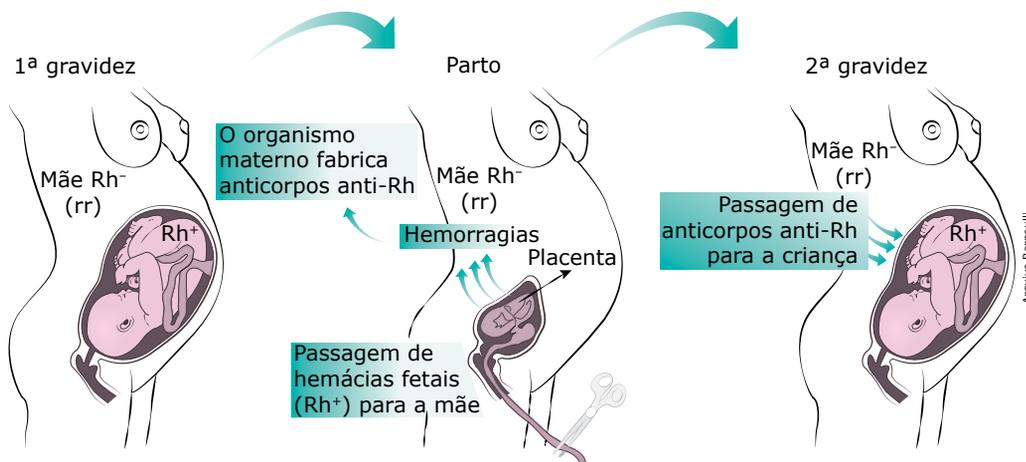
Como entre esses dois alelos há dominância absoluta, os possíveis genótipos e respectivos fenótipos para essa característica são:

Fator Rh	
Genótipos	Fenótipos
RR (DD)	Rh^+ (Rh positivo) ou D^+ (D positivo)
Rr (Dd)	Rh^+ (Rh positivo) ou D^+ (D positivo)
rr (dd)	Rh^- (Rh negativo) ou D^- (D negativo)

As pessoas Rh⁻ ou D⁻ não nascem com a aglutinina anti-Rh ou anti-D, mas têm a capacidade de produzi-la quando o seu sangue entra em contato com o aglutinogênio Rh. Isso, evidentemente, pode ocorrer quando se realizam transfusões sanguíneas erradas, ou seja, quando uma pessoa Rh⁻ recebe sangue Rh⁺. O quadro a seguir mostra como devem ser as transfusões sanguíneas, considerando o sistema Rh.

Tipo de sangue	Pode doar a	Pode receber de
Rh ⁺	Rh ⁺	Rh ⁺ e Rh ⁻
Rh ⁻	Rh ⁺ e Rh ⁻	Rh ⁻

Outro problema muito importante relacionado ao sistema Rh é a incompatibilidade materno-fetal, ocasionando a eritroblastose fetal, também conhecida por Doença Hemolítica do Recém-Nascido (DHRN). Essa doença ocorre quando a mãe tem sangue Rh⁻ e gera um filho Rh⁺. Nesse caso, o seu organismo sofre, notadamente por ocasião do parto (quando do descolamento da placenta), uma invasão de hemácias fetais que contêm o aglutinogênio Rh estranhos a ela. Com isso, há uma sensibilização do organismo dessa mulher ao fator Rh. Assim, o organismo começa a produzir e a acumular no sangue a aglutinina anti-Rh. Em gestações posteriores, as aglutininas anti-Rh maternas podem atravessar as barreiras placentárias e alcançar a circulação do feto. Sendo esses filhos também Rh⁺, haverá a incompatibilidade entre as aglutininas anti-Rh provenientes da circulação materna com as hemácias fetais que contêm o fator Rh, ocasionando a aglutinação do sangue da criança, com destruição das suas hemácias (hemólise). Como mecanismo de defesa, a medula óssea vermelha da criança começa a lançar, na circulação, hemácias ainda muito jovens, os eritroblastos. Daí, o nome eritroblastose fetal. Evidentemente, para que essa situação ocorra, o pai da criança deverá ser Rh⁺ (Rh positivo).



Esquema mostrando a origem da eritroblastose fetal.

Quando uma criança nasce e é feito o diagnóstico da doença hemolítica do recém-nascido, a criança poderá ser salva por meio da exotransfusão sanguínea. Trata-se de um procedimento que consiste em substituir gradualmente todo o sangue da criança por sangue Rh⁻. Isso dará tempo para que, no organismo da criança, ocorra a destruição das aglutininas anti-Rh recebidas da mãe até que haja a produção de novas hemácias com o fator Rh. Há casos mais graves nos quais a criança nasce profundamente edemaciada (inchada) e, nesses casos, o índice de mortalidade costuma ser elevado.

Não devemos esquecer também que, atualmente, a eritroblastose fetal pode ser prevenida por meio da administração à mãe Rh⁻ (dentro das 72 horas após o parto) de um soro contendo elevadas doses de aglutinina anti-Rh, também chamada de imunoglobulina anti-D. Dessa forma, esses anticorpos vão destruir rapidamente na circulação materna todas as hemácias contendo o fator Rh provenientes do feto. Isso evitará que o organismo materno faça o reconhecimento do fator Rh como sendo um elemento estranho e, conseqüentemente, impedirá que essa mulher se sensibilize ao fator Rh, ou seja, a mulher não produzirá em seu próprio organismo a aglutinina anti-Rh. Uma vez eliminadas as hemácias invasoras provenientes da circulação do feto, o organismo materno metaboliza os anti-Rh que recebeu em altas doses após o parto.

A aplicação desse soro contendo elevada dose de anti-Rh só é válida se feita logo após o primeiro parto de filho Rh⁺ e repetida todas as vezes que nascerem novos filhos Rh⁺. Em uma mulher que já esteja sensibilizada ao fator Rh, ou seja, que já produz e tem circulando em seu corpo o anti-Rh, a aplicação desse soro não tem qualquer significado.

Vejam, agora, um exemplo da herança do sistema Rh:

- Um homem, cujos pais são Rh⁻, casa-se com uma mulher Rh⁺, filha de pai Rh⁺ e mãe Rh⁻. Qual a probabilidade de o primeiro filho do casal ser uma criança Rh⁺?

Resolução:

O homem em questão é Rh⁻ (rr), uma vez que seus pais também são Rh⁻. A mulher é Rh⁺ heterozigota (Rr), uma vez que recebeu de sua mãe o gene r. Então, o casal em questão é rr x Rr. A probabilidade de esse casal ter uma criança Rh⁺ será de 1/2 (50%).

Resposta: 1/2 (50%).



I2DY

Eritroblastose fetal

Esse objeto de aprendizagem mostra como ocorre a manifestação da doença hemolítica do recém-nascido, bem como seus principais sintomas e formas de tratamento. Perceba como funciona a incompatibilidade sanguínea e tente associar suas causas aos conceitos de aglutinogênio e aglutinina. Bom trabalho!

SISTEMA MN

Nesse sistema, o sangue humano é classificado em três tipos: sangue M, sangue N e sangue MN. Os indivíduos que têm sangue M possuem na membrana de suas hemácias o aglutinogênio M; os indivíduos de sangue N possuem o aglutinogênio N, e os de sangue MN possuem os aglutinogênios M e N.

Os genes responsáveis pela determinação do tipo de sangue nesse sistema de classificação são:

- Gene L^M: Determina a formação de sangue tipo M.
- Gene L^N: Determina a formação de sangue tipo N.

Entre esses dois genes, há uma codominância. Assim, quando esses dois genes estiverem juntos no mesmo genótipo, o indivíduo terá sangue MN.

Para essa característica, distinguem-se, então, três genótipos e três fenótipos diferentes conforme mostra o quadro a seguir.

Sistema MN	
Genótipos	Fenótipos
L ^M L ^M	Sangue tipo M
L ^N L ^N	Sangue tipo N
L ^M L ^N	Sangue tipo MN

Quanto às transfusões sanguíneas, normalmente, o sistema MN não causa grandes preocupações, já que não existem previamente os anticorpos anti-M e anti-N no plasma dos indivíduos. Transfusões repetidas podem, no entanto, sensibilizar o indivíduo e desencadear a produção desses anticorpos.

O conhecimento do tipo de sangue para o sistema MN é, muitas vezes, de grande valia em Medicina Legal, especialmente nos exames de exclusão de paternidade. Veja o exemplo a seguir:

- Uma mulher do grupo sanguíneo AB, Rh⁺, M acusa, na Justiça, um indivíduo do grupo O, Rh⁺, M de ser o pai de seu filho, uma criança do grupo A, Rh⁻, MN. Essa acusação pode ser contestada pela genética? Explicar.

Resolução:

Considerando apenas o sistema ABO, o indivíduo em questão pode ser o pai da criança, uma vez que uma mulher do grupo AB (I^AI^B) pode gerar uma criança do grupo A com um indivíduo do grupo O (ii). Nesse caso, a criança teria genótipo I^Ai.

Considerando o sistema Rh, a criança em questão também pode ser filha do casal, uma vez que a união de uma mulher Rh⁺ com um indivíduo Rh⁺ pode gerar uma criança Rh⁻ (rr), bastando, para isso, que o casal seja formado por indivíduos Rh⁺ heterozigotos (Rr).

Considerando o sistema MN, o indivíduo em questão, cujo genótipo é L^ML^M, com a mulher que também é L^ML^M, não pode ser pai de uma criança L^ML^N.

Resposta: A acusação pode ser contestada pela genética, uma vez que o pai de uma criança do grupo MN (L^ML^N), cuja mãe é do grupo M (L^ML^M), não pode ser um indivíduo do grupo M (L^ML^M). O pai dessa criança terá de ser do grupo N (L^NL^N) ou do grupo MN (L^ML^N).

OBSERVAÇÃO

Por meio do exame da tipagem sanguínea, pode-se, muitas vezes, excluir um indivíduo de ser o pai de determinada criança, ou excluir a possibilidade de uma criança ser filha de determinado casal. Esse exame, entretanto, não permite a confirmação da paternidade ou a confirmação de que uma criança é realmente filha de determinado casal. Para a confirmação da paternidade, há um exame mais sofisticado, o teste do DNA, que permite confirmar a paternidade com 99,9% de certeza. Trata-se de um teste que compara segmentos de DNA da criança, da mãe e do(s) possível(eis) pai(s). O teste do DNA também permite decidir a filiação de uma criança cuja guarda esteja sendo disputada por dois ou mais casais.



Grupos sanguíneos

Nesse objeto de aprendizagem, você será o responsável por cuidar das transfusões sanguíneas do hospital. Aprese-se, pois os pacientes estão acidentados e precisam de sua ajuda! Todavia, seja cauteloso(a) com a tipagem sanguínea dos pacientes para que as transfusões sejam um sucesso. Faça um excelente trabalho!



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (PUC Minas) 7241 No ambulatório de uma pequena cidade do interior, estava D. Josefa, que precisava urgentemente de transfusão sanguínea, mas não sabia o seu grupo sanguíneo. Como faltavam antissoros para a determinação dos grupos sanguíneos no sistema ABO, Dr. Epaminondas, que é do grupo A, usou de um outro recurso: retirou um pouco de seu próprio sangue do qual separou o soro, fazendo o mesmo com o sangue de D. Josefa. O teste subsequente revelou que o soro do Dr. Epaminondas provocava aglutinação das hemácias de D. Josefa, mas o soro de D. Josefa não era capaz de aglutinar as hemácias do Dr. Epaminondas.

A partir dos resultados, Dr. Epaminondas pôde concluir que D. Josefa apresenta sangue do grupo

- A) A. B) B. C) AB. D) O.

02. (Mackenzie-SP) Um homem sofreu um acidente e precisou de transfusão sanguínea. Analisando o seu sangue, verificou-se a presença de anticorpos anti-A e ausência de anti-B. No banco de sangue do hospital, havia três bolsas disponíveis, sendo que o sangue da bolsa 1 apresentava todos os tipos de antígenos do sistema ABO, o sangue da bolsa 2 possui anticorpos anti-A e anti-B e a bolsa 3 possui sangue com antígenos somente do tipo B. Esse homem pode receber sangue

- A) da bolsa 2 ou da bolsa 3. D) apenas da bolsa 1.
B) da bolsa 1 ou da bolsa 2. E) apenas da bolsa 3.
C) apenas da bolsa 2.

03. (UFJF-MG) Além do teste de DNA, há exames mais simples que podem ajudar a esclarecer dúvidas sobre paternidade. Por exemplo, o teste de tipagem sanguínea do sistema ABO permite determinar quem não pode ser o pai. Assinale a alternativa que apresenta uma situação em que esse exame assegura a exclusão da paternidade.

- A) O filho é do tipo O, a mãe do tipo O e o suposto pai do tipo O.
B) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo AB e o suposto pai do tipo O.
C) O filho é do tipo AB, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.
D) O filho é do tipo B, a mãe do tipo B e o suposto pai do tipo O.
E) O filho é do tipo A, a mãe do tipo A e o suposto pai do tipo B.

04. (CMMG-2018) [...] "O resultado é péssimo se os anticorpos da mãe começam a entrar na circulação do feto. Normalmente são anticorpos incompletos, extremamente ativos, que causarão a hemólise. Apesar da anemia secundária, e eliminação do principal metabólito da hemoglobina (isto é, bilirrubina), aumenta a concentração dela no sangue até uns níveis de 18 mg%, o que, geralmente causará icterícia nuclear (o tecido nervoso tendo uma grande afinidade para a bilirrubina).

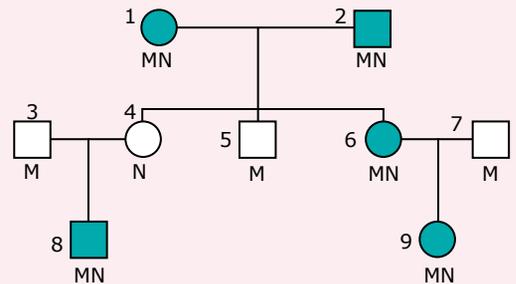
Parece que somente a bilirrubina indireta é tóxica para os neurônios, impedindo a oxigenação deles. Desse jeito, a hipóxia, junto com a ação das aglutininas sobre os endotélios, causa um aumento da permeabilidade dos endotélios, extravasão de proteínas e síndrome edematosa." [...]

Disponível em: <<http://www.misodor.com/DHPN.html>>.

O fragmento de texto anterior está relacionado com todas as indicações abaixo, exceto

- A) Incompatibilidade sanguínea materno-fetal.
B) Gestação de filhos Rh⁻ por mães Rh⁺.
C) Doença hemolítica do recém-nascido.
D) Eritroblastose fetal.

05. (Cesgranrio) Y8NV A observação do esquema a seguir, que representa a genealogia de uma família em relação aos grupos sanguíneos MN, nos permite afirmar que



- A) sangue MN é característica determinada por gene dominante.
B) os indivíduos 4 e 5 são heterozigotos.
C) o casal 3 e 4 poderá ter filhos dos três tipos de grupos sanguíneos.
D) se o indivíduo 5 casar-se com uma mulher de sangue N, todos os filhos serão heterozigotos.
E) um próximo filho do casal 6 e 7 poderá ser do grupo N.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (PUC Rio) Se os cônjuges têm sangue do tipo AB, os tipos possíveis de sangue dos filhos são

- A) A e AB. D) A e B.
B) A, AB e O. E) A, B e O.
C) A, B e AB.

02. (PUC Minas-2015) Os grupos sanguíneos humanos (ABO) são determinados por um sistema de alelos múltiplos. Se um recém-nascido é do tipo A e sua mãe é do tipo B, o pai poderá ter

- A) os dois genótipos do tipo A ou AB.
B) apenas genótipos do tipo AB.
C) genótipos do tipo O.
D) genótipos dos tipos A ou B.

03. (UEMG–2016) Ana Júlia está superpreocupada porque ouviu dizer que, sendo ela Rh⁻ (negativo) e seu namorado Emílio Rh⁺ (positivo), não poderiam se casar nem ter filhos, porque, senão, todos eles nasceriam com a doença hemolítica eritroblastose fetal, que os mataria logo após o nascimento.

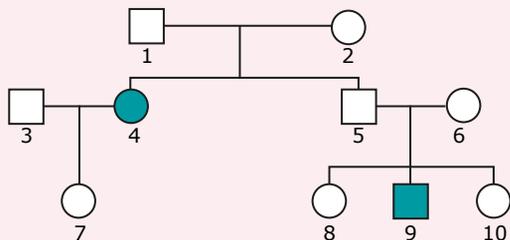
Do ponto de vista biológico, o melhor aconselhamento que poderia ser dado a Ana Júlia seria:

- A) Não se preocupe porque a informação está totalmente incorreta. Risco de nascer bebês com a doença hemolítica eritroblastose fetal só existiria se vocês dois fossem Rh⁻ (negativo).
- B) Realmente, o que você ouviu dizer está correto e vocês não podem ter filhos, porque todos eles apresentariam a doença hemolítica eritroblastose fetal e morreriam, durante a gestação, ou logo após o parto.
- C) Não se preocupe porque a informação está completamente errada. O risco de nascer criança com a doença hemolítica eritroblastose fetal não está relacionado com o fator Rh, mas com o fator ABO, podendo ocorrer quando o pai for do grupo AB e a mãe do grupo O.
- D) Realmente, essa situação favorece a ocorrência de eritroblastose fetal em bebês que sejam Rh⁺ (positivo). Porém vocês podem perfeitamente se casarem e terem filhos, desde que seja feito um pré-natal adequado, com acompanhamento médico, que deverá tomar todas as medidas de profilaxia ou tratamento, se for necessário.

04. (PUC RS) Antônio, que pertence ao grupo sanguíneo B, casa-se com Renata, que é do grupo A. O primeiro filho desse casal apresenta o grupo sanguíneo O. Qual a probabilidade de que o próximo filho desse casal seja do grupo sanguíneo A?

- A) 0%
- B) 25%
- C) 50%
- D) 75%
- E) 80%

05. (UEA-AM) Analise o heredograma no qual os indivíduos destacados são de fenótipo sanguíneo Rh negativo (Rh⁻).



A probabilidade de nascimento de um menino com fenótipo sanguíneo Rh⁻, em um eventual casamento entre os indivíduos 7 e 9, é de

- A) 1/2.
- B) 1/4.
- C) 1/8.
- D) 1.
- E) 0.

06. (USP–2015) Um menino foi encontrado abandonado. Seu sangue foi coletado, os grupos sanguíneos foram determinados e o DNA foi extraído para a genotipagem de diversos marcadores moleculares. Os genótipos foram comparados aos presentes em um banco de dados de casais que tiveram suas crianças desaparecidas.

Sabendo-se que o menino é do grupo sanguíneo AB e é Rh negativo, pode-se afirmar, corretamente, sobre seus genitores, que

- A) seu pai não pode ser do grupo O.
- B) sua mãe não pode ser Rh positivo.
- C) sua mãe não pode ser Rh negativo.
- D) seu pai é certamente do grupo AB.
- E) sua mãe é certamente do grupo B.

07. (Unesp) Os médicos informaram que o pai, gravemente ferido em um acidente de automóvel, precisava de transfusão de sangue. A esposa era de tipo sanguíneo A Rh⁻. Entre os três filhos, todos Rh⁺, só não havia o tipo O. Esposa e filhos se apresentaram para doação, mas o tipo sanguíneo do pai só lhe permitia receber sangue de um de seus familiares.

Dentre esposa e filhos, o doador escolhido apresentava

- A) aglutinogênio do tipo B e aglutinina anti-A.
- B) aglutinogênio do tipo A e aglutinina anti-B.
- C) aglutinogênio dos tipos A e B.
- D) aglutininas anti-A e anti-B.
- E) Rh⁻, ou seja, sua esposa.

08. (Unesp–2016) Sílvio e Fátima têm três filhos, um deles fruto do primeiro casamento de um dos cônjuges. Sílvio é de tipo sanguíneo AB Rh⁻ e Fátima de tipo O Rh⁺. Dentre os filhos, Paulo é de tipo sanguíneo A Rh⁺, Mário é de tipo B Rh⁻ e Lucas é de tipo AB Rh⁺.

Sobre o parentesco genético nessa família, é correto afirmar que

- A) Paulo e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Lucas é filho de Sílvio e não de Fátima.
- B) Lucas e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- C) Paulo e Lucas são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- D) Paulo e Mário são meios-irmãos, mas não se pode afirmar qual deles é fruto do primeiro casamento.
- E) Lucas e Mário são irmãos por parte de pai e por parte de mãe, e Paulo é filho de Sílvio e não de Fátima.

09. (CMMG–2017) “Na primeira gravidez de uma criança de Rh⁺ por uma mulher de Rh⁻, na hora do parto, com a ruptura da placenta, hemácias do bebê passam para a circulação materna, sensibilizando a mulher e acarretando consequências para as gestações posteriores. Numa gestação Rh⁺ posterior, a destruição das hemácias fetais pelos anticorpos maternos causa forte anemia no recém-nascido. Para compensar a diminuição de hemácias, o organismo fetal libera hemácias imaturas, os eritroblastos; daí o nome eritroblastose fetal, também denominada de doença hemolítica do recém-nascido”.

Uma forma atual de evitar a doença hemolítica do recém-nascido (DHR) é

- A) Transfusões de sangue controladas, visando à troca do Rh materno.
- B) Aplicação de vacina anti Rh em mulheres Rh⁻, durante o período de gestação de um filho Rh⁺.
- C) Aplicação intravenosa de anticorpos anti-Rh, após o parto, na mulher Rh⁻ que teve um filho Rh⁺.
- D) Diminuição do tempo transcorrido entre uma gestação e outra, impedindo assim a sensibilização materna.

10. (PUC Minas) Um casal possui o seguinte genótipo para o fator Rh:

Pai = Rr; Mãe = rr. Considerando apenas o fator Rh, a probabilidade de esse casal vir a ter um filho do sexo masculino, com ocorrência de eritroblastose fetal é:

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

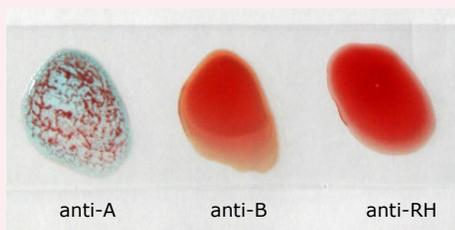
11. (Osec-SP) A tabela a seguir indica os resultados das determinações dos grupos sanguíneos dos sistemas ABO e MN.

	Soro Anti-A	Soro Anti-B	Soro Anti-M	Soro Anti-N
♂	+	+	+	-
♀	-	+	+	+

Esses resultados permitem concluir que esse casal poderá ter um filho com qualquer um dos fenótipos a seguir, exceto

- A) AB, M
- B) B, M
- C) B, MN
- D) AB, MN
- E) A, N

12. (FGV-2016) A imagem da lâmina a seguir mostra um resultado obtido em teste de tipagem sanguínea humana para os sistemas ABO e Rh. O método consiste, basicamente, em pingar três gotas de sangue da mesma pessoa sobre três gotas de reagentes: anti-A, anti-B e anti-Rh.



Disponível em: <www.joseferreira.com.br> (Adaptação).

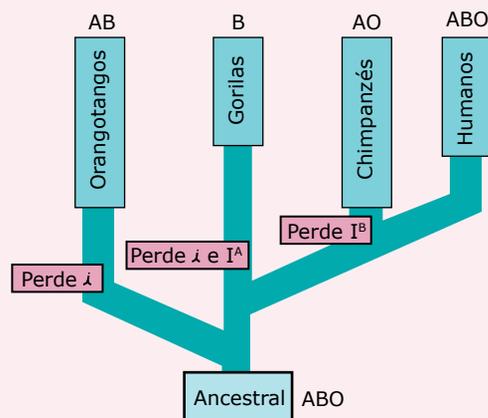
O resultado obtido nessa lâmina permite afirmar que o sangue da pessoa testada é do tipo

- A) A Rh⁺, pois apresenta aglutinogênios A e Rh em suas hemácias.
- B) B Rh⁻, pois apresenta aglutininas anti-A em seu plasma.
- C) B Rh⁺, pois apresenta aglutinogênios B e Rh em suas hemácias.
- D) A Rh⁺, pois apresenta aglutininas anti-B e anti-Rh em seu plasma.
- E) A Rh⁻, pois apresenta aglutinogênios A em suas hemácias.

13. XGTQ

(PUC Minas) O esquema apresenta uma árvore genealógica de alguns primatas e seus possíveis grupos sanguíneos no sistema ABO, de acordo com a seguinte composição genética:

- Indivíduos que apresentem apenas alelo dominante IA e não apresentem IB pertencem ao grupo A.
- Indivíduos que apresentem apenas alelo dominante IB e não apresentem IA pertencem ao grupo B.
- Indivíduos que apresentem os dois alelos dominantes IA e IB pertencem ao grupo AB.
- Indivíduos que apresentem apenas alelos recessivos i^A e i^B pertencem ao grupo O.



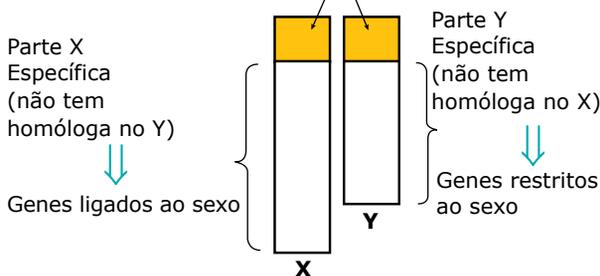
De acordo com o esquema, somente humanos podem apresentar os quatro grupos sanguíneos no sistema ABO. Considerando-se apenas os antígenos do sistema ABO, é correto afirmar, exceto

- A) Apenas dois dos primatas citados podem apresentar indivíduos doadores universais no sistema ABO.
- B) Orangotangos podem apresentar três grupos sanguíneos, mas chimpanzés, apenas dois.
- C) Apenas dois dos primatas da árvore podem apresentar indivíduos receptores universais no sistema ABO.
- D) Alguns gorilas podem receber sangue de alguns orangotangos, mas não de chimpanzés.

Genética: Herança Ligada aos Cromossomos Sexuais

Na espécie humana e em muitas outras espécies, os cromossomos estão distribuídos em dois grandes grupos: autossomos e cromossomos sexuais (heterossomos, alossomos).

Os cromossomos sexuais humanos são de dois tipos: X e Y. Partes homólogas do X e do Y (pseudoaautossômicos) ⇒ genes parcialmente ligados ao sexo



Cromossomos sexuais humanos – A herança envolvendo genes localizados nos cromossomos sexuais pode ser parcialmente ligada ao sexo, ligada ao sexo ou restrita ao sexo.

HERANÇA PARCIALMENTE LIGADA AO SEXO



Os genes se localizam nas partes homólogas (regiões pseudoaautossômicas) dos cromossomos X e Y. Como exemplo, podemos citar os genes que determinam ou não a retinite pigmentar, doença condicionada por gene dominante que causa degeneração da retina, levando à cegueira. Os genótipos e respectivos fenótipos para essa característica estão indicados no quadro a seguir:

Sexo masculino (♂)		Sexo feminino (♀)	
Genótipos	Fenótipos	Genótipos	Fenótipos
$X^R Y^R$	Retinite pigmentar	$X^R X^R$	Retinite pigmentar
$X^R Y^r$ ou $X^r Y^R$	Retinite pigmentar	$X^R X^r$	Retinite pigmentar
$X^r Y^r$	Normal	$X^r X^r$	Normal

Vejamos uma aplicação do exemplo anterior na resolução de um problema:

- Um homem que possui retinite pigmentar e cujo pai tem visão normal casa-se com uma mulher de visão normal. Qual a probabilidade de o casal ter como primeiro filho uma criança com retinite pigmentar?

Resolução:

Como o pai do homem em questão tem visão normal, o gene para a retinite foi herdado juntamente com o cromossomo X da sua mãe. Assim, o genótipo do homem é $X^R Y^r$, ao passo que o de sua mulher é $X^r X^r$. Com os possíveis gametas que esses indivíduos são capazes de formar, construímos o genograma a seguir, no qual estão indicados os possíveis genótipos e respectivos fenótipos dos filhos desse casal.

Gametas		X^r	X^r
X^R	Y^r	$X^R X^r$	$X^R X^r$
X^R	Y^r	$X^r Y^r$	$X^r Y^r$

Conforme mostra o genograma, a probabilidade de o casal ter uma criança com a anomalia (retinite pigmentar) é de 50% (1/2). Observe também que, nesse exemplo, todos os filhos do sexo masculino serão normais, já todos os do sexo feminino apresentarão a anomalia.

Resposta: 1/2 (50%).

HERANÇA LIGADA AO SEXO



Os genes ligados ao sexo localizam-se no segmento X específico, isso é, na parte do cromossomo X que não tem parte homóloga correspondente no cromossomo Y.

As mulheres, por terem no cariótipo dois cromossomos X, possuem genes ligados ao sexo em dose dupla, formando pares de alelos. Dessa forma, em relação às características ligadas ao sexo, as mulheres poderão ser homocigotas ou heterocigotas conforme os pares de genes alelos ligados ao sexo sejam iguais ou diferentes. Já os homens, por terem apenas um cromossomo X no cariótipo, possuem genes ligados ao sexo em dose simples. Desse modo, os homens, com relação às características ligadas ao sexo, são ditos hemizigotos.

Daltonismo e hemofilia são exemplos de características ligadas ao sexo.

Daltonismo

Trata-se de uma característica na qual o indivíduo não consegue distinguir determinadas cores. O tipo mais comum é aquele em que não se distingue o verde do vermelho. Essa anomalia é determinada por um gene recessivo ligado ao sexo, o gene d. O alelo D condiciona uma visão normal no que se refere à distinção das cores.

Assim, pode-se ter os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
$X^D X^D$	Normal
$X^D X^d$	Normal portadora
$X^d X^d$	Daltônica
$X^D Y$	Normal
$X^d Y$	Daltônico

O fenótipo normal refere-se à visão normal para as cores. A mulher normal heterozigota também é dita normal portadora ou, simplesmente, portadora. Nos heredogramas, essas mulheres podem ser representadas pelo símbolo \odot .

Não existem homens normais portadores ou heterozigotos para as características ligadas ao sexo.

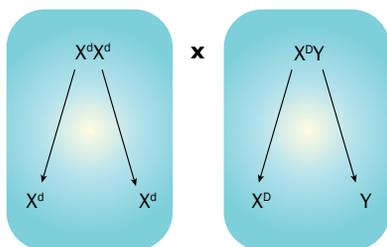
Observe que, para ser daltônico, o homem precisa ter o gene d no único cromossomo X que possui no cariótipo. Assim, ao receber um cromossomo X^d da mãe, já que o outro cromossomo sexual, o cromossomo Y, é recebido do seu pai, o homem será daltônico. Por isso, para que o homem seja daltônico, sua mãe deverá ser daltônica ($X^d X^d$) ou pelo menos portadora ($X^D X^d$). A mulher, para ser daltônica, precisa ter, em cada um dos dois cromossomos X que possui, o gene d. Assim, para ser daltônica, a mulher precisa ter no cariótipo o cromossomo X^d em dose dupla ($X^d X^d$) e, para que isso aconteça, o seu pai terá de ser daltônico ($X^d Y$) e sua mãe, daltônica ($X^d X^d$) ou portadora ($X^D X^d$). Como essa situação é menos frequente do que a anterior, justifica-se a maior frequência do daltonismo entre os homens, aproximadamente 5%, enquanto, nas mulheres, atinge apenas cerca de 0,25%.

Veja um exemplo de daltonismo:

- Uma mulher daltônica, cujo irmão tem visão normal para as cores, casa-se com um homem de visão normal. Determinar o genótipo dos indivíduos citados e dos pais da mulher, bem como a probabilidade de o casal ter uma criança do sexo feminino daltônica.

Resolução:

A mulher, sendo daltônica, tem genótipo $X^d X^d$. Como um dos cromossomos X^d é oriundo do pai dessa mulher, conclui-se que ele tem genótipo $X^d Y$. A mãe dessa mulher também doou um X^D para o filho e, assim, só pode ter o genótipo $X^D X^d$. O marido da mulher, tendo visão normal, é $X^D Y$. Desse modo, os genótipos dos indivíduos que formam o casal em questão são:



Construindo-se um genograma com os gametas dos indivíduos do casal anterior, temos:

Gametas		X^D	Y
X^d	X^d	$X^D X^d$	$X^d Y$
X^d	X^d	$X^D X^d$	$X^d Y$

Como mostra o genograma anterior, a probabilidade de o casal ter uma menina daltônica ($X^d X^d$) é nula (0%), uma vez que todas as filhas desse casal serão normais, embora portadoras no genótipo do gene para o daltonismo. Já os meninos que o casal tiver serão todos daltônicos ($X^d Y$).

Hemofilia

Distúrbio em que a coagulação do sangue é deficiente devido à falta de fatores plasmáticos de coagulação. São conhecidos dois tipos de hemofilia ligada ao sexo: hemofilia A e hemofilia B.

A hemofilia A se caracteriza pela falta no plasma de globulina anti-hemofílica (também conhecida por fator VIII de coagulação). É determinada por gene recessivo (gene h), ligado ao sexo (ligado ao cromossomo X). Cerca de 85% dos casos de hemofilia são desse tipo. Para esse tipo de hemofilia, temos os seguintes genótipos e respectivos fenótipos:

Genótipos	Fenótipos
$X^H X^H$	Normal
$X^H X^h$	Normal portadora
$X^h X^h$	Hemofílica
$X^H Y$	Normal
$X^h Y$	Hemofílico

O fenótipo normal refere-se à coagulação sanguínea normal, que é condicionada pelo gene dominante H. A mulher normal heterozigota também é dita normal portadora ou, simplesmente, portadora. Não existem homens normais portadores ou heterozigotos para essa característica. Os homens ou são normais ou são hemofílicos. Vejamos, então, um exemplo:

- Um casal normal para a coagulação sanguínea teve um menino hemofílico. Qual é o genótipo desse casal?

Resolução:

O nascimento de um menino hemofílico ($X^h Y$) indica que a mãe tem no seu cariótipo pelo menos um cromossomo X com o gene h (X^h). Como ela tem coagulação normal, seu genótipo só pode ser $X^H X^h$. O homem, por sua vez, sendo também normal, tem o genótipo $X^H Y$. Assim, o genótipo do casal é $X^H X^h \times X^H Y$.

A frequência do gene h no sexo masculino é de 1/10 000. Dessa maneira, um em cada 10 000 homens seria afetado. Nas mulheres, a hemofilia ocorre quando o gene h está em dose dupla. Assim, a probabilidade de nascer uma mulher hemofílica é de $1/10\ 000 \times 1/10\ 000 = 1/100\ 000\ 000$.

A hemofilia B resulta de um defeito no componente tromboplastínico do plasma, também conhecido por fator IX de coagulação. É determinada por gene ligado ao sexo e se constitui numa forma mais suave da hemofilia.

HERANÇA RESTRITA AO SEXO (HERANÇA HOLÂNDRICA)



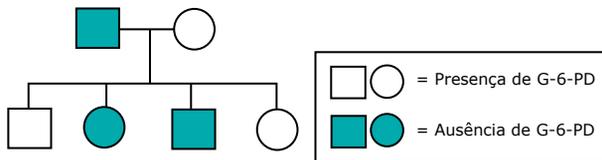
Envolve genes situados na porção não homóloga do cromossomo Y, isso é, na porção Y específica. Esses genes são chamados de genes restritos ao sexo ou genes holândricos (do grego *holos* = todo; *andros* = masculino).

Um bom exemplo desse tipo de herança é o gene SRY, responsável pela síntese de uma substância que atua na diferenciação dos testículos e, conseqüentemente, na definição do sexo masculino.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. (UFMG) A enzima G-6-PD (glicose-6-fosfato desidrogenase) está presente nas hemácias de indivíduos normais. A ausência dessa enzima, em indivíduos afetados, torna as hemácias sensíveis a certas drogas e nutrientes, provocando sua destruição. O gene que determina a ausência de G-6-PD é recessivo e situa-se no cromossomo X.

Observe o heredograma que representa uma família com essa característica.



Com base nesse heredograma, é correto afirmar que

- o indivíduo II.3 pode ter recebido o gene da G-6-PD tanto de seu pai quanto de sua mãe.
- cada um dos indivíduos representados tem, pelo menos, um gene para ausência de G-6-DP.
- essa família apresenta dois indivíduos heterozigotos para o gene que determina a G-6-DP.
- casais como I.1 x I.2 têm probabilidade maior de ter filhos afetados do que de ter filhas afetadas.

Resolução:

Os símbolos brancos simbolizam indivíduos normais (presença da enzima G-6-PD) e os verdes, aqueles afetados (ausência da enzima G-6-PD). O gene que determina a ausência da enzima G-6-PD é recessivo (gene a) e localiza-se no cromossomo sexual X - X^a . Sendo assim, o gene que determina a presença dessa enzima é dominante (gene A) - X^A . Verifica-se no heredograma que tanto homens quanto mulheres são afetados, entretanto, para que uma mulher seja afetada, é preciso que ela possua ambos os cromossomos sexuais com o gene a (X^aX^a). Para os homens, a presença de apenas um gene a determina a doença ((possuem cromossomos sexuais XY).

A análise do heredograma mostra que o indivíduo I-1 é X^aY , já que é homem afetado. A mulher I-2 é X^AX^a , pois embora seja normal, ela não pode ser X^AX^A , já que teve uma menina afetada (II-2). Se II-2 é afetada, é porque recebeu um gene X^a de seu pai e outro X^a de sua mãe.

Conclui-se, também, que os demais indivíduos apresentam os seguintes genótipos:

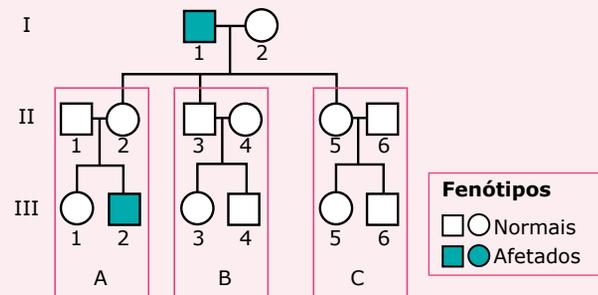
- II-1 - X^AY , pois é homem normal (recebeu o Y do pai e o X^A da mãe);
 II-3 - X^aY , pois é homem afetado (recebeu o Y do pai e o X^a da mãe);
 II-4 - X^AX^a , pois é mulher normal (recebeu o X^a do pai e o X^A da mãe).

Assim, existem dois indivíduos (I-2 e II-4) heterozigotos nessa família.

Resposta: Alternativa C: essa família apresenta dois indivíduos heterozigotos para o gene que determina a G-6-DP.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

01. (PUC Minas) A hemofilia é um distúrbio genético humano que se caracteriza pela falta de um dos fatores de coagulação sanguínea. O gene que codifica para a produção desse fator está localizado no cromossomo X, em uma região que não apresenta homologia em Y. O heredograma a seguir indica, na segunda e terceira gerações, três famílias (A, B e C) que apresentam, em comum, um progenitor afetado por essa anomalia.



Analisando-se o heredograma, é correto afirmar, exceto

- Na família A, pelo menos dois indivíduos apresentam o gene causador de hemofilia.
- Não existem indivíduos portadores do gene da hemofilia na família B.
- Na família C, pelo menos um indivíduo apresenta o gene causador de hemofilia.
- A chance de o casal II-5 x II-6 ter uma criança afetada por esse caráter é de 1/4.

02. (PUCPR) Analise as afirmações:

- O daltonismo é transmitido por herança genética.
- A hemofilia é uma herança genética ligada aos cromossomos sexuais.
- O genoma humano é de 46 cromossomos.

Está(ão) correta(s)

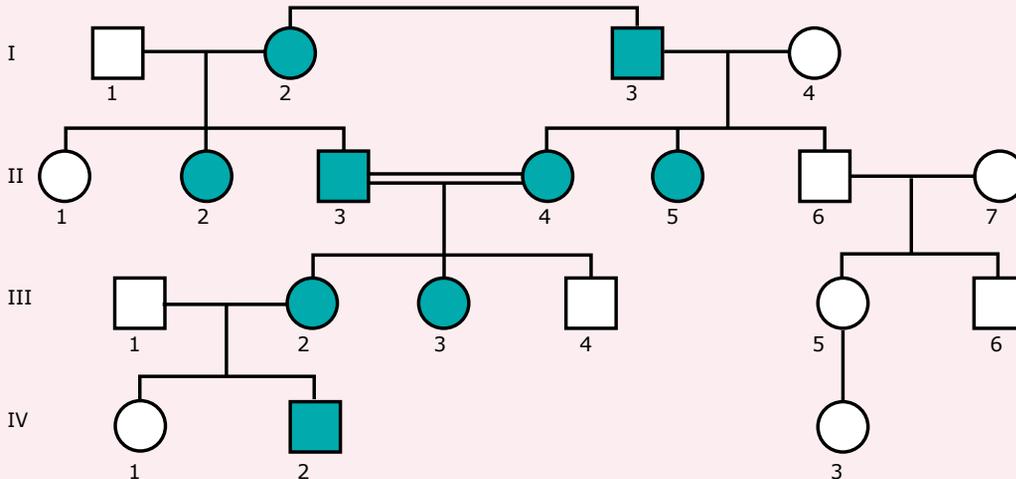
- somente I e II.
- I, II e III.
- somente II e III.
- somente I e III.
- nenhuma.

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

- essa anomalia será transmitida a todos os filhos do sexo masculino.
- essa anomalia será transmitida à metade dos filhos do sexo masculino.
- essa anomalia será transmitida a todas as filhas.
- essa anomalia será transmitida à metade das filhas.
- essa anomalia não será transmitida a nenhum descendente.

04. (PUC Minas) A hipofosfatemia é um caráter genético dominante ligado ao sexo (cromossomo X), que resulta de um transporte defeituoso de fosfato, especialmente nas células dos rins que excretam grandes quantidades de fosfato, resultando em níveis baixos de fosfato no sangue e deposição reduzida de minerais nos ossos. As pessoas com esse caráter apresentam características que se assemelham às produzidas pelo raquitismo, embora esse distúrbio seja resistente ao tratamento com vitamina D, sendo, por isso, também denominado de Raquitismo Resistente à Vitamina D.

O heredograma a seguir foi montado para se estudar a ocorrência desse caráter em uma família com muitos indivíduos afetados, na qual o indivíduo III-5 teve uma filha com pai desconhecido.



Analisando as informações, assinale a alternativa incorreta.

- A) Pelo menos cinco das seis mulheres afetadas representadas são heterozigotas para o par de alelos determinantes da hipofosfatemia.
- B) A chance de o casal III-1 x III-2 ter filhos ou filhas afetados pelo caráter ou normais é a mesma.
- C) O pai de IV-3 pode ser afetado desde que seja heterozigoto para o par de alelos determinantes do caráter em estudo.
- D) Na prole do casal I-3 x I-4, é esperado que todos os filhos sejam normais e que todas as filhas sejam afetadas por esse caráter.

05. (PUC-SP) João é daltônico e casado com Lúcia, cuja visão é normal para as cores. O casal tem dois filhos gêmeos, Paulo e Ricardo, ambos daltônicos.

Como o daltonismo deve-se a um gene recessivo (d) ligado ao sexo, é correto afirmar que os gêmeos Paulo e Ricardo

- A) são univitelinos e receberam o gene d de Lúcia.
- B) são univitelinos e receberam o gene d de João.
- C) podem ou não ser univitelinos e receberam o gene d de Lúcia.
- D) podem ou não ser univitelinos e receberam o gene d de João.
- E) são univitelinos e podem ter recebido o gene d de João ou de Lúcia.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFRGS-RS) Um gene recessivo, localizado no cromossomo X, será transmitido pelas mulheres heterozigotas

- A) a todos os seus filhos, de ambos os sexos.
- B) a um quarto de seus filhos, de ambos os sexos.
- C) à metade de seus filhos, de ambos os sexos.
- D) somente aos filhos do sexo masculino.
- E) somente às filhas.

02. (Cesgranrio) Tem sido verificado que aproximadamente 25% dos casos de hemofilia A em meninos são decorrentes de mutações novas, isto é, a doença se manifesta em meninos que não têm história familiar de hemofilia.

HANDIN, R. I. *Blood and practice of Hematology*. 1995.

Quando nos debruçamos sobre a hemofilia, aprendemos que ela é mais comum nos homens porque

- A) os homens são mais propensos à doença devido à influência do hormônio testosterona.
- B) mulheres hemofílicas morrem nos primeiros sangramentos menstruais.
- C) mulheres hemofílicas precisam de dois alelos dominantes, ao passo que homens só necessitam de um alelo.
- D) é causada por um alelo típico do cromossomo Y, que é masculinizante.
- E) sendo uma herança ligada ao sexo, é suficiente nos homens apenas um alelo para que a doença se manifeste.

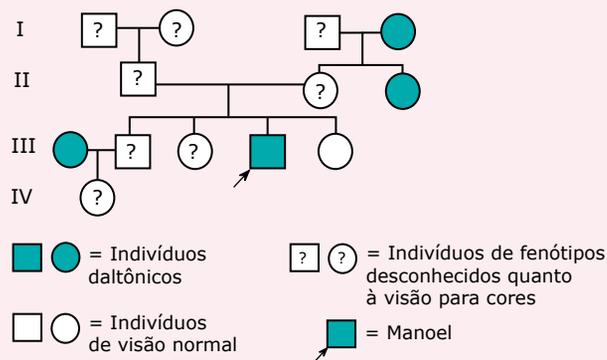
03. (PUC RS) Em um casamento em que o homem é de visão normal para as cores e sua esposa é também normal, porém, filha de um homem daltônico, ocorrerá o seguinte com sua prole:

- A) Todas as filhas serão normais e os filhos daltônicos.
- B) Todos os filhos serão normais e as filhas daltônicas.
- C) Filhas normais, filhas portadoras, filhos normais e filhos daltônicos.
- D) Filhas portadoras e filhos normais, apenas.
- E) Filhos portadores e filhas daltônicas.

04. (FUVEST-SP) Em um indivíduo daltônico do sexo masculino, o gene para daltonismo encontra-se

- A) em todas as células somáticas.
- B) em todas as células gaméticas.
- C) apenas nas células do globo ocular.
- D) apenas nas células-mães dos gametas.
- E) apenas nos gametas com cromossomo Y.

05. (UFMG) Ao fazer, na escola, um teste para daltonismo, Manoel descobriu que era daltônico. Chegando em casa, verificou que quatro outros membros de sua família também já haviam feito o mesmo teste. Com os dados disponíveis, construiu o heredograma de sua família, transcrito a seguir:



Analisando o heredograma de sua família, Manoel chegou às conclusões a seguir. Qual delas está errada?

- A) Meu avô materno é daltônico como sua esposa.
- B) Não tenho condições de determinar o fenótipo de meu avô paterno.
- C) Minha mãe é daltônica, e minhas irmãs são portadoras do gene para daltonismo.
- D) Meu pai é normal, mas meu irmão é daltônico.
- E) Minha sobrinha tem visão normal.

06. (UCS-RS-2016) Considerando que o alelo mutante (h) recessivo condiciona a não produção do fator de coagulação VIII e, conseqüentemente, a hemofilia, caracterizada por ser uma doença ligada ao cromossomo X, qual seria a chance da manifestação da hemofilia nos descendentes diretos de um cruzamento entre um homem hemofílico e uma mulher portadora, mas não hemofílica?

- A) Todos seriam hemofílicos.
- B) Nenhum seria hemofílico.
- C) As filhas seriam hemofílicas e os filhos não hemofílicos.
- D) 50% das filhas seriam hemofílicas e 50% dos filhos hemofílicos.
- E) 25% dos filhos seriam não hemofílicos e 75% das filhas hemofílicas.

07. (UDESC-2015) Um geneticista foi procurado por um casal que desejava ter filhos, mas estava preocupado com a possibilidade de vir a ter um filho com uma determinada doença que ocorria na família de ambos. Após analisar o caso, o geneticista pode determinar que é uma doença que está ligada ao sexo. Sabendo-se que tanto o homem como a mulher não possuem a doença, mas que a mãe dela é heterozigota e o pai normal, a possibilidade de esse casal vir a ter um descendente com a anomalia é de

- A) 50%.
- B) 25%.
- C) 12,5%.
- D) 75%.
- E) 33%.

08. (UFMG) José, Teresa e Cristina são membros de uma determinada família. Para um dado caráter, Teresa apresenta genótipo $X^M X^m$, Cristina $X^M X^M$ e José $X^m Y$.

Que graus de parentesco poderiam ser possíveis entre eles?

- I. Cristina e José podem ser filhos de Teresa.
- II. José, Cristina e Teresa podem ser irmãos, filhos de um mesmo casal.
- III. José pode ser pai de Teresa e irmão de Cristina.
- IV. Teresa e José podem ser filhos de Cristina.

Assinale,

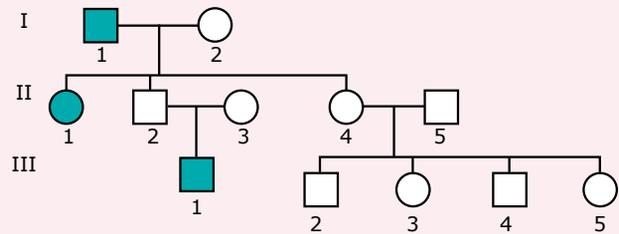
- A) se apenas I, II e III são certas.
- B) se apenas I e III são certas.
- C) se apenas II e IV são certas.
- D) se apenas IV é certa.
- E) se todas as afirmativas são erradas.

09. (USP-2015) Nas doenças com herança dominante ligada ao cromossomo X, o quadro clínico das mulheres heterozigóticas quanto à mutação é, em geral, mais benigno e mais variável do que o dos homens que possuem a mesma mutação. Essa diferença ocorre, porque

8U16

- A) a inativação de um dos cromossomos X da mulher, que ocorre no início do desenvolvimento embrionário, é aleatória; assim existem células com a mutação no cromossomo X inativo e outras com a mutação no X ativo, que ocorrem em proporções variáveis entre as mulheres.
- B) a inativação de um dos cromossomos X da mulher, que ocorre no início do desenvolvimento embrionário, é aleatória; assim existem células com a mutação no cromossomo X inativo e outras com a mutação no X ativo, e as mulheres possuem sempre 50% de suas células com a mutação no cromossomo X inativo.
- C) os genes de cada um dos cromossomos X das células somáticas das mulheres têm sua expressão diminuída aproximadamente à metade em relação aos genes do único cromossomo X dos homens.
- D) a inativação de um dos cromossomos X da mulher ocorre no início do desenvolvimento embrionário e sempre que um cromossomo X tem uma mutação, ele é inativado em todas as células.
- E) há diferença na expressão dos alelos normais no cromossomo X e Y e, no caso de uma mutação no cromossomo X, o alelo normal no cromossomo Y do homem não tem o mesmo efeito benéfico que o alelo normal do outro cromossomo X da mulher.

10. (PUC Minas) O heredograma a seguir representa uma anomalia ligada ao sexo, recessiva. Círculos e quadrados escuros representam expressões do caráter.

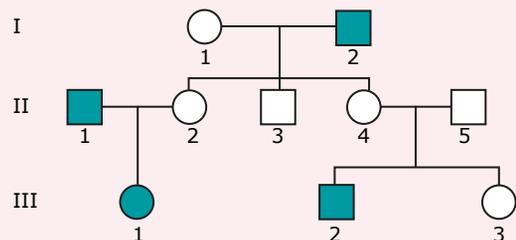


Em função do heredograma anterior, é correto afirmar que

- A) II.3 é obrigatoriamente heterozigota.
- B) III.3 é obrigatoriamente heterozigota.
- C) II.4 é obrigatoriamente homozigota.
- D) II.2 x II.3 não podem ter filhos normais.
- E) II.4 x II.5 não podem ter filhos afetados.

11. (UEFS-BA-2015) Em 2013, pesquisadores norte-americanos anunciaram a criação artificial de uma plaqueta, elemento fundamental para a coagulação sanguínea. A molécula sintética foi desenvolvida pelos cientistas para acelerar esse processo e evitar a perda de sangue, que pode ser fatal, em lesões graves, como as ocorridas em acidentes de trânsito e guerras; a plaqueta também poderá ser usada para tratar doenças, como a hemofilia. A coagulação sanguínea é uma sequência complexa de reações químicas que resultam na formação de um coágulo a fim de parar o sangramento e ajudar a reparar o tecido danificado. (EM 2013..., 2015).

Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2013/02/coagulacao-acelerada/?searchterm=coagula%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em: 31 maio 2015.



O heredograma representa uma família em que ocorre a herança da hemofilia, doença hereditária que afeta a coagulação sanguínea.

A análise desse heredograma permite concluir:

- A) Se a mãe de I-1 era normal, certamente o pai era heterozigoto para o caráter.
- B) Os indivíduos I-1 e III-3 podem apresentar tanto o genótipo homozigoto dominante quanto heterozigoto.

- C) Caso o casal II-1 e o II-2 tenham mais um filho e este seja do sexo masculino, a criança certamente não será hemofílica.
- D) A probabilidade de o indivíduo II-3 ter uma filha com hemofilia, ao se casar com uma mulher com fenótipo normal, é de 1/4.
- E) Trata-se de uma herança recessiva ligada ao cromossomo Y e todos os irmãos da geração II apresentam o alelo recessivo herdado do pai.

12.
U879

(Unesp-2016) Em moscas de frutas *Drosophila melanogaster*, o sexo é determinado segundo o sistema XY. A cor dos olhos nessa espécie é determinada por alelos localizados no cromossomo X. O alelo dominante B confere cor vermelha aos olhos da mosca e o alelo recessivo b, cor branca.

O cruzamento de uma fêmea de olhos vermelhos com um macho de olhos vermelhos resultou em uma geração constituída por 75% de indivíduos de olhos vermelhos e 25% de olhos brancos. Determine o genótipo da fêmea deste cruzamento e o sexo dos descendentes de olhos brancos.

Em outro cruzamento, uma fêmea de olhos brancos foi fecundada por um macho de olhos vermelhos. Dos descendentes obtidos, foi realizado o cruzamento de uma fêmea com um macho, que deu origem a uma população de 100 indivíduos. Qual a porcentagem de machos de olhos brancos e a porcentagem de fêmeas de olhos brancos esperadas nessa população?

SEÇÃO ENEM

01.
69WH

(Enem-2017) A distrofia muscular Duchenne (DMD) é uma doença causada por uma mutação em um gene localizado no cromossomo X. Pesquisadores estudaram uma família na qual gêmeas monozigóticas eram portadoras de um alelo mutante recessivo para esse gene (heterozigóticas). O interessante é que uma das gêmeas apresentava o fenótipo relacionado ao alelo mutante, isto é, DMD, enquanto a sua irmã apresentava fenótipo normal.

RICHARDS, C. S. et al. *The American Journal of Human Genetics*, n. 4, 1990 (Adaptação).

A diferença na manifestação da DMD entre as gêmeas pode ser explicada pela

- A) dominância incompleta do alelo mutante em relação ao alelo normal.
- B) falha na separação dos cromossomos X no momento da separação dos dois embriões.

- C) recombinação cromossômica em uma divisão celular embrionária anterior à separação dos dois embriões.
- D) inativação aleatória de um dos cromossomos X em fase posterior à divisão que resulta nos dois embriões.
- E) origem paterna do cromossomo portador do alelo mutante em uma das gêmeas e origem materna na outra.

02.
Q60J

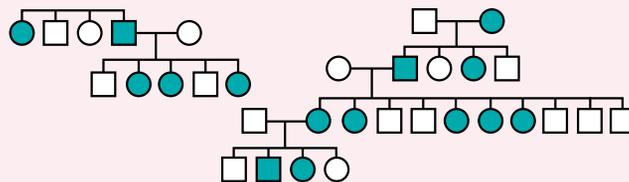
(Enem-2017) Pesquisadores criaram um tipo de plaqueta artificial, feita com um polímero gelatinoso coberto de anticorpos, que promete agilizar o processo de coagulação quando injetada no corpo. Se houver sangramento, esses anticorpos fazem com que a plaqueta mude sua forma e se transforme em uma espécie de rede que gruda nas lesões dos vasos sanguíneos e da pele.

MOUTINHO, S. *Coagulação acelerada*. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br>>. Acesso em: 19 fev. 2013 (Adaptação).

Qual a doença cujos pacientes teriam melhora de seu estado de saúde com o uso desse material?

- A) Filariose.
- B) Hemofilia.
- C) Aterosclerose.
- D) Doença de Chagas.
- E) Síndrome da imunodeficiência adquirida.

03. (Enem)



No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos.

Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

- A) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.
- B) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.
- C) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.
- D) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.
- E) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

04.



A tirinha menciona o daltonismo, uma doença hereditária, recessiva e ligada ao sexo que

- A) impede o indivíduo de enxergar as cores.
- B) é transmitida pelo pai apenas para os filhos do sexo masculino.
- C) pode ser evitada através do uso de medicamentos específicos.
- D) atualmente, graças à engenharia genética, já tem tratamento e cura.
- E) é mais frequente no sexo masculino.

GABARITO

Aprendizagem

Meu aproveitamento

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. A
- 03. C
- 04. C
- 05. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. E
- 03. C
- 04. A
- 05. E
- 06. D
- 07. C
- 08. A
- 09. A
- 10. A
- 11. B
- 12.

- A fêmea do cruzamento é X^bX^b . Os descendentes de olhos brancos são machos (X^bY).
- Nessa população, 50% são machos de olhos brancos e 50% são fêmeas de olhos brancos.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. B
- 03. D
- 04. E

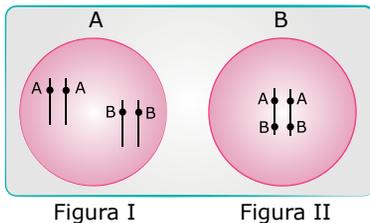


Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Genética: *Linkage*

Quando analisamos, simultaneamente, características determinadas por dois ou mais pares de genes alelos, podemos ter duas situações possíveis: segregação independente e *linkage*.

Na segregação independente, os dois ou mais pares de genes alelos estão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos. Quando os dois ou mais pares de genes analisados localizam-se em um mesmo par de cromossomo homólogo, temos *linkage* (ligação gênica, ligação fatorial).

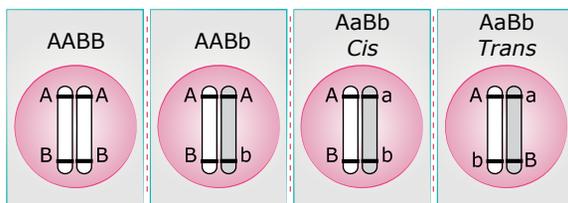


Imagine que um indivíduo tenha o seguinte genótipo: AaBb. Se for uma situação de segregação independente, esses dois pares de genes AA e BB estarão localizados em diferentes pares de cromossomos homólogos conforme mostra a figura I; se for um caso de *linkage*, os dois pares de genes estarão em um mesmo par de cromossomos homólogos conforme ilustrado na figura II.

Assim como na segregação independente, nos casos de *linkage*, podemos ter situações de di-hibridismo, tri-hibridismo, etc.

DI-HIBRIDISMO COM LINKAGE

Consiste na análise simultânea das características determinadas por dois pares de genes alelos localizados em um mesmo par de cromossomos homólogos.

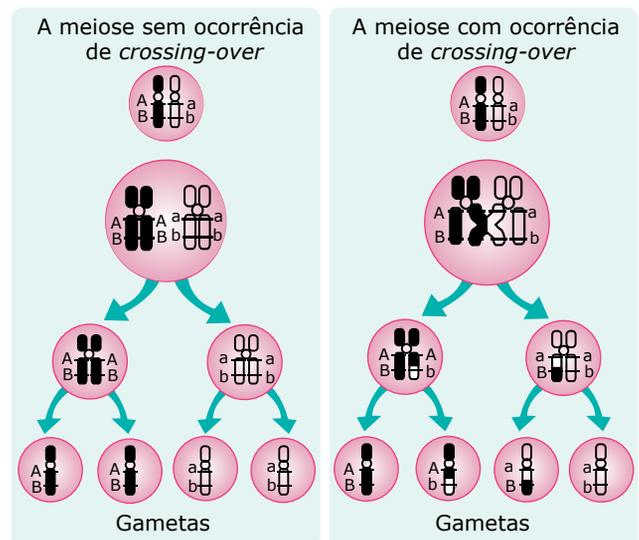


Observe que, quando o indivíduo é duplamente heterozigoto (di-híbrido), existem duas disposições diferentes para os dois pares de genes alelos: cis e trans. O heterozigoto cis tem os dois genes dominantes em um mesmo cromossomo e os dois genes recessivos no outro cromossomo. Já o heterozigoto trans tem um gene dominante e um recessivo em cada um dos cromossomos.

Nos casos de *linkage*, para calcularmos os tipos e os percentuais de gametas que um indivíduo é capaz de formar, precisamos saber se, durante a gametogênese, há ou não ocorrência do *crossing-over* e, se ele ocorre, precisamos conhecer também qual é a sua taxa de ocorrência, ou seja, qual é o percentual de células em que esse fenômeno ocorre. Por exemplo, quando falamos que a taxa de *crossing-over* nas células de um indivíduo é de 20%, significa dizer que, em 80% das células desse indivíduo que realizam meiose durante a gametogênese, não há a ocorrência do *crossing-over*, e, em 20% das células, temos a ocorrência desse fenômeno. Assim, conforme ocorra ou não o fenômeno do *crossing-over*, costuma-se dizer que o *linkage* pode ser total (completo) ou parcial (incompleto).

- **Linkage total (completo):** Nas células que realizam meiose durante a formação dos gametas, não há ocorrência do *crossing-over*.
- **Linkage parcial (incompleto):** Nas células que realizam meiose durante a gametogênese, ocorre o *crossing-over*.

Vamos tomar como exemplo um indivíduo de genótipo AaBb (*cis*). Nas células desse indivíduo que irão realizar meiose para a formação dos gametas, poderá ou não ocorrer o *crossing-over*. Nesse caso, as células que não realizarem esse fenômeno formarão apenas dois tipos de gametas: AB e ab. Já as células que realizarem o *crossing-over* formarão quatro tipos de gametas: AB, Ab, aB e ab. Observe o esquema a seguir:

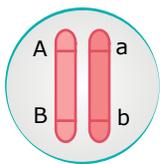


Vejam agora alguns exemplos de aplicação dos conhecimentos sobre o di-hibridismo com *linkage*.

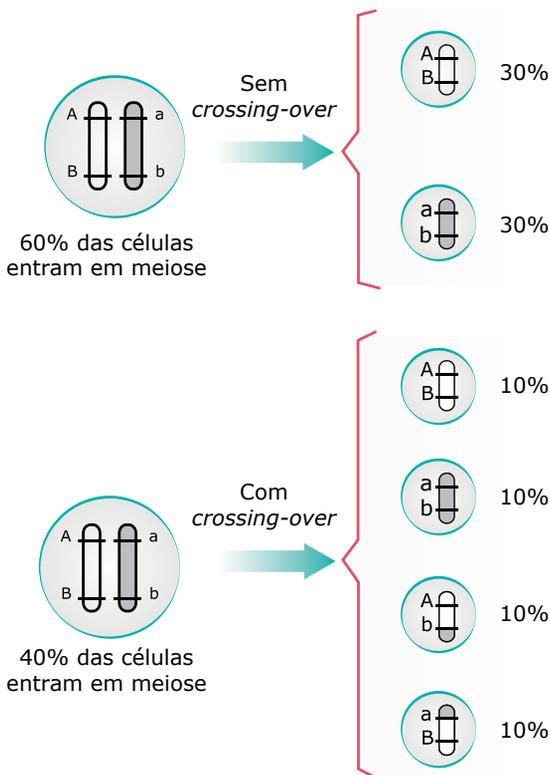
- Considere que, em um indivíduo de genótipo AaBb, os genes A e B estão situados em um mesmo cromossomo. Considere também que, em 40% das células desse indivíduo, haverá, durante a gametogênese (formação dos gametas), ocorrência de *crossing-over*. Quantos tipos de gametas e seus respectivos percentuais esse indivíduo será capaz de produzir?

Resolução:

Como o indivíduo é duplo-heterozigoto (AaBb), e os genes A e B estão localizados em um mesmo cromossomo, trata-se de um **heterozigoto cis**. Assim, as células diploides (2n) desse indivíduo podem ser assim representadas:



Considerando todas as células (100%) que iniciam a gametogênese, em 40% delas haverá ocorrência de *crossing-over*, e em 60% delas a meiose será realizada sem a ocorrência desse fenômeno. Assim, temos:



Considerando os gametas formados pelas células que não realizaram *crossing-over* e os gametas formados pelas células nas quais ocorreu essa permutação, o total de gametas formados será:

Gametas parentais (80%)	Gametas recombinantes (20%)
Gametas AB (40%)	Gametas Ab (10%)
Gametas ab (40%)	Gametas aB (10%)

Observe que o indivíduo em questão é capaz de formar quatro tipos de gametas: AB, ab, Ab e aB. Entretanto, ao contrário do que aconteceria se fosse um caso de segregação independente, esses quatro tipos de gametas não aparecem nas mesmas proporções. Os gametas que se formam em maior percentual são ditos parentais, já aqueles que se formam em menor percentual são os recombinantes. Os gametas recombinantes só se formam devido à ocorrência do *crossing-over*, que permite uma recombinação entre os genes.

Resposta: AB (40%); ab (40%); Ab (10%) e aB (10%).

- Considere um indivíduo de genótipo MmTt (*trans*). Durante a gametogênese, na prófase I, haverá ocorrência do *crossing-over* em 16% das células. Quantos tipos de gametas e respectivos percentuais esse indivíduo será capaz de formar?

Resolução:

Sendo o indivíduo duplamente heterozigoto e *trans*, seu genótipo pode ser assim representado:

$$\frac{M \quad t}{m \quad T} \text{ ou } Mt/mT$$

Como o *crossing-over* ocorre em apenas 16% das células que iniciam a meiose, do total de gametas produzidos pelo indivíduo, 8% são de gametas recombinantes e, conseqüentemente, 92% são de gametas parentais, conforme indicado a seguir,

Gametas parentais (92%)	Gametas recombinantes (8%)
Mt (46%)	MT (4%)
mT (46%)	mt (4%)

Resposta: MT (4%); mt (4%); Mt (46%) e mT (46%).

- Considere que, em um indivíduo de genótipo AaBb (*cis*), a taxa de recombinação durante a gametogênese foi de 15%. Quais são os tipos de gametas recombinantes formados e suas respectivas proporções?

Resolução:

O genótipo do indivíduo em questão pode ser representado da seguinte maneira:

$$\frac{A \quad B}{a \quad b} \text{ ou } AB/ab$$

Como a taxa de recombinação foi de 15%, significa que foram formados 15% de gametas recombinantes e 85% de gametas parentais. Assim, temos:

Gametas parentais (85%)	Gametas recombinantes (15%)
Gametas AB (42,5%)	Gametas Ab (7,5%)
Gametas ab (42,5%)	Gametas aB (7,5%)

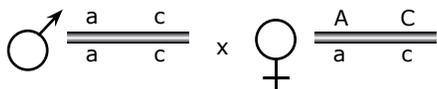
Resposta: Ab (7,5%) e aB (7,5%).

- Considere que os genes A, a, C e c se relacionam, respectivamente, com as características olhos castanhos, olhos azuis, destro e canhoto. Admita que esses genes estejam situados em um mesmo par de cromossomos homólogos a uma distância entre eles que torna possível o *crossing-over* em 60% das células em processo de formação de gametas.

Uma mulher de olhos castanhos e destra, cujo pai tem olhos azuis e é canhoto, casa-se com um indivíduo de olhos azuis e canhoto. Qual a probabilidade de esse casal vir a ter uma menina de olhos azuis e canhota?

Resolução:

Com os dados fornecidos, concluímos que os genótipos da mulher e do homem em questão são:



Os gametas formados pelos indivíduos estão indicados no quadro a seguir.

Gametas masculinos	Gametas femininos
Como o indivíduo é duplamente homocigoto (aacc) 100% dos seus gametas serão ac.	Gametas parentais: AC (35%) e ac (35%) Gametas recombinantes: Ac (15%) e aC (15%)

Montando um genograma com os gametas formados pelos dois indivíduos, temos:

Gametas		AC (35%)	ac (35%)	Ac (15%)	aC (15%)
ac (100%)	AaCc (35%)	aacc (35%)	Aacc (15%)	aaCc (15%)	

Conforme indicado pela seta no genograma anterior, a probabilidade de nascer uma criança de olhos azuis (aa) e canhota (cc) é de 35%. Como o problema quer a probabilidade de nascimento de uma menina de olhos azuis e canhota, temos:

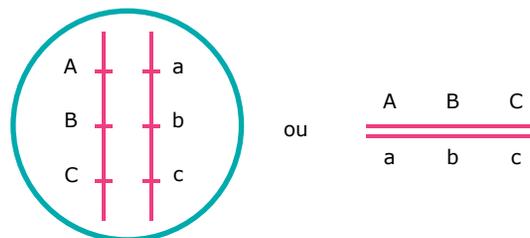
50% (probabilidade de ser menina) x 35% (probabilidade de ter olhos azuis e de ser canhota) = 17,5%

Resposta: 17,5%.

TRI-HIBRIDISMO COM LINKAGE



Vamos supor um indivíduo triplo-heterocigoto, no qual os três pares de genes em *linkage* encontram-se na disposição representada a seguir:



O indivíduo em questão poderá formar até oito tipos diferentes de gametas, dependendo da ocorrência ou não de *crossing-over* e, caso ocorra, do número de permutações. Dessa forma, podemos ter as seguintes situações mostradas no quadro a seguir:

Possibilidades	Tipos de gametas formados
Não ocorrência de <i>crossing-over</i> A B C a b c	Formam-se apenas os gametas parentais, ou seja, formam-se apenas dois tipos de gametas A B C a b c
Ocorrência de permutação simples entre os loci A e B A B C a b c	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes A B C a b c A b c a B C
Ocorrência de permutação simples entre os loci B e C A B C a b c	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes A B C a b c A B c a b C
Ocorrência de permutações simultâneas ou "duplo <i>crossing-over</i> " entre os loci A e B e B e C A B C a b c	Formam-se 4 tipos de gametas: os parentais e os recombinantes A B C a b c A b C a B c

Caso ocorram as três situações possíveis de *crossing-over*, o indivíduo em questão formará 8 tipos diferentes de gametas:

2 tipos de gametas parentais e 6 tipos de gametas recombinantes. Os gametas parentais são os mais frequentes, e os que se originam de duplo-*crossing-over* são os menos frequentes (a possibilidade de ocorrerem permutações simultâneas é menor que a de ocorrerem permutações simples).

Veja o exemplo a seguir.

- Na gametogênese de um indivíduo com o genótipo

$$\begin{array}{ccc} \underline{\underline{A}} & \underline{\underline{B}} & \underline{\underline{C}} \\ \hline a & b & c \end{array}$$

- 80% dos gametas são gametas parentais.
- 13% dos gametas são recombinantes e resultam de *crossing-over* entre A e B.
- 6% dos gametas são recombinantes e resultam de *crossing-over* entre B e C.
- 1% dos gametas é recombinante e resulta de duplo-*crossing-over* (entre A e B e B e C).

Com base nos dados anteriores, responder:

- A)** Quais são os gametas parentais e seus respectivos percentuais?

Resolução:

Os gametas parentais são ABC (40%) e abc (40%). Lembre-se de que os gametas parentais são aqueles que não têm recombinação gênica e também são os que aparecem em maiores percentuais.

- B)** Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do *crossing-over* apenas entre A e B?

Resolução:

Abc (6,5%) e aBC (6,5%).

- C)** Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do *crossing-over* apenas entre B e C?

Resolução:

ABC (3%) e abc (3%).

- D)** Quais são os gametas e respectivos percentuais resultantes do duplo-*crossing-over*?

Resolução:

AbC (0,5%) e aBc (0,5%).

Lembre-se de que, no duplo-*crossing-over*, apenas o gene do meio muda de lugar.

- E)** Do cruzamento do indivíduo em questão com uma fêmea triplo-homozigota recessiva, qual a probabilidade de se obter descendentes com o genótipo:

$$\begin{array}{ccc} \underline{\underline{A}} & \underline{\underline{b}} & \underline{\underline{c}} \\ \hline a & b & c \end{array}$$

Resolução:

Os gametas e os respectivos percentuais dos indivíduos cruzados são:

Gametas do indivíduo ♂	Gametas do indivíduo ♀
$\begin{array}{ccc} \underline{\underline{A}} & \underline{\underline{B}} & \underline{\underline{C}} \\ \hline a & b & c \end{array}$	$\begin{array}{ccc} \underline{\underline{a}} & \underline{\underline{b}} & \underline{\underline{c}} \\ \hline a & b & c \end{array}$
ABC (40%); abc (40%) Abc (6,5%); aBC (6,5%) ABC (3%); abc (3%) AbC (0,5%); aBc (0,5%)	abc (100%)

Para se obter descendentes com o genótipo desejado, é preciso que gametas do tipo Abc fecundem gametas abc. Dessa maneira, temos:

$$Abc (6,5\%) \times abc (100\%) =$$

$$\begin{array}{ccc} \underline{\underline{A}} & \underline{\underline{b}} & \underline{\underline{c}} \\ \hline a & b & c \end{array}$$

Resposta: 6,5%.

MAPAS GÊNICOS

Em um mesmo par de cromossomos homólogos, existem vários pares de genes alelos, todos eles em *linkage* e, portanto, capazes de sofrer ou não o *crossing-over*. Descobriu-se que a frequência de *crossing-over* entre os genes em situação de *linkage* depende da distância que os separa no cromossomo. Quanto mais afastados estiverem um do outro, maior será a frequência de permutação entre eles, porque entre genes distantes há muitos pontos suscetíveis de quebra no cromossomo, e, para que ocorra o *crossing-over*, se fazem necessárias quebras ao longo do cromossomo. Por outro lado, se a distância entre os genes é pequena, há pouca probabilidade de ocorrência de uma permutação entre eles, uma vez que entre eles existem poucos pontos suscetíveis de quebra. A permutação é um dos fatores responsáveis pela recombinação entre os genes. Assim, a taxa de recombinação depende diretamente da frequência de permutação ou *crossing-over*. Pode-se dizer, então, que a taxa de recombinação entre dois genes é diretamente proporcional à distância entre eles no cromossomo.

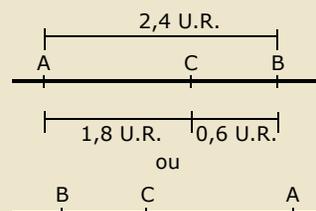
A distância entre os genes em situação de *linkage* é dada em uma unidade denominada **morganídeo** ou **UM (unidade Morgan)**, também conhecida por **centimorgan (cM)** ou, ainda, **unidade de recombinação (U.R.)**. Assim, quando se diz que a distância entre dois genes é de 30 morganídeos ou 30 U.R., significa que a taxa de recombinação (% de recombinantes) entre eles é de 30%.

Uma vez que se conhece a distância entre os genes que se dispõem linearmente ao longo de um cromossomo, pode-se construir o **mapa gênico** desse cromossomo. O mapeamento gênico mostra a sequência dos *loci* gênicos ao longo do cromossomo e suas respectivas distâncias. Veja o exemplo a seguir.

- Suponha que a distância entre dois genes A e B seja de 2,4 U.R. Um terceiro gene, o gene C, dista de 1,8 U.R. do gene A e 0,6 U.R. do gene B. Qual a disposição desses três genes ao longo do cromossomo?

Resolução:

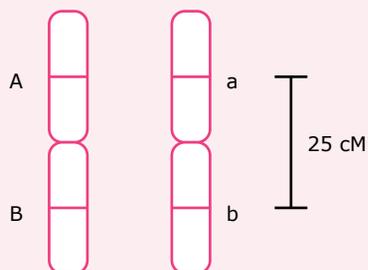
Pelas distâncias fornecidas, concluímos que o gene A está mais próximo do gene C do que do B. Assim, a disposição desses três genes ao longo do cromossomo poderá ser:



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMA) Considerando os genes da figura a seguir, é correto afirmar que serão formados



Cromossomos homólogos

- A) 75% de gametas parentais e 25% de gametas recombinantes, se não ocorrer *crossing-over* durante a prófase I meiótica.
 B) 50% de gametas AB e 50% de gametas ab, se ocorrer *crossing-over* na prófase I meiótica.
 C) gametas parentais e recombinantes, em igual proporção, se houver *crossing-over* na prófase I meiótica.
 D) 75% de gametas parentais, se houver *crossing-over* durante a prófase I meiótica.
 E) 100% de gametas recombinantes, se houver *crossing-over* durante a prófase I meiótica.
02. (UFMG) Consideremos a segregação de dois pares de alelos AB/ab durante a meiose. Supondo-se que não houve *crossing-over* entre os dois cromossomos, os gametas formados são
- A) 50% Ab; 50% Ba.
 B) 25% A; 25% B; 25% a; 25% b.
 C) 100% AaBb.
 D) 50% AB; 50% ab.
 E) 50% Aa; 50% Bb.

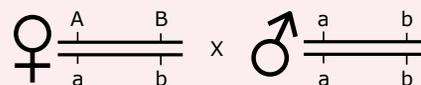
03. (FUVEST-SP) Em determinada espécie, os *loci* dos genes A e B situam-se no mesmo cromossomo. Na meiose de um indivíduo duplo-heterozigoto AB/ab, ocorre permutação entre esses *loci* em 80% das células. A porcentagem esperada de gametas Ab que o indivíduo formará é
- A) 10%.
 B) 20%.
 C) 30%.
 D) 40%.
 E) 80%.

04. (Mackenzie-SP) O cruzamento AaBb x aabb produziu na descendência 400 indivíduos, assim distribuídos: 40 indivíduos AaBb, 160 indivíduos Aabb, 40 indivíduos aabb e 160 indivíduos aaBb.

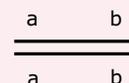
Com base nas informações anteriores, é correto afirmar que

- A) o indivíduo heterozigoto da geração parental é do tipo *trans*, e a taxa de *crossing-over* foi de 20%.
 B) o indivíduo heterozigoto da geração parental produz 20% de gametas recombinantes.
 C) o indivíduo homozigoto da geração parental é do tipo *trans*.
 D) o indivíduo homozigoto da geração parental produz apenas dois tipos de gametas.
 E) o indivíduo heterozigoto da geração parental é do tipo *cis*, e a taxa de *crossing-over* foi de 40%.

05. (PUC Minas) Sabendo-se que a distância entre dois genes ligados a e b é de 40 U.R. (unidades de recombinação), espera-se obter, na F₁ do cruzamento de indivíduos



a seguinte frequência para indivíduos com genótipo:

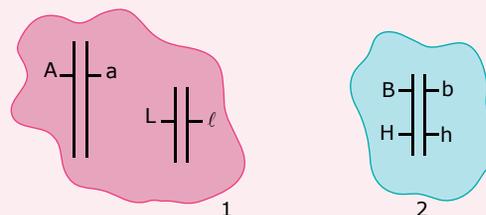


- A) 60% C) 40% E) 20%
 B) 50% D) 30%

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UFMG) Considere os indivíduos 1 e 2.



Após a meiose, quais os tipos de gametas produzidos pelos indivíduos 1 e 2, supondo-se que não ocorreu *crossing-over*?

- A) 1 (AL, Aℓ, aL, aℓ); 2 (BH, bh, Bh, bH)
 B) 1 (Aℓ, AL, aL, aℓ); 2 (BH, bh)
 C) 1 (AL, aℓ); 2 (BH, bh)
 D) 1 (AL, aℓ); 2 (BH, bh, Bh, bH)
 E) 1 (Aa, Lℓ); 2 (Bb, Hh)

02. (FUVEST-SP) Os genes x, y e z de um cromossomo têm as seguintes frequências de recombinação:

Genes	Frequência de recombinação
x e y	15%
y e z	30%
z e x	45%

Qual a posição relativa desses três genes no cromossomo?

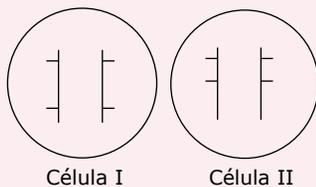
- A) z x y
- B) x y z
- C) y z x
- D) x z y
- E) y x z

03. (USP-2015) Os loci dos genes A e B estão localizados no cromossomo 9 do milho. Do cruzamento de plantas AABB com plantas aabb foram obtidos duplo-híbridos. A análise da progênie da F1, obtida por autofecundação, revelou que 10% dos gametas formados pelos duplo-híbridos eram do tipo Ab. Esse conjunto de dados mostra que a frequência de recombinação entre os dois loci e, portanto, a distância entre eles no cromossomo 9 são, respectivamente,

- A) 5% e 10 unidades de mapa (10 u.m.).
- B) 10% e 10 unidades de mapa (10 u.m.).
- C) 20% e 20 unidades de mapa (20 u.m.).
- D) 20% e 10 unidades de mapa (10 u.m.).
- E) 90% e 10 unidades de mapa (10 u.m.).

04. (UERN) Nem sempre os genes situados no mesmo cromossomo caminham juntos para o mesmo gameta, pois pode ocorrer permutação ou *crossing-over*, ou seja, uma troca de partes entre as cromátides homólogas.

Considere o esquema das células e seus genes:



- A partir da análise das células, é correto afirmar que
- A) na célula I haverá maior taxa de recombinação, pois os genes estão mais distantes.
 - B) a taxa de recombinação e a distância entre os genes não possuem qualquer ligação.
 - C) na célula II haverá maior taxa de recombinação, pois os genes estão mais próximos.
 - D) as células I e II terão a mesma taxa de recombinação, pois possuem o mesmo número de gametas.

05. (UEL-PR) O cruzamento AaBb x aabb produziu uma descendência com 3% de AaBb, 47% de Aabb, 47% de aaBb e 3% de aabb. A partir desses dados, fizeram-se as seguintes afirmações:

- I. Os genes considerados estão localizados em um mesmo cromossomo.
- II. O heterozigoto utilizado no cruzamento era AB/ab.
- III. A distância entre os genes em questão é de 3 unidades de recombinação.

É correto o que se afirma somente em

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

06. (FACISB) Na *Drosophila melanogaster*, os fenótipos corpo cinza e asas normais são dominantes sobre corpo preto e asas vestigiais. Para o caráter cor do corpo, temos os alelos P (cinza) e p (preto). E, para o caráter tipo de asas, os alelos V (asas normais) e v (asas vestigiais).

O cruzamento entre uma fêmea de corpo cinza e asas normais, di-híbrida, com um macho duplo-recessivo originou os seguintes resultados:

Genótipos	Fenótipos
PpVv	42% cinza, normal
ppv	42% preto, vestigial
Ppvv	8% cinza, vestigial
ppVv	8% preto, normal

Através da análise dos resultados, é correto afirmar que, na fêmea di-híbrida, os alelos P, p e V, v

- A) estão em cromossomos homólogos, ligados em posição cis, sem ocorrência de permuta entre eles.
- B) pertencem a cromossomos homólogos e estão ligados, com ocorrência de permuta entre eles.
- C) estão em cromossomos homólogos, ligados em posição trans, formando gametas parentais e recombinantes.
- D) estão localizados em cromossomos diferentes, não homólogos, formando gametas parentais e recombinantes.
- E) estão localizados em cromossomos diferentes e apresentam segregação independente.

07. (UDESC-2016) A *Drosophila melanogaster* (mosca de frutas) possui em um dos seus cromossomos dois genes (A e B) que se encontram a uma distância de 28 u.r. (unidades de recombinação). Considere um macho desta espécie com o genótipo AaBb em posição *trans*. Espera-se que ele produza espermatozoides com os genes AB, em um percentual de:

- A) 33%.
- B) 25%.
- C) 50%.
- D) 75%.
- E) 14%.

08. (UFU-MG-2016) Nos camundongos, o gene *e*, recessivo, produz pelos encrespados, e seu alelo dominante, pelos normais. Em outro par de genes alelos, o gene recessivo produz fenótipo albino, enquanto seu alelo dominante produz fenótipo selvagem. Quando camundongos di-híbridos foram cruzados com camundongos albinos e de pelos encrespados, foram obtidos 79 camundongos de pelos encrespados e selvagens, 121 com pelos encrespados e albinos, 125 de pelos normais e selvagens e 75 com pelos normais e albinos.

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

- A)
- B)
- C)
- D)

09. (FAMECA-SP) Um organismo duplo-heterozigoto, *AB / ab*, que apresenta os alelos *A* e *B* situados no mesmo cromossomo, ao fecundar um duplo-recessivo, *ab / ab*, gera descendentes. Caso ocorra uma taxa de permutação de 30% no indivíduo heterozigoto, a frequência esperada dos descendentes *AB / ab*, *ab / ab*, *Ab / ab* e *aB / ab* é, respectivamente, em porcentagem:

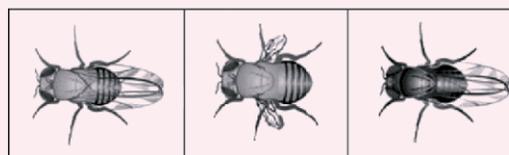
- A) 15; 15; 35; 35.
- B) 20; 20; 30; 30.
- C) 30; 20; 30; 20.
- D) 35; 35; 15; 15.
- E) 30; 30; 20; 20.

10. (UFPI) Resultaram, de um acasalamento entre um indivíduo duplo-heterozigoto (*cis*) com outro duplo-homozigoto recessivo, 300 descendentes. Sabendo-se que os *loci* *A* e *B* estão distantes 22 UR, qual das alternativas a seguir mostra o número esperado de descendentes com genótipo *Aabb*?

- A) 44
- B) 22
- C) 11
- D) 33
- E) 66

11. (FGV) Em experimentos envolvendo cruzamentos de moscas *Drosophila melanogaster*, cujos alelos apresentam ligação gênica, estudantes analisaram insetos selvagens, insetos com asas vestigiais e insetos com corpo escuro.

As características fenotípicas e genotípicas estão ilustradas no quadro a seguir.



Selvagem *V_E_* Asas vestigiais *vv* Corpo escuro *ee*

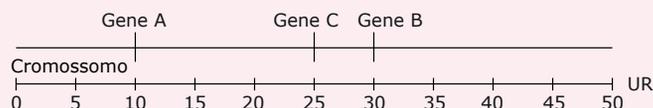
Disponível em: <<http://bioinfo.mol.uj.edu.pl/articles/Stozek07>> (Adaptação).

O cruzamento entre moscas duplo-heterozigotas, *VE / ve*, com duplo-recessivas, *ve / ve*, para essas características gerou cerca de 4 800 descendentes. Admitindo-se que não ocorreu permutação entre os alelos, espera-se que o número de descendentes selvagens; com asas vestigiais; com corpo escuro; e com asas vestigiais e corpo escuro seja, respectivamente, em torno de

- A) 3 600; 450; 450 e 300.
- B) 2 700; 900; 900 e 300.
- C) 2 400; 0; 0 e 2 400.
- D) 2 400; 1 200; 1 200 e 0.
- E) 1 200; 1 200, 1 200 e 1 200.

12. (UESC-BA) A taxa ou frequência de permutação entre pares de genes que estão ligados é constante e depende da distância que esses genes se encontram uns dos outros. O geneticista Alfred Sturtevant imaginou que seria possível construir mapas gênicos, que mostrariam a distribuição dos genes ao longo do cromossomo e as distâncias relativas entre eles. O quadro a seguir mostra um exemplo desse tipo de mapa gênico.

Taxa de permutação experimental			
Gene	A	B	C
A	-	X	15%
B	20%	-	Y
C	15%	5%	-



Com base nas informações contidas no quadro, é possível afirmar que os valores corretos para as taxas de permutação em *X* e *Y* são, respectivamente,

- A) 5% e 20%.
- B) 15% e 20%.
- C) 15% e 5%.
- D) 20% e 15%.
- E) 20% e 5%.

