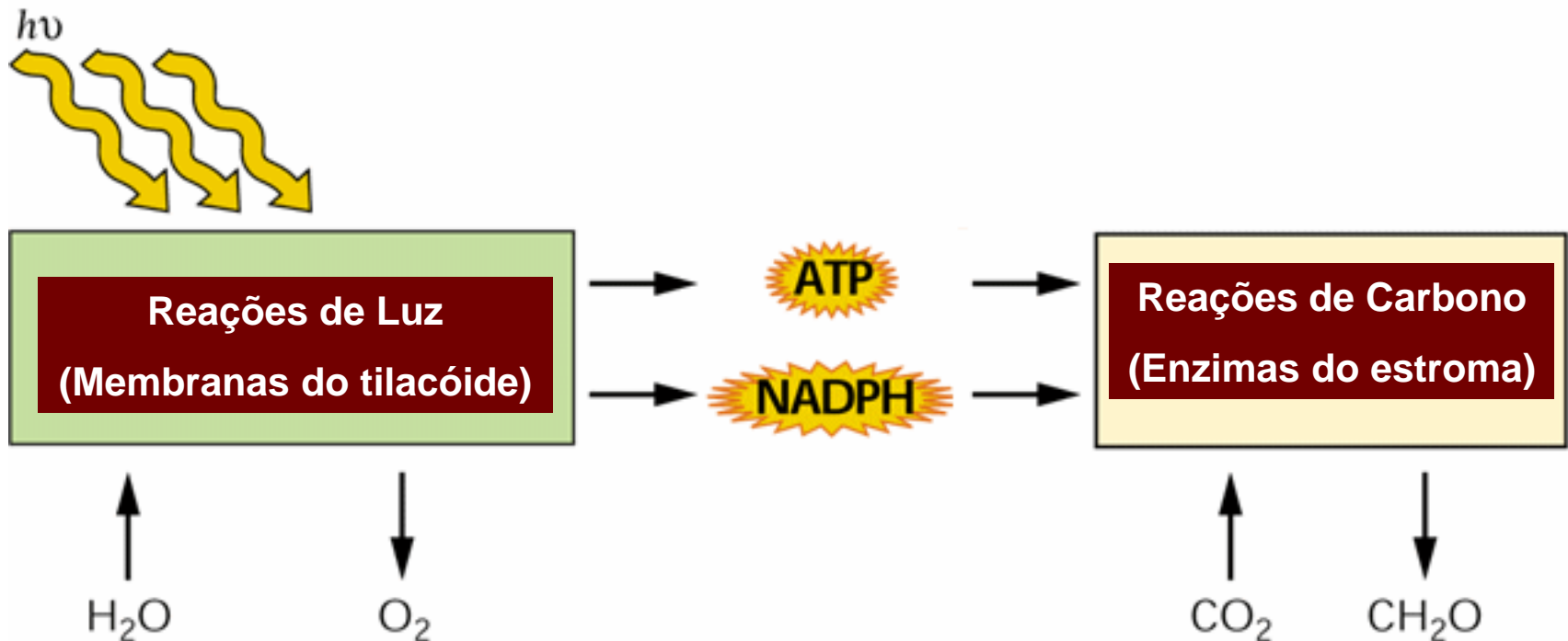


FOTOSSÍNTESE (AULA 2)

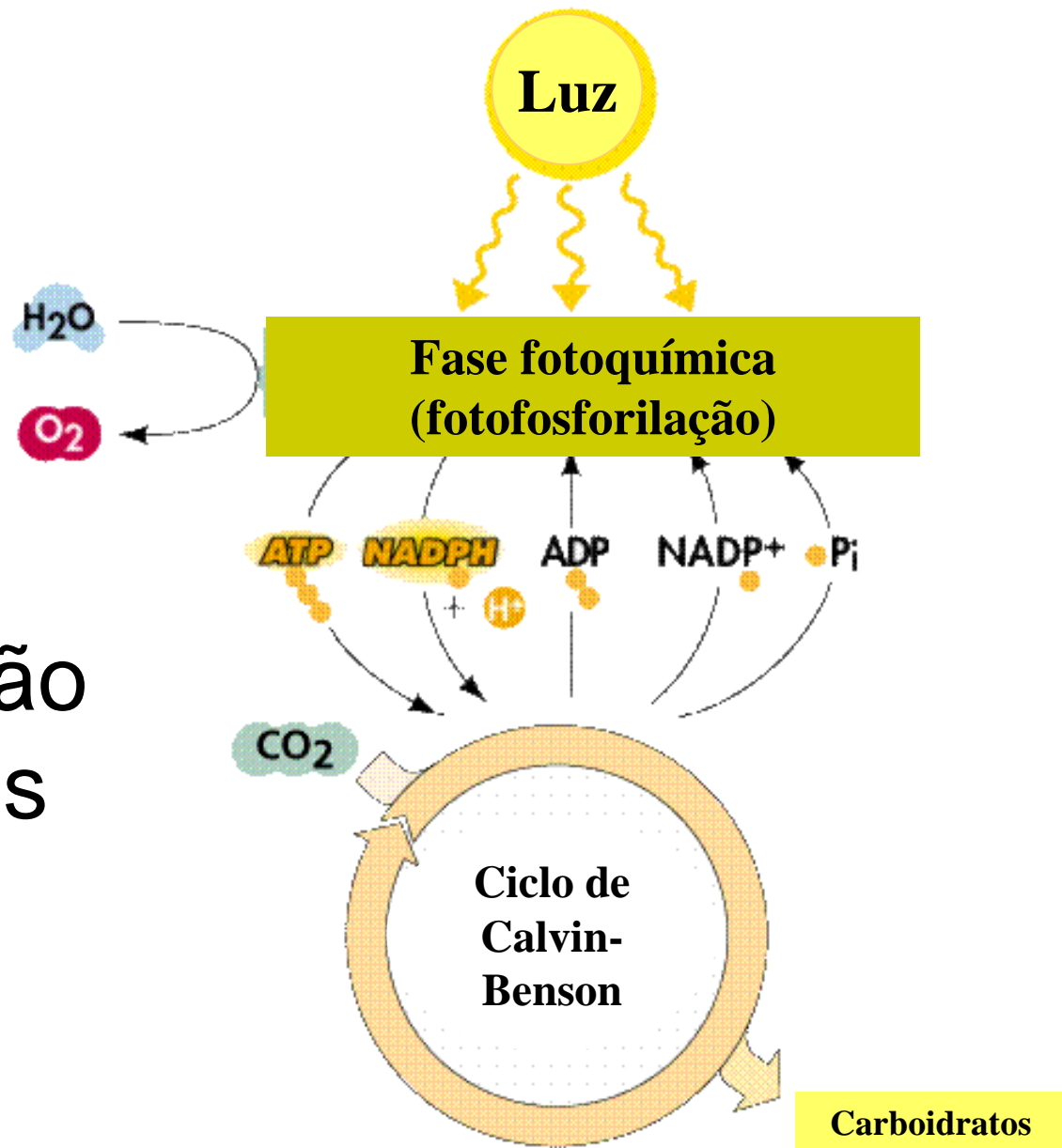
Prof. Ricardo Kluge
ESALQ/USP
rakluge@usp.br

FUNÇÕES DOS FOTOSSISTEMAS NA FASE FOTOQUÍMICA

- Produzir energia (ATP)
- Produzir um agente redutor (NADPH)



As duas fases são interdependentes



Ciclo de Calvin-Benson



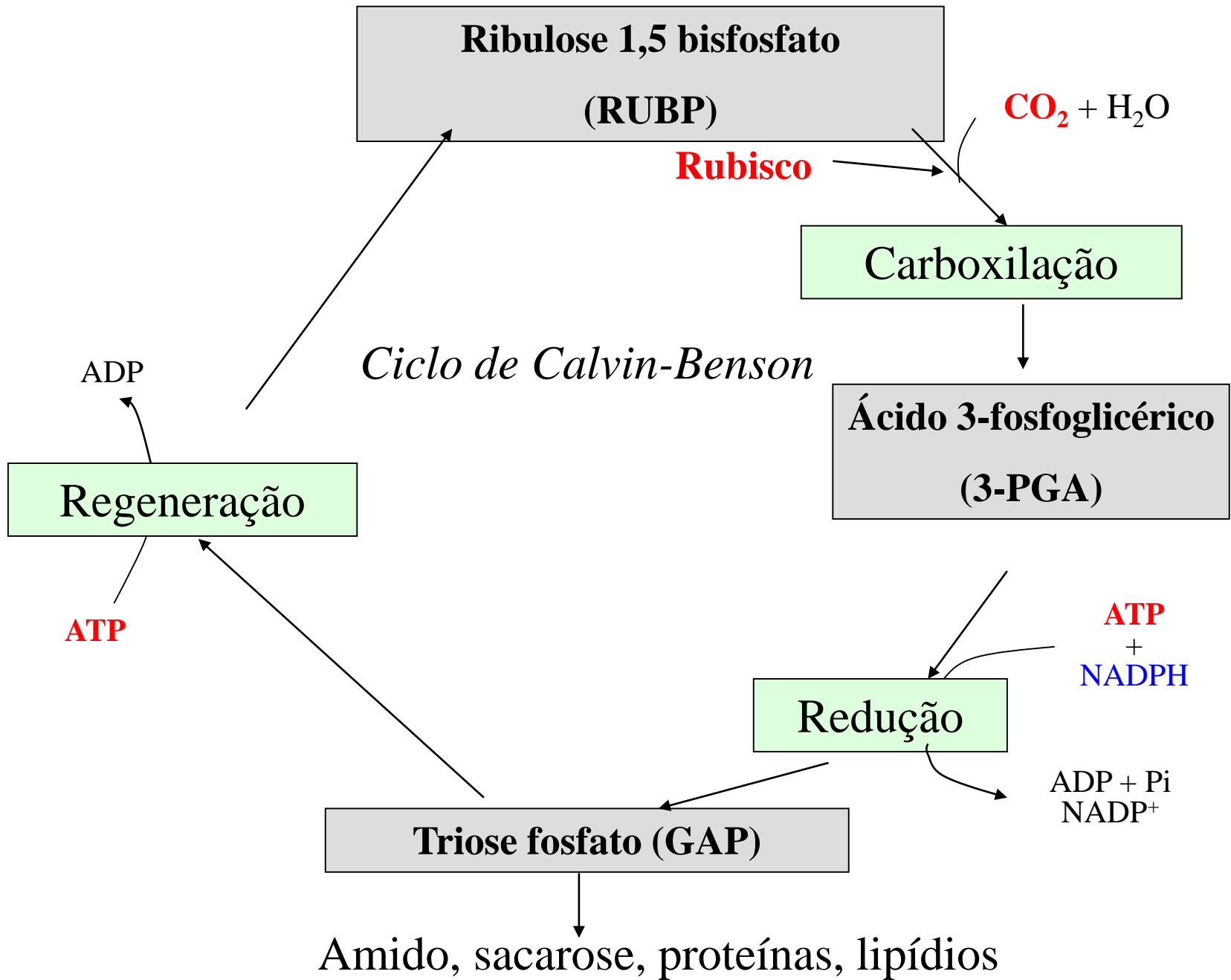
Melvin Calvin (1911-1997)
Prêmio Nobel de Química em 1961

University of California
Berkeley, CA, USA

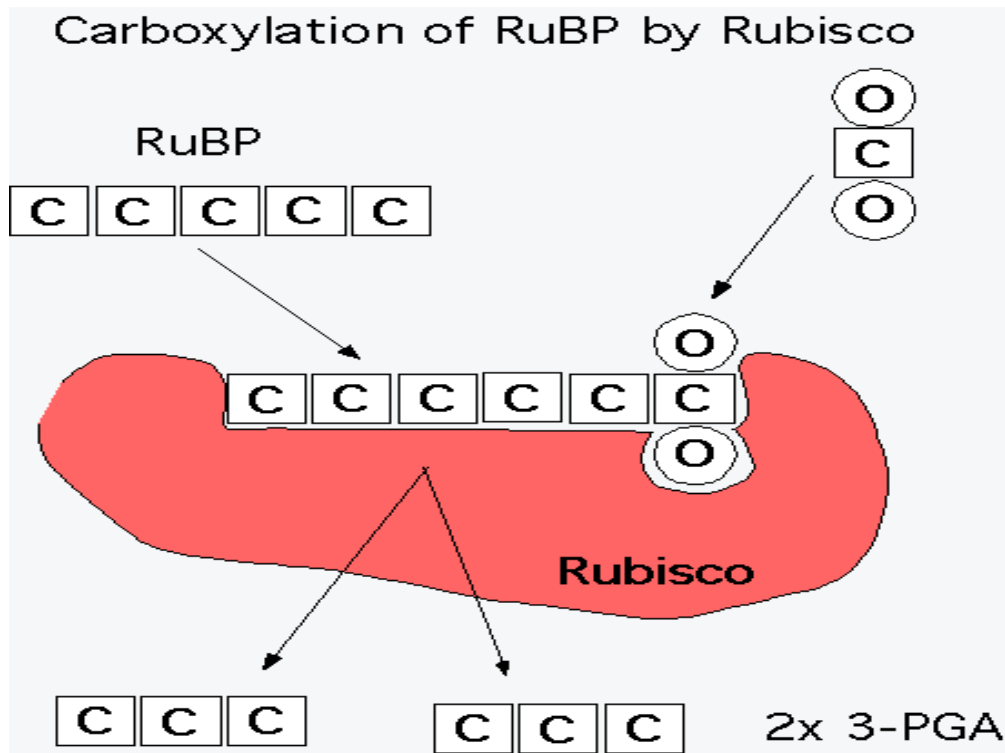


Andrew A. Benson (1917- 2015)

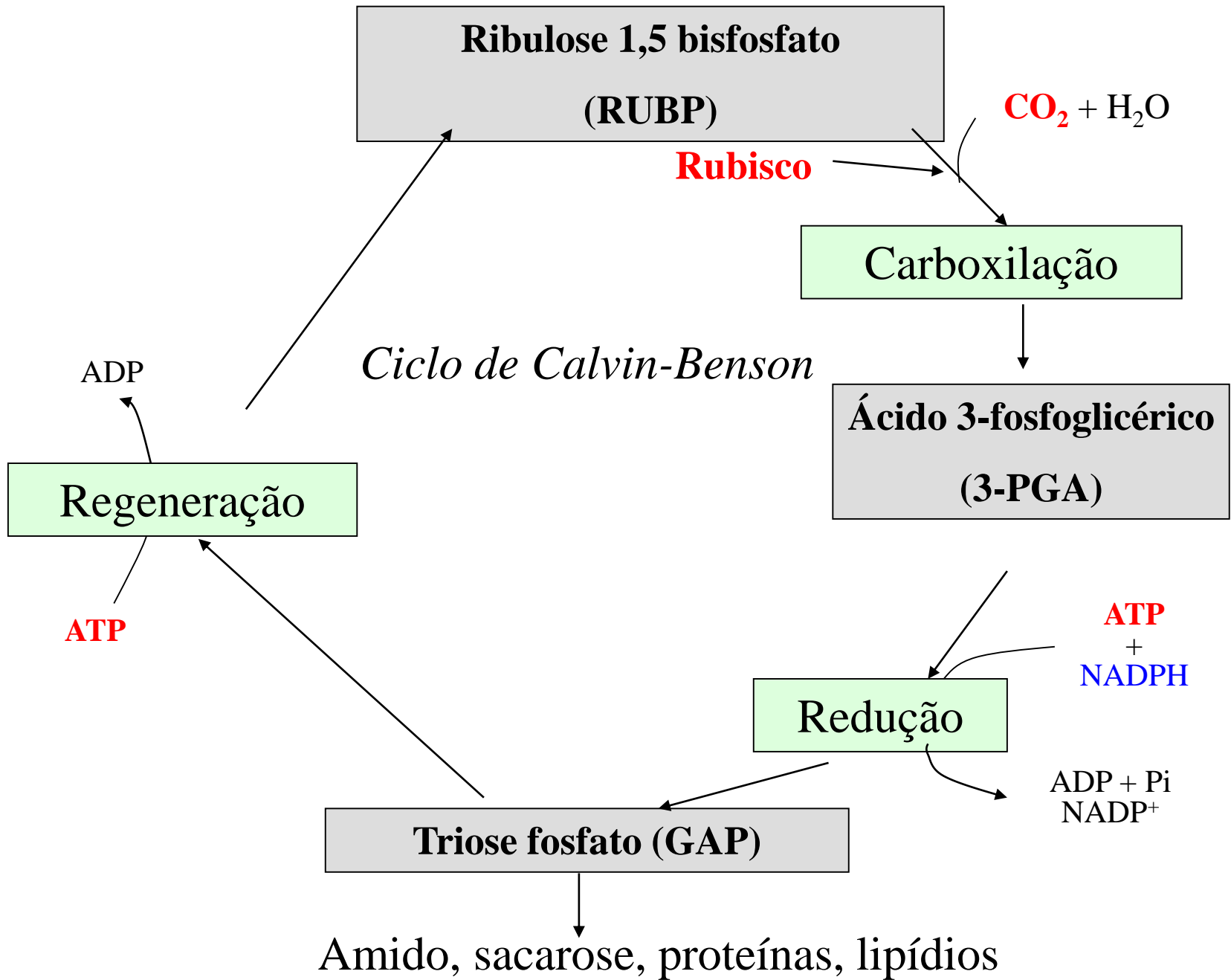
University of California
San Diego, CA, USA

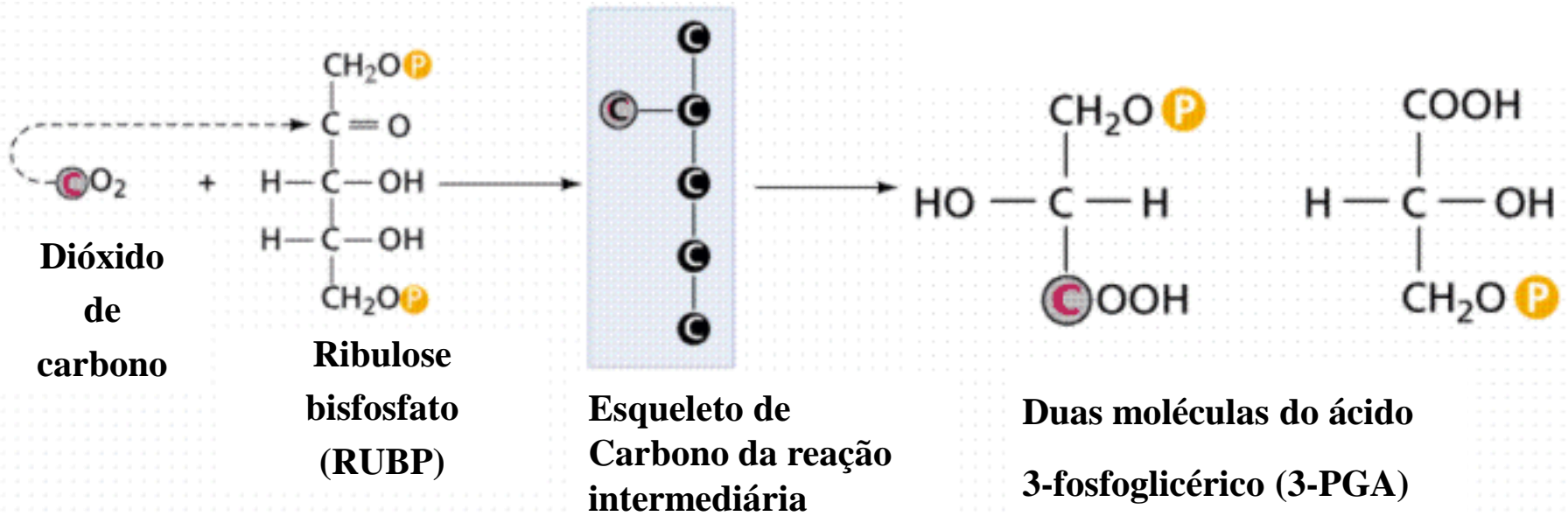


CARBOXILAÇÃO DA RUBP



3-PGA = Ácido 3- fosfoglicérico

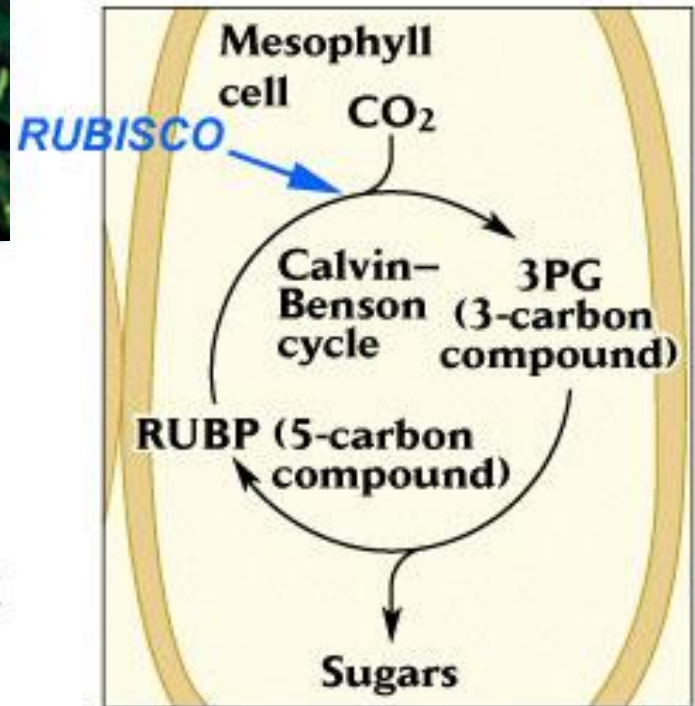
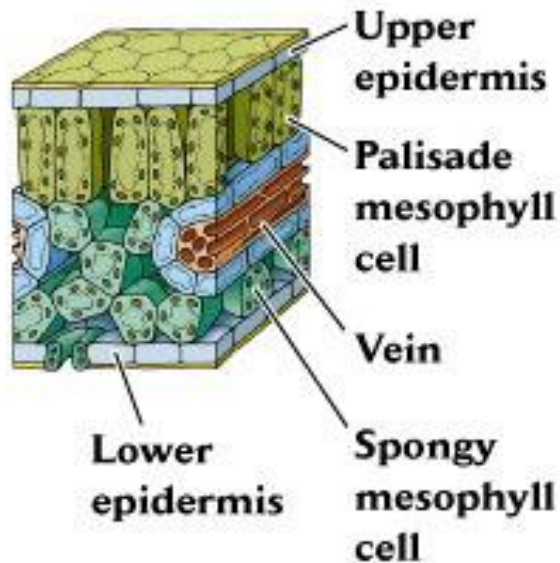




PLANTAS C3 (feijão, soja, trigo, maioria das culturas)

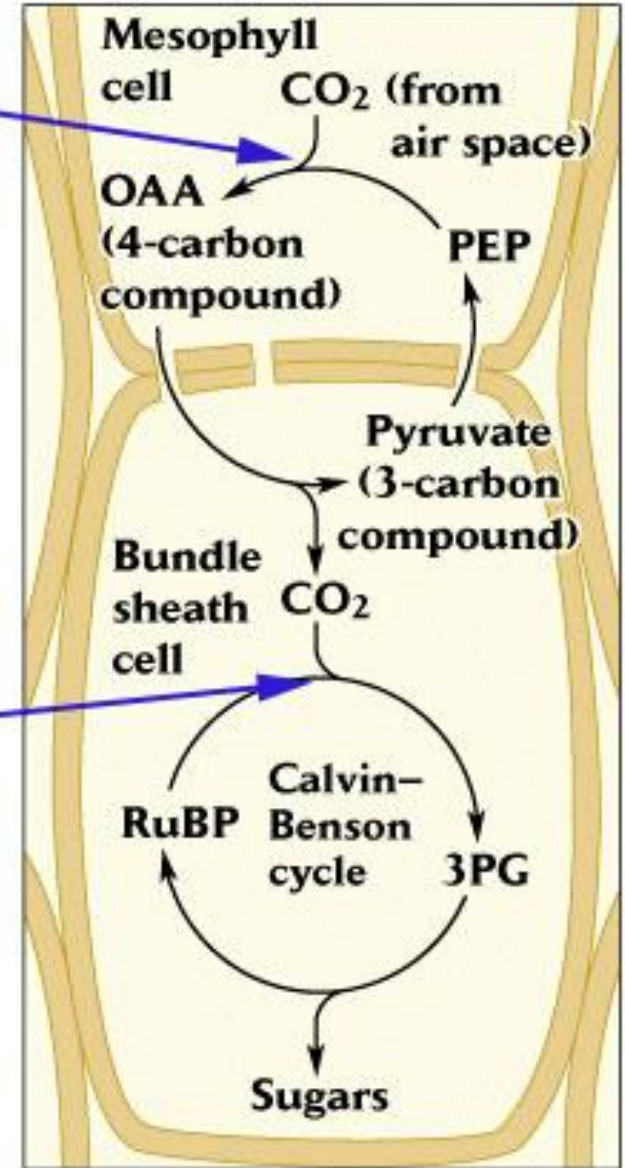
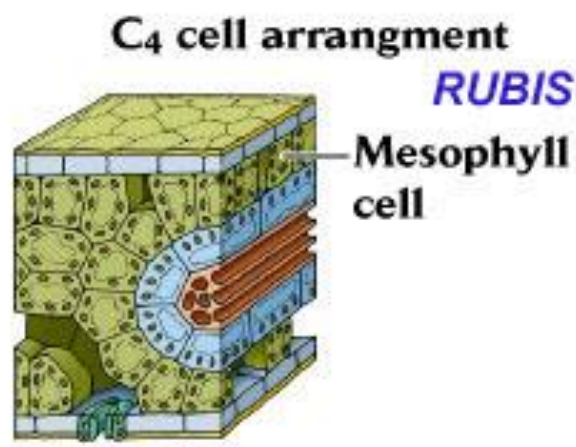


C₃ cell arrangement

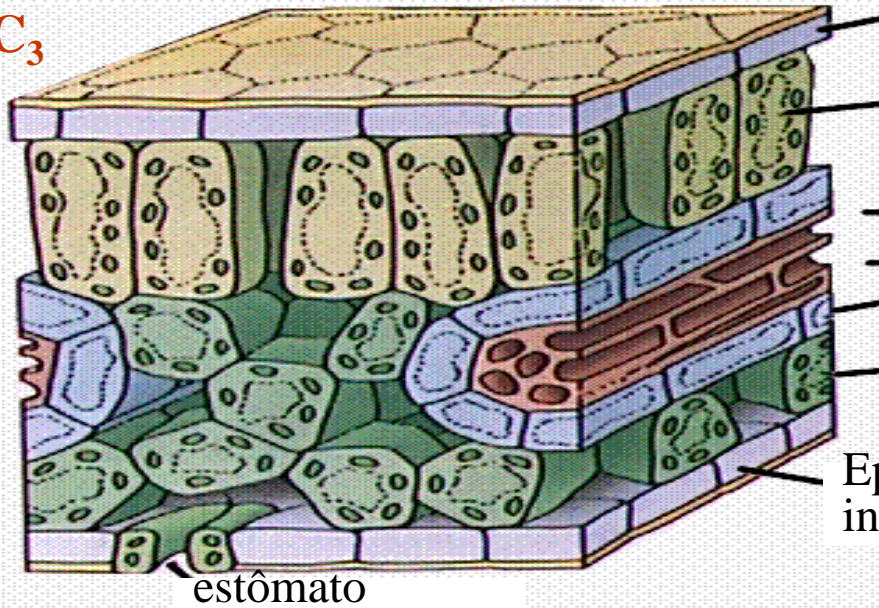


PLANTAS C4 (Milho, cana de açúcar)

Ciclo de Hatch & Slack



C₃

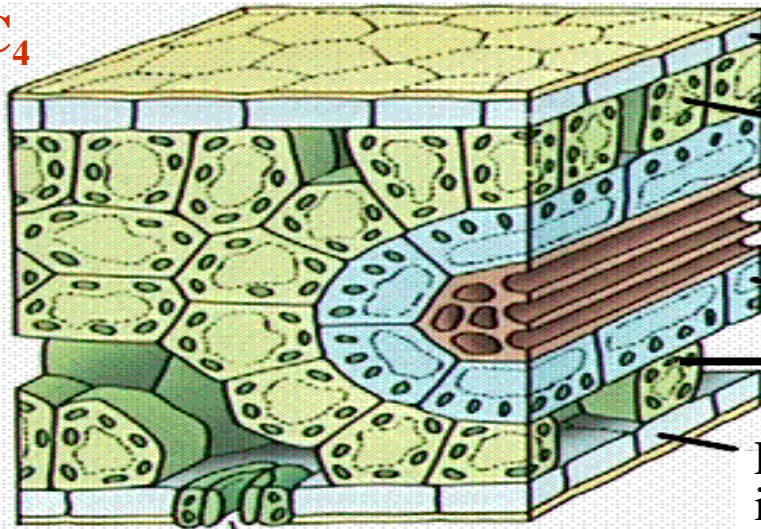


Epiderme superior
Parênquima paliçádico
Nervura
Bainha vascular
Parênquima esponjoso
Epiderme inferior

Soja, feijão,

estômato

C₄

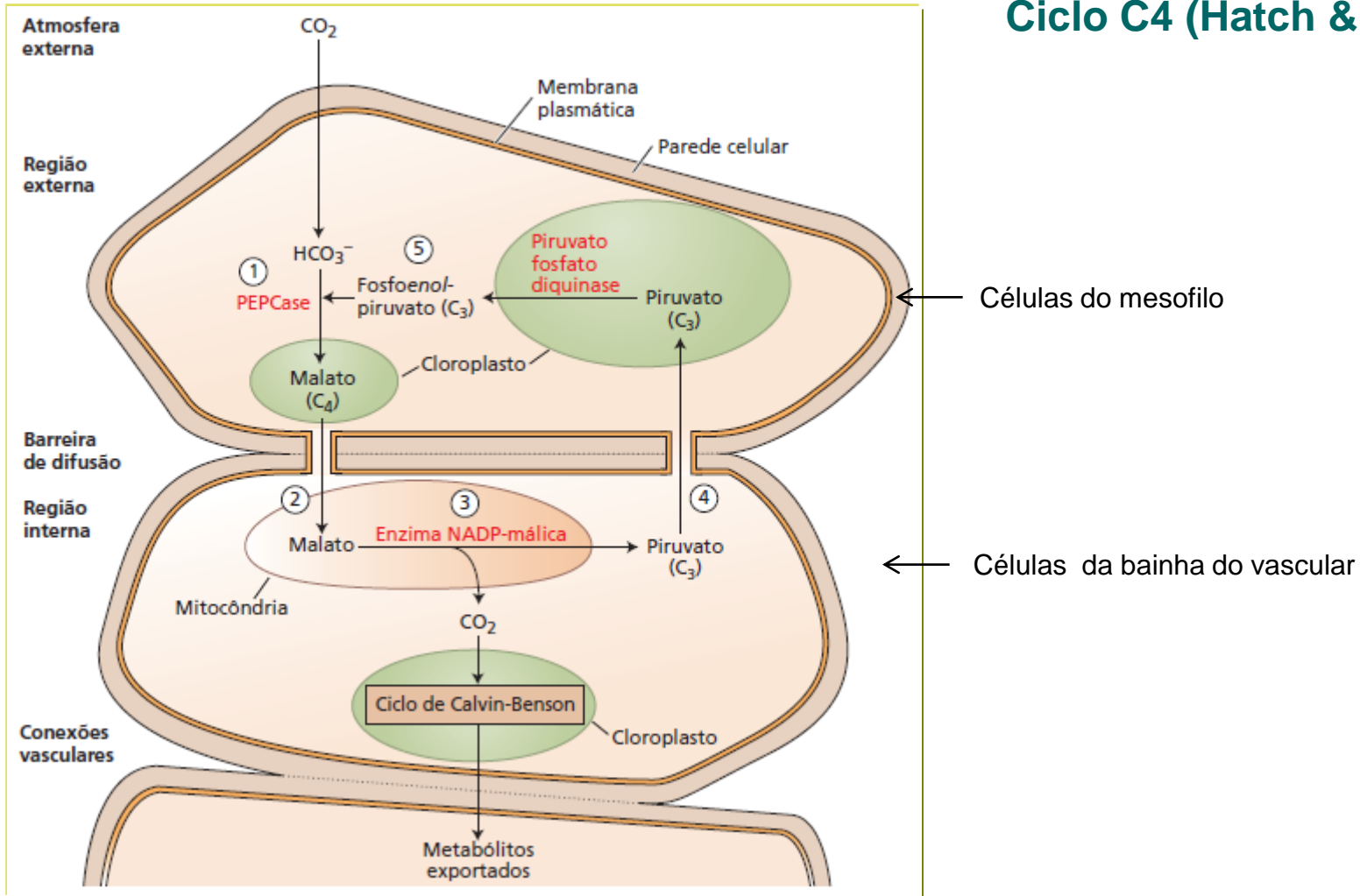


Epiderme superior
Parênquima paliçádico
Nervura
Bainha vascular
Parênquima esponjoso
Epiderme inferior

Milho, cana de açúcar,

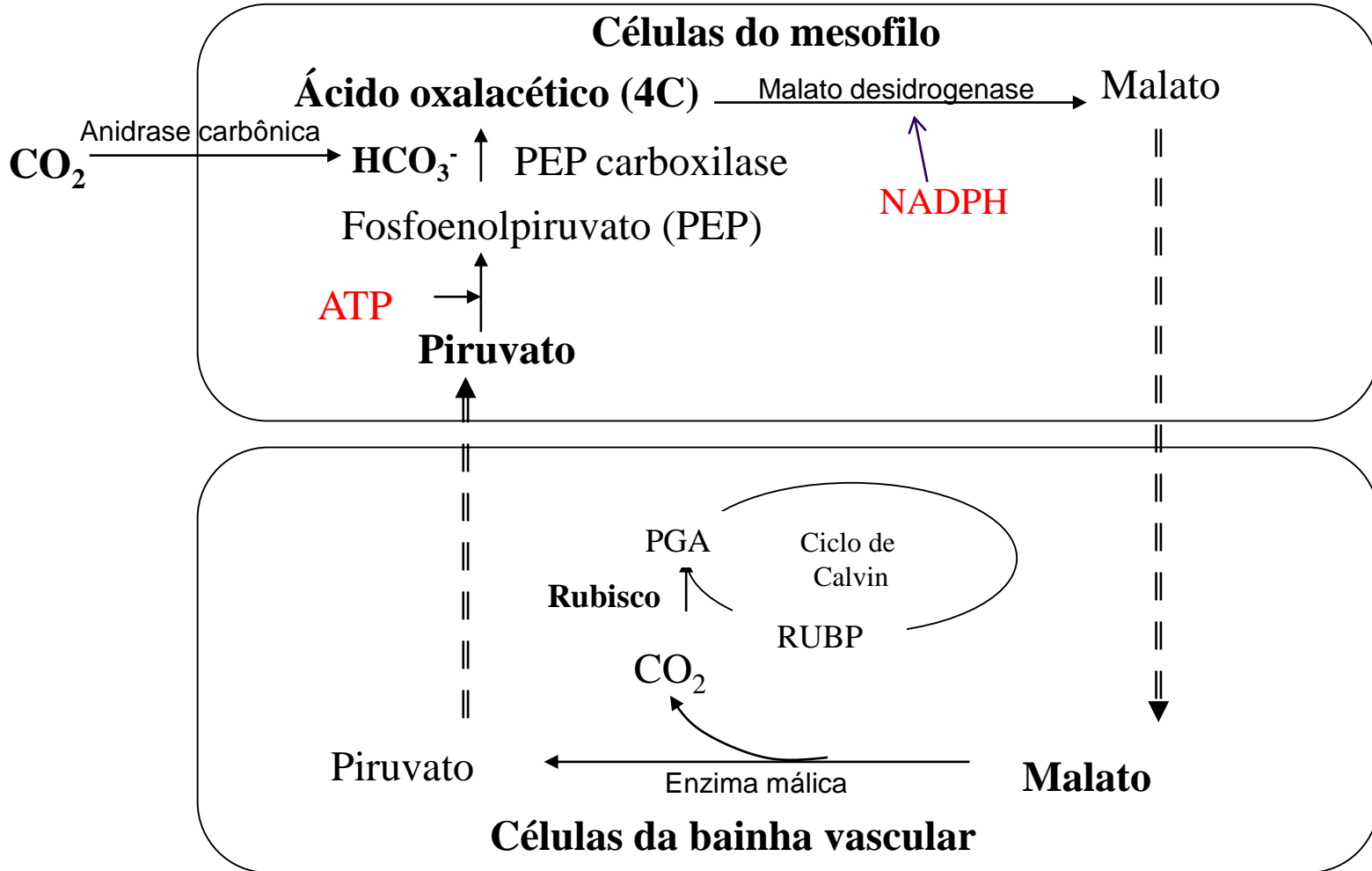
estômato

Ciclo C4 (Hatch & Slack)



Taiz et al. (2017)

Ciclo C4 (Hatch & Slack)

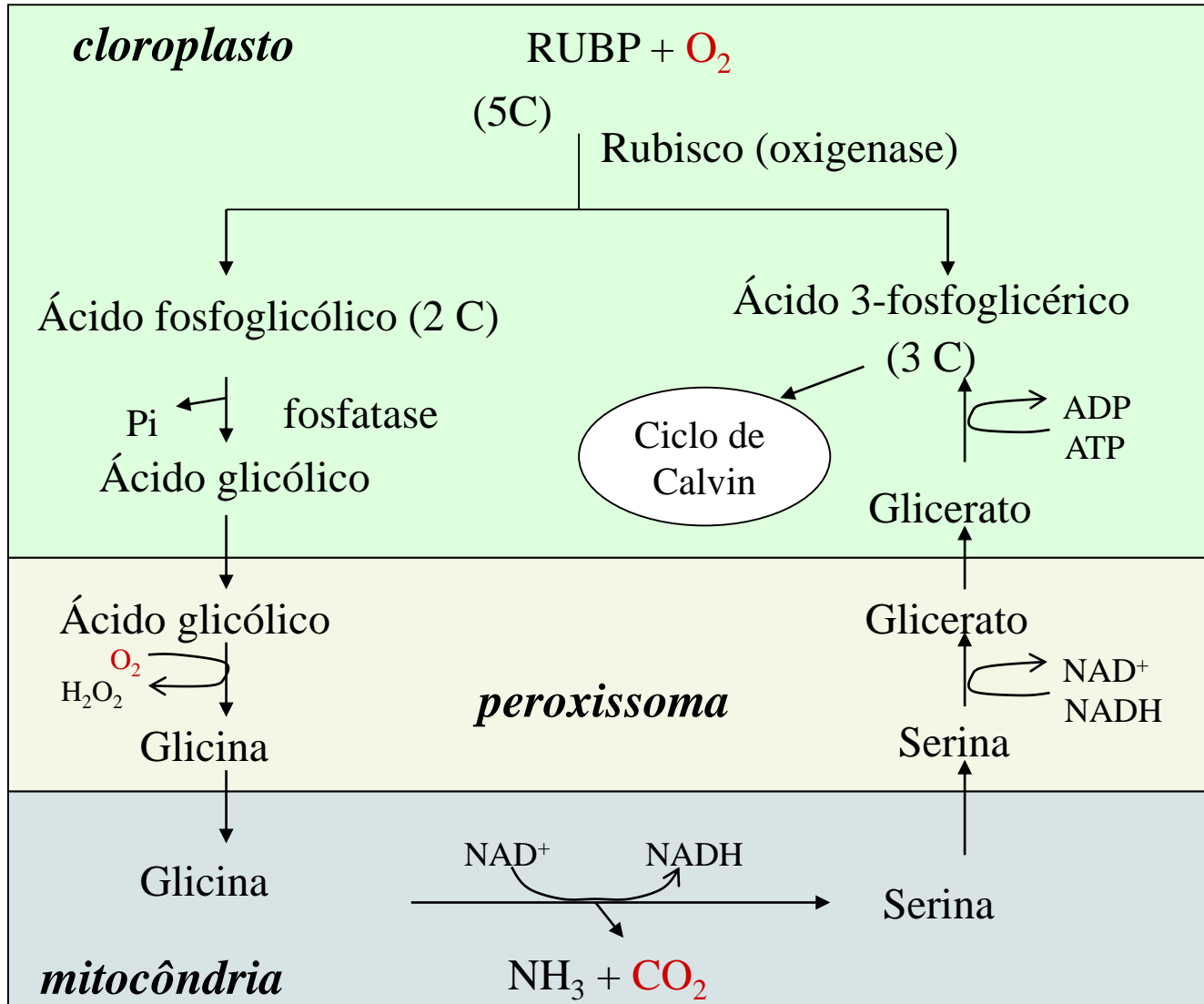


Fotorrespiração

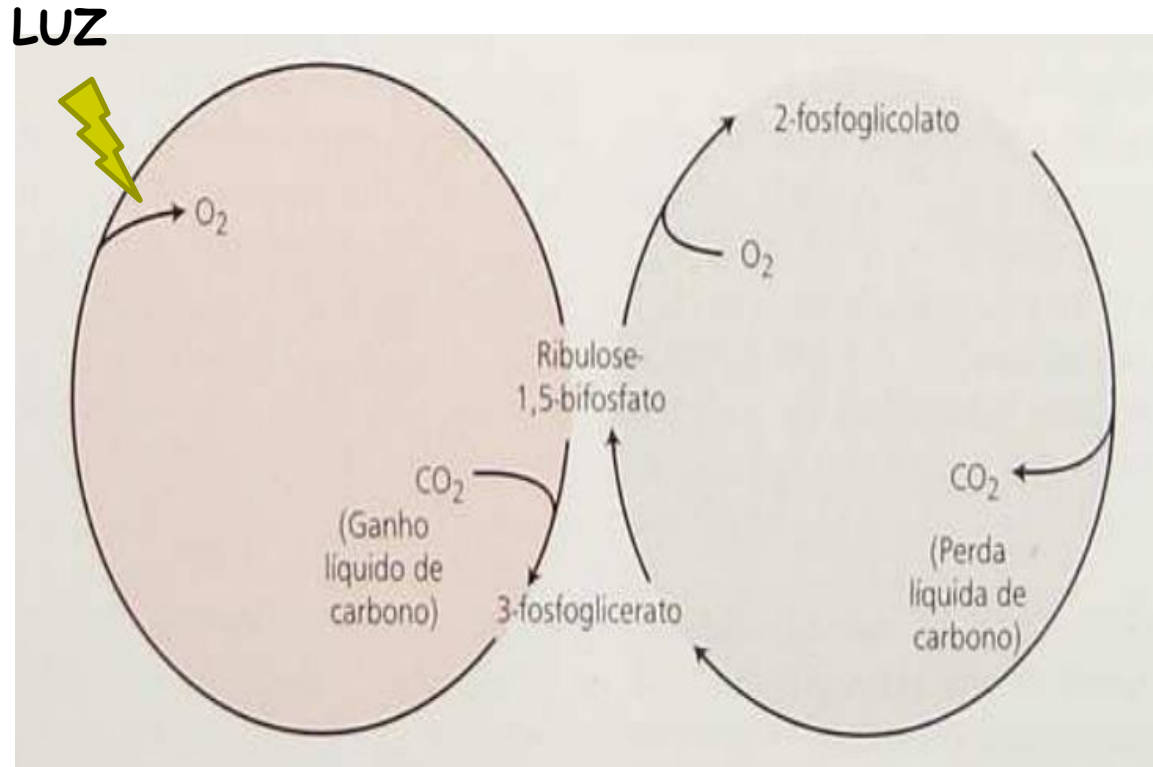
Fotorrespiração

- É uma perda adicional de carbono (CO_2) em decorrência da luz
- Ocorre mais frequentemente quando:
 - Os níveis de luz são intensos (radiação solar)
 - A temperatura é alta
- Algumas plantas são mais sensíveis à fotorrespiração
 - Plantas C3 mais sensíveis (ex.: soja, árvores de florestas)
 - Plantas C4 são menos sensíveis (ex.: cana de açúcar, milho)

Fotorrespiração



Fotossíntese e Fotorrespiração

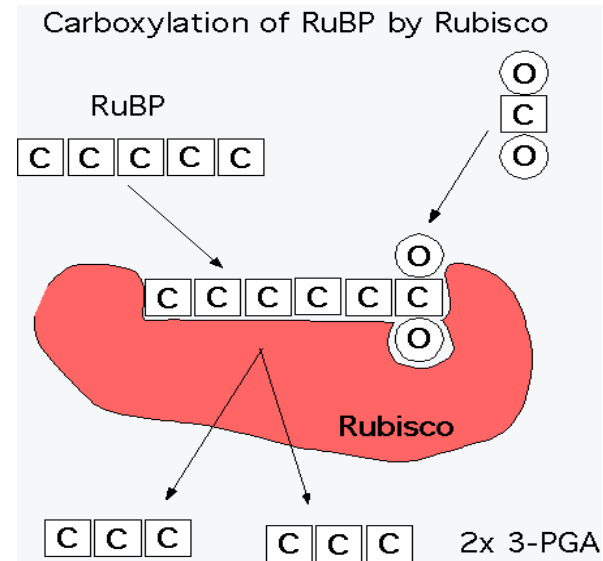


Fase fotoquímica e
Ciclo de Calvin-Benson

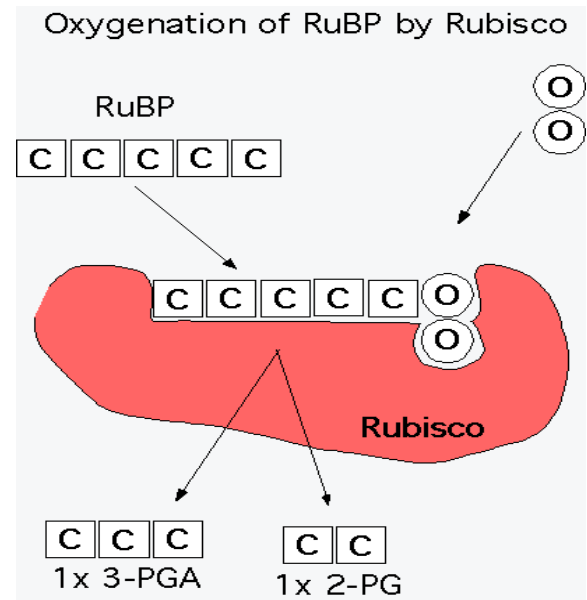
Fotorrespiração
(FTR)

Atividades da Rubisco

Reagindo com o CO_2



Reagindo com o O_2



Fotorrespiração

- Função biológica pouco conhecida e ainda estudada
- Possíveis funções:
 - Recuperar parte do Carbono presente no ácido 2-fosfoglicólico
 - Proteção do aparato fotossintético (dissipar o excesso de ATP) que poderia danificar o cloroplasto (proteção contra fotoinibição e fotoxidação quando da presença de muita luz)
- Pesquisas estão sendo realizadas em plantas C3 para evitar a fotorrespiração e, assim, aumentar a produtividade.

Determinação da fotossíntese líquida

$$FL = FB - R$$

FL = Fotossíntese líquida

FB = fotossíntese bruta

R = Respiração (RM + FTR)

RM = Respiração mitocondrial – próxima aula

FTR = Fotorrespiração

Determinação da fotossíntese líquida

$$FL = FB - R$$

FL = Fotossíntese líquida

FB = fotossíntese bruta

R = Respiração (RM + FTR)

RM = Respiração mitocondrial

FTR = Fotorrespiração

$$FL = FB - R (RM + FTR)$$

As três situações

- $FB < R$
- $FB = R$
- $FB > R$

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Disponibilidade de H₂O
- Luminosidade (Radiação solar)
- Temperatura
- CO₂ e O₂
- Pragas e Doenças
- Vento

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Água (deficiência)
 - Menor disponibilidade de água implica em menor condutância estomática (menor abertura dos estômatos)
 - Há menor quantidade de água disponível para a fotossíntese (fotólise da água)

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Água (deficiência)
 - Há menor entrada de CO_2 e menor saída de O_2
 - Menor fotossíntese bruta e, conseqüentemente, menor fotossíntese líquida, ganho de massa seca e enchimento de grãos
 - Fases críticas da disponibilidade de água: *florescimento e enchimentos dos grãos*

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Água (excesso)
 - Pode gerar condições de hipóxia (muito baixo oxigênio) e anaerobiose (fermentação)
 - Sob hipóxia há dificuldade de transporte de citocinina da ponta da raiz para a parte aérea
 - Absorção ineficiente de nutrientes (principalmente nitrato)

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Água (excesso)
 - Causa murchamento da folha (o que diminui a fotossíntese e a translocação de carboidratos)
 - Pode haver acúmulo de toxinas causadas por microrganismos ao redor das raízes
 - Com o O_2 limitado vai haver há pouca síntese de ATP da respiração aeróbica e os produtos da fermentação podem se tornar tóxicos

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Luminosidade (Radiação solar)
 - Não temos tido oscilação, com exceção de raios UV
 - Raios UV está sendo mais danoso para o ser humano do que para as plantas



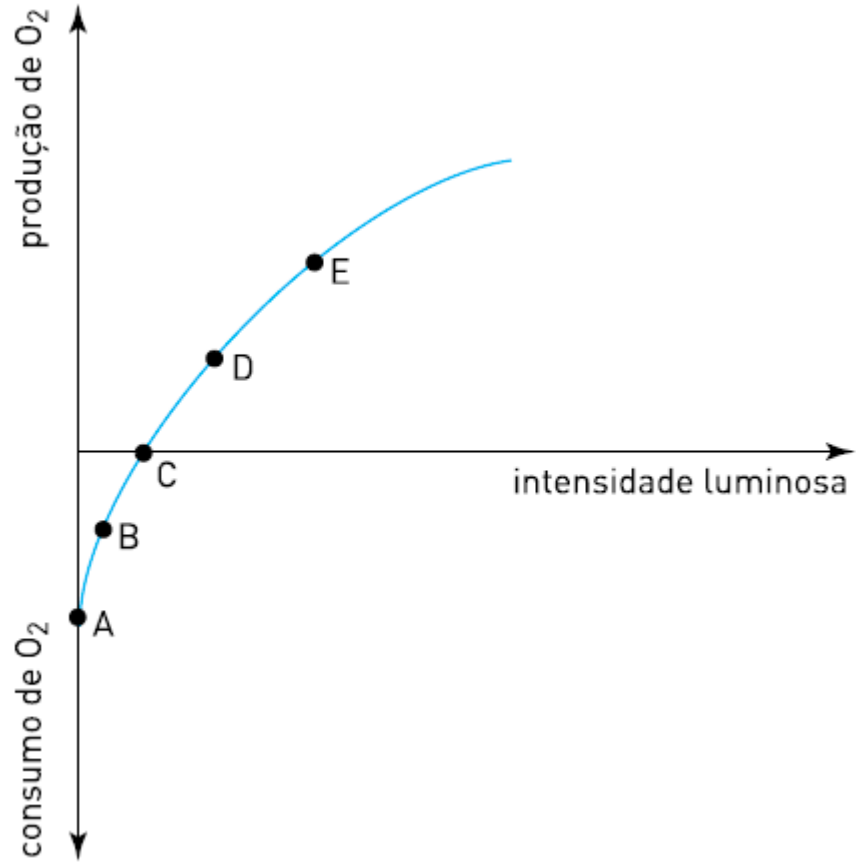
Radiação solar em diferente condições

Condição	Unidade fotométrica Kilolux	Unidade radiométrica $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$	FFF (400-700 nm) $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
Pleno sol (meio-dia, claro, sem nuvens)	100-130	750-1000 (radiação total) 400-500 (400-700 nm)	1840-2400
Nublado (ao meio dia)	14-16	55-65 (400-700nm)	250-300
Muito sombreado (floresta)	0,8	3 (400-700nm)	15

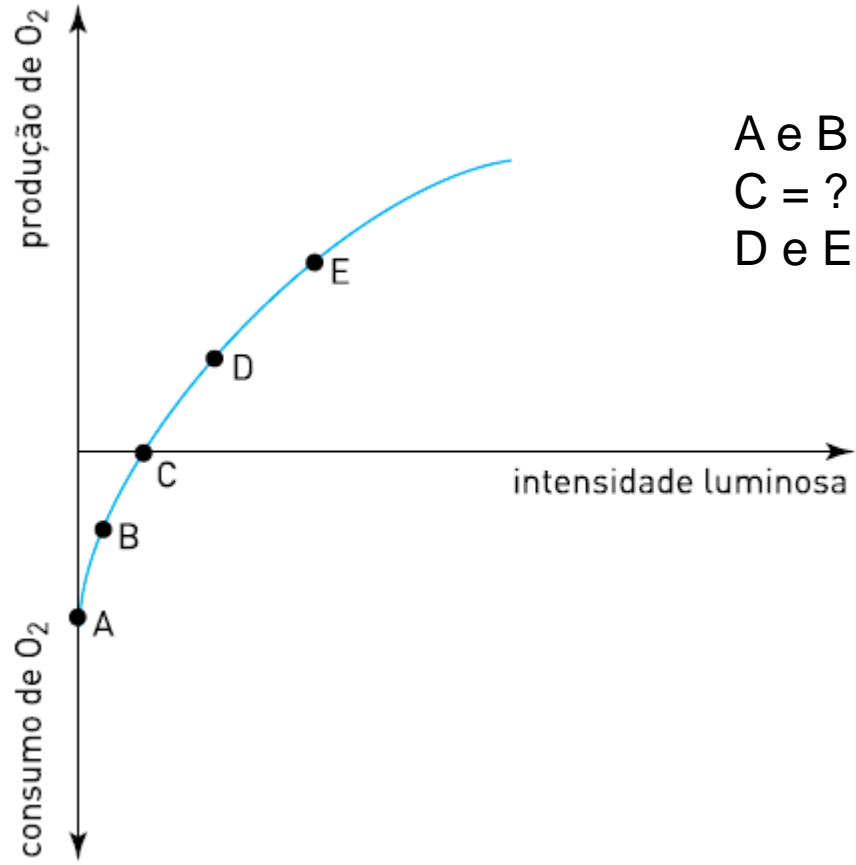
FFF = fluxo de fótons fotossintéticos

FATORES QUE AFETAM A FOTOSSÍNTESE

- Luminosidade (Radiação solar)
 - Crítico nas fases de enchimento de grãos. Há a necessidade de mais fotossíntese bruta, para elevar a fotossíntese líquida, já que nesta fase a respiração é alta também
 - Excesso de luz em plantas C_3 (feijão, soja) pode ser prejudicial
 - Foto-inibição e foto-oxidação
 - Fotorrespiração



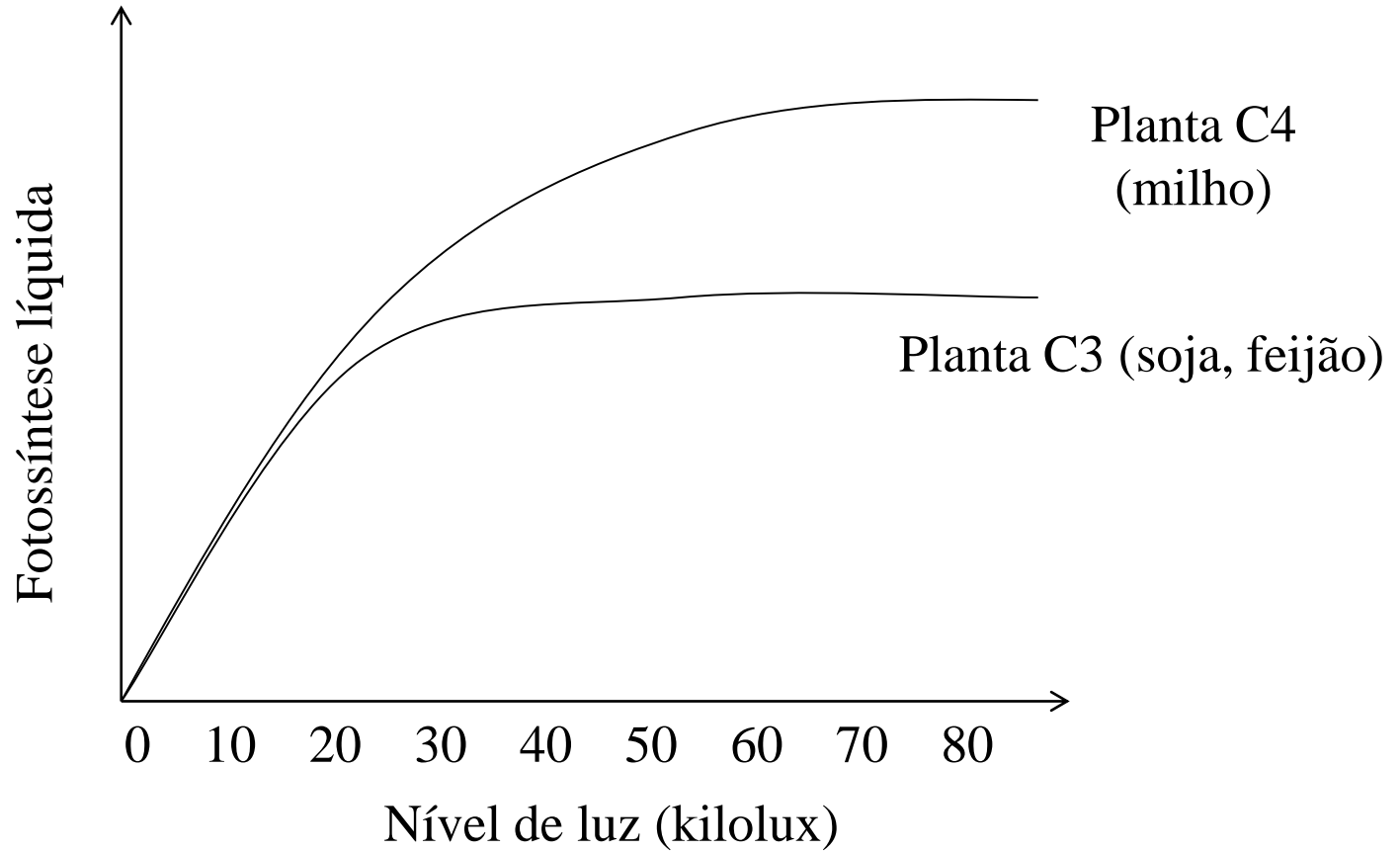
Produção de O_2 = Fotossíntese
Consumo de O_2 = Respiração



A e B = ?
C = ?
D e E = ?

Produção de O₂ = Fotossíntese
Consumo de O₂ = Respiração

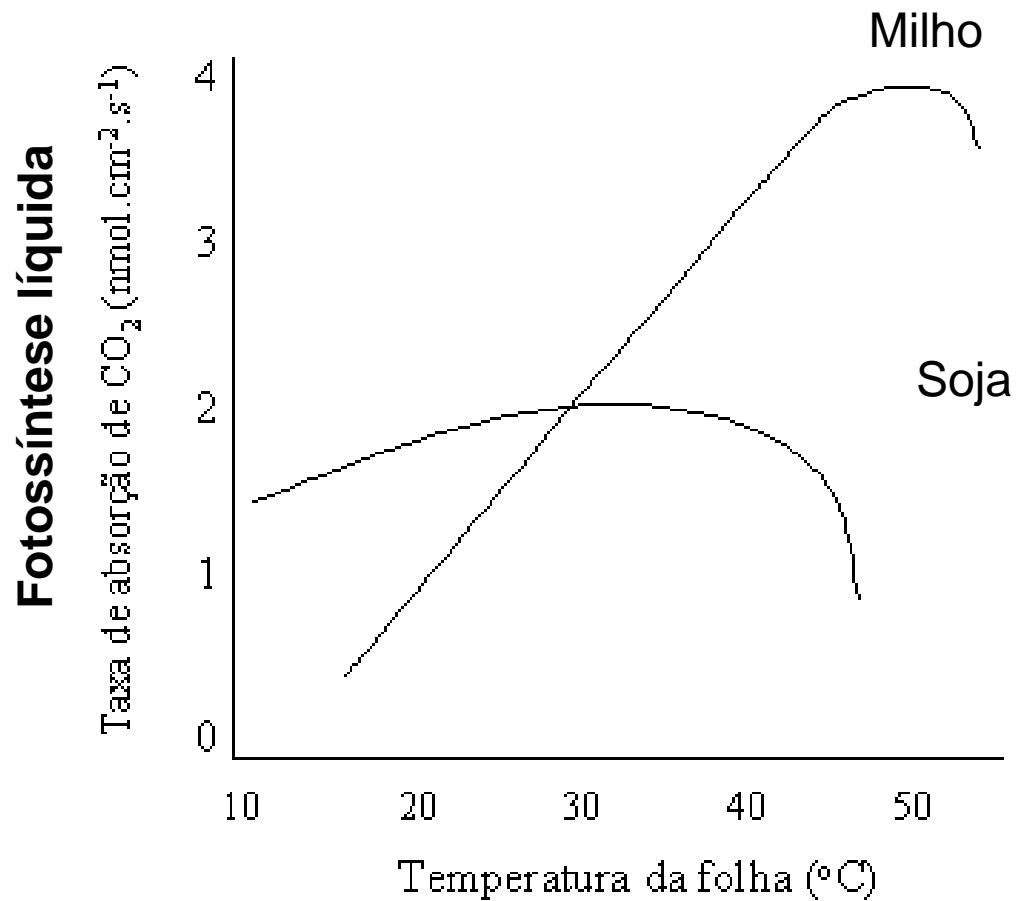
Efeito da Luminosidade



Dissipação do excesso de luminosidade

- Pigmentos fotoprotetores
 - Carotenóides e Xantofilas (violaxantina, anteraxantina e zeaxantina) dissipam o excesso de energia luminosa na folha
- Caso não seja dissipado o excesso de luz pode haver Foto-inibição e Foto-oxidação

Efeito da Temperatura



Luminosidade x Temperatura

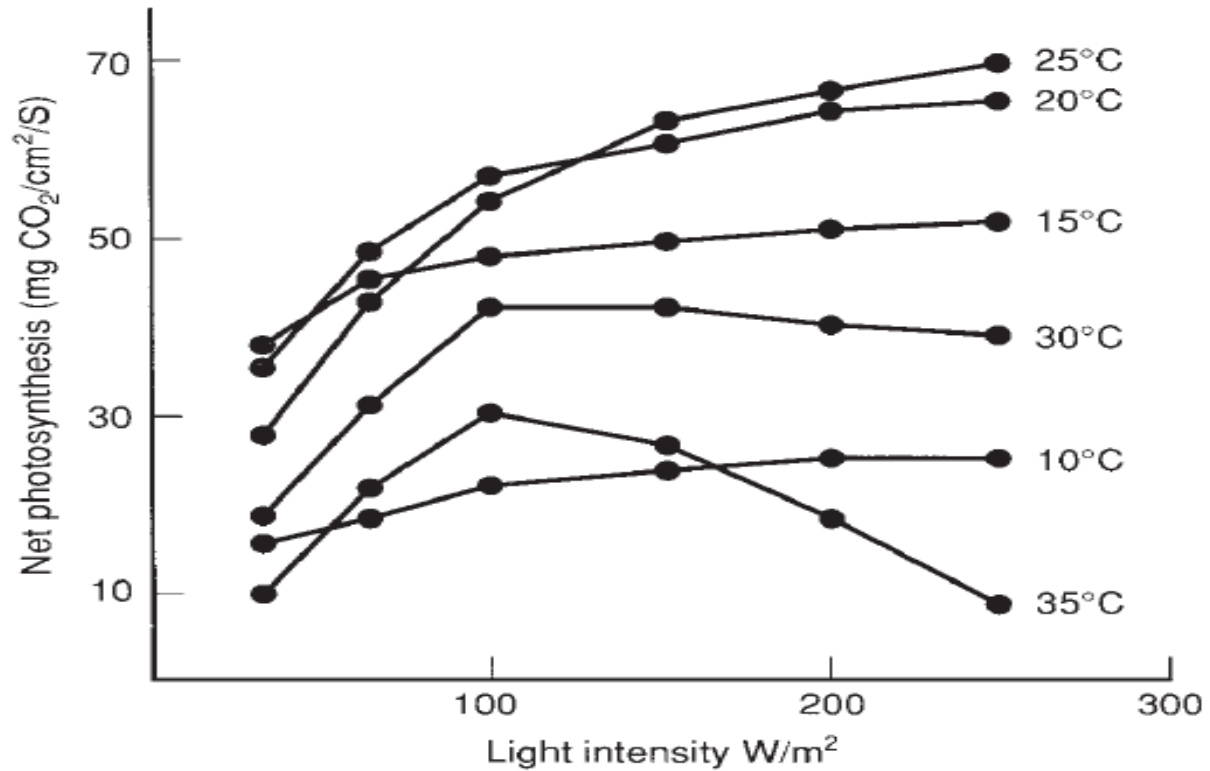
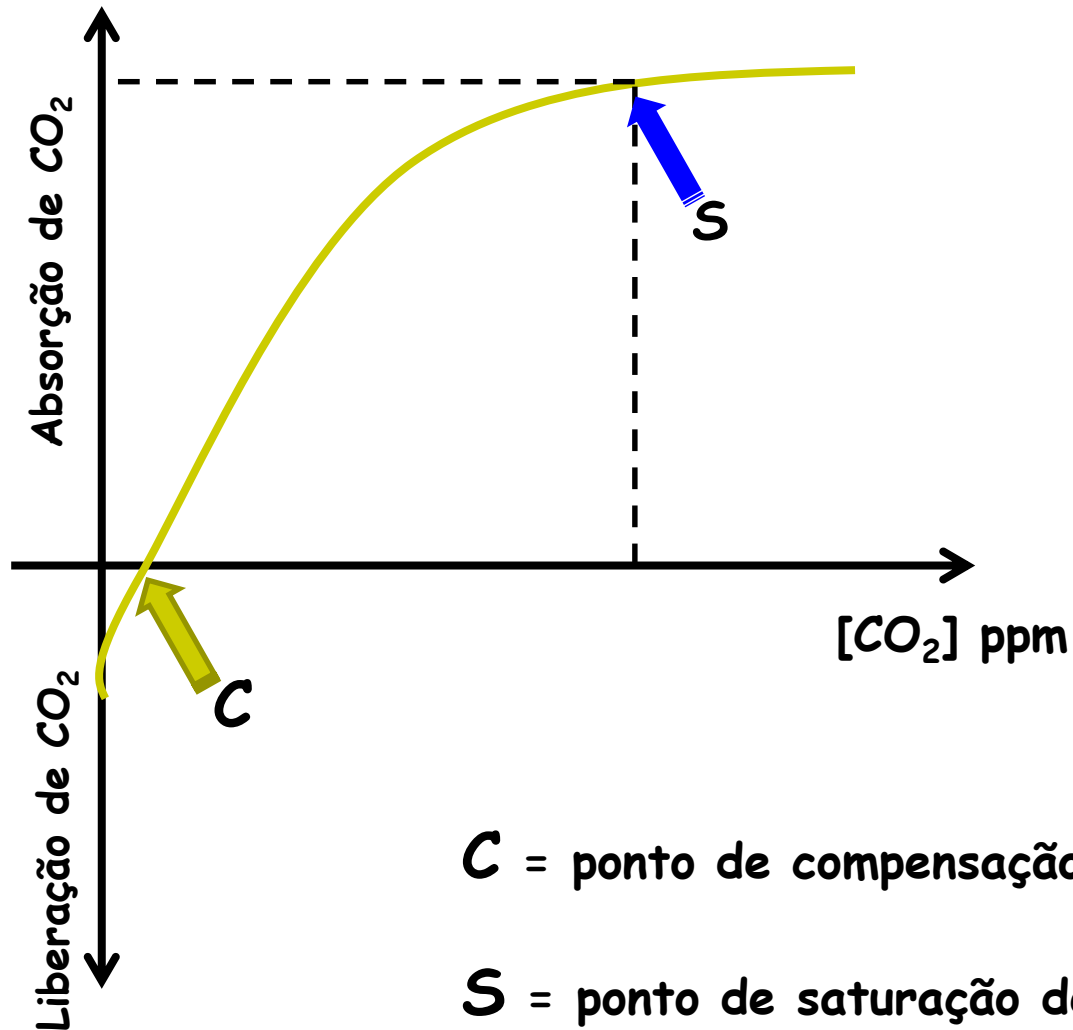
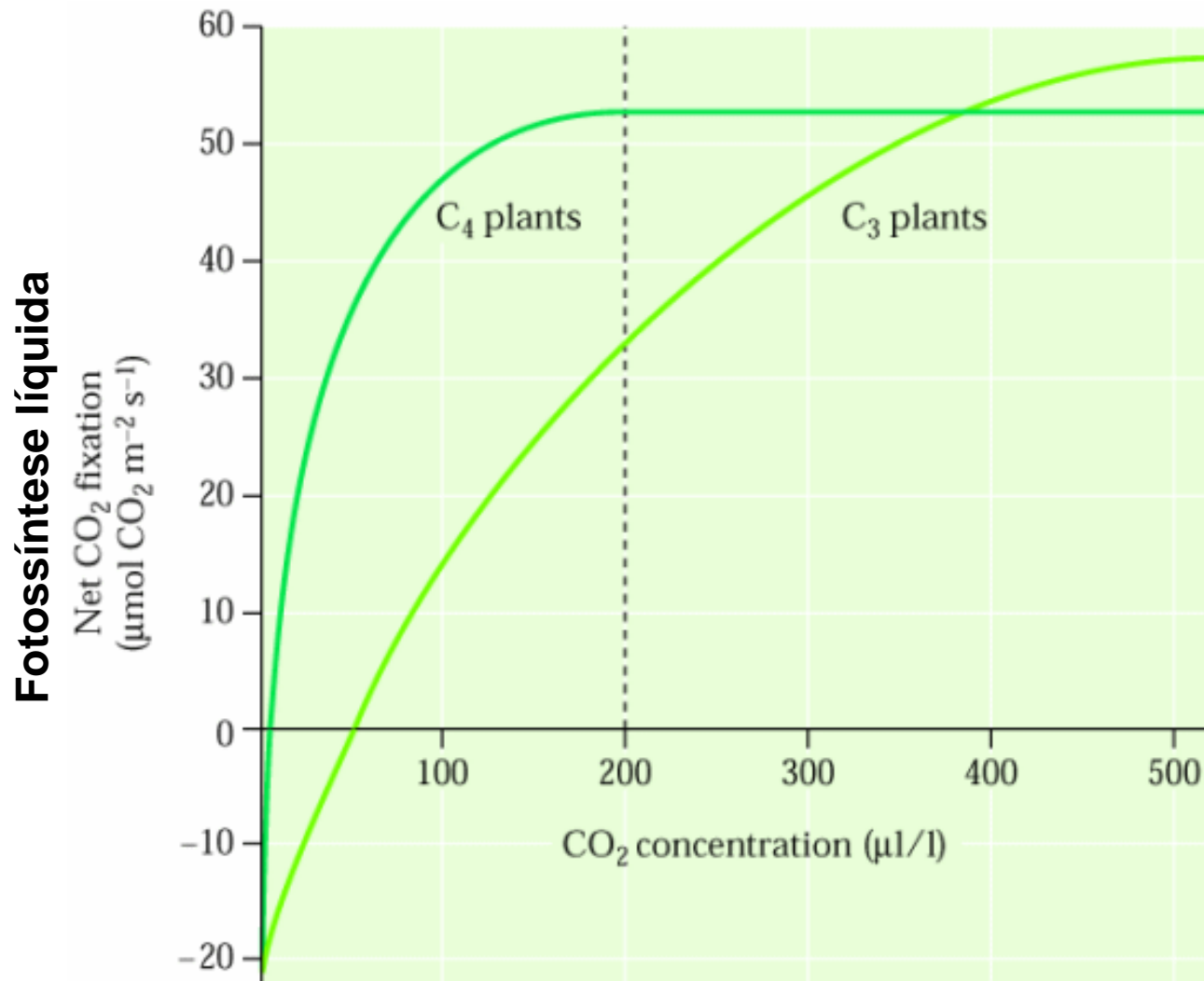


Figure 5.20 Influence of temperature on the photosynthetic capacity of grapevine leaves. (After Törökfalvy and Kriedemann, 1977, reproduced by permission)

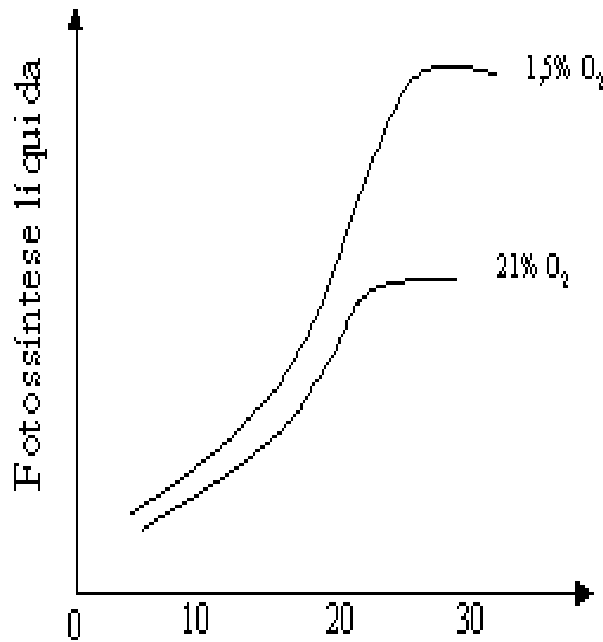
Efeito do CO_2



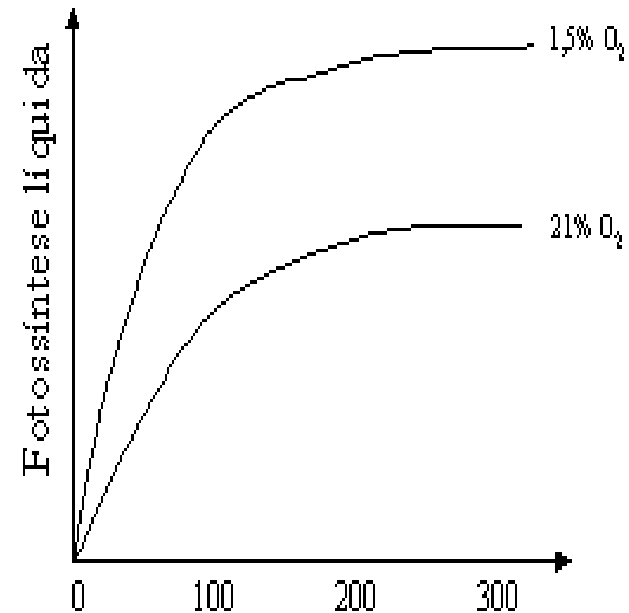
Efeito do CO₂



Efeito do O₂



(a) Temperatura da folha (°C)

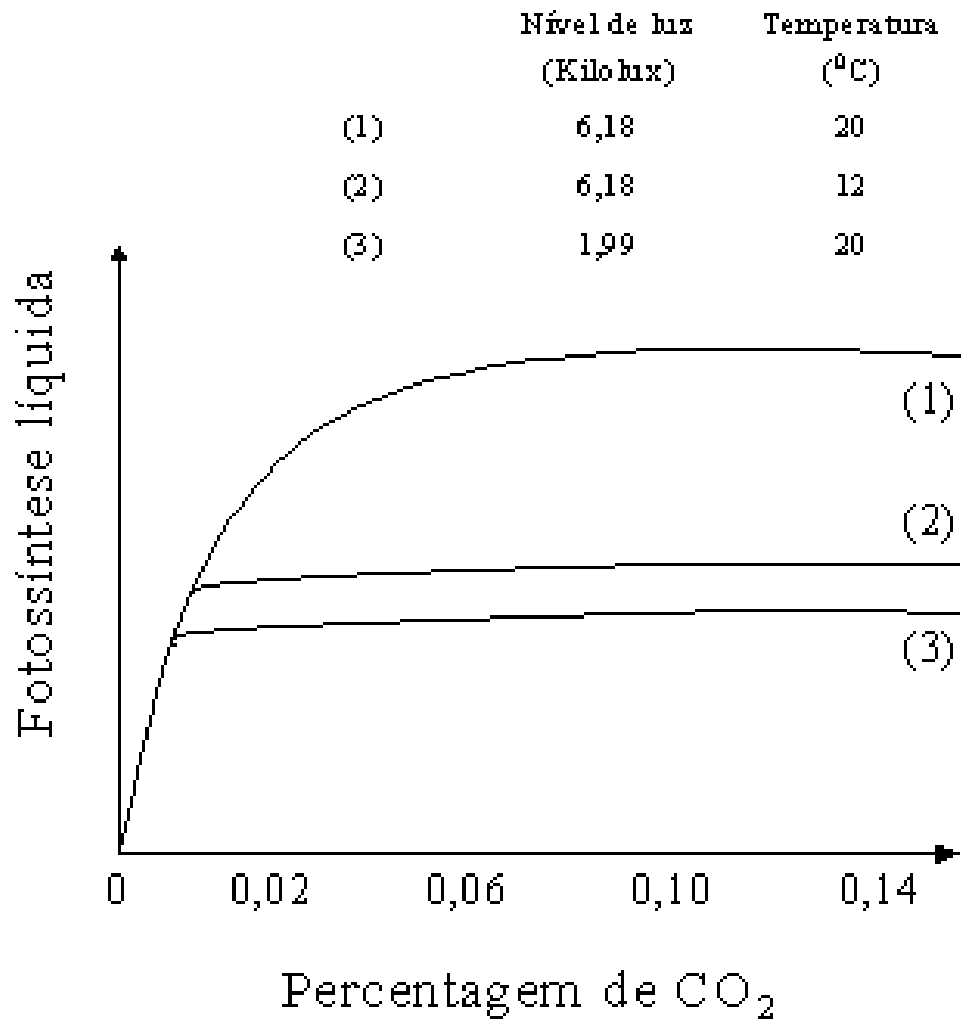


(b) Irradiância (J.m⁻².s⁻¹)

Planta com metabolismo C3

Luz x Temperatura x CO₂

Planta C4 (milho)



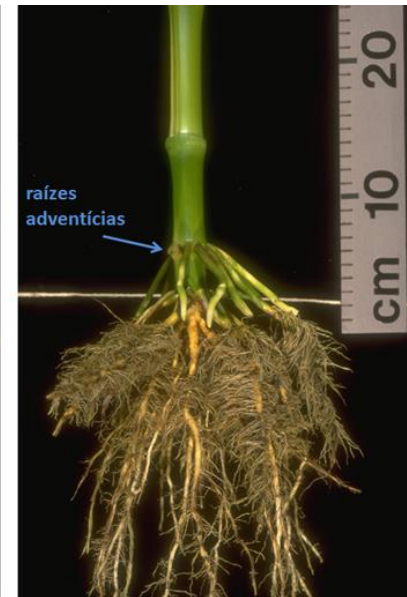
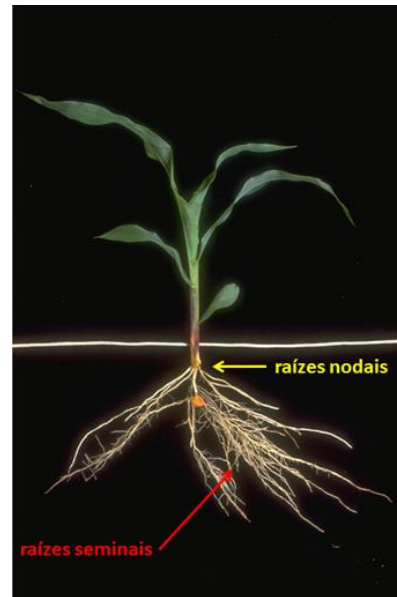
Doenças e Pragas afetam a fotossíntese?

Doenças e Pragas afetam a fotossíntese?

- Os danos nas folhas fazem com a planta use os seus fotoassimilados (produtos da fotossíntese) para a produção de compostos de defesa
- Com isso aumenta a respiração (gasto de carboidratos)
- Doenças: produção de fitoalexinas
- Pragas: produção de substâncias cicatrizantes
- Doenças e pragas nas raízes aumenta a drenagem de produtos da fotossíntese e afeta a produção de grãos

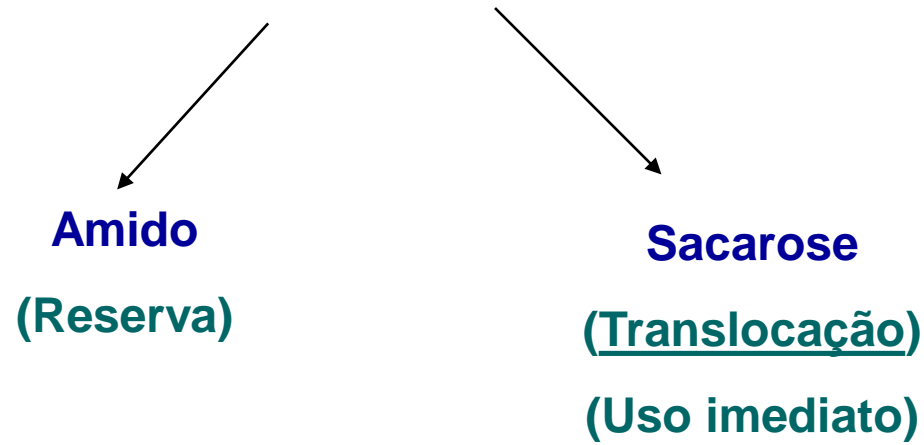
Vento

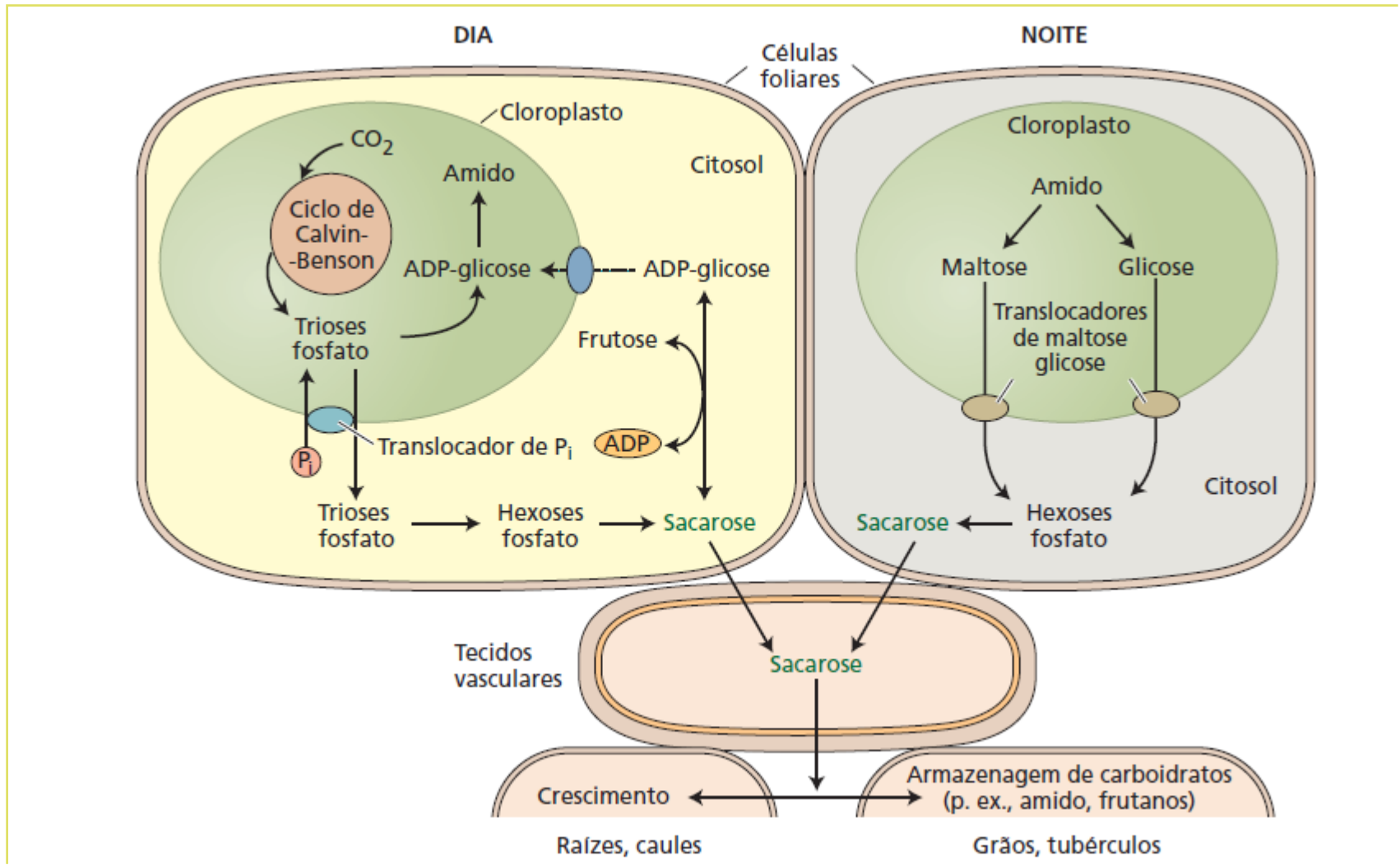
- O vento atrapalha a fotossíntese?



Funções do Ciclo de Calvin-Benson

- Produção de Triose-Fosfato





Taiz et al. (2017)