

## FISIOLOGIA VEGETAL

maio 20, 2008 às 3:44 pm | Publicado em [Blogroll](#), [Uncategorized](#) | Comentários desativados em FISIOLOGIA VEGETAL

### FISIOLOGIA VEGETAL (só Angiospermas praticamente)

#### NUTRIÇÃO

É o processo pelo qual um organismo obtém as substâncias e elementos necessários à sua sobrevivência e que lhes servem de alimento. No caso das plantas, a nutrição é autótrofa fotossintetizante, mas ainda assim, elas devem absorver do solo as substâncias (sais minerais) contendo elementos químicos indispensáveis.

A nutrição pode então ser:

- **Orgânica:** Produção de substâncias orgânicas via fotossíntese.
- **Mineral:** Absorção de sais minerais do solo, pela raiz.

No que diz respeito às quantidades requeridas, os elementos podem ser classificados em:

- **Macroelementos:** Necessários em grandes quantidades, geralmente são os componentes das moléculas orgânicas e biomoléculas. Obtidos a partir da absorção dos macronutrientes (sais que fornecem os macroelementos). Exemplo:  $\text{KNO}_3$ , que fornece K, N e O.
- **Microelementos:** Necessários apenas em pequenas quantidades, geralmente são cofatores de enzimas. Obtidos a partir da absorção de micronutrientes. Exemplo:  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , fonte do elemento Boro.

A tabela a seguir mostra os principais micro e macro elementos:

Macroelementos	Microelementos
C	Fe
H	B
O	Mn
N	Cu
P	Mb
S	Cl

K  (Regulador da pressão osmótica)	Zn
Ca  (Componente das lamelas médias, camada intercelular que une células vizinhas.)	
Mg  (Co-fator de enzimas, componente da clorofila.)	

Outros conceitos importantes:

- **HIDROPONIA:** Cultivo controlado de plantas com as raízes imersas em uma solução de nutrientes, ao invés de no solo.
- **ADUBAÇÃO:** Reposição dos elementos perdidos pelo solo, com o intuito de recuperar ou conservar sua riqueza em nutrientes. Os adubos podem ser:
  - **Orgânicos:** Restos ou partes de animais e plantas e sobras de alimentos (fezes, adubação verde...).
  - **Inorgânicos:** Produzidos industrialmente. Em geral contêm **N, P e K**.
- \*O **pH** do solo influencia a absorção de nutrientes. Dependendo do pH, a planta não consegue absorver certos nutrientes, sendo assim, é necessário corrigir o pH do solo para maximizar a eficiência de absorção de determinada planta.
  - Em solos ácidos: Adiciona-se  $\text{CaCO}_3$ .
  - Em solos básicos: Adiciona-se  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ou  $\text{MgSO}_4$ .

## TRANSPIRAÇÃO

A transpiração é a perda de água na forma de vapor. Pode-se dar de duas formas distintas, e geralmente pelas folhas:

- **Transpiração cuticular:** É a perda de água a partir da epiderme das folhas, que é recoberta por uma cutícula, uma camada de cera cujo intuito é o de minimizar as perdas de água por transpiração.
- **Transpiração estomática:** É a perda de água através dos estômatos. Responsável pela maior parte da transpiração das plantas.

Os estômatos (do grego *stoma*, boca) são estruturas presentes na face abaxial (a de baixo) das folhas, consistindo em duas células chamadas guardas, cercadas por células acessórias. Entre as duas células guardas há um orifício chamado ostíolo que pode estar fechado ou aberto. Na verdade, os estômatos podem ou não estar abertos, dependendo da quantidade de água disponível, concentração de CO<sub>2</sub> no meio, e intensidade da luminosidade. Sendo o fator primordial o suprimento hídrico:

- Se há água no solo, os estômatos podem se abrir, pois a planta pode perder água (já que vai repor a partir do solo).
- Se não há água, os estômatos fecham para evitar a perda, mesmo que as outras condições estejam favoráveis.

De manhã (luminosidade), os estômatos estão abertos, para que haja a entrada de CO<sub>2</sub> dentro do mesófilo a fim de ser utilizado no processo fotossintético. Na medida em que vai anoitecendo e a luminosidade vai diminuindo, os estômatos se fecham com o intuito de evitar a perda de água por transpiração:

- Manhã → Abre: Para permitir a entrada de CO<sub>2</sub>.
- Noite → Fecha: Para evitar a perda de água.

De forma geral, se há baixas concentrações de CO<sub>2</sub> no ambiente, os estômatos se abrem, para que ele possa entrar no mesófilo. No caso contrário, ou seja, se a concentração de CO<sub>2</sub> está alta no exterior da planta, já deve haver o bastante dentro do mesófilo para ser utilizado no processo fotossintético, se já há CO<sub>2</sub> em quantidade suficiente, os estômatos fecham para evitar a perda de água. Outra situação seria o caso em que a grande concentração de CO<sub>2</sub> no mesófilo indica que não há luz suficiente para que haja o processo fotossintético, sendo assim, os estômatos se fecham para evitar a perda de água.

- Baixa [CO<sub>2</sub>] no exterior → Abre.
- Alta [CO<sub>2</sub>] no exterior, e, por conseguinte, no mesófilo → Fecha: Para evitar a perda de água.

O mecanismo de abertura e fechamento depende de dois fatores, o primeiro é morfológico, as células guarda possuem fibras de celulose dispostas de forma que, quando túrgidas (cheias de água) se curvam de forma a abrir o ostíolo. Se plasmolisadas (faltando água) elas se unem uma à outra, fechando o ostíolo. O segundo fator depende do transporte de íons K<sup>+</sup>:

- Luz ou baixa  $[CO_2]$  → As células acessórias bombeiam íons  $K^+$  para o interior das células guarda: Isso aumenta a pressão osmótica delas, e em consequência, a água entra e o estômato **abre**.
- Ausência de Luz ou alta  $[CO_2]$  → As células guarda perdem  $K^+$  para as células acessórias: Isso diminui sua pressão osmótica, e em consequência, perdem água para as células acessórias, e o estômato **fecha**.

No caso da luz, o mecanismo se deve ao fato de que a luz no comprimento de onda do azul promove a quebra do amido (a substância de reserva energética) em ácidos orgânicos. Estes, por sua vez promovem a entrada de  $K^+$  no interior das células guarda, o que termina por promover a abertura dos estômatos.

Outro fator envolvido na abertura dos estômatos é o Ácido Abscísico, hormônio vegetal inibidor do crescimento (a ser visto posteriormente). Na falta de água, o Ác. Absísico penetra nas células guarda e promove a saída de  $K^+$ , o que termina por promover o fechamento dos estômatos.

#### TRANSPORTE DA SEIVA BRUTA PELO XILEMA

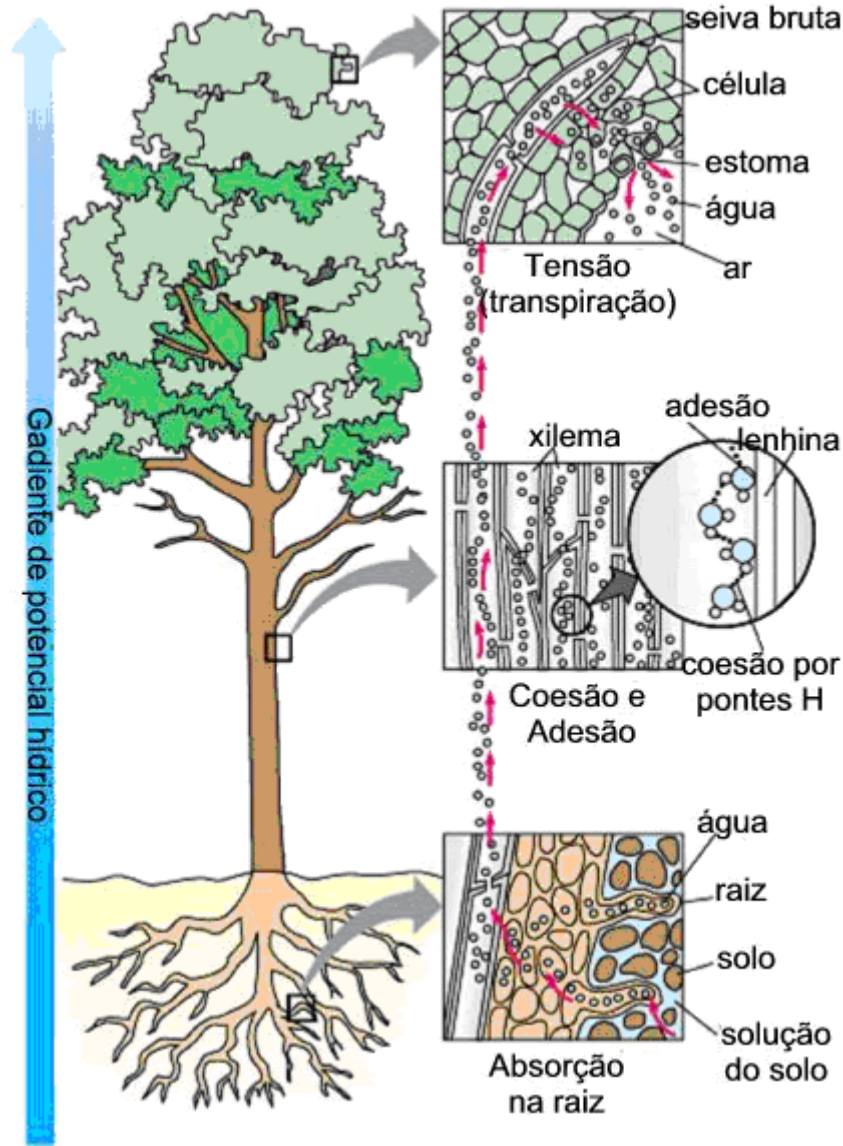
Vimos que a planta precisa, além das substâncias orgânicas produzidas via fotossíntese, de substâncias inorgânicas (os sais minerais) para manter seu metabolismo de forma adequada. As raízes absorvem uma solução de água mais estes minerais do solo, e esta solução, chamada de **seiva bruta**, é transportada no corpo do vegetal pelos vasos xilemáticos, das raízes, até o topo da planta.

Acontece que o organismo encontra o seguinte problema: A seiva bruta forma uma coluna líquida dentro do xilema, como é possível elevar esta coluna de água da ponta das raízes até o topo da planta? (Pense no eucalipto gigante de 115 m de altura!)

A melhor explicação para este problema é a **TEORIA DA COESÃO-TENSÃO**:

- O processo de transpiração estomática faz com que algumas células das folhas percam água. Se perdem água, sua pressão osmótica aumenta em relação à das células vizinhas (Sua concentração de água diminui em relação à das células vizinhas, e sua concentração de solutos aumenta em relação às células vizinhas). Sendo assim:
- Essas células que primeiramente perderam água na forma de vapor vão compensar sua perda de água, retirando água das células vizinhas, e estas células vizinhas terminam por retirar água das células do xilema.

- As células do xilema, de cima para baixo, também vão retirando água umas das outras, até as últimas células das plantas, os pêlos absorventes das raízes, que por último, retiram água do solo.



Fonte: <http://www.simbiotica.org/transporteplanta.htm>

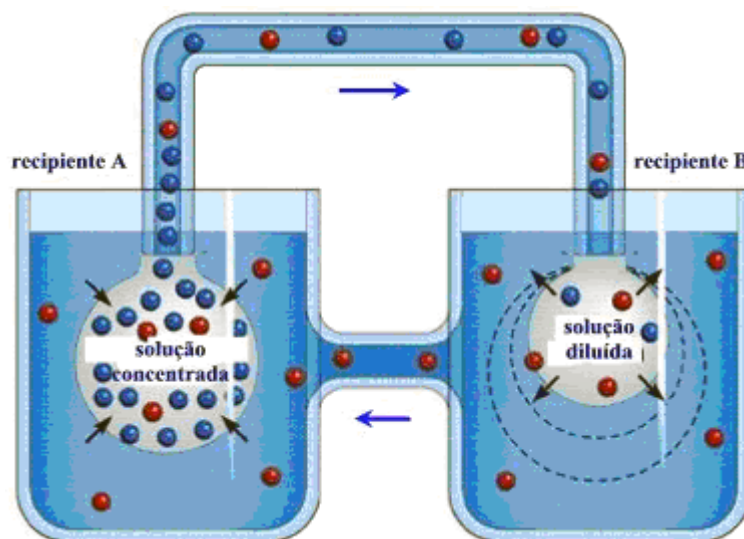
Este processo de retirada consecutiva de água entre as células gera uma força de **TENSÃO**, que puxa a coluna de água até as folhas. A coluna de água é mantida de forma íntegra no xilema, graças às forças de **COESÃO** entre as moléculas de água e a parede dos vasos xilemáticos, devida às interações do tipo ligações de hidrogênio. Graças a este processo, é possível elevar uma coluna de água de até 160 m de altura dentro do xilema!

E os sais? Bem, os sais são transportados para cima "arrastados" junto com o fluxo de água.

## TRANSPORTE DA SEIVA ELABORADA PELO FLOEMA

A seiva elaborada é uma solução contendo substâncias orgânicas produzidas pelo processo de fotossíntese nas folhas. Estas substâncias, que vou chamar simplesmente de solutos para facilitar o entendimento, devem ser transportadas das folhas, onde se localizam as células produtoras (contendo cloroplastos), para os locais onde serão consumidas, as células consumidoras, ou seja, basicamente para toda a planta: Da extremidade da raiz, aos ramos que estão produzindo flores, e flores que estão produzindo frutos e sementes.

A **HIPÓTESE DO FLUXO EM MASSA** é a melhor explicação para o mecanismo de como se dá o transporte. É baseada no fato de que há um gradiente decrescente da concentração de solutos, dos locais de produção ou de armazenamento e exportação, para os locais de consumo, então o transporte se dá graças ao desequilíbrio osmótico entre a fonte e o destino das substâncias orgânicas. Inicialmente vejamos um modelo para explicar o mecanismo de forma geral e depois veremos como ocorre na planta:

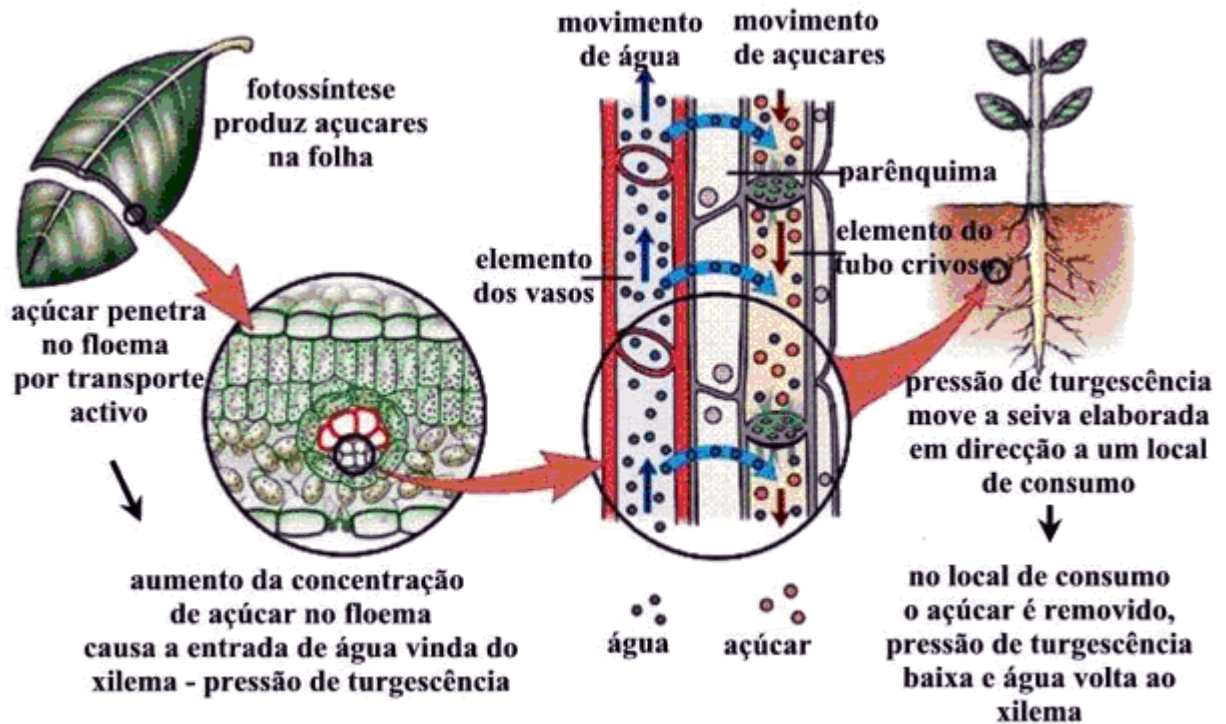


Fonte: <http://www.simbiotica.org/transporteplanta.htm>

Este modelo consiste em duas bolsas feitas de material semipermeável (ou seja, só permite a passagem de água), ligadas por um tubo em forma de U, imersas em um recipiente contendo água pura. Inicialmente, a bolsa A possui uma solução concentrada de solutos (bolinhas azuis), ao passo que a B não. Como existe uma diferença de concentração entre as duas bolsas, e ambas são feitas de material semipermeável, espera-se que a água contida nos recipientes penetre na bolsa A, visto que ela possui maior concentração de solutos. Sendo assim, com o passar do tempo, observa-se que a água que entra vai empurrando a água e os

solutos que já estavam lá, e esses serão então transportados para a bolsa B, cuja concentração de solutos era inicialmente próxima de zero.

Acredita-se que este processo seja bastante semelhante ao que ocorre nas plantas:



Fonte: <http://www.simbiotica.org/transporteplanta.htm>

- A célula produtora bombeia solutos (as substâncias orgânicas produzidas) ativamente (há gasto de energia) para a célula do floema.
- Isso aumenta a pressão osmótica desta célula do floema (aumenta a concentração de solutos e diminui a concentração de água), que irá então retirar água das células próximas, sendo esta água proveniente das células do xilema.
- A água que entra nesta primeira célula do floema “empurra a água que já estava lá”, e provoca um fluxo de água ao longo do floema, sendo que este fluxo arrasta consigo os solutos.
- As células do floema bombeiam ativamente os solutos para as células consumidoras.
- Como as células consumidoras não param de consumir, e as produtoras de produzir, o desequilíbrio osmótico é mantido, e em consequência o fluxo também é.

## HORMÔNIOS VEGETAIS OU FITORMÔNIOS

Os hormônios são substâncias mensageiras produzidas em um local do organismo, que geralmente se deslocam para outro local, onde irão atuar em células alvo (ação específica), alterando seu funcionamento. Agem regulando o crescimento e processos fisiológicos das plantas.

A tabela a seguir resume as principais classes de hormônios vegetais:

HORMÔNIO	FUNÇÕES	LOCAL DE PRODUÇÃO	TRANSPORTE
<b>AUXINA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Estimula o crescimento da planta via alongamento celular.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Influencia nos tropismos (foto- e geotropismo).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Atua na dominância apical (lembrar da poda).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Promove o desenvolvimento das paredes dos ovários em frutos. (Pode originar frutos partenocárpicos).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Influencia a queda (abscisão) de folhas, frutos e flores.</li> </ul>	<p>Principalmente o meristema apical do caule, primórdios foliares, folhas jovens, flores, frutos e sementes.</p>	<p>Células parenquimáticas do floema e da periferia dos feixes condutores de seiva.</p>
<b>GIBERELINA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Promove a germinação das</li> </ul>	<p>Meristemas, frutos e sementes.</p>	<p>Provavelmente pelo xilema.</p>



	<p>sementes, pois está envolvido na degradação do endosperma.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Promove o desenvolvimento de brotos.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Estimula o desenvolvimento de caules e folhas (via alongamento e multiplicação celular).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Estimula a floração.</li> <li>• <input type="checkbox"/> Também estimula o desenvolvimento da parede do ovário em fruto (inclusiva partenocárpico).</li> </ul>		
<p><b>CITOCININA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Estimula as divisões celulares (lembrar da citocinese, última etapa da mitose).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Estimula o desenvolvimento das gemas laterais (efeito contrário ao da auxina).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Participa da</li> </ul>	<p>Acredita-se que seja a extremidade das raízes.</p>	<p>Acredita-se que seja através do xilema.</p>

	<p>diferenciação dos tecidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Retarda o envelhecimento dos órgãos.</li> </ul>		
<b>ÁCIDO ABCÍSIICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="checkbox"/> Hormônio inibidor do crescimento. Bloqueia o crescimento das plantas em condições adversas (inverno, secas...).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Promove a dormência de gemas e sementes (algumas sementes só germinam após as águas das chuvas terem lavado o ácido abscísico).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Induz o envelhecimento de folhas, flores e frutos (efeito contrário ao da citocinina).</li> <li>• <input type="checkbox"/> Induz o fechamento dos estômatos. Ocorre em secas, quando o suprimento hídrico da planta diminui, a concentração do</li> </ul>	Folhas, coifa e caule.	Provavelmente através do xilema.

	<p>ác. abscísico</p> <p>aumenta nas folhas, fazendo as células guarda dos estômatos eliminarem <math>K^+</math>, o que elimina água junto.</p> <p>• <input type="checkbox"/> *Não causa abscisão foliar.</p>		
<b>ETILENO</b>	<p>• <input type="checkbox"/> Amadurecimento de frutos (lembrar da técnica de enrolar frutos em jornais para acelerar o amadurecimento).</p> <p>• <input type="checkbox"/> Atua na abscisão das folhas.</p>	Diversas partes da planta.	Difusão através dos espaços entre as células da planta.

### FATORES QUE AFETAM A TAXA DE FOTOSSÍNTESE

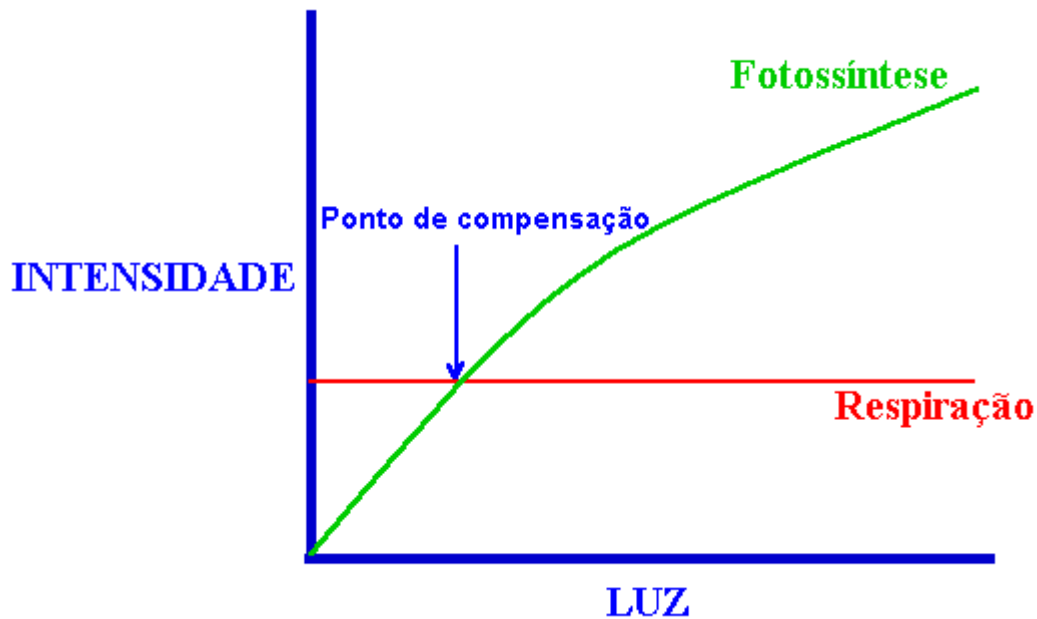
De forma geral são três os fatores que mais influenciam na taxa fotossintética:

<b>Fator</b>	<b>Fotossíntese</b>
Concentração de $CO_2$	Aumenta até atingir um limite, quando a concentração de $CO_2$ atinge o valor de 0,3 % (10 vezes o valor da atmosfera).
Temperatura	Aumenta até 45° C, a partir daí, o aumento da

	<p>temperatura promove a queda na taxa fotossintética, pois começa a haver desnaturação das enzimas.</p>
Luminosidade	<p>Aumenta até atingir certo valor-limite, também chamado ponto de saturação luminosa, que varia entre as espécies de plantas.</p>

Diz-se que o  $\text{CO}_2$  é um **fator limitante**, pois em condições ambientais naturais, sua concentração é muito menor (0,03 - 0,04 %) do que aquela que seria a ótima para a planta. Em outras palavras, em condições naturais a planta não executa sua taxa máxima de fotossíntese, pois não há  $\text{CO}_2$  disponível em quantidade suficiente para isso.

Um dos produtos do processo de respiração celular é o  $\text{CO}_2$ , que por sua vez é um dos reagentes utilizados no processo fotossintético, e o  $\text{O}_2$ , um dos produtos da fotossíntese é um dos reagentes no processo de respiração. Sabendo disso podemos definir um **ponto de compensação luminosa** - PCL, que é a intensidade luminosa em que há equivalência entre as taxas de fotossíntese e de respiração, ou seja, todo o  $\text{CO}_2$  produzido pela respiração é utilizado na fotossíntese, e todo o  $\text{O}_2$  produzido pela fotossíntese é utilizado na respiração:



Fonte: <http://www.herbario.com.br/cie/universi/fisio1.htm>

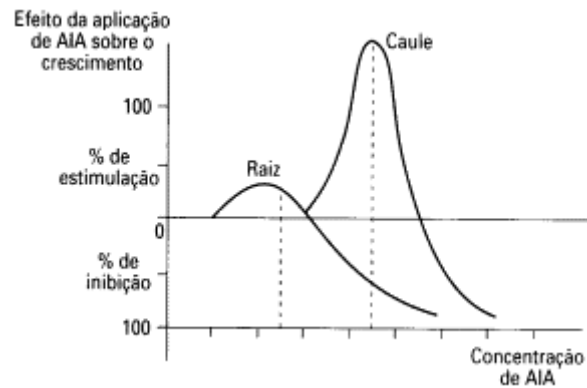
A planta só cresce se a sua taxa fotossintética for maior que a do PCL. O valor do PCL varia entre as espécies de plantas, mas de qualquer forma, podemos definir dois tipos de plantas de acordo com esse valor:

- **Heliófilas:** São as plantas de sol, só vivem em locais de alta luminosidade, e têm **PCL altos**.
- **Umbrófilas:** São as plantas de sombra, só vivem em locais de menor intensidade luminosa, e têm **PCL baixos**.

#### TROPISMOS E NASTISMOS

- **Tropismo:** É o crescimento direcionado da planta em resposta a um estímulo externo.
  - Tropismo positivo: É o que se dá em direção à fonte de estímulo.
  - Tropismo negativo: É o que se dá no sentido oposto à fonte de estímulo.

Antes de ver os tipos de tropismos, observe o gráfico a seguir:



AIA: Ácido Indol-Acético, um tipo de Auxina.

A análise do gráfico nos permite perceber que, em altas concentrações de auxina, o caule tem o seu crescimento estimulado, e a raiz tem o seu crescimento inibido. Em contrapartida, em baixas concentrações, a situação é inversa, a raiz tem seu crescimento estimulado, e o caule tem seu crescimento inibido. Dois dos tipos de tropismos tem seus mecanismos dependentes da concentração de auxina em lados diferentes da planta, por isso é importante ter essa relação em mente.

**Fototropismo:** Crescimento direcionado da planta em direção a uma fonte de luz. A luz que incide sobre um lado da planta promove a migração da auxina para o lado sombreado. Sendo assim, no caule, o lado sombreado, que apresenta maior concentração de auxinas cresce mais do que o lado iluminado, que apresenta baixa concentração de auxinas, e isso faz com que a planta se curve e continue crescendo em direção à fonte de luz. O caule apresenta então, fototropismo positivo. (Lembre-se que, o lado da raiz que cresce menos neste caso é o lado sombreado).

**Geotropismo:** Crescimento da planta em relação ao solo. O estímulo é a força gravitacional. Neste caso, a auxina se concentra no lado da planta que está em contato com o solo, sendo assim, na região do caule, o lado de baixo cresce mais e curva o caule para cima (geotropismo negativo). Na região da raiz ocorre o contrário, o lado de cima, com menor concentração de auxinas cresce mais e curva a raiz para baixo, para que ela penetre no solo (geotropismo positivo).

**Tigmotropismo:** Crescimento em resposta ao contato físico, o estímulo é o toque. O mecanismo independe da concentração de auxinas. Esse é o tipo de crescimento típico das plantas trepadeiras e das gavinhas (estrutura preênsil de certas plantas). O lado da planta em contato com um suporte, como outra planta, cresce menos do que o outro, sendo assim, o crescimento da planta se dá no sentido de enrolá-la em torno desse suporte.

**Nastismos:** Movimentos que ocorrem em resposta a um estímulo, mas cuja direção independe da orientação do fator estimulante. Os exemplos mais comuns de nastismos são o fechamento de folíolos em resposta ao toque (caso da planta *Mimosa pudica*), ou o fechamento de certas folhas durante a noite. De forma geral, os nastismos ocorrem graças ao ganho ou perda de água (medida do grau de turgescência) de algumas células especializadas.

\*O movimento executado pelo girassol, é chamado heliotropismo.

## FITOCROMOS E FOTOPERIODISMO

Fitocromos são proteínas presentes nas células vegetais, envolvidas em processos fisiológicos em resposta aos estímulos luminosos. O fitocromo pode assumir duas formas, uma inativa e outra ativa, e essas formas são interconvertíveis. Observe o esquema abaixo:

- **Pr:** Fitocromo R (Red - Vermelho). É a forma inativa.
- **Pfr:** Fitocromo FR (Far Red - Vermelho Longo). É a forma ativa.

O Pfr pode ser convertido em Pr, caso absorva luz cujo comprimento de onda seja de 730 nm, chamada luz Vermelho longa. Pfr também pode se converter lentamente em Pr durante um período de escuridão.

O Pr pode ser convertido em Pfr, caso absorva luz Vermelha, cujo comprimento de onda é de 660 nm. Durante o dia prevalece a forma Pfr.

Os fitocromos estão envolvidos no processo de germinação das sementes, floração e abertura dos estômatos.

**Fotoperíodo** é o tempo que a planta precisa ficar exposta à luz, diariamente, para que se desenvolva normalmente. Em diversas espécies de plantas, o processo de produção de flores, a floração, depende do fotoperíodo:

- **Plantas de dia curto:** Florescem quando o período em que recebem iluminação é inferior a um determinado número de horas específico da espécie, chamado fotoperíodo crítico.
- **Plantas de dia longo:** Florescem quando o período em que recebem iluminação é superior a um determinado número de horas específico da espécie, chamado fotoperíodo crítico.

- **Indiferentes:** O mecanismo de floração independe do fotoperíodo. É causado por outros tipos de estímulos.

#### Como os fitocromos atuam na floração:

Note que o fator primordial nestes mecanismos não é o tempo de exposição à luz, mas sim o tempo de escuridão ininterrupta ao qual a planta será submetida.

**Plantas de dia curto = Plantas de noite longa:** O Pfr atua como inibidor da floração. Para que a planta floresça é necessário que haja baixa concentração de Pfr, então:

- $[Pr] > [Pfr]$  (Inibidor). Essa concentração é atingida durante um longo período de escuridão ininterrupta (noite longa), em que o Pfr se converte aos poucos em Pr.
  - Pode-se inibir a floração interrompendo o período de escuridão com um período de iluminação.

**Plantas de dia longo = Plantas de noite curta:** O Pfr atua como indutor da floração. Para que a planta floresça é necessário que haja baixa concentração de Pr, então:

- $[Pfr] \text{ (Indutor)} > [Pr]$ . Essa concentração é atingida durante o dia (longo), em que a forma Pfr prevalece.
  - Pode-se obter a floração em dias curtos, caso o período de escuridão seja interrompido e a planta seja iluminada durante certo tempo (o que faz com que o período de iluminação que ela recebeu seja igual ao dia longo do qual ela necessita).