# FOTOSSÍNTESE

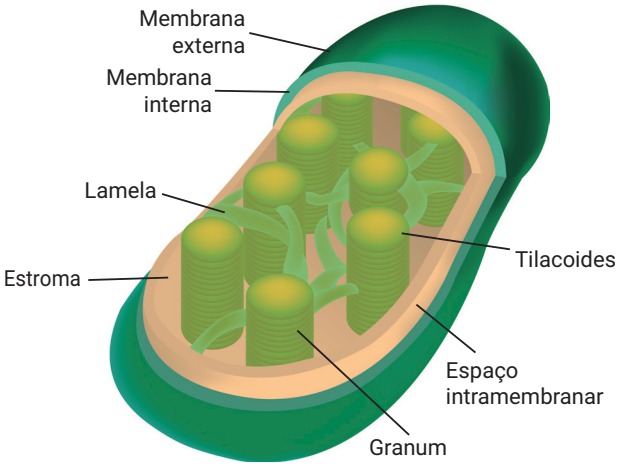
As plantas são seres autótrofos. Graças à presença de clorofila em suas folhas, elas são capazes de captar energia luminosa do Sol e utilizá-la na síntese de moléculas orgânicas, que lhes servirão de alimento. Esse processo, que será explicado a seguir, é chamado de fotossíntese.

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{luz e clorofila}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2\ 6H_2O$$

## OS CLOROPLASTOS

Nos cloroplastos ocorre a reação de mais fundamental importância para a vida das plantas e, indiretamente, para a vida dos animais: a **fotossíntese**. Os cloroplastos são geralmente discoidais e sua cor é verde devido à presença de clorofila. No seu interior existe um conjunto bem organizado de membranas, as quais formam pilhas unidas entre si, que são chamadas de grana.

Cada elemento da pilha, que tem o formato de uma moeda, é chamado de tilacoide. Todo esse conjunto de membranas encontra-se mergulhado em um fluido gelatinoso que preenche o cloroplasto, chamado de estroma, onde há enzimas, DNA, pequenos ribossomos e amido. As moléculas de clorofila se localizam nos tilacoides, reunidas em grupos, formando estruturas chamadas de "complexos de antena".




A fotossíntese ocorre nos cloroplastos, uma organela presente apenas nas células vegetais, e onde é encontrado o pigmento clorofila, responsável pela cor verde dos vegetais.

Os pigmentos podem ser definidos como qualquer tipo de substância capaz de absorver luz. A clorofila é o pigmento mais importante dos vegetais para a absorção da energia dos fótons durante a fotossíntese. Outros pigmentos também participam do processo, como os carotenoides e as ficobilinas.

A luz solar absorvida apresenta duas funções básicas no processo de fotossíntese:

- Impulsionar a transferência de elétrons através de compostos que doam e aceitam elétrons.
- Gerar um gradiente de prótons necessário para síntese da ATP (Adenosina Trifosfato - energia).

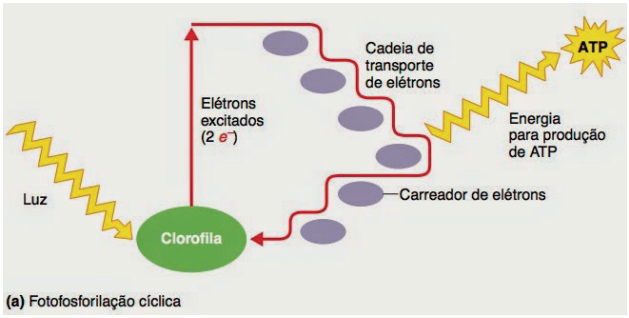
Porém, o processo fotossintético é mais detalhado e ocorre em duas etapas.

# ETAPAS DA FOTOSSÍNTESE

## Fase Clara, fotoquímica ou luminosa

São reações que ocorrem apenas na presença de luz e acontecem nas lamelas dos tilacoides do cloroplasto. Divide-se em duas etapas: **Fotofosforilação cíclica e Fotofosforilação acíclica**

**a) Fotofosforilação cíclica -** Os elétrons retornam para a mesma clorofila que os liberou. Forma apenas ATP.

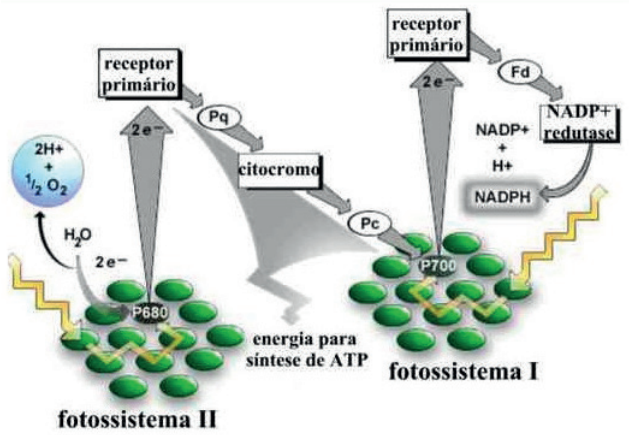



**b) Fotofosforilação acíclica -** Os elétrons que foram liberam pela clorofila não retornam para ela e sim para a do outro fotossistema. Produz ATP e NADPH, ocorro fotólise da água com liberação de oxigênio. A fotólise da água consiste na quebra da molécula de água pela energia da luz do Sol. Os elétrons liberados no processo são usados para substituir os elétrons perdidos pela clorofila no fotossistema II e para produzir o oxigênio que respiramos.

A equação geral da fotólise ou reação de Hill é descrita da seguinte forma:

$$2\,H_2O \xrightarrow{Luz} O_2 + 4^+ + 4e^-$$

Assim, a molécula de água é a doadora final de elétrons. O ATP e NADPH formados serão aproveitados para a síntese de carboidratos, a partir de $CO_2$. Porém, isso acontecerá na etapa seguinte, a fase escura.




## Fase Escura ou Fase de Hill

A fase escura, ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin pode ocorrer na ausência e presença de luz e acontece no estroma do cloroplasto. Durante essa fase, a glicose será formada a partir de $CO_2$. Assim, enquanto a fase luminosa fornece energia, na fase escura acontece a fixação

do carbono.

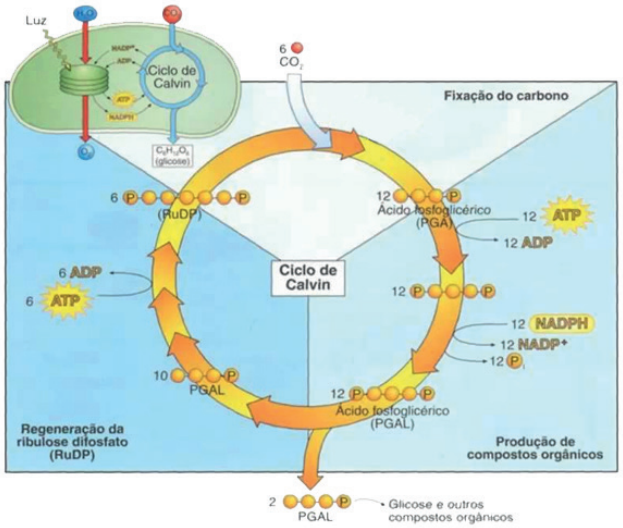
Durante o ciclo, moléculas de $CO_2$ unem-se umas às outras formando cadeias carbônicas que levam à produção de glicose. A energia necessária para o estabelecimento das ligações químicas ricas em energia é proveniente do ATP e os hidrogênio que promoverão a redução dos $CO_2$ são fornecidos pelos NADPH.

O ciclo começa com a reação de uma molécula de $CO_2$ com um açúcar de cinco carbonos conhecido como **ribulose difosfato** catalisada pela enzima **rubisco** (ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase, **RuBP**), uma das mais abundantes proteínas presentes no reino vegetal.

Forma-se, então, um composto instável de seis carbonos, que logo se quebra em duas moléculas de três carbonos (2 moléculas de ácido 3-fosfoglicérico ou **3-fosfoglicerato**, conhecidas como **PGA**). O ciclo prossegue até que no final, é produzida uma molécula de **glicose** e é regenerada a molécula de **ribulose difosfato**.

Para o ciclo ter sentido lógico, é preciso admitir a reação de seis moléculas de $CO_2$ com seis moléculas de ribulose difosfato, resultando em uma molécula de glicose e a regeneração de outras seis moléculas de ribulose difosfato.

A redução do $CO_2$ é feita a partir do fornecimento de hidrogênios pelo NADH e a energia é fornecida pelo ATP. Lembre-se que essas duas substâncias foram produzidas na fase clara.




## PLANTAS $C_3$, $C_4$ E CAM: FIXAÇÃO DE CARBONO

### Plantas $C_3$

As plantas $C_3$ recebem este nome por conta do ácido 3-fosfoglicérico formado após a fixação das moléculas de $CO_2$. Estes vegetais compreendem a maioria das espécies terrestres, ocorrendo principalmente em regiões tropicais úmidas.

As taxas de fotossíntese das plantas $C_3$ são elevadas à todo o momento, tendo em vista que a planta atinge as taxas máximas de fotossíntese (TMF) em intensidades de radiação solar relativamente baixas. É por isso que são consideradas espécies esbanjadoras de água.

### Plantas $C_4$

As plantas $C_4$ possuem grande afinidade com o $CO_2$. Elas recebem este nome devido ao fato de o ácido oxalacético possuir 4 moléculas de carbono, formado após o processo de

fixação de carbono. Devido à alta afinidade com o $CO_2$, as plantas $C_4$ apresentam uma grande vantagem em relação às plantas $C_3$, podendo sobreviver em ambientes áridos. Isto se dá porque as plantas $C_4$ só atingem as taxas máximas de fotossíntese sob elevadas intensidades de radiação solar, fazendo com que fixem mais $CO_2$ por unidade de água perdida. Ou seja, elas são mais econômicas quanto ao uso da água, elas perdem menos água que as $C_3$ durante a fixação e a fotossíntese.

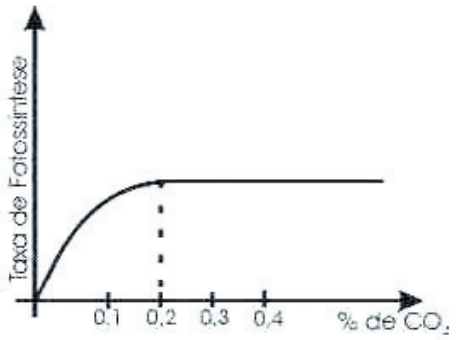
As plantas $C_4$ são também conhecidas como "plantas de sol" por ocorrerem em áreas muitas vezes sem sombra alguma. Elas também ocorrem em áreas áridas com menores quantidades de água disponível nos solos.

### Plantas CAM

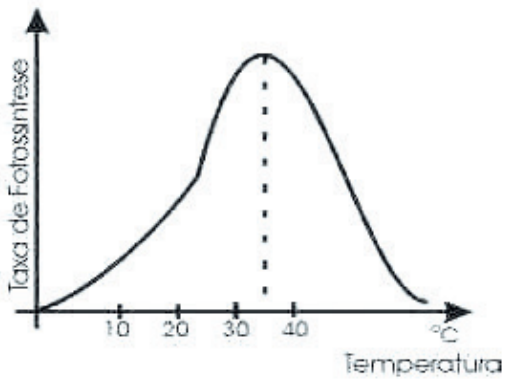
As plantas CAM são ainda mais econômicas quanto ao uso da água do que as plantas $C_4$, elas ocorrem em áreas desérticas ou intensivamente secas. A abertura dos estômatos (estruturas que controlam a entrada e saída de gases nas plantas) durante a noite, evitam a grande perda de água, ao mesmo tempo em que o $CO_2$ é fixado, por meio do ácido málico. Durante o dia, os estômatos se fecham (não há grande perda de água) e o $CO_2$ fixado é então utilizado na realização da fotossíntese sob elevadas intensidades de radiação solar. São também "plantas de sol", assim como as $C_4$.

## FATORES QUE INFLUENCIAM A FOTOSSÍNTESE

### Concentração de $CO_2$



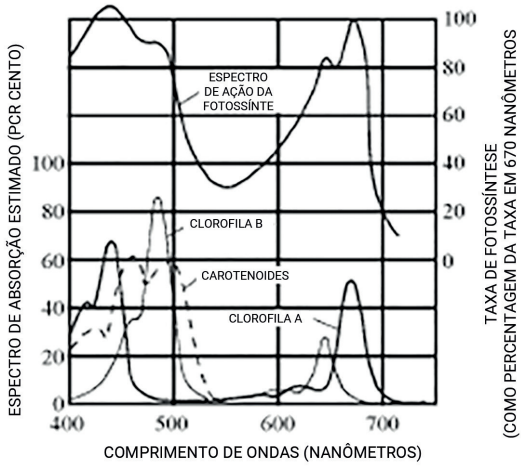

### Temperatura



## Comprimento de Onda

A assimilação da luz pelas clorofilas **a** e **b**, principalmente, e secundariamente pelos pigmentos acessórios, como os carotenoides, 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.

## Intensidade Luminosa

