

# METABOLISMO ENERGÉTICO

Prof. Kennedy Ramos

## UNIDADE 03: Fatores Limitantes da Fotossíntese

### Fatores limitantes intrínsecos

■ **Disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes:** Como a clorofila é a responsável principal pela captação da energia luminosa, a sua falta restringe a capacidade de captação da energia e a possibilidade de produzir matéria orgânica.

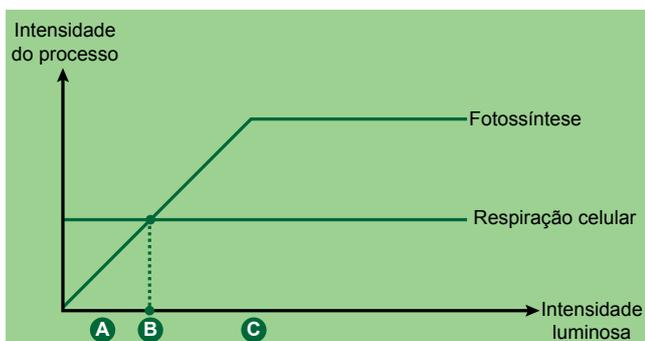
■ **Disponibilidade de enzimas e de cofatores:** Todas as reações fotossintéticas envolvem a participação de enzimas e de co-fatores, como os aceptores de elétrons e os citocromos.

A sua quantidade deve ser ideal, para que a fotossíntese aconteça com a sua intensidade máxima.

■ **Fatores limitantes extrínsecos:** São os fatores ambientais que irão aumentar ou diminuir a capacidade fotossintetizante.

Existem três fatores principais: A luminosidade, a temperatura e a concentração de  $\text{CO}_2$ .

### 1. Luminosidade



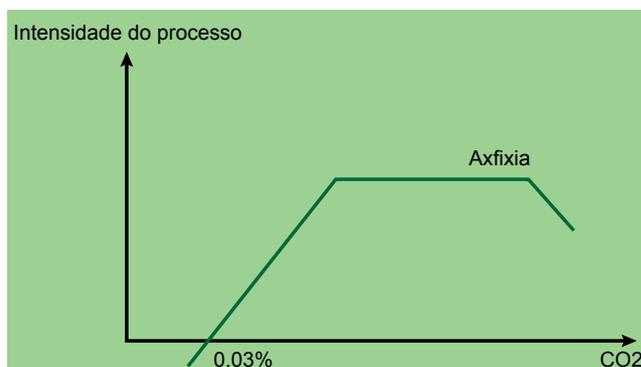
■ **Situação A:** sob baixa luminosidade, a intensidade da fotossíntese é pequena, de tal forma que a intensidade da respiração é superior a ela. Nessa situação, a planta absorve  $\text{O}_2$  e elimina  $\text{CO}_2$  para o meio ambiente.

■ **Situação B:** corresponde à intensidade luminosa na qual a intensidade da fotossíntese é exatamente igual à da respiração celular. Portanto, o oxigênio liberado pela fotossíntese é consumido na respiração celular, e  $\text{CO}_2$  liberado na respiração celular é consumido na fotossíntese.

Portanto, as trocas gasosas entre a planta e o ambiente são nulas. Esta intensidade luminosa é chamada Ponto de Compensação Luminoso (PCL) ou **Ponto de Compensação Fótico**. As plantas que vivem preferencialmente em locais pouco iluminados (plantas umbrófilas ou "de sombra") têm PCL baixo. Já as que vivem em locais bem iluminados (plantas heliófilas ou "de sol") têm PCL elevado.

■ **Situação C:** sob intensa luminosidade, a fotossíntese predomina sobre a respiração. Assim, a planta absorve  $\text{CO}_2$  e elimina  $\text{O}_2$  para o ambiente. Como a produção de compostos orgânicos é superior ao consumo, nesta situação a planta cresce e incorpora matéria orgânica.

### 2. Concentração de $\text{CO}_2$

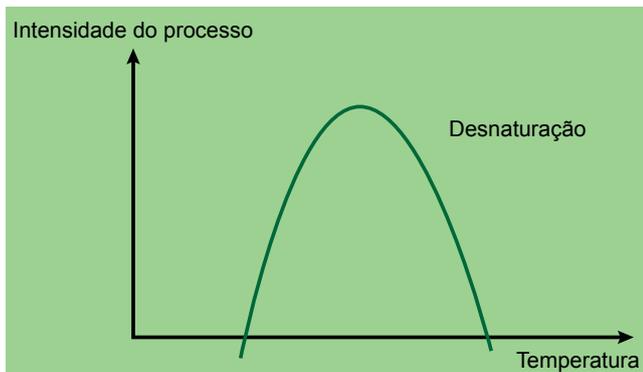


No ar atmosférico, a concentração de 0,03% de  $\text{CO}_2$  já é capaz de dar início a síntese de matéria orgânica e quando aumentamos a sua concentração, aumentamos a atividade fotossintética.

Entretanto, em determinado instante e determinada concentração, a atividade se estabiliza e de repente entra em declínio, pois quando se tem um meio e este é saturado, por um determinado gás, os outros gases presentes começam a perder espaço.

Se saturarmos o meio com  $\text{CO}_2$ , as moléculas de  $\text{O}_2$  não encontram espaço, assim, o organismo não consegue respirar, sofrendo asfixia.

### 3. Temperatura

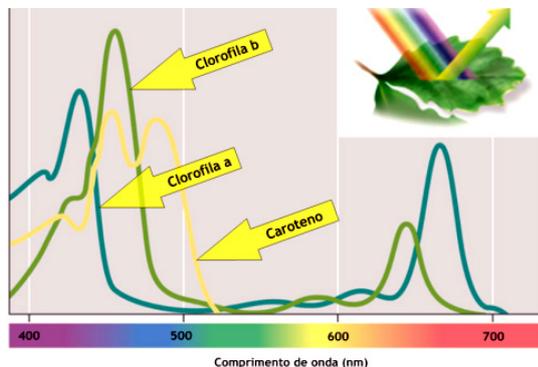


Quando a temperatura é aumentada a atividade fotossintética vai aumentando até um determinado ponto, chamado de temperatura ótima, que corresponde ao máximo da temperatura para o máximo de atividade fotossintética.

A partir desse ponto, começa a desnaturação protéica, ocasionando a morte do organismo.

### 4. Comprimento de onda

A assimilação da luz pelas clorofilas a e b, principalmente, e secundariamente pelos pigmentos acessórios, como os carotenóides, determina o **espectro de ação** da fotossíntese.



Nota-se a excelente atividade fotossintética nas faixas do espectro correspondentes à luz violeta/azul e à luz vermelha, e à pouca atividade na faixa do verde.

Para que uma planta verde execute a fotossíntese com boa intensidade, não se deve iluminá-la com luz verde, uma vez que essa luz é quase completamente refletida pelas folhas.

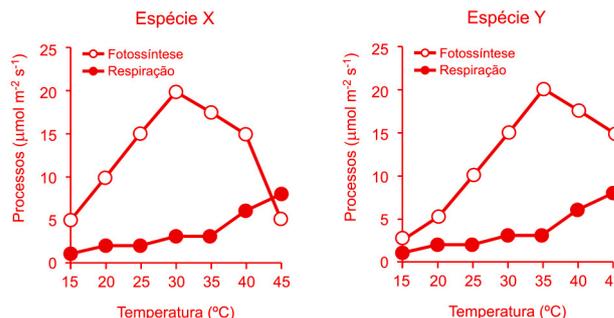


## ATIVIDADES PROPOSTAS



**01. (Unicamp) O crescimento das plantas é afetado pelo balanço entre a fotossíntese e a respiração.**

O padrão de resposta desses dois importantes processos fisiológicos em função da temperatura é apresentado nos gráficos abaixo, relativos a duas espécies de plantas.



**Sobre as espécies X e Y, é correto afirmar:**

- A espécie Y não apresenta ganho líquido de carbono a 15°C.
- As duas espécies têm perda líquida de carbono a 45°C.
- A espécie Y crescerá menos do que a espécie X a 25°C.
- As duas espécies têm ganho líquido de carbono a 45°C.



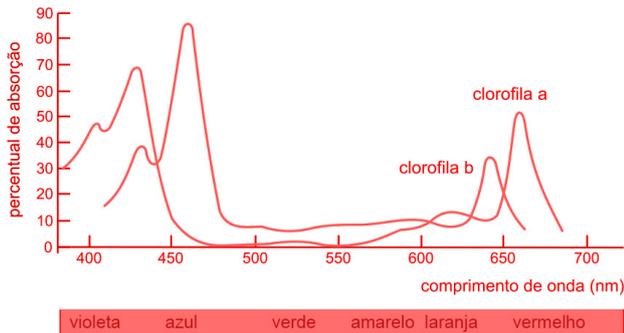
**02. (Acafe) O gás carbônico necessário para a realização da fotossíntese vegetal penetra nas folhas através de estruturas denominadas estômatos (do grego stoma, boca). A abertura e o fechamento dos estômatos dependem de diversos fatores, principalmente da luminosidade, da concentração de gás carbônico e do suprimento hídrico.**

A respeito do comportamento dos estômatos, assinale a alternativa correta que completa as lacunas da frase a seguir. Os estômatos tendem a fechar quando a intensidade luminosa é \_\_\_\_\_, ou a concentração de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar é \_\_\_\_\_. Ao contrário, eles tendem a abrir quando o suprimento de água nas raízes é \_\_\_\_\_.

- alta - baixa - baixo
- baixa - baixa - alto
- baixa - alta - alto
- alta - alta - baixo.



03. O gráfico ilustra o espectro de absorção da luz pelas clorofilas a e b, em diferentes comprimentos de onda. Elas são duas das principais clorofilas presentes nos eucariontes fotossintetizantes:



Suponha que três plantas (I, II e III) da mesma espécie ficaram expostas diariamente aos comprimentos de onda 460 nm, 550 nm e 660 nm por um mês, respectivamente. É possível supor que

- todas sucumbiram depois desse período, devido à falta de reservas orgânicas.
- apenas a planta II conseguiu sintetizar matéria orgânica suficiente para crescer.
- as plantas I e III conseguiram sintetizar matéria orgânica suficiente para crescerem.
- todas permaneceram no seu ponto de compensação fótico durante esse período.
- a planta II respirou e as outras realizaram somente a fotossíntese para crescer.



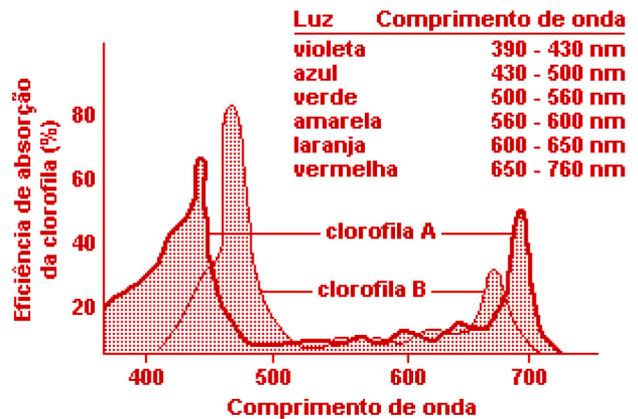
04. (Ueg) Os pigmentos fotossintetizantes (ou fotossintéticos) têm a propriedade de absorver certos comprimentos de onda da luz, refletindo os demais. A cor do pigmento é dada pelo comprimento de onda refletido. O olho humano é capaz de distinguir os comprimentos de onda que compõem a luz visível ou luz branca.

Nos seres fotossintetizantes, os pigmentos que conseguem captar a energia luminosa estão principalmente representados por:

- ficocianinas, que são azuis, e ficoeritina, que são verdes.
- ficocianinas, que são amarelas, e ficoeritina, que são vermelhas.
- clorofilas, que são verdes; carotenos e xantofilas, que são amarelados; e pelas ficobilinas, que podem ser azuis ou vermelhas.
- clorofilas, que são verdes; carotenos e xantofilas, que são amarelados; e pelas ficobilinas, que podem ser azuis ou alaranjadas.



05. (Fgv) O espectro da luz visível, ou luz branca, compreende comprimentos de onda no intervalo de 390 a 760 nanômetros, da luz violeta à luz vermelha. No entanto, as radiações do espectro visível não são igualmente absorvidas pela clorofila. O gráfico apresenta a eficiência de absorção da luz visível pelas clorofilas dos tipos A e B.



Pode-se dizer que uma planta apresentará maior taxa fotossintética quando iluminada com luz:

- branca.
- violeta.
- azul.
- verde.
- vermelha.

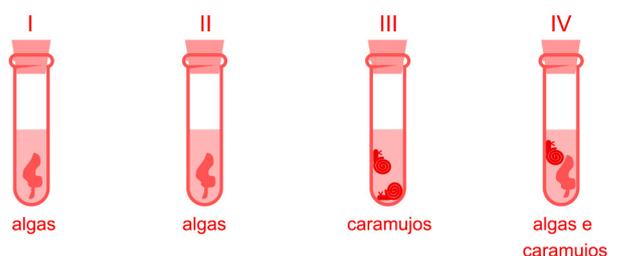


## ATIVIDADES ENEM



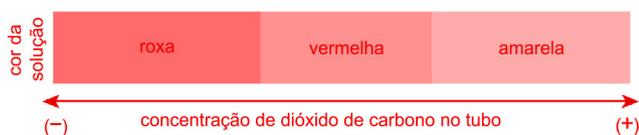
06. (MODELO ENEM) Em um experimento, os tubos I, II, III e IV, cujas aberturas estão totalmente vedadas, são iluminados por luzes de mesma potência, durante o mesmo intervalo de tempo, mas com cores diferentes.

Além da mesma solução aquosa, cada tubo possui os seguintes conteúdos:



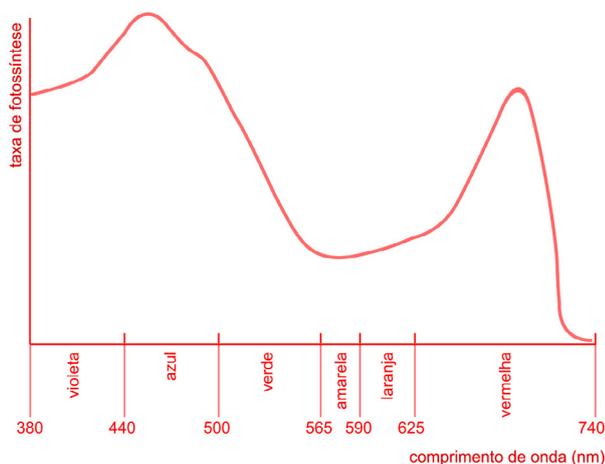
A solução aquosa presente nos quatro tubos tem, inicialmente, cor vermelha.

Observe, na escala abaixo, a relação entre a cor da solução e a concentração de dióxido de carbono no tubo.



Os tubos I e III são iluminados por luz amarela, e os tubos II e IV por luz azul. Admita que a espécie de alga utilizada no experimento apresente um único pigmento fotossintetizante.

O gráfico a seguir relaciona a taxa de fotossíntese desse pigmento em função dos comprimentos de onda da luz.



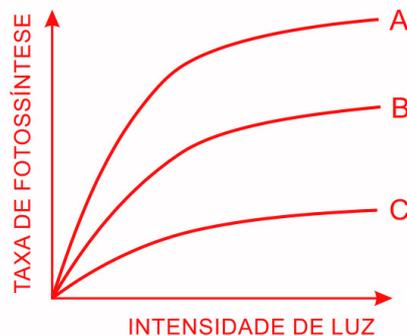
Após o experimento, o tubo no qual a cor da solução se modificou mais rapidamente de vermelha para roxa é o representado pelo seguinte número:

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



07. (MODELO ENEM) Plantas da mesma espécie foram submetidas a três condições experimentais e a taxa de fotossíntese avaliada em função da intensidade luminosa.

Condição	Concentração de CO <sub>2</sub> no ar	Temperatura
1	0,03%	20°C
2	0,08%	20°C
3	0,15%	20°C



Assinale a alternativa que associa corretamente cada condição à respectiva curva.

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

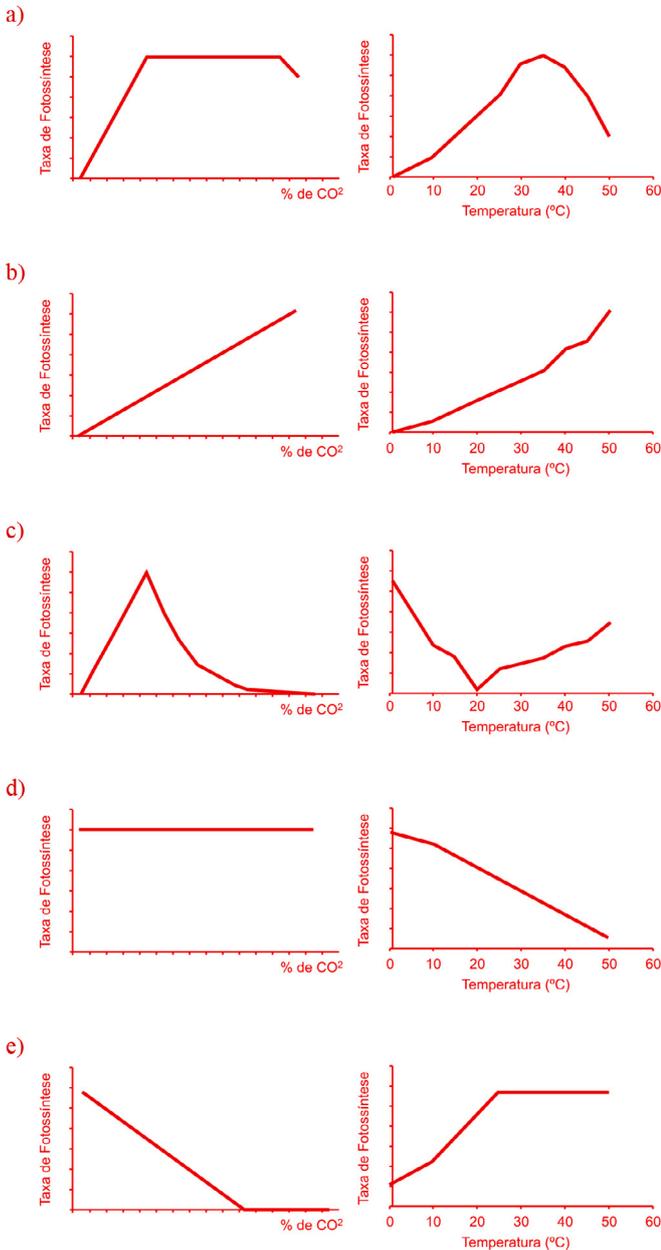


08. (MODELO ENEM) Um pequeno agricultor construiu em sua propriedade uma estufa para cultivar alfaces pelo sistema de hidroponia, no qual as raízes são banhadas por uma solução aerada e com os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Para obter plantas maiores e de crescimento mais rápido, o agricultor achou que poderia aumentar a eficiência fotossintética das plantas e para isso instalou em sua estufa equipamentos capazes de controlar a umidade e as concentrações de CO<sub>2</sub> e de O<sub>2</sub> na atmosfera ambiente, além de equipamentos para controlar a luminosidade e a temperatura. É possível inferir que o equipamento para controle da:

- a) umidade relativa do ar é bastante útil, pois, em ambiente mais úmido, os estômatos permanecerão fechados por mais tempo, aumentando a eficiência fotossintética.
- b) temperatura é dispensável, pois, independentemente da temperatura ambiente, quanto maior a intensidade luminosa maior a eficiência fotossintética.
- c) concentração de CO<sub>2</sub> é bastante útil, pois um aumento na concentração desse gás pode, até certo limite, aumentar a eficiência fotossintética.
- d) luminosidade é dispensável, pois, independentemente da intensidade luminosa, quanto maior a temperatura ambiente maior a eficiência fotossintética.
- e) concentração de O<sub>2</sub> é bastante útil, pois quanto maior a concentração desse gás na atmosfera ambiente maior a eficiência fotossintética.



09. (MODELO ENEM) Gás carbônico e temperatura são dois importantes fatores que influenciam o processo de fotossíntese. Assinale a alternativa que representa a variação na taxa de fotossíntese em resposta à concentração de  $\text{CO}_2$  e à variação de temperatura:



10. (MODELO ENEM) 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:

- 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.
- 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.
- enegrecidas no período I e enegrecidas no período II, e em ambos os períodos a planta não realizaria fotossíntese, mas apenas respiração.
- 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.
- 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.



**GABARITOS**

**QUESTÃO 01: Gabarito: [C]**

**Comentário:** A interpretação direta dos gráficos mostra que a espécie Y crescerá menos do que a espécie X quando submetidas a uma temperatura de 25°C.

**QUESTÃO 02: Gabarito: [C]**

**Comentário:** Fatores como a luz, a concentração de  $\text{CO}_2$  e a quantidade de água no solo, influenciam na fotossíntese do vegetal. A abertura ou fechamento dos estômatos influenciam na captação do gás carbônico presente no ar para a realização deste processo.

A correspondência correta para a abertura ou fechamento do estômato está na alternativa [C].

**QUESTÃO 03: Gabarito: [C]**

**Comentário:** O gráfico mostra que as clorofilas a (verde-azulada) e b (verde-amarelada) absorvem melhor os comprimentos de onda próximos a 660 e 460 nm, respectivamente.

A planta submetida ao comprimento de onda igual a 550 nm não consegue realizar fotossíntese eficientemente, porque absorve pouca energia.

**Questão 04: Gabarito: [C]**

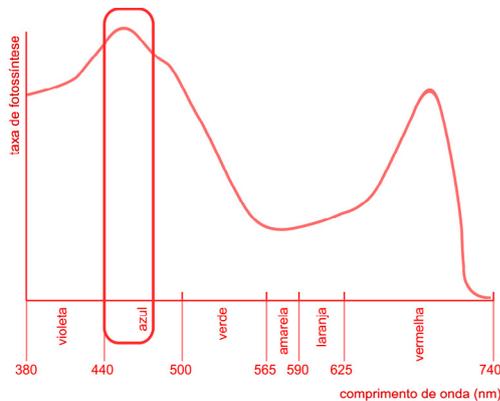
**Comentário:** Os pigmentos fotossensíveis principais são as clorofilas a e b. Os pigmentos acessórios correspondem aos carotenos e xantofilas que são alaranjados e amarelados, respectivamente. As ficobilinas observadas nas células de algas vermelhas e cianobactérias.

**Questão 05: Gabarito: [A]**

**Questão 06: Gabarito: [B]**

**Comentário:**

**[Resposta do ponto de vista da disciplina de Química]:** A partir do gráfico verifica-se maior taxa de fotossíntese no comprimento de onda azul, neste caso ocorre maior consumo de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e diminuição de sua concentração (cor da solução tendendo à roxa).



**Conclusão:** o tubo no qual a cor da solução se modificou mais rapidamente de vermelha para roxa é aquele no qual encontramos apenas algas, ou seja, o tubo número II.

**[Resposta do ponto de vista da disciplina de Biologia]:** Ao absorver o comprimento de luz equivalente ao azul, o pigmento fotossintetizante da alga apresenta a maior eficiência na fixação do CO<sub>2</sub> como matéria orgânica. No tubo II, a cor da solução deve ficar roxa devido ao consumo de CO<sub>2</sub> durante a fotossíntese realizada pela alga. No tubo IV, os caramujos respiram e liberam CO<sub>2</sub> para a solução.

**Questão 07: Gabarito: [D]**

**Comentário:** A taxa de CO<sub>2</sub> é fator limitante para a fotossíntese, considerando-se condições ótimas de luminosidade. Dessa forma, a correlação é 1-C; 2-B e 3-A.

**Questão 08: Gabarito: [C]**

**Comentário:** A instalação de equipamento para o controle da concentração do CO<sub>2</sub> é útil, porque o aumento da oferta desse gás às plantas, até certo ponto, aumenta a eficiência fotossintética.

**Questão 09: Gabarito:[A]**

**Comentário:** As variações na taxa de fotossíntese em função da concentração do CO<sub>2</sub> e da temperatura ambiental estão relacionadas, respectivamente, na alternativa [A].

**Questão 10: Gabarito: [A]**

**Comentário:** Um indivíduo não daltônico enxergaria a planta de cor verde no período I e enegrecida no período II, porque nesse período as folhas verdes refletem a cor verde (I) e absorvem os comprimentos de ondas correspondentes ao vermelho-alaranjado.

No período I, a taxa de fotossíntese é reduzida ou nula.

**REFERENCIAL TEÓRICO**

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Fundamentos da Biologia Celular. Porto Alegre: Artmed, 3ed. 2011.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Princípios de Bioquímica. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2000.

ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS; WALTER, P.; Biologia Molecular da Célula. Porto Alegre: Artmed, 5ed. 2008.

COOPER G.M. & HAUSMAN R.E. A Célula: uma abordagem molecular. 3ed. Porto Alegre, Artmed, 2007.

JUNQUEIRA L.C.U., CARNEIRO J. Biologia Celular e Molecular. 6ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2005.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 1 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010.

JUNIOR, C.S.; SASSON, S.; JUNIOR, N.C. Biologia VOL 2 – 9º Ed. São Paulo, Saraiva, 2010

LOPES, S.; ROSSO, S.; BIO volume 2. 1. Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 1: Biologia das Células 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R.; Biologia volume 2: Biologia dos Organismos 3. Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; Biologia,