



## Fotossíntese

**01** - (Fuvest) A maior parte da massa de matéria orgânica de uma árvore provém de:

- a) água do solo.
- b) gás carbônico do ar.
- c) gás oxigênio do ar.
- d) compostos nitrogenados do solo.
- e) sais minerais do solo.

**02** - (Enem) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO<sub>2</sub> para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética. As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

- a) o CO<sub>2</sub> e a água são moléculas de alto teor energético.
- b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
- c) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
- d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
- e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico.

**03** - (Fuvest) A cana-de-açúcar é importante matéria-prima para a produção de etanol. A energia contida na molécula de etanol e liberada na sua combustão foi

- a) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, armazenada na molécula de glicose produzida por fungos no processo de fermentação e, posteriormente, transferida para a molécula de etanol.

b) obtida por meio do processo de fermentação realizado pela cana-de-açúcar e, posteriormente, incorporada à molécula de etanol na cadeia respiratória de fungos.

c) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, por meio do processo de fotossíntese, e armazenada na molécula de clorofila, que foi fermentada por fungos.

d) obtida na forma de ATP no processo de respiração celular da cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

e) captada da luz solar por meio do processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

**04** - (Ufrgs) A reação química abaixo está relacionada à origem de vários produtos.



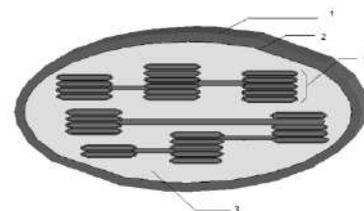
Considere os produtos citados a seguir.

1. álcool combustível (etanol);
2. petróleo;
3. papel higiênico;
4. óleo de soja;
5. pão.

Quais desses produtos têm sua origem relacionada à equação apresentada acima?

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

**05** - (Upe) Sobre a organela cloroplasto, analise a figura e o texto abaixo.



Fonte:

[http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/2bch/B3\\_METABOLISMO/t32\\_FOTOSINTESIS/TEST/65\\_Diapositiva.GIF](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/2bch/B3_METABOLISMO/t32_FOTOSINTESIS/TEST/65_Diapositiva.GIF)

Os cloroplastos são envoltos por duas membranas, uma 1 e outra 2, separadas por um espaço intermembranar. No interior dessa organela, existe uma matriz amorfa 3, que contém enzimas, amido, ribossomos e DNA. Mergulhados nessa matriz, existe um sistema membranar que forma um conjunto de vesículas achatadas 4, em forma de discos, onde se encontra o pigmento clorofila. Assinale a alternativa que preenche corretamente os números das lacunas.

- a) 1- membrana externa, 2- membrana interna, 3- estroma, 4- tilacóide.
- b) 1- membrana interna, 2- membrana externa, 3- grana, 4- estroma.
- c) 1- membrana externa, 2- membrana interna, 3- estroma, 4- granum.
- d) 1- membrana externa, 2- membrana interna, 3- estroma, 4- lamela.
- e) 1- membrana interna, 2- membrana externa, 3- lamela, 4- tilacóide.

**06** - (Unp) A presença de folhas brancas ou variegadas pode dever-se a uma série de fatores. As folhas brancas herdadas são oriundas de mutações em genes do núcleo da célula, das mitocôndrias ou dos plastos. Tais mutações resultam, direta ou indiretamente, na incapacidade de acumular pigmentos fotossintéticos. Assim, as regiões brancas não são capazes de realizar fotossíntese.

*Adaptado de Ciência Hoje, v. 40, agosto de 2007.*

Com base no texto e em seus conhecimentos, analise as seguintes afirmativas:

I. Os cloroplastos, organelas que apresentam DNA, podem sofrer mutação genética que acarreta a incapacidade de acumular clorofila – pigmento encontrado nos tilacoides – inviabilizando o processo fotossintético.

II. Os plastos são formados a partir de protoplastos, em que cada célula especializada origina um tipo de plasto diferente, o qual é incapaz de se transformar em outro tipo de plasto. Ocorrendo a mutação, cloroplastos não são formados, o que torna as folhas brancas.

III. O cloroplasto é envolto por duas membranas lipoproteicas e possui internamente um elaborado sistema de bolsas membranosas interligadas. Em folhas verdes, no interior dessas bolsas, existem DNA, RNA e ribossomos; já nas folhas brancas não ocorrem ribossomos, o que ocasiona a não produção de clorofila.

IV. Nas regiões brancas das folhas não ocorre a etapa fotoquímica, que compreende a fotofosforilação e a fotólise da água. Nas folhas verdes, a clorofila, ao receber energia da luz, emite elétrons energizados, os quais são captados e transportados por uma cadeia de substâncias presentes na membrana do tilacoide, liberando gradativamente sua energia.

Assinale:

- a) Estão corretas apenas as afirmativas II e III.
- b) Estão corretas apenas as afirmativas I e IV.
- c) Estão corretas apenas as afirmativas I e III.
- d) Estão corretas apenas as afirmativas II e IV.

**07** - (Ufv) As boas práticas de alimentação têm sinalizado que o consumo de vegetais de coloração amarela a vermelho-alaranjada tem reflexos positivos para a nutrição. Os responsáveis por tais colorações e pelo valor nutritivo são os pigmentos carotenoides, dentre eles o  $\beta$ -caroteno. Nas plantas, esses pigmentos são encontrados na seguinte organela:

- a) vacúolo.
- b) plastídeo.
- c) complexo de Golgi.
- d) mitocôndria.
- e) peroxissomo.

**08** - (Unicamp) Em alguns casos, as organelas celulares podem transformar-se e perder a funcionalidade, como acontece com os cloroplastos. Em plantas com alta atividade de fotossíntese, mas com crescimento paralisado e sem drenos ativos (como flores e frutos), os cloroplastos podem dar origem a

- a) protoplastos – células vegetais desprovidas de parede celular.
- b) amiloplastos – organelas em que ocorre acúmulo de amido.
- c) proplastos – organelas imaturas que dão origem a cloroplastos.
- d) cromoplastos – organelas em que ocorre acúmulo de pigmentos.

**09** - (Unesp) No grão de arroz que ingerimos, o amido contido em seu interior encontra-se armazenado, inicialmente,

- a) dentro do vacúolo da célula vegetal.
- b) em grânulos dispersos pelo citoplasma.
- c) no estroma dentro dos cloroplastos.
- d) nos espaços intercelulares da semente.
- e) nas vesículas do complexo de Golgi.

**10** - (Enem) A célula fotovoltaica é uma aplicação prática do efeito fotoelétrico. Quando a luz incide sobre certas substâncias, libera elétrons que, circulando livremente de átomo para átomo, formam uma corrente elétrica. Uma célula fotovoltaica é composta por uma placa de ferro recoberta por uma camada de selênio e uma película transparente de ouro. A luz atravessa a película, incide sobre o selênio e retira elétrons, que são atraídos pelo ouro, um ótimo condutor de eletricidade. A película de ouro é conectada à placa de ferro, que recebe os elétrons e os

devolve para o selênio, fechando o circuito e formando uma corrente elétrica de pequena intensidade.

DIAS, C. B. *Célula fotovoltaica*. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em: 16 ago. 2012 (adaptado).

O processo biológico que se assemelha ao descrito é a

- a) fotossíntese.
- b) fermentação.
- c) quimiossíntese.
- d) hidrólise de ATP.
- e) respiração celular.

**11** – (Unifor) A fotossíntese ocorre no interior dos cloroplastos, cuja cor verde deve-se à presença do pigmento clorofila. O principal papel desse pigmento é

- a) produzir moléculas de glicose a partir de  $\text{CO}_2$  e água.
- b) absorver energia luminosa e transformá-la em química.
- c) promover a fotólise da molécula de água e liberação de  $\text{O}_2$ .
- d) inibir a fotofosforilação promovendo a produção de ATP.
- e) estimular o ciclo das pentoses durante a fase clara da fotossíntese.

**12** – (Unifor) O processo da fotossíntese inicia-se com a

- a) síntese do gás oxigênio.
- b) redução de moléculas de  $\text{NAD}^+$ .
- c) oxidação de moléculas de água.
- d) excitação de elétrons da clorofila pela luz.
- e) reação entre água e dióxido de carbono.

**13** – (Uece) É comum aos processos de fotossíntese e respiração:

- a) a utilização de citocromos como transportadores de elétrons
- b) o oxigênio comoceptor final de elétrons.
- c) o  $\text{NADPH}_2$  reduzir o oxigênio.
- d) a glicose ser o agente redutor do  $\text{CO}_2$ .

**14** – (Upe) Numa loja especializada em plantas ornamentais, é possível observar vários tipos com folhas de cores diferentes. Na grande maioria delas, predomina o verde, mas algumas aparecem com folhas de cor laranja, amarela, roxa, etc. Cada uma com suas exigências de intensidade luminosa e quantidade de água, fatores importantes para que possa realizar fotossíntese e, dessa forma, garantir o seu metabolismo. A cor está relacionada aos pigmentos, que captam a luz para realizar a fotossíntese. Com base nisso, analise as afirmativas a seguir:

I. O verde é característico do pigmento clorofila, enquanto o laranja é característico do pigmento carotenoide.

II. A clorofila absorve muito bem a luz nas faixas do vermelho e do violeta, refletindo a luz verde.

III. Os carotenoides são pigmentos acessórios que absorvem luz nas faixas do vermelho ao verde, refletindo a cor amarela.

IV. Tanto a clorofila quanto o carotenoide absorvem bem todo o espectro de luz.

Está correto, apenas, o que se afirma em:

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

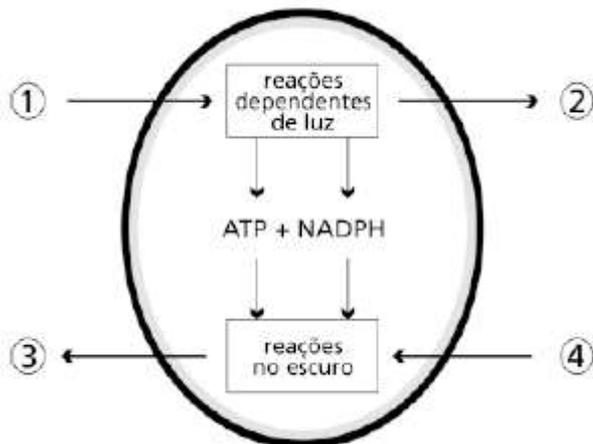
**15** – (Unesp) Um vaso com uma planta de folhas verdes foi colocado sobre uma mesa, no centro de um quarto totalmente vedado, de modo a impedir a entrada da luz externa, e ali permaneceu por 24 horas. Durante as 12 primeiras horas (período I), a planta foi iluminada com luz verde, de comprimento de onda na faixa de 500 a 550 nm. Nas 12 horas seguintes (período II), a planta foi iluminada com luz laranja-avermelhada, de comprimento de onda na faixa de 650 a 700 nm. Considerando a incidência da luz sobre a planta e a taxa fotossintética, é correto afirmar que, aos olhos de um observador não daltônico que estivesse no quarto, as folhas da planta se apresentariam

- a) de cor verde no período I e enegrecidas no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período II e reduzida ou nula no período I.
- b) enegrecidas no período I e de cor vermelha no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período I e reduzida ou nula no período II.
- c) enegrecidas no período I e enegrecidas no período II, e em ambos os períodos a planta não realizaria fotossíntese, mas apenas respiração.
- d) de cor verde no período I e de cor vermelha no período II, e a taxa de fotossíntese seria maior no período I do que no período II.
- e) de cor verde no período I e de cor verde no período II, e a taxa de fotossíntese seria a mesma em ambos os períodos.

**16** – (Enem) A fotossíntese é um processo físico-químico realizado por organismos clorofilados. Nos vegetais, é dividido em duas fases complementares: uma responsável pela síntese de ATP e pela redução de  $\text{NADP}^+$  e a outra pela fixação de carbono. Para que a etapa produtora de ATP e  $\text{NADPH}$  ocorra, são essenciais

- a) água e oxigênio.
- b) glicose e oxigênio.
- c) radiação luminosa e água.
- d) glicose e radiação luminosa.
- e) oxigênio e dióxido de carbono.

17 – (Uerj) O esquema abaixo representa as duas principais etapas da fotossíntese em um cloroplasto. O sentido das setas 1 e 4 indica o consumo e o sentido das setas 2 e 3 indica a produção das substâncias envolvidas no processo.



Adaptado de ALBERTS et alii. *Molecular biology of the cell*. New York: Garland Publishing, 1986.

Os números das setas que correspondem, respectivamente, às substâncias  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , açúcares e  $\text{H}_2\text{O}$  são:

- a) 1, 2, 4, 3.
- b) 2, 3, 1, 4.
- c) 3, 1, 2, 4.
- d) 4, 2, 3, 1.

18 – (Uece) A fotossíntese é o início da maior parte das cadeias alimentares no planeta. Sem ela, os animais e muitos outros seres heterotróficos seriam incapazes de sobreviver, porque a base da sua alimentação encontra-se sempre nas substâncias orgânicas produzidas pelas plantas clorofiladas. Sobre o processo fotossintético, podemos afirmar corretamente que durante a etapa fotoquímica ocorre

- a) liberação do oxigênio e redução do NADP.
- b) fotólise da água e oxidação do NADP a NADPH.
- c) redução do NAD a NADPH e fotofosforilação do ATP.
- d) fotofosforilação do ADP e fixação do carbono.

19 – (Uece) Relacione a coluna 1 com a coluna 2.

COLUNA 1	COLUNA 2
I. Reação de Hill	( ) Utilização de ATP e $\text{NADPH}_2$
II. Fotofosforilação acíclica	( ) Produção de ATP e $\text{NADPH}_2$
III. Fotofosforilação cíclica	( ) Somente produção de ATP
IV. Ciclo de Calvin	( ) Quebra da molécula d'água

A alternativa que contém a sequência correta de números, de cima para baixo, é:

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

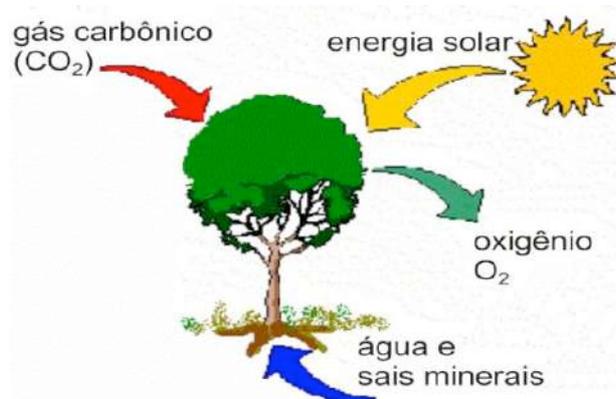
20 – (Unifor) Considere as afirmações abaixo referentes ao processo de fotossíntese.

- I. A etapa fotoquímica ocorre nos tilacóides e a etapa química ocorre no estroma dos cloroplastos.
- II. O  $\text{CO}_2$  utilizado participa ativamente da produção de carboidrato durante a etapa fotoquímica.
- III. Na fotólise da água ocorre a quebra da molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  sob ação da luz.
- IV. A etapa química ocorre sem necessidade direta da luz.

É correto o que se afirma em:

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

21 – (Unichristus)



Disponível em:

<http://websmed.portoalegre.rs.gov.br/escolas/marcirio/respiracao/fotossintese.htm>. Acesso em: 31 de julho de 2014.

Sobre o processo indicado na figura acima, pode-se afirmar que

- a) o  $\text{CO}_2$  é fonte de carbono para a síntese de matéria orgânica e fonte de  $\text{O}_2$  para a atmosfera.
- b) a água é fonte de  $\text{H}^+$  para a síntese de  $\text{NADPH}_2$  e de  $\text{O}_2$  para a atmosfera.
- c) o  $\text{NADPH}_2$  é fonte de energia para a conversão do  $\text{CO}_2$  em matéria orgânica.
- d) o ATP é doador de energia para a quebra da água, que, por sua vez, fornece  $\text{O}_2$  para a atmosfera.
- e) a conversão de  $\text{CO}_2$  em matéria orgânica produz energia que é acumulada pelo ATP.

**22 – (Enem)** Um molusco, que vive no litoral oeste dos EUA, pode redefinir tudo o que se sabe sobre a divisão entre animais e vegetais. Isso porque o molusco (*Elysia chlorotica*) é um híbrido de bicho com planta. Cientistas americanos descobriram que o molusco conseguiu incorporar um gene das algas e, por isso, desenvolveu a capacidade de fazer fotossíntese. É o primeiro animal a se “alimentar” apenas de luz e CO<sub>2</sub>, como as plantas.

GARATONI, B. *Superinteressante*. Edição 276, mar. 2010 (adaptado).

A capacidade de o molusco fazer fotossíntese deve estar associada ao fato de o gene incorporado permitir que ele passe a sintetizar

- clorofila, que utiliza a energia do carbono para produzir glicose.
- citocromo, que utiliza a energia da água para formar oxigênio.
- clorofila, que doa elétrons para converter gás carbônico em oxigênio.
- citocromo, que doa elétrons da energia luminosa para produzir glicose.
- clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos.

**23 – (Unesp)** Em uma matéria sobre o papel das plantas na redução da concentração atmosférica dos gases do efeito estufa, consta a seguinte informação:

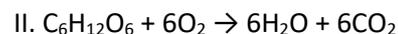
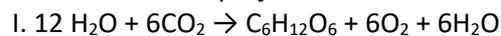
O vegetal “arranca” o carbono, que é o C do CO<sub>2</sub>, para usar de matéria-prima para o seu tronco, e devolve para a atmosfera o O<sub>2</sub>, ou seja, oxigênio. (*Superinteressante*, maio de 2016. Adaptado.)

Tal informação refere-se à

- respiração celular e está correta, uma vez que, nas mitocôndrias, o carbono do CO<sub>2</sub> é disponibilizado para a síntese de tecidos vegetais e o O<sub>2</sub> é devolvido para a atmosfera.
- fotossíntese e está correta, uma vez que, através desse processo, a planta utiliza o carbono na síntese de seus tecidos, devolvendo para a atmosfera o oxigênio do CO<sub>2</sub>.
- fotossíntese e está incorreta, uma vez que o carbono do CO<sub>2</sub> é utilizado na síntese de carboidratos que serão consumidos na respiração celular, mas não como matéria-prima do tronco.
- fotossíntese e está incorreta, uma vez que o oxigênio liberado para atmosfera provém da reação de decomposição da água, e não do CO<sub>2</sub> que a planta capta da atmosfera.
- respiração celular e está incorreta, uma vez que o O<sub>2</sub> liberado para atmosfera tem origem na quebra de carboidratos na glicólise, da qual também resulta o carbono que irá compor os tecidos vegetais.

**24 – (Unesp)** No quadro negro, a professora anotou duas equações químicas que representam dois importantes processos biológicos, e pediu aos alunos que fizessem algumas afirmações sobre elas.

Equações:



- Pedro afirmou que, na equação I, o oxigênio do gás carbônico será liberado para a atmosfera na forma de O<sub>2</sub>.
- João afirmou que a equação I está errada, pois o processo em questão não forma água.
- Mariana afirmou que o processo representado pela equação II ocorre nos seres autótrofos e nos heterótrofos.
- Felipe afirmou que o processo representado pela equação I ocorre apenas em um dos cinco reinos: Plantae.
- Patrícia afirmou que o processo representado pela equação II fornece, à maioria dos organismos, a energia necessária para suas atividades metabólicas.

Pode-se dizer que

- todos os alunos erraram em suas afirmações.
- todos os alunos fizeram afirmações corretas.
- apenas as meninas fizeram afirmações corretas.
- apenas os meninos fizeram afirmações corretas.
- apenas dois meninos e uma menina fizeram afirmações corretas.

**25 – (Ufrgs)** No bloco superior abaixo, são citadas duas estruturas presentes nos cloroplastos; no inferior, características dessas estruturas. Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

- Tilacoides
- Estroma

- ( ) A luz absorvida pelo pigmento é transformada em energia química.
- ( ) Enzimas catalisam a fixação de CO<sub>2</sub>.
- ( ) Parte do gliceraldeído-3-fosfato resulta na produção de amido.
- ( ) A oxidação de moléculas de água produz elétrons, prótons e O<sub>2</sub>.

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

- 1 – 2 – 2 – 1.
- 1 – 1 – 2 – 2.
- 1 – 2 – 2 – 2.
- 2 – 1 – 1 – 1.
- 2 – 1 – 1 – 2.

## VESTIBULARES:

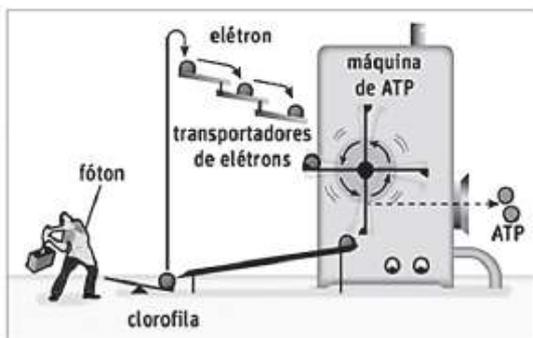
As questões abaixo são direcionadas para quem prestará vestibulares tradicionais.

Se você está estudando apenas para a prova do ENEM, fica a seu critério, de acordo com o seu planejamento, respondê-las, ou não.

**26 – (Unichristus)** No processo da fotossíntese, a cooperação dos dois fotossistemas é requerida para

- a síntese de ATP.
- a redução de  $\text{NADP}^+$ .
- a fotofosforilação cíclica.
- oxidação do centro de reação do fotossistema I.
- geração da força protomotiva.

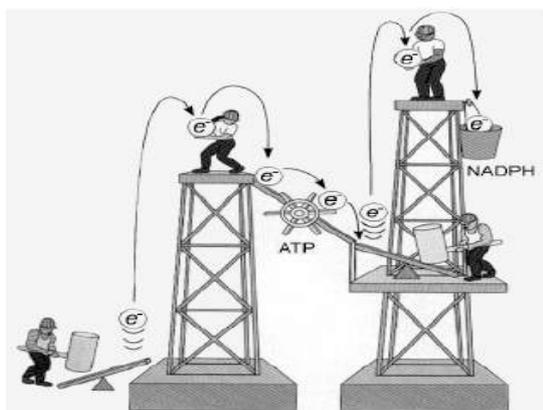
**27 - (Uesb)**



A figura representa uma analogia entre uma etapa do processo fotossintético e um sistema mecânico hipotético. Considerando-se que o fóton precisa excitar a clorofila para que o mecanismo possa ser ativado, pode-se afirmar que a reação fotoquímica representada é a

- fotofosforilação cíclica.
- ciclo das pentoses (calvin).
- fotólise da água.
- ciclo de Krebs.
- fotofosforilação acíclica.

**28 - (Ufv)** A figura estilizada abaixo representa parte do processo da fotossíntese em plantas, correspondente ao esquema Z da etapa fotoquímica.



Assinale a afirmativa incorreta:

- Os operários no topo das torres correspondem aos aceptores primários de elétrons.
- A torre de tamanho menor corresponde ao fotossistema I, e a maior ao fotossistema II.
- O operário com a marreta em punho, na torre maior, recebe elétrons de baixa energia para recompor os elétrons energizados que ele lançou.
- A roleta, entre as torres, corresponde à cadeia transportadora de elétrons que tem como função a produção de ATP.
- O operário que está no solo lança os elétrons provenientes das moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ .

**29 - (Ufv)** Na fotossíntese, a energia da luz absorvida pelos pigmentos excita os elétrons para níveis mais elevados de energia. Os elétrons energizados são transferidos dos centros de reações dos fotossistemas para formar intermediários ricos em energia. Uma simplificação da sequência deste fluxo de elétrons está representada abaixo. Assinale a alternativa com a sequência correta:

- $\text{NADPH} \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ .
- $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NADPH} \rightarrow$  ciclo de Calvin.
- $\text{NADPH} \rightarrow$  fotossistema-II  $\rightarrow$  ciclo de Calvin.
- Fotossistema-I  $\rightarrow$  fotossistema-II  $\rightarrow \text{H}_2\text{O}$ .
- $\text{NADP} \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow$  cadeia de transporte de elétrons.

**30 - (Uece)** Segundo Campbell (2005), Aristóteles tinha observado e descrito que as plantas necessitavam de luz solar para adquirir a sua cor verde. No entanto, só em 1771, a fotossíntese começou a ser estudada por Joseph Priestley. Este químico inglês, confinando uma planta numa redoma de cristal comprovou a produção de uma substância que permitia a combustão e que, em certos casos, avivava a chama de um carvão em brasa. Posteriormente, concluiu-se que a substância observada era o gás oxigênio. Sobre o processo da fotossíntese, é incorreto afirmar que

- a equação simplificada da fase fotoquímica é  $12\text{H}_2\text{O} + 12\text{NADP} + 18\text{ADP} + 18\text{P} - (\text{luz}) \rightarrow 18\text{ATP} + 6\text{NADPH}_2 + 12\text{O}_2$ .
- a fase fotoquímica, que é a primeira fase do processo fotossintético, ocorre nos tilacoides.

c) na transferência de elétrons entre os aceptores, os elétrons vão liberando energia gradativamente e esta é aproveitada para transportar hidrogênio iônico de fora para dentro do tilacoide, reduzindo o pH do interior deste.

d) a fase denominada de ciclo de Calvin ou ciclo das pentoses ocorre no estroma do cloroplasto.

**31 - (Uece)** A agricultura ou jardinagem em torres de garrafas PET é uma agricultura vertical ou técnica de jardinagem vertical. A Universidade Estadual do Ceará está desenvolvendo um projeto relativo a esse tipo de agricultura denominado “Horta Vertical Didática”. Para isso, os alunos bolsistas fazem parte de grupos de estudo com assuntos relacionados à construção da horta como o estudo da fotossíntese. Sobre a fotossíntese, é correto afirmar que

a) é um processo passivo sem gasto de energia.

b) é um processo parcialmente dependente de luz solar.

c) a participação da enzima ribulose é fator determinante da fotossíntese.

d) o ciclo de produção de glicose, nesse processo, é denominado Ciclo de Krebs.

**32 - (Unifor)** Na década de 1950, Melvin Calvin e colegas usaram  $\text{CO}_2$  marcado radioativamente, em que alguns dos átomos de carbono não representaram o  $^{12}\text{C}$  normal, mas seu radioisótopo  $^{14}\text{C}$ , para identificar a sequência de reações pelas quais o carboidrato é formado a partir de  $\text{CO}_2$  nas plantas. Calvin e seus colegas expuseram culturas de *Chlorella*, uma alga verde unicelular, ao  $^{14}\text{CO}_2$  por 30 segundos e assim o  $\text{CO}_2$  pôde ser acompanhado. Foi nesse experimento que eles descobriram um ciclo, hoje denominado de ciclo de Calvin, composto por várias reações, que “fixa” o  $\text{CO}_2$  em uma molécula maior, produz carboidrato e regenera o aceptor de  $\text{CO}_2$  inicial nas plantas. Nesse contexto, assinale a alternativa que contém a enzima responsável pela primeira fase do ciclo onde ocorre a reação de fixação do  $\text{CO}_2$  nas plantas:

a) ATP-sintase.

b) Ribulose-1,5-bifosfato.

c) NADH desidrogenase.

d) Rubisco.

e) Catalase.

**33 - (Famene)** Considerando sobre o metabolismo energético dos seres vivos em relação aos diversos aspectos da Fotossíntese, analise as assertivas abaixo, classificando-as como verdadeiras (V) e falsas (F):

() Um fotossistema consiste no conjunto constituído pelo complexo de antena, pelo centro de reação (clorofila a) e pelos aceptores de elétrons.

() Os pigmentos têm a propriedade de absorver e refletir determinados comprimentos de onda luminosa. Enquanto que os carotenoides refletem apenas os comprimentos de onda verde e amarelo, as clorofilas (a e b) refletem o comprimento de onda da luz verde.

() Na etapa química, o  $\text{CO}_2$  entra no ciclo de Calvin e se une à ribulose bifosfato (RuBP) que já existe no estroma do cloroplasto. Esse processo de fixação de carbono é catalisado pela enzima rubisco.

() A distribuição de elétrons ao redor dos átomos de carbono e de nitrogênio constituintes do anel de porfirina indica o estado excitado da clorofila.

() Assim como os demais organismos autotróficos, as bactérias fotossintetizantes usam gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) na reação da fotossíntese oxigena, gerando hidratos de carbono e gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ).

A sequência correta é:

a) VVFFF.

b) FVVVV.

c) FVFFF.

d) VFFVV.

e) VFVVF.

**34 - (Famene)** A fotossíntese pode ser genericamente definida como “o processo de síntese de compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas, utilizando-se a energia luminosa, e liberando oxigênio”. Sobre os diversos aspectos desse processo, é correto afirmar que

a) as duas primeiras etapas da fotossíntese são catalisadas por enzimas que fazem parte da membrana tilacoide.

b) a distribuição de elétrons ao redor dos átomos de carbono e de fósforo constituintes do anel de porfirina indica o estado excitado da clorofila.

c) os produtos da reação da fotólise da água estão representados por:  $\text{O}_2$  (gás oxigênio) +  $4 \text{H}^+$  (íons hidrogênio) +  $6 \text{e}^-$  (elétrons).

d) um fotossistema consiste no conjunto constituído pelo centro de reação (clorofila a e b) e pelos aceptores de elétrons.

e) a maneira mais precisa de representar os produtos da equação geral da fotossíntese é:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  (glicídio, PGAL) +  $3 \text{O}_2$  (gás oxigênio) +  $3 \text{H}_2\text{O}$  (água).

35 - (Upe) O trecho da Música de Caetano Veloso “Luz do sol, que a folha traga e traduz. Em ver de novo, em folha, em graça em vida, em força, em luz...” reporta-se à utilização da luz do sol pelas plantas, fundamental para a fotossíntese. Em relação às etapas desse processo em vegetais, é correto afirmar que

- a) a absorção de energia luminosa ocorre por meio de moléculas de clorofila, pigmento responsável pela cor verde nas plantas, presente no estroma do cloroplasto.
- b) o transporte de elétrons ocorre sequencialmente de um aceptor para outro, liberando toda a energia luminosa que havia sido captada até o último, denominado aceptor Q.
- c) a fotofosforilação cíclica conta com o fotossistema I e a formação de ATP, enquanto a acíclica tem a participação dos fotossistemas I e II e a formação de ATP e NADPH.
- d) o NADPH produzido em etapa fotoquímica fornece nitrogênio para a produção de glicídios, com base no gás carbônico.
- e) a fixação do carbono é a transformação em que o carbono do gás carbônico passa a constituir moléculas orgânicas e representa uma das reações de claro.

**notas**

## Gabarito:

### Questão 1: B

**Comentário:** A fotossíntese é o processo anabólico que utiliza a energia da luz para a produção de matéria orgânica, na forma de carboidratos, glicose principalmente, a partir de matéria inorgânica, na forma de água e gás carbônico. O crescimento vegetal se dá pelo acúmulo de matéria orgânica produzida por fotossíntese a partir de gás carbônico, água e energia luminosa.

### Questão 2: C

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item A: falso:** O  $\text{CO}_2$  e a água são moléculas de baixo teor energético, acumulando energia química a partir da energia luminosa do sol para formar moléculas orgânicas de alto teor energético na fotossíntese.

**Item B: falso:** Os carboidratos armazenam energia solar na forma de energia química a partir da fotossíntese; a energia química dos carboidratos é liberada através de processos como a respiração aeróbica, de modo a possibilitar a atividade metabólica celular.

**Item C: verdadeiro:** Praticamente toda a matéria orgânica da Terra é produzida pela atividade fotossintética, utilizando como fonte de energia a energia luminosa do Sol. Alguns poucos ecossistemas, apenas, são sustentados por matéria orgânica produzida por quimiossíntese, que não depende da energia luminosa.

**Item D: falso:** O processo fotossintético é responsável pela retirada de carbono da atmosfera na forma de gás carbônico, fixando-o na matéria orgânica.

**Item E: falso:** A produção de matéria orgânica (biomassa) e de combustíveis fósseis (derivados da matéria orgânica de organismos mortos não decompostos) se inicia, primariamente, com a fotossíntese, que retira gás carbônico da atmosfera; o consumo de matéria orgânica na respiração e a queima de combustíveis fósseis, por outro lado, liberam gás carbônico para a atmosfera.

### Questão 3: E

**Comentário:** A captação da energia da luz do sol é possível através de pigmentos fotossintetizantes, sendo o principal deles a clorofila, substância lipídica associada ao magnésio e de cor verde. A luz excita elétrons do magnésio da clorofila, que abandonam a molécula e percorrem uma cadeia de citocromos, liberando energia a ser utilizada na síntese de ATP. Esse

ATP é então utilizado na síntese de moléculas orgânicas, como a glicose.

Essa glicose é consumida através de processos catabólicos, como respiração aeróbica e fermentação, para liberar energia química, na forma de ATP, a ser utilizada nos vários processos metabólicos celulares. A fermentação alcoólica, por exemplo, utiliza a glicose anaerobicamente e libera etanol e gás carbônico como subprodutos, sendo o processo realizado por fungos unicelulares conhecidos como leveduras. Assim, a energia liberada na combustão do etanol é inicialmente captada da luz solar por meio do processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar, sendo armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

### Questão 4: E

**Comentário:** Todas as substâncias orgânicas da natureza vêm, de modo direto ou indireto, da fotossíntese, e em menor grau da quimiossíntese. Assim, etanol, petróleo, papel higiênico, óleo de soja e pão são constituídos de moléculas orgânicas, sendo provenientes da glicose e outras substâncias orgânicas geradas no processo de fotossíntese.

### Questão 5: C

**Comentário:** Os cloroplastos são organelas responsáveis pela fotossíntese, sendo formadas por duas membranas, com um espaço intermembrana entre elas. A membrana interna apresenta clorofila em sua estrutura, sendo capaz de captar luz para a fotossíntese, e sofre uma série de invaginações, formando projeções denominadas lamelas, que formam pequenos sacos achatados denominados tilacóides e agrupados em pilhas denominadas grana (singular: granum). A membrana interna também delimita um espaço contendo uma massa amorfa denominada estroma, contendo água, sais minerais, várias enzimas, DNA circular e desnudo (sem histonas associadas), RNA e ribossomos 70S, sendo responsável pela fixação do gás carbônico em glicose, o que é feito com a energia química produzida a partir da luz. Analisando a figura, temos que:

- 1 é a membrana externa;
- 2 é a membrana interna;
- 3 é o estroma;
- 4 é um granum.

### Questão 6: B

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item I: verdadeiro:** Cloroplastos são as organelas responsáveis pela fotossíntese, tendo origem

endossimbiótica a partir de cloroplastos, e por isso possuem DNA próprio, o qual codifica enzimas que produzem a clorofila, presente na membrana interna, em lamelas e tilacoides. Mutações no DNA dos cloroplastos podem levar à incapacidade de acumular a clorofila, o que inviabiliza o processo fotossintético.

**Item II: falso:** Como plastos têm DNA próprio, possuem capacidade de autoduplicação, se originando a partir de outros plastos. De modo geral, um plasto se divide em novos plastos, chamados protoplastos, os quais podem ser leucoplastos para reserva ou cromoplastos para fotossíntese. Mesmo plenamente formado, um plasto pode se transformar em outro pelo acúmulo de nutrientes e/ou síntese de pigmentos fotossintetizantes.

**Item III: falso:** O cloroplasto apresenta duas membranas lipoproteicas, sendo que a membrana interna apresenta invaginações denominadas lamelas, que por sua vez formam bolsas chamadas tilacoides, que se organizam em pilhas chamadas grana (singular: granum). Na bicamada lipídica da membrana interna (incluindo lamelas e tilacoides), encontra-se a clorofila. No interior das bolsas e por dentro da membrana interna, ocorre uma massa protoplasmática denominada estroma, com DNA, RNA e ribossomos. Em folhas brancas devido a mutações, ocorrem ribossomos normalmente, mas não há produção de clorofila.

**Item IV: verdadeiro:** Nas regiões brancas das folhas não há clorofila, não ocorrendo a etapa fotoquímica da fotossíntese, que compreende fotofosforilação cíclica, fotofosforilação acíclica e fotólise da água. A ação da clorofila pode ser resumida na conversão de luz em energia química: a luz excita elétrons do átomo de magnésio da clorofila, os quais abandonam a clorofila e percorrem uma cadeia transportadora de elétrons liberando energia para produzir ATP.

#### Questão 7: B

**Comentário:** A clorofila é uma substância lipídica associada ao magnésio e de cor verde, sendo responsável pela captação da energia da luz do sol. A luz excita elétrons do magnésio da clorofila, que abandonam a molécula e percorrem uma cadeia de citocromos, liberando energia a ser utilizada na síntese de ATP. Esse ATP é então utilizado na síntese de moléculas orgânicas, como a glicose. Além da clorofila, outros pigmentos fotossintetizantes contribuem na captação de luz, como os carotenos de cor laranja e as xantofilas de cor amarela. Pigmentos fotossintetizantes são encontrados em plastídeos do tipo cromoplastos, como os cloroplastos.

#### Questão 8: B

**Comentário:** Quando um plasto se auto-duplica, origina um pró-plasto ou proplastídeo. Este pode originar leucoplastos ou cromoplastos. Os leucoplastos não possuem pigmentos fotossintetizantes e têm função de armazenamento, como:

- Oleoplastos: armazenam óleo e são encontrados principalmente em sementes de oleaginosas, como amendoim, girassol, etc;
- Amiloplastos: armazenam amido e são encontrados em tubérculos, como batata inglesa, e raízes tuberosas, como mandioca, etc;
- Proteoplastos: armazenam proteínas e são encontrados em sementes de leguminosas, como soja, feijão, etc.

Os cromoplastos possuem pigmentos fotossintetizantes e realizam a fotossíntese, como:

- Eritroplastos: contêm pigmentos eritrofilas, tendo cor vermelha e sendo encontrados em algas vermelhas (rodofíceas);
- Feoplastos: contêm os pigmentos feofilas, tendo cor marrom e sendo encontrados em algas pardas (feofíceas);
- Xantoplastos: contêm pigmentos xantofilas, tendo cor amarela e sendo encontrados em algas verdes (clorofíceas) e vegetais;
- Cloroplastos: contêm principalmente o pigmento clorofila, tendo cor verde e sendo encontrados em algas verdes (clorofíceas) e vegetais.

Assim, em frutos, cloroplastos acumulam amido para darem origem a amiloplastos de reserva.

#### Questão 9: C

**Comentário:** Os plastos ou plastídeos são organelas formadas por duas membranas, com um espaço intermembrana entre elas, sendo que a membrana interna delimita um espaço contendo uma massa amorfa denominada estroma, contendo água, sais minerais, várias enzimas, DNA circular e desnudo (sem histonas associadas), RNA e ribossomos 70S. Quando um plasto se auto-duplica, origina um pró-plasto ou pró-plastídeo, que pode originar leucoplastos ou cromoplastos.

- Os leucoplastos não possuem pigmentos fotossintetizantes e têm função de armazenamento, podendo ser oleoplastos (com óleo), amiloplastos (com amido) ou proteoplastos (com proteínas).
- Os cromoplastos possuem pigmentos fotossintetizantes e realizam a fotossíntese, sendo os principais os cloroplastos, contendo o pigmento clorofila, de cor verde, e ocorrendo em algas clorofíceas e vegetais.

Assim, o amido é armazenado, em nível celular, no interior (estroma) de leucoplastos denominados amiloplastos, formados pela modificação de cloroplastos.

#### Questão 10: A

**Comentário:** No processo de fotossíntese, a luz excita elétrons do átomo de magnésio da molécula de clorofila, sendo que esses elétrons excitados percorrem uma sequência de aceptores de elétrons, liberando energia que é captada por uma série de enzimas para produzir ATP (que armazena a energia em suas ligações químicas), de modo semelhante ao esquema descrito no texto.

#### Questão 11: B

**Comentário:** A captação da energia da luz do sol é possível através de pigmentos fotossintetizantes, sendo o principal deles a clorofila, substância lipídica associada ao magnésio e de cor verde. A luz excita elétrons do magnésio da clorofila, que abandonam a molécula e percorrem uma cadeia de citocromos, liberando energia a ser utilizada na síntese de ATP. Esse ATP é então utilizado na síntese de moléculas orgânicas, como a glicose. Assim, o principal papel da clorofila é absorver energia luminosa e transformá-la em energia química na forma de ATP.

#### Questão 12: D

**Comentário:** O processo da fotossíntese se inicia com a excitação de elétrons da clorofila pela luz, com o objetivo de produzir energia química na forma de ATP, que será utilizada na síntese de moléculas orgânicas.

#### Questão 13: A

**Comentário:** Analisando os processos de fotossíntese e respiração, observa-se que eles têm em comum a utilização de citocromos como transportadores de elétrons liberando energia para a geração de ATP. Na fotossíntese, esses elétrons são provenientes da água e da clorofila e excitados a partir da energia luminosa, produzindo ATP na fotofosforilação da fase clara; na respiração aeróbica, esses elétrons são provenientes de moléculas orgânicas ricas em energia, como a glicose, e utilizados na síntese de ATP ao nível da cadeia respiratória.

#### Questão 14: A

**Comentário:** O principal pigmento fotossintetizante é a clorofila, que, por ser verde, não aproveita esse comprimento de onda na fotossíntese. Existem, no

entanto, pigmentos acessórios capazes de aproveitar o comprimento de onda da luz equivalente ao verde, como é o caso de xantofilas amarelas e do caroteno laranja. Assim, analisando cada item:

**Item I: verdadeiro:** Como mencionado, a clorofila é verde e o caroteno é laranja.

**Item II: verdadeiro:** Os melhores comprimentos de onda da luz para a clorofila são o vermelho e o violeta, sendo o pior deles o verde, que é refletido.

**Item III: falso:** Como mencionado, o caroteno é laranja e as xantofilas são amarelas.

**Item IV: falso:** Por ser verde, a clorofila reflete o verde, que não é aproveitado por ela na fotossíntese, e por ser laranja, o caroteno reflete o laranja, que não é aproveitado por ele na fotossíntese.

#### Questão 15: A

**Comentário:** A fotossíntese emprega a clorofila para captar energia luminosa e convertê-la em energia química, a qual será armazenada em moléculas orgânicas como a glicose. A clorofila é um pigmento verde, e por isso incapaz de absorver luz nesse comprimento de onda, que é refletido. A fotossíntese só não é nula com a luz verde porque existem outros pigmentos fotossintetizantes, chamados acessórios, que captam a luz verde, como as xantofilas. Apesar delas, a fotossíntese com luz verde é de intensidade bastante reduzida. No experimento descrito, a planta foi iluminada com luz verde no período I, sendo a luz refletida, de modo que as folhas ficam verdes e a fotossíntese é mínima (só ocorrendo devido aos pigmentos acessórios). No período II, a planta foi iluminada com luz laranja-avermelhada, que é absorvida pela clorofila, de modo que as folhas ficam escuras (negras) e a fotossíntese é mais eficiente.

#### Questão 16: C

**Comentário:** A fotossíntese é o mecanismo de produção de matéria orgânica, como a glicose, a partir de gás carbônico, água e energia luminosa. Ela ocorre em duas etapas:

(1) fase clara, que ocorre na membrana interna dos cloroplastos (incluindo lamelas, tilacoides e grana), a qual depende diretamente de luz e onde ocorrem processos de fotofosforilação que produzem ATP e a fotólise da água que degrada  $H_2O$  em  $H^+$ ,  $O_2$  e elétrons. O  $H^+$  reage com moléculas de NADP reduzidas ( $NADP^+$ ) para gerar  $NADPH_2$ . Na fase escura, utiliza-se o ATP como fonte de energia, o  $NADPH_2$  como fonte de hidrogênios e o  $CO_2$  como fonte de carbono para a síntese de glicose e outras moléculas orgânicas.

(2) fase escura, que ocorre no estroma dos cloroplastos, a qual não depende diretamente de luz e

ocorre numa etapa denominada ciclo de Calvin ou das pentoses, que usa ATP e NADPH<sub>2</sub> da fase clara e CO<sub>2</sub> para produzir glicose, num processo que pode ser denominado fixação de carbono.

Assim, a etapa produtora de ATP e NADPH é a fase clara, que usa luz (radiação luminosa) e água, além de ADP e NADP<sup>+</sup>.

#### Questão 17: D

**Comentário:** A fotossíntese ocorre em duas etapas, a fase clara, que ocorre na membrana interna do cloroplasto (em regiões como lamelas, tilacóides e grana) e a fase escura, que ocorre no estroma do cloroplasto. De modo resumido, a fase clara da fotossíntese utiliza luz, clorofila e água (1) e produz ATP, NADPH<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (2). A fase escura utiliza ATP e NADPH<sub>2</sub> provenientes da fase clara e gás carbônico (4) para produzir glicose (3).

#### Questão 18: A

**Comentário:** As duas fases da fotossíntese são:

1 - Fase clara ou fotoquímica, que ocorre na membrana interna do cloroplasto (e suas dobras, ou seja, lamelas e tilacóides/grana), e utiliza luz captada pela clorofila, NADP, ADP e água, e produz NADPH<sub>2</sub>, ATP e gás oxigênio. Essa fase engloba três processos:

- Fotofosforilação cíclica, que produz apenas ATP;
- Fotofosforilação acíclica, que produz ATP e NADP<sup>+</sup> (reduzido);

- Fotólise da água (reação de Hill), que quebra a molécula de água em H<sup>+</sup> (que se soma ao NADP<sup>+</sup> para formar NADPH<sub>2</sub>), elétrons (que reduzem a clorofila que perdeu os elétrons por ação da luz) e gás oxigênio.

2 - Fase escura ou química, que ocorre no estroma do cloroplasto, e utiliza NADPH<sub>2</sub> e ATP, provenientes da fase clara, e gás carbônico, através do ciclo de Calvin, para produzir glicose.

Assim, durante a etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre liberação de oxigênio (a partir da fotólise de água), redução do NADP a NADP<sup>+</sup> (na fotofosforilação acíclica), que é posteriormente convertido em NADPH<sub>2</sub> e fotofosforilação do ADP em ATP. A fixação do carbono em glicose ocorre apenas na fase escura.

#### Questão 19: B

**Comentário:** As duas fases da fotossíntese são:

1. Fase clara ou fotoquímica, que ocorre na membrana interna do cloroplasto (e suas dobras, ou seja, lamelas e tilacóides/grana), e utiliza luz captada pela clorofila, NADP, ADP e água, e produz NADPH<sub>2</sub>, ATP e gás oxigênio. Essa fase engloba três processos:

- Fotofosforilação cíclica, que produz apenas ATP;

- Fotofosforilação acíclica, que produz ATP e NADP<sup>+</sup> (reduzido);

- Fotólise da água (reação de Hill), que quebra a molécula de água em H<sup>+</sup> (que se soma ao NADP<sup>+</sup> para formar NADPH<sub>2</sub>), elétrons (que reduzem a clorofila que perdeu os elétrons por ação da luz) e gás oxigênio.

2. Fase escura ou química, que ocorre no estroma do cloroplasto, e utiliza NADPH<sub>2</sub> e ATP, provenientes da fase clara, e gás carbônico, através do ciclo de Calvin, para produzir glicose.

Assim, fazendo a correta associação:

- A utilização de ATP e NADPH<sub>2</sub> produzidos na fase clara ocorre no ciclo de Calvin (IV), onde ocorre a fixação do gás carbônico em glicose;

- A produção de ATP e NADP<sup>+</sup> ocorre na fotofosforilação acíclica (II), sendo NADP<sup>+</sup> esse convertido em NADPH<sub>2</sub> por ação da fotólise da água;

- A produção somente de ATP ocorre na fotofosforilação cíclica (III);

- A quebra da molécula d'água ocorre na fotólise da água, também chamada de reação de Hill (I).

#### Questão 20: B

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item I: verdadeiro:** A etapa fotoquímica ou luminosa ocorre na membrana interna do cloroplasto (lamelas e tilacóides/grana) e a etapa química ou escura ocorre no estroma dos cloroplastos.

**Item II: falso:** A utilização do CO<sub>2</sub> na produção de carboidrato ocorre no ciclo de Calvin durante a etapa química ou escura.

**Item III: verdadeiro:** A fotólise da água ou reação de Hill envolve a quebra da molécula de H<sub>2</sub>O sob ação da luz na fase fotoquímica ou luminosa.

**Item IV: verdadeiro:** A etapa química ou escura ocorre sem necessidade direta da luz, apesar de depender do ATP e do NADPH<sub>2</sub> produzidos na fase fotoquímica ou luminosa, na qual há participação direta da luz.

#### Questão 21: B

**Comentário:** A fotossíntese é o mecanismo de produção de matéria orgânica, como a glicose, a partir de gás carbônico, água e energia luminosa. Assim, analisando cada item:

**Item A: falso:** Na fase clara da fotossíntese, a qual depende de luz, ocorrem processos de fotofosforilação que produzem ATP e a fotólise da água que degrada H<sub>2</sub>O em H<sup>+</sup>, O<sub>2</sub> e elétrons. O H<sup>+</sup> reage com moléculas de NADP reduzidas (NADP<sup>+</sup>) para gerar NADPH<sub>2</sub>. Na fase escura, utiliza-se o ATP como fonte de energia, o NADPH<sub>2</sub> como fonte de hidrogênios e o CO<sub>2</sub> como fonte de carbono para a síntese de glicose e outras moléculas orgânicas.

**Item B: verdadeiro:** Como mencionado no item anterior, a fotólise da água é fonte de  $H^+$  para a síntese de  $NADPH_2$  e de  $O_2$  para a atmosfera.

**Item C: falso:** O  $NADPH_2$  é fonte de carbono e o ATP é fonte de energia para a conversão do  $CO_2$  em matéria orgânica.

**Item D: falso:** A luz é fonte de energia para a fotólise ou quebra da água, que, por sua vez, fornece  $O_2$  para a atmosfera.

**Item E: falso:** A conversão de  $CO_2$  em matéria orgânica consome energia do ATP produzido na fase clara.

#### Questão 22: E

**Comentário:** A capacidade de realizar fotossíntese é devida à clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos, como o ATP, e posteriormente a glicose.

#### Questão 23: D

**Comentário:** Todo gás oxigênio liberado na fotossíntese é proveniente da fotólise da água, de modo que a informação dada no texto está incorreta.

#### Questão 24: C

**Comentário:** I representa a equação balanceada da fotossíntese e II representa a equação balanceada da respiração aeróbica.

Analisando cada afirmação:

- A afirmação de Pedro está incorreta, porque, na equação I (fotossíntese), todo o gás oxigênio liberado é proveniente da quebra da molécula de água na fotólise da água.

- A afirmação de João está incorreta, porque, na equação I (fotossíntese), como todo o gás oxigênio liberado é proveniente da quebra da molécula de água na fotólise da água, tem-se que, na equação balanceada, são quebradas 12 moléculas de água (equivalendo a 12 átomos de oxigênio) em 6 moléculas de gás oxigênio (equivalendo a 12 átomos de oxigênio), havendo então a produção efetiva de mais 6 moléculas de água para cada molécula de glicose produzida.

- A afirmação de Mariana está correta, porque, o processo representado na equação II (respiração aeróbica) ocorre tanto em seres autótrofos como em heterótrofos.

- A afirmação de Felipe está incorreta, porque, o processo representado na equação I (fotossíntese) ocorre em organismos do Reino Monera (cianobactérias), Protista (algas) e Plantae (vegetais).

- A afirmação de Patrícia está correta, porque, o processo representado na equação II (respiração aeróbica) fornece, à maioria dos organismos, a energia

necessária para suas atividades metabólicas a partir da matéria orgânica.

Assim, apenas as meninas fizeram afirmações corretas.

#### Questão 25: A

**Comentário:** As duas fases da fotossíntese são:

1. Fase clara ou fotoquímica, que ocorre na membrana interna do cloroplasto (e suas dobras, ou seja, lamelas e tilacóides/grana), e utiliza luz captada pela clorofila, NADP, ADP e água, e produz  $NADPH_2$ , ATP e gás oxigênio. Essa fase engloba três processos:

- Fotofosforilação cíclica, que produz apenas ATP;

- Fotofosforilação acíclica, que produz ATP e  $NADP^+$  (reduzido);

- Fotólise da água (reação de Hill), que quebra a molécula de água em  $H^+$  (que se soma ao  $NADP^+$  para formar  $NADPH_2$ ), elétrons (que reduzem a clorofila que perdeu os elétrons por ação da luz) e gás oxigênio.

2. Fase escura ou química, que ocorre no estroma do cloroplasto, e utiliza  $NADPH_2$  e ATP, provenientes da fase clara, e gás carbônico, através do ciclo de Calvin, para produzir glicose.

Assim, analisando cada afirmação na coluna inferior:

- A absorção de luz pela clorofila para a produção de energia química na forma de ATP ocorre na fase clara da fotossíntese e, portanto, nos tilacóides (1).

- A fixação de  $CO_2$  em moléculas orgânicas como a glicose ocorre no ciclo de Calvin na fase escura da fotossíntese, e, portanto, no estroma (2).

- No ciclo de Calvin, o  $CO_2$  reage com a ribulose-1,5-difosfato (RuDP) através da enzima Rubisco e forma ácido fosfoglicérico (3-fosfoglicerato ou PGA), que forma aldeído fosfoglicérico (gliceraldeído-3-fosfato ou PGAL), que forma glicose, que pode ser convertido em amido, sendo que tudo isso ocorre na fase escura da fotossíntese, e, portanto, no estroma (2).

- A fotólise da água implica na quebra da molécula de água pela luz, num processo de oxidação que produz elétrons, prótons ( $H^+$ ) e  $O_2$ , sendo que tal processo ocorre na fase clara da fotossíntese e, portanto, nos tilacóides (1).

#### Questão 26: B

**Comentário:** As duas fases da fotossíntese são:

1. Fase clara ou fotoquímica, que ocorre na membrana interna do cloroplasto (e suas dobras, ou seja, lamelas e tilacóides/grana), e utiliza luz captada pela clorofila, NADP, ADP e água, e produz  $NADPH_2$ , ATP e gás oxigênio. Essa fase engloba três processos:

- Fotofosforilação cíclica, que utiliza o fotossistema I e produz apenas ATP;

- Fotofosforilação acíclica, que utiliza os fotossistemas I e II e produz ATP e  $NADP^+$  (reduzido);

- Fotólise da água (reação de Hill), que utiliza o fotossistema II e quebra a molécula de água em  $H^+$  (que se soma ao  $NADP^+$  para formar  $NADPH_2$ ), elétrons (que reduzem a clorofila que perdeu os elétrons por ação da luz) e gás oxigênio.

2. Fase escura ou química, que ocorre no estroma do cloroplasto, e utiliza  $NADPH_2$  e ATP, provenientes da fase clara, e gás carbônico, através do ciclo de Calvin, para produzir glicose.

Assim, a redução de  $NADP^+$  em  $NADP^•$  ocorre na fotofosforilação acíclica, que utiliza os dois fotossistemas, ou seja, precisa da cooperação entre os dois fotossistemas.

#### Questão 27: A

**Comentário:** O processo da fotossíntese inicia-se com a excitação de elétrons da clorofila pela luz, com o objetivo de produzir energia química na forma de ATP na fotofosforilação, sendo esse ATP utilizado na síntese de moléculas orgânicas. Na fotofosforilação acíclica, a luz excita elétrons da clorofila e os mesmos percorrem uma cadeia transportadora de elétrons para liberar energia para a geração de ATP, sendo que os elétrons não retornam à clorofila de onde saíram. Na fotofosforilação cíclica, a luz excita elétrons da clorofila e os mesmos percorrem uma cadeia transportadora de elétrons para liberar energia para a geração de ATP, sendo que os elétrons não retornam à clorofila de onde saíram, como está representado na figura da questão.

#### Questão 28: B

**Comentário:** O processo da fotossíntese inicia-se com a excitação de elétrons da clorofila pela luz, com o objetivo de produzir energia química na forma de ATP na fotofosforilação, sendo esse ATP utilizado na síntese de moléculas orgânicas. Como a fotofosforilação cíclica produz apenas ATP, e não produz  $NADPH$ , pode-se concluir que o processo esquematizado é a fotofosforilação acíclica, que produz ATP e  $NADPH$ .

- A torre maior representa o fotossistema I, cuja clorofila a P700 cede elétrons para o  $NADP^+$ , que é reduzido em  $NADP^•$  para formar  $NADPH_2$ .

- A torre menor representa o fotossistema II, cuja clorofila a P680 cede elétrons para repor os elétrons da clorofila a P700 oxidada no fotossistema I.

- A roleta representa a cadeia transportadora de elétrons, constituída de citocromos, que utiliza a energia dos elétrons para a síntese de ATP.

- O operário no solo representa a fotólise da água, na qual a molécula de água é quebrada, liberando elétrons para repor os elétrons da clorofila a P680 oxidada no fotossistema II.

Analisando cada item:

**Item A: verdadeiro:** Os operários no topo das torres podem estar representando os aceptores primários de elétrons, do fotossistema II na torre menor e do fotossistema I na torre maior.

**Item B: falso:** A torre menor corresponde ao fotossistema II e a torre maior ao fotossistema I.

**Item C: verdadeiro:** A torre maior, que representa o fotossistema I, recebe elétrons de baixa energia para recompor os elétrons energizados pela luz que foram transferidos para reduzir o  $NADP^+$ , que é reduzido em  $NADP^•$ .

**Item D: verdadeiro:** A roleta corresponde à cadeia transportadora de elétrons que utiliza a energia dos elétrons para a síntese de ATP.

**Item E: verdadeiro:** O operário no solo representa a fotólise da água, que quebra a molécula de água, liberando elétrons.

#### Questão 29: B

**Comentário:** Na fotofosforilação acíclica, os elétrons liberados pela fotólise da água são transferidos para a clorofila a P680 oxidada do fotossistema II, e daí para a clorofila a P700 oxidada do fotossistema I, e daí para o  $NADP^+$ , que forma  $NADPH_2$ , que é utilizado no ciclo de Calvin para a síntese de glicose.

#### Questão 30: A

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item A: falso:** A fase fotoquímica ou luminosa utiliza luz, água, ADP e  $NADP$  e produz ATP,  $NADPH_2$  e  $O_2$ . Todo  $O_2$  da fotossíntese é produzido a partir da fotólise da água na fotossíntese, de modo que a equação representada está incorreta, pois se há  $12H_2O$  nos reagentes, com 12 átomos de oxigênio, deve haver 12 átomos de oxigênio nos produtos, o que não ocorre em  $12O_2$ , que apresentam 24 átomos de oxigênio.

**Item B: verdadeiro:** A fase clara ou fotoquímica ocorre na membrana interna do cloroplasto e suas dobras, ou seja, lamelas e tilacoides/grana, sendo a primeira fase do processo fotossintético, uma vez que ocorre antes da fase escura.

**Item C: verdadeiro:** A produção de ATP na fase clara segue o mesmo princípio da Hipótese Quimiosmótica de Mitchell na respiração aeróbica: os elétrons liberados a partir da ação da luz sobre a clorofila percorrem aceptores e vão liberando energia que bombeia íons  $H^+$  do estroma para o espaço interno dos tilacoides, que vai se tornando hipertônico em  $H^+$  e com pH ácido; quando os  $H^+$  voltam por oxissomos do espaço interno dos tilacoides para o estroma, o que se dá a favor do gradiente eletroquímico, liberam energia que é utilizada na síntese de ATP.

**Item D: verdadeiro:** A fase escura ou química ocorre através do ciclo de Calvin ou das pentoses e se dá no estroma do cloroplasto.

### Questão 31: C

**Comentário:** A fotossíntese consiste na síntese de compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos (como gás carbônico e água) e energia luminosa. Assim, analisando cada item:

**Item A: falso:** A referência a processos passivos e ativos se faz a mecanismos de transporte através da membrana celular, sendo os passivos a favor de um gradiente de concentração e com liberação de energia (sem gasto de energia, portanto) e os ativos contra um gradiente de concentração e com consumo de energia. Ainda assim, pode-se argumentar que a fotossíntese consome energia luminosa.

**Item B: falso:** A fotossíntese é completamente dependente da luz solar, não podendo ocorrer sem a mesma na natureza. A fase clara da fotossíntese utiliza a luz de modo direto para produzir ATP que será utilizado na fase escura, que não utiliza a luz de modo direto, mas indireto, porque depende do ATP da fase clara.

**Item C: verdadeiro:** A fase escura da fotossíntese ocorre com uma reação denominada ciclo de Calvin ou das pentoses, na qual o gás carbônico reage inicialmente com um composto denominado ribulose-1,5-difosfato através da enzima Rubisco ou Ribulose-Oxidase-Carboxilase.

**Item D: falso:** Como mencionado, o ciclo de produção de glicose, nesse processo, é denominado Ciclo de Calvin. O ciclo de Krebs se relaciona com a oxidação da glicose na respiração aeróbica.

### Questão 32: D

**Comentário:** A fotossíntese envolve uma fase clara, que utiliza luz, clorofila e água para produzir ATP,  $\text{NADPH}_2$  e  $\text{O}_2$ , e uma fase escura, que utiliza ATP,  $\text{NADPH}_2$  e  $\text{CO}_2$  para produzir glicose. A fase escura ocorre dentro de uma reação denominada de ciclo de Calvin ou das pentoses, que se inicia com a ligação do  $\text{CO}_2$  com uma molécula de uma pentose denominada Ribulose-1,5-bifosfato ou RuDP, o que se dá através de uma enzima denominada Ribulose-1,5-bifosfato-Carboxilase-Oxidase, ou, simplesmente, Rubisco.

### Questão 33: E

**Comentário:** Analisando cada item sobre a fotossíntese:

**1º item: verdadeiro:** A fase clara da fotossíntese ocorre em fotossistemas que ocorrem nas membranas

internas dos cloroplastos, como lamelas, tilacoides e grana, sendo que cada fotossistema apresenta um complexo de antena (conjunto de moléculas de clorofila e pigmentos acessórios que captam a luz para que ocorra a fotossíntese), um centro de reação (molécula de clorofila a cujos elétrons são excitados para percorrer uma cadeia transportadora de elétrons e liberar energia para geração de ATP) e aceptores de elétrons (moléculas que captam os elétrons excitados que saem da clorofila e os transferem para a cadeia transportadora de elétrons)

**2º item: falso:** Como a clorofila é verde, absorve a maioria dos comprimentos de onda da luz, mas reflete o verde. De modo semelhante, os carotenoides laranjas refletem o laranja e as xantofilas amarelas refletem o amarelo.

**3º item: verdadeiro:** Na fase escura ou química, o gás carbônico se une à ribulose bifosfato (RuBP), uma pentose encontrada no estroma do cloroplasto, numa reação conhecida como fixação de carbono, catalisada pela enzima rubisco, iniciando assim o ciclo de Calvin ou das pentoses.

**4º item: verdadeiro:** A molécula de clorofila possui um grupo químico denominado anel de porfirina, onde ocorrem átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e fósforo, e a luz excita os elétrons do magnésio para iniciar o processo fotossintético.

**5º item: falso:** Em vegetais, algas e cianobactérias, a fotossíntese usa gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) para produzir glicose (carboidrato) e gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ), mas em bactérias, normalmente a fotossíntese usa gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) para produzir glicose (carboidrato) e gás enxofre (S).

### Questão 34: E

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item A: falso:** A fotossíntese apresenta duas fases, sendo que a fase clara ocorre nas membranas de tilacoides e grana e a fase escura ocorre no estroma do cloroplasto.

**Item B: falso:** Quando a luz incide sobre a clorofila, excita elétrons em seu átomo de magnésio, os quais abandonam a clorofila e percorrem uma cadeia transportadora de elétrons, de modo que sua energia é usada para a síntese de ATP.

**Item C: falso:** A fase clara engloba reações como a fotólise da água, que pode ser descrita pela equação:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2$  (gás oxigênio) +  $4\text{H}^+$  (íons hidrogênio) +  $4\text{e}^-$  (elétrons).

**Item D: falso:** A captação de luz nos cloroplastos se dá em fotossistemas, constituídos de um complexo antena que capta luz (apresentando moléculas de clorofila, xantofilas e carotenos), um centro de reação (constituído de clorofila a, mas não de clorofila b) que

cede elétrons para aceptores de elétrons que usam a energia dos mesmos para a produção de ATP.

**Item E: verdadeiro:** Na fotossíntese, a equação geral é  $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2$ . No entanto, antes de produção de glicose, a fase escura, através do ciclo de Calvin, produz PGAL (fosfogliceraldeído, um açúcar de 3 átomos de carbonos), o qual forma frutose e depois glicose. Assim, uma maneira simplificada de descrever a fotossíntese seria  $3\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2$ .

### Questão 35: C

**Comentário:** Analisando cada item:

**Item A: falso:** A absorção de luz na fotossíntese se dá pelas moléculas de clorofila encontradas na membrana interna do cloroplasto, a qual origina estruturas como lamelas, tilacoides e grana responsável pela fase clara do processo fotossintético; a membrana interna do cloroplasto delimita um espaço interno denominado estroma, onde ocorrem as enzimas da fase escura da fotossíntese, relacionadas à produção de glicose.

**Item B: falso:** Quando a luz incide na clorofila, excita elétrons do átomo de magnésio presente em sua estrutura. Esses elétrons abandonam a clorofila e percorrem uma sequência de aceptores de elétrons, liberando energia para gerar ATP. No processo

conhecido como fotofosforilação cíclica, após percorrerem os aceptores, os elétrons retornam à clorofila de onde saíram; no processo conhecido como fotofosforilação acíclica, após percorrerem os aceptores, os elétrons não retornam à clorofila de onde saíram, passando para a molécula de NADP, o qual é reduzido e forma NADPH ( $\text{NADPH}_2$ ), que por sua vez é a fonte de hidrogênios para a produção de glicose a partir do gás carbônico.

**Item C: verdadeiro:** Fotossistemas são conjuntos de pigmentos fotossintetizantes e aceptores de elétrons relacionados com a captação da luz e a geração de ATP, sendo que a fotofosforilação cíclica utiliza somente o fotossistema I, dotado de clorofila a P700 e produzindo somente ATP, e a fotofosforilação acíclica utiliza o fotossistema I, dotado de clorofila a P700, e o fotossistema II, dotado de clorofila a P680, ambos agindo em conjunto para a produção de ATP e a formação de NADPH ( $\text{NADPH}_2$ ).

**Item D: falso:** Como mencionado, o NADPH ( $\text{NADPH}_2$ ) produzido na etapa luminosa (fotoquímica) da fotossíntese cede hidrogênios para a produção de glicose a partir do gás carbônico na fase escura.

**Item E: falso:** A fixação do carbono é o mecanismo que converte o gás carbônico em matéria orgânica e ocorre através do ciclo de Calvin na fase escura.

notas