

FISIOLOGIA DE CULTIVOS: MILHO



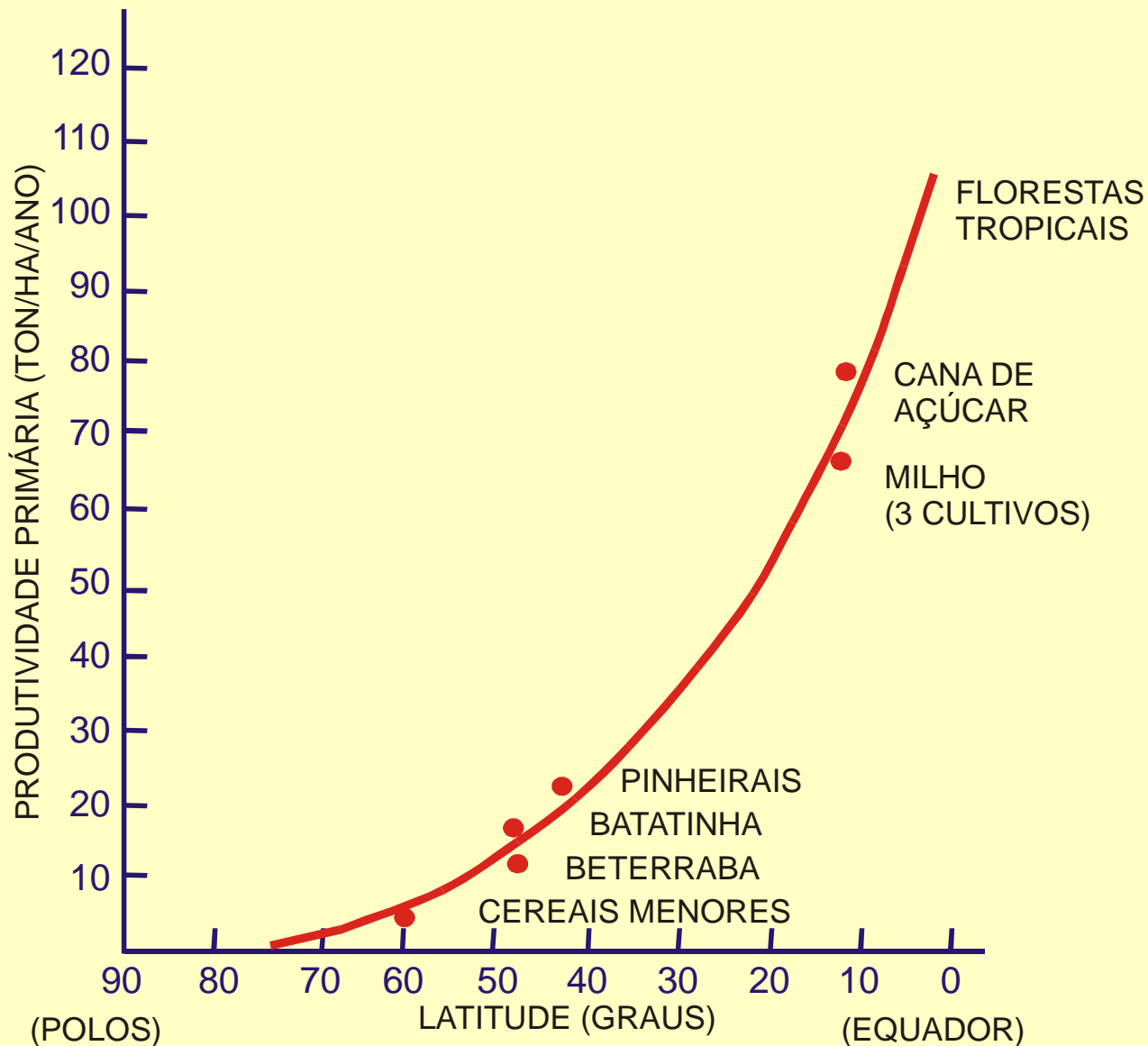
Paulo Roberto de Camargo e Castro
Professor Titular - ESALQ/USP

INTRODUÇÃO

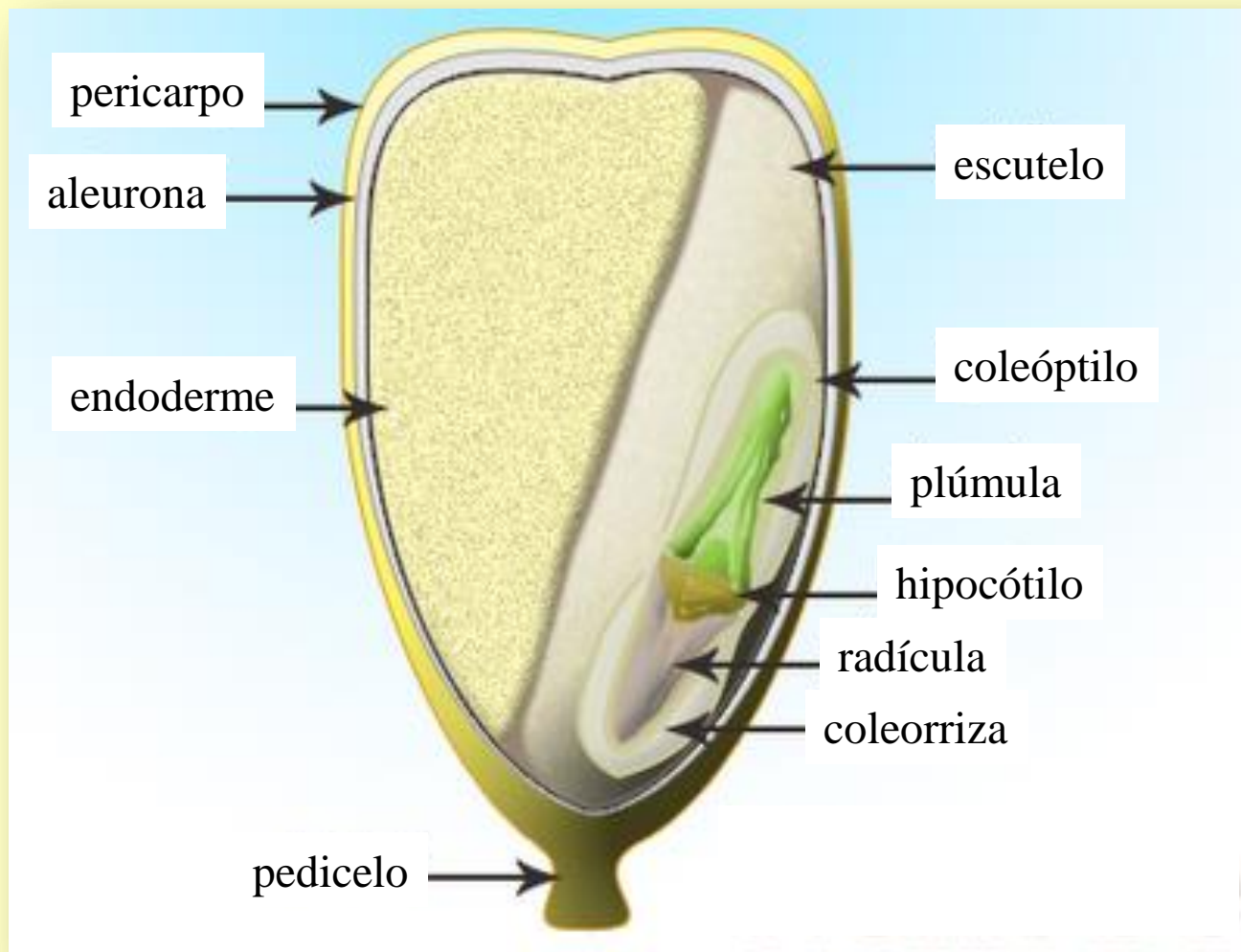
- ✓ Atualmente o milho (*Zea mays* L.) representa um dos principais cereais cultivados em todo mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana e animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos. Em função da sua multiplicidade de aplicações, o milho assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima para vários complexos agroindustriais.



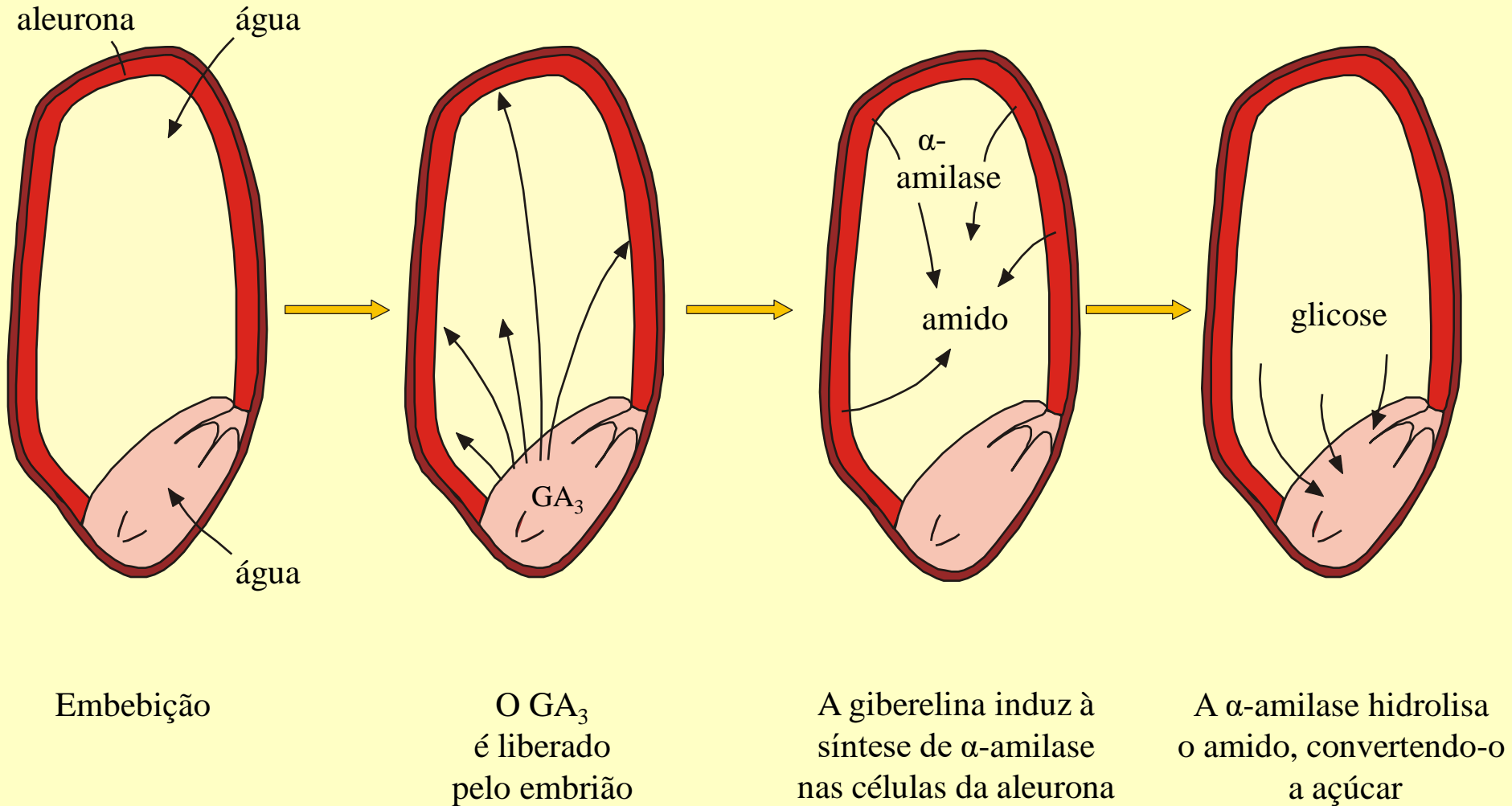
LATITUDE E PRODUTIVIDADE



SEMENTE DE MILHO

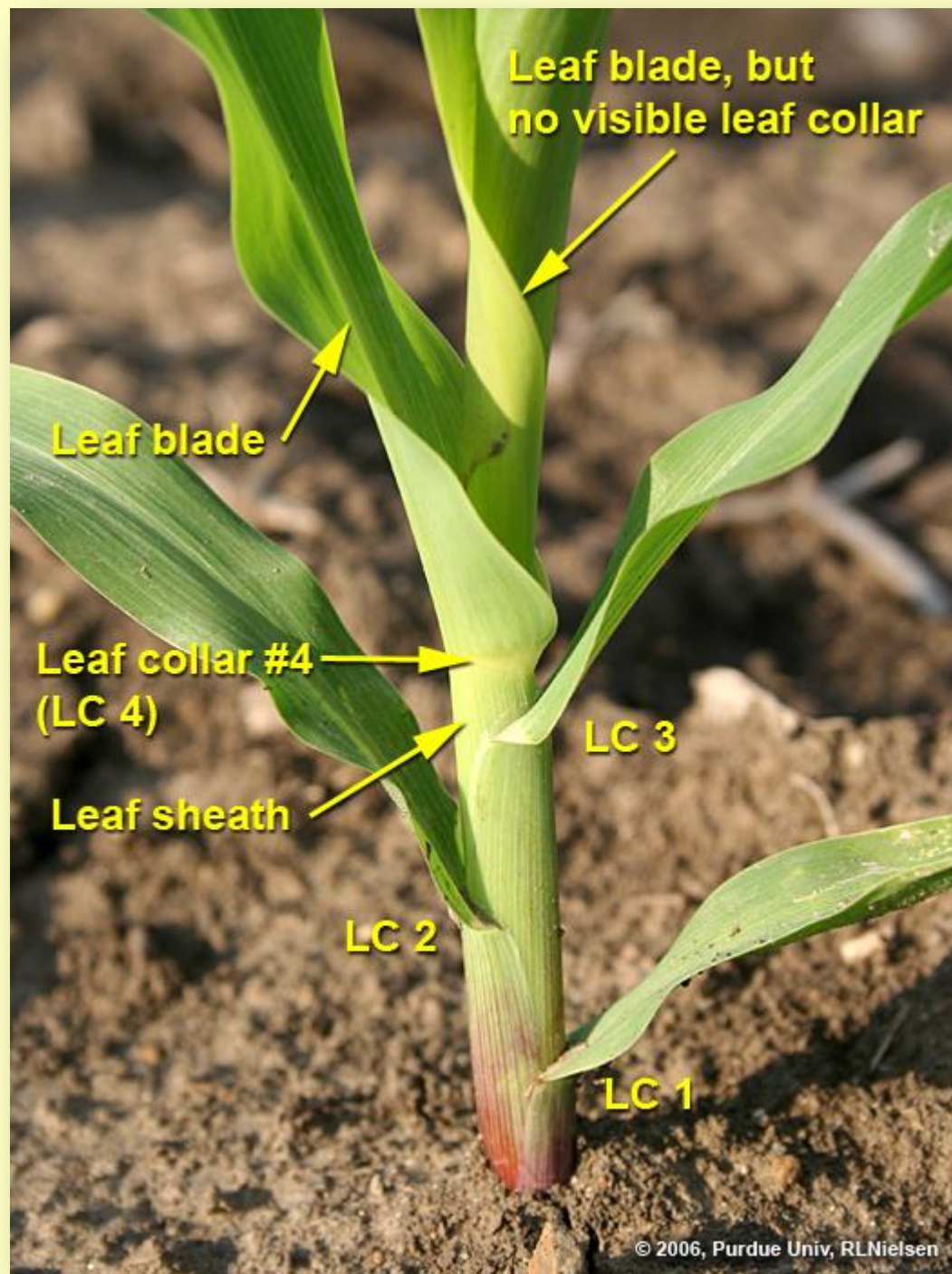


FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO

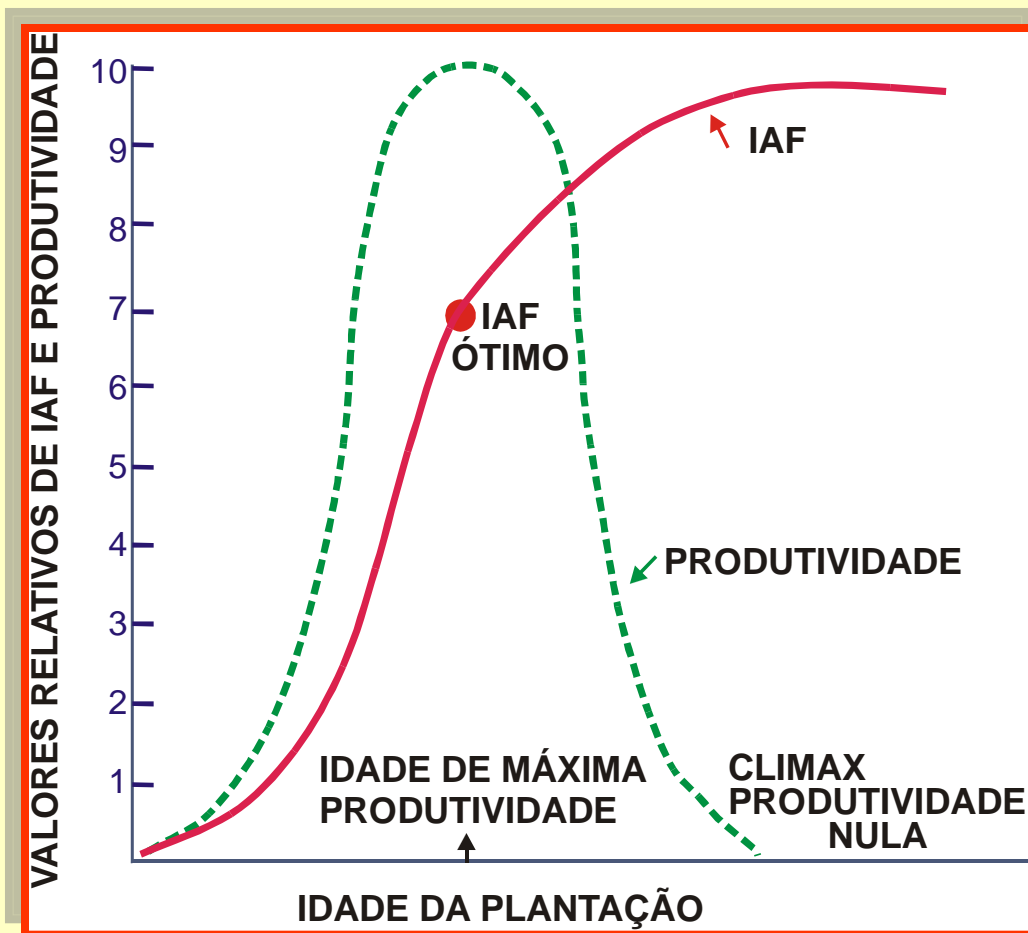


PARTE AÉREA - REPRODUTIVA

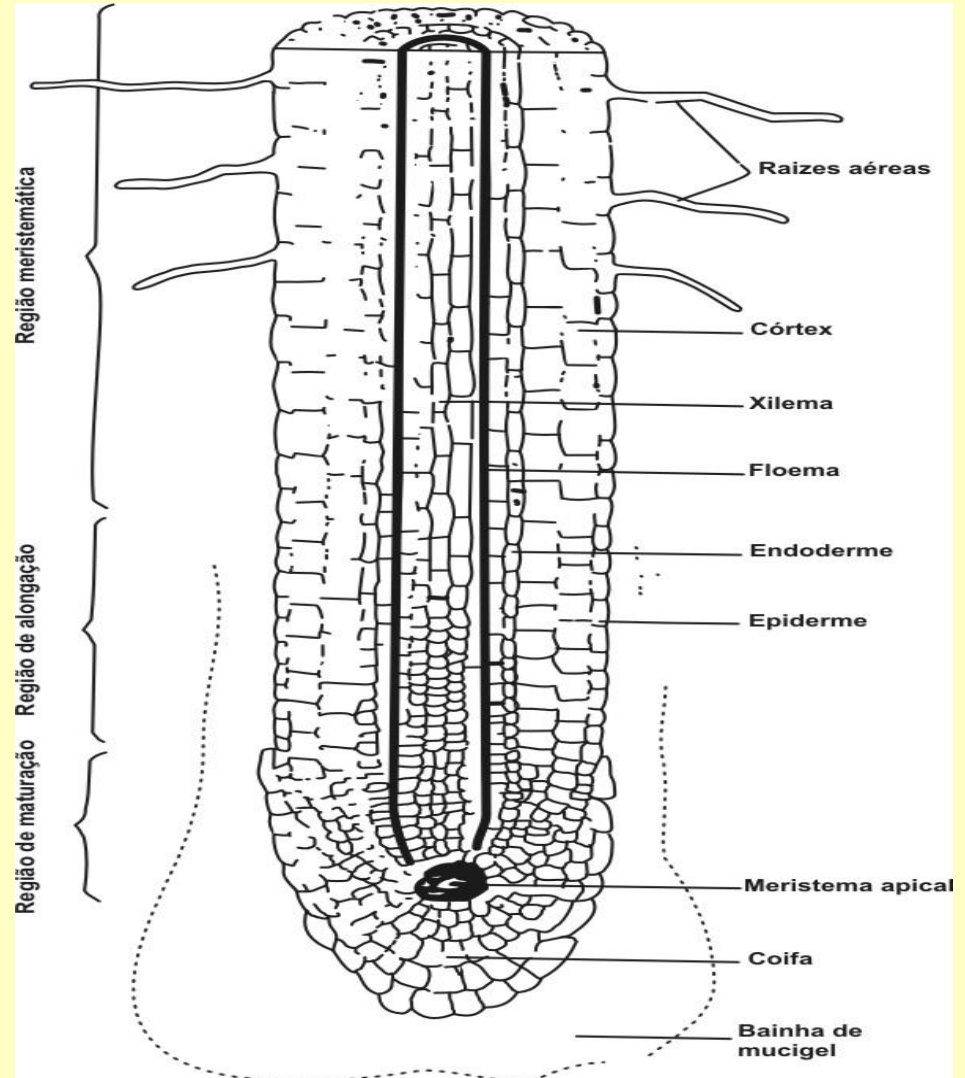
- ✓ **Dos nós da região mediana do colmo, desenvolvem-se folhas que podem permanecer no estado rudimentar ou desenvolver inflorescências femininas, as espigas, sendo que a palha as recobre, folhas modificadas;**
- ✓ **Geralmente ocorre uma espiga por nó, porém pode haver a formação de mais de uma espiga;**
- ✓ **A espiga é composta por uma ráquis, ou sabugo, onde estão dispostos alvéolos contendo as espiguetas aos pares.**



ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E PRODUTIVIDADE



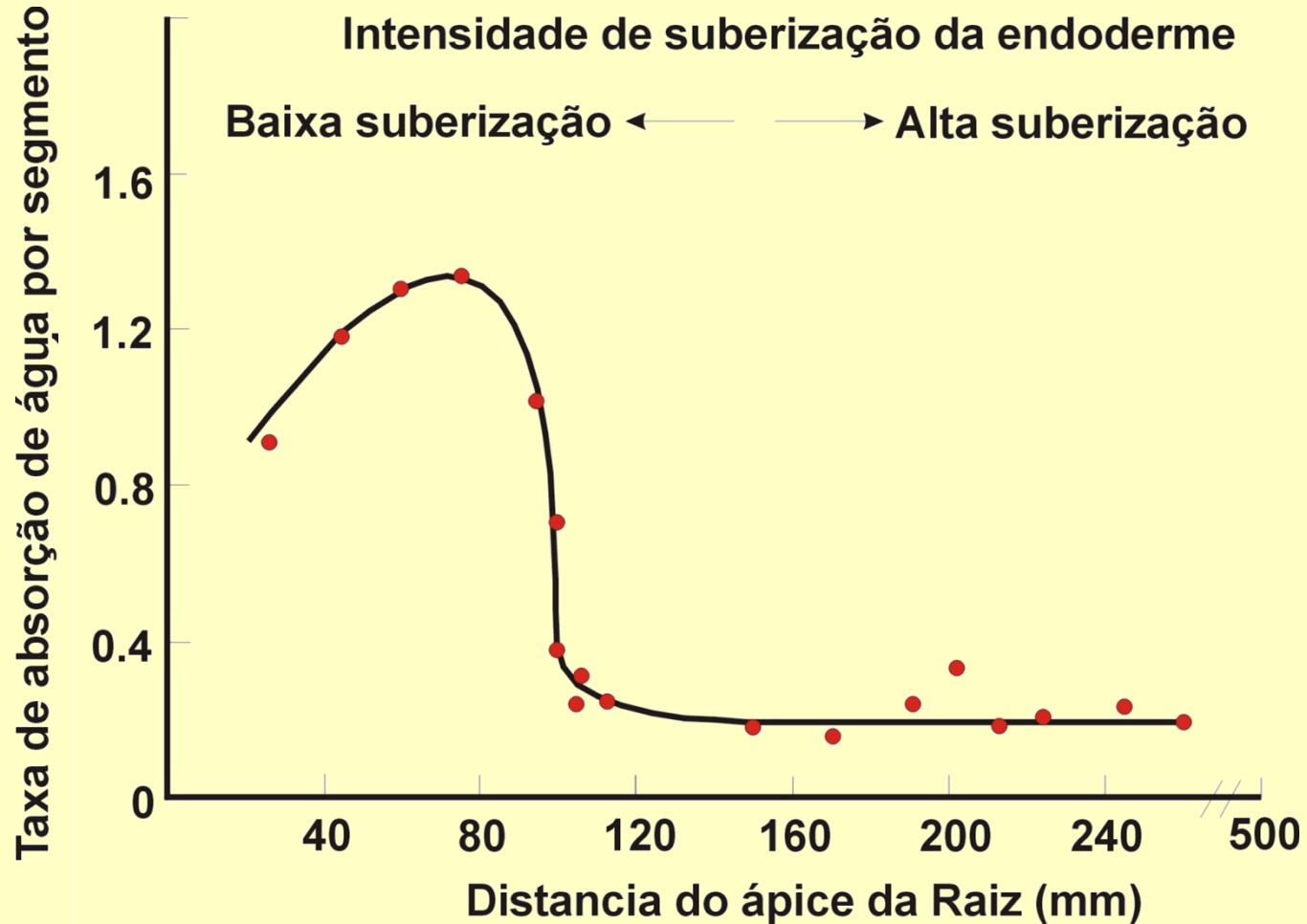
RAIZ



RAIZ

- ✓ Cerca de 3 nós acima da linha do solo emitem raízes adventícias responsáveis pela fixação da planta, substituindo o sistema radicular primário;
- ✓ Raízes capilares provenientes das adventícias são responsáveis pela absorção de água e nutrientes.
- ✓ Sistema radicular comumente superficial (30cm) podendo chegar a 3m de profundidade.

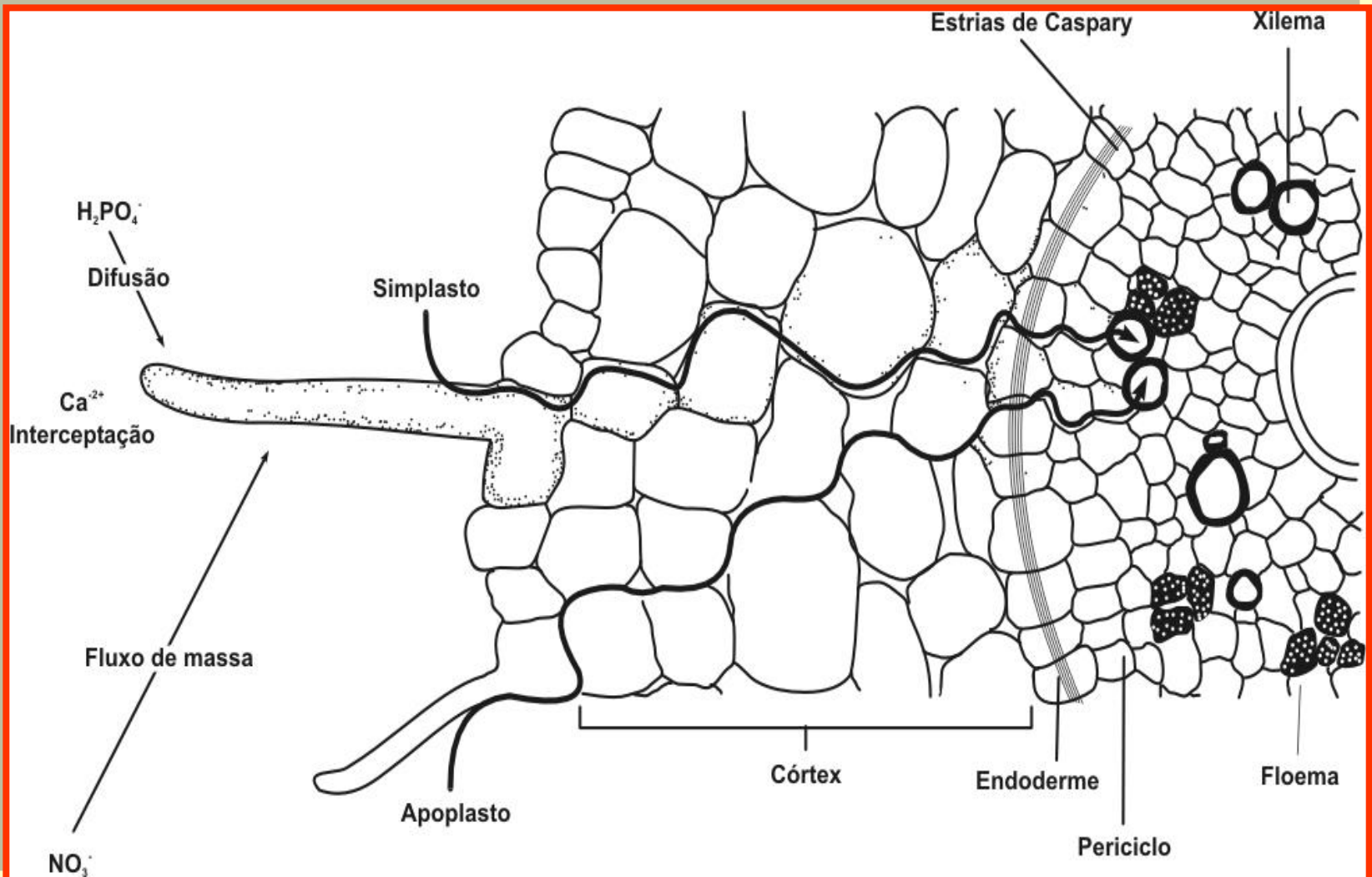
CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA PELAS RAÍZES



RELAÇÕES HÍDRICAS

- ✓ Nos estádios iniciais, em clima ameno, o consumo de água não excede $2,5 \text{ cm dia}^{-1}$, podendo atingir $6,5$ a $7,5 \text{ cm dia}^{-1}$ durante a floração e frutificação;
- ✓ Em condições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, o consumo pode atingir 10 cm dia^{-1} ;
- ✓ Maiores exigências de água nas fases de emergência, florescimento e formação de grãos;
- ✓ Maior consumo de água durante o florescimento devido ao máximo Índice de Área Foliar (IAF);
- ✓ Período entre 15 dias antes e 15 dias após a emissão do pendão é fundamental para o rendimento de grãos (período crítico).

AOPLASTO E SIMPLASTO



NUTRIÇÃO MINERAL

- ✓ **Melhor desenvolvimento em solos de textura argilosa até arenosa, estrutura granular fina e bem desenvolvida;**
- ✓ **Soltos ou friáveis com boa permeabilidade à água e ar;**
- ✓ **Planta não suporta bem períodos de estiagem e encharcamento;**
- ✓ **As necessidades nutricionais variam em razão da produção da planta, que é função da interação entre o ambiente e o genótipo.**

CARREGADOR DE NUTRIENTES

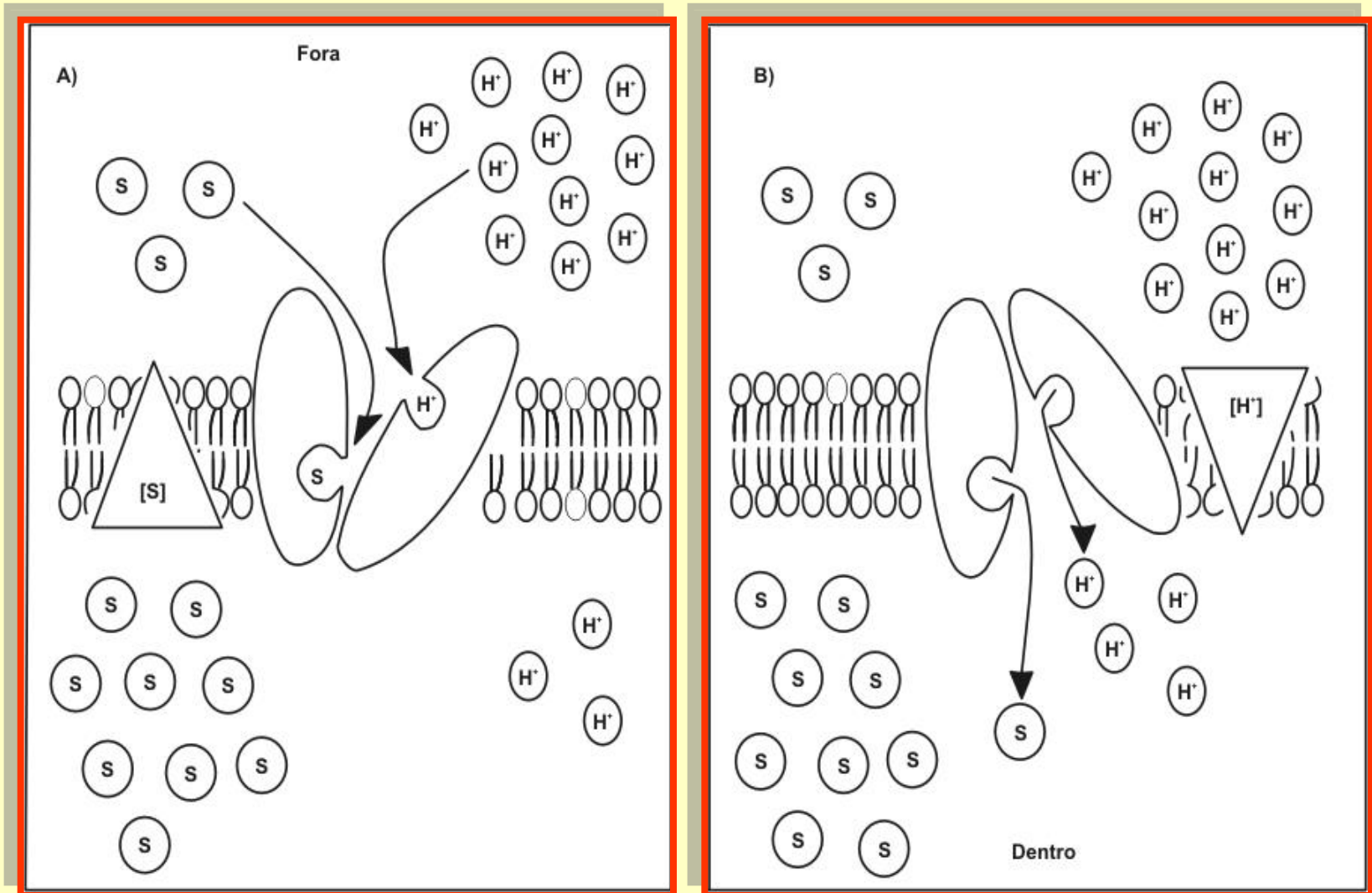


Tabela 1: Conteúdo de nutrientes na parte aérea de culturas de milho de baixo, médio e alto rendimento

Nutriente	Rendimento (ton grãos ⁻¹ ha ⁻¹)		
	2,11	5,92	9,13
	kg ha⁻¹		
Nitrogênio (N)	53	163	190
Fósforo (P)	8	28	39
Potássio (K)	48	96	196
Cálcio (Ca)	9	20	40
Magnésio (Mg)	10	38	44
Enxofre (S)	5	16	21
	g ha⁻¹		
Cloro (Cl)	19	-	81
Ferro (Fe)	487	1226	2110
Manganês (Mn)	78	465	340
Cobre (Cu)	25	122	110
Zinco (Zn)	92	329	400
Boro (B)	39	-	170
Molibdênio (Mo)	2	-	9

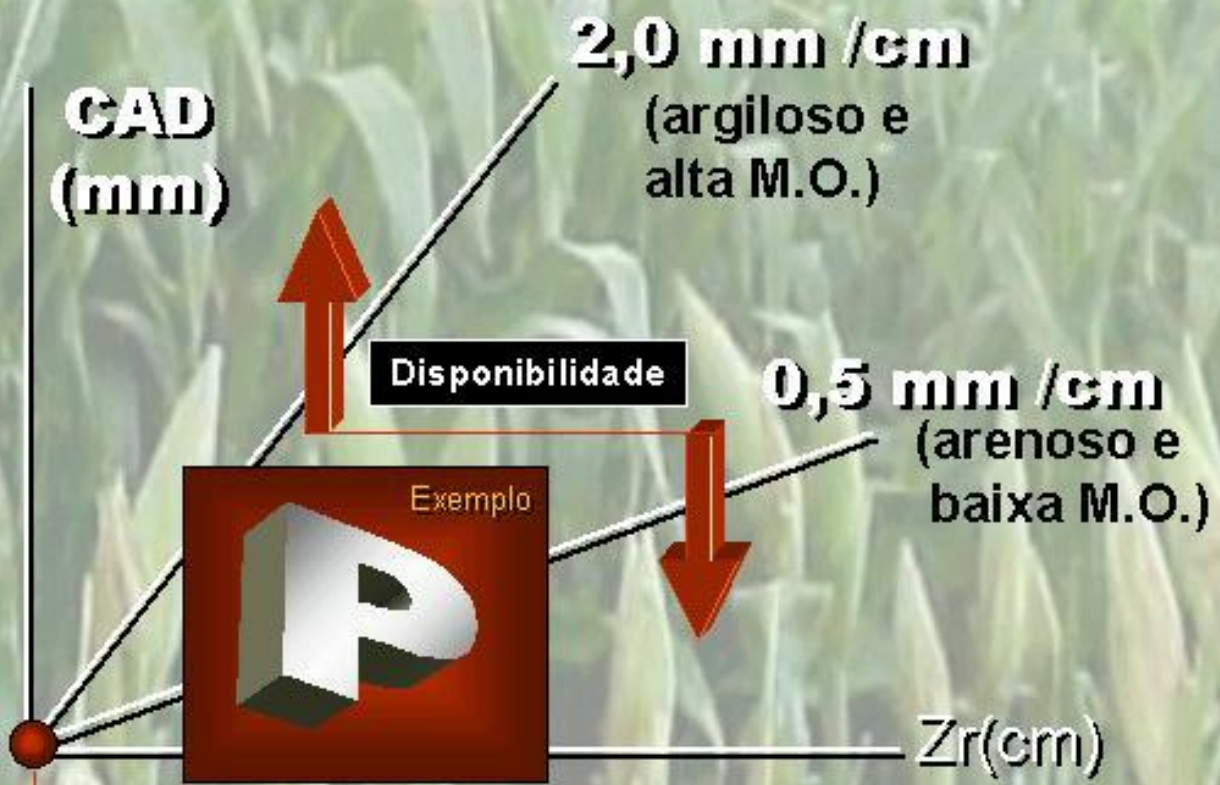
NUTRIÇÃO MINERAL

- ✓ A proporção de nutrientes exportados em relação aos extraídos apresenta grande variação com relação ao genótipo e as partes da planta serem exploradas;
- ✓ Os totais de nutrientes exportados obedecem a ordem:
 $N > K > P > S = Mg > Cl > Ca > Zn > Fe > Mn > B > Cu > Mo;$
- ✓ Os totais de nutrientes extraídos obedecem a ordem:
 $N > K > Cl > Mg > Ca = P > S > Fe > Zn = Mn > B > Cu > Mo.$

NUTRIÇÃO MINERAL

- ✓ O **nitrogênio** é sem dúvida o mais importante (maior requerimento e extração), sendo o elemento que apresenta maiores respostas quanto à produção de fotoassimilados;
- ✓ O **potássio** é o segundo elemento mais absorvido e extraído pela planta, é fundamental na regulação de processos fisiológicos e bastante móvel na planta;
- ✓ O **fósforo**, apesar de apresentar menor exigência, ocasiona respostas frequentes devido à baixa disponibilidade no solo e reduzida eficiência de aproveitamento (30%).

Conceito dinâmico de Fertilidade de solo x disponibilidade de nutrientes

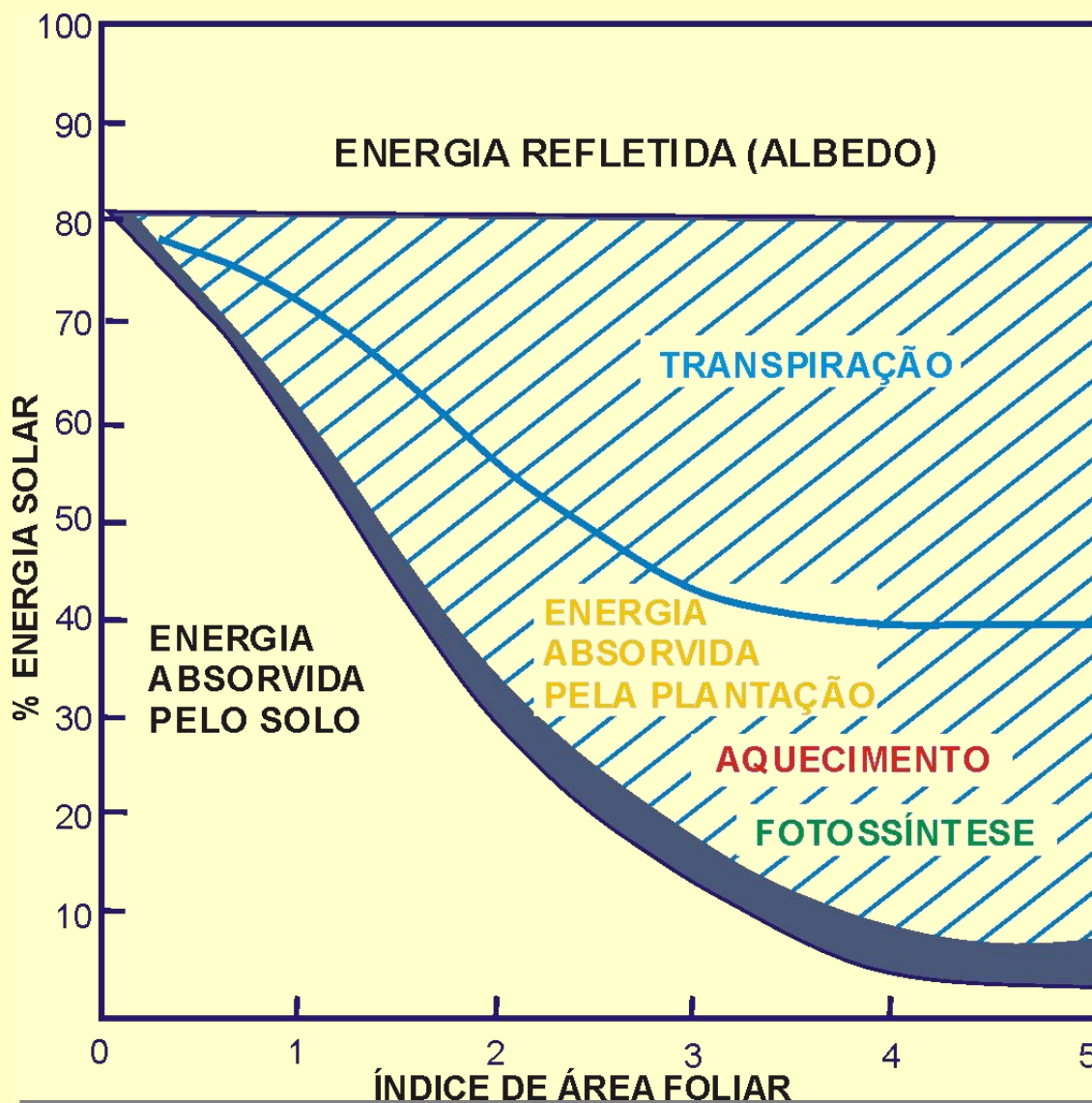


- Cada 1cm ↑ 5.000 L/ha
- Cada 1cm ↑ 20.000 L/ha

NUTRIÇÃO MINERAL

- ✓ O **cálcio**, elemento com a terceira maior taxa de absorção, possui baixa mobilidade na planta e contribui no aumento de pH do solo;
- ✓ O **magnésio** é o quarto elemento mais absorvido pela planta, entretanto sua exportação é inferior ao fósforo.

DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA NA COBERTURA DO SOLO PELA CULTURA



FOTOSSÍNTESE – C₄

- ✓ Não apresentam saturação da produção fotossintética à radiação solar
- ✓ Mais eficientes na utilização de água e nutrientes
- ✓ Mais eficientes na transformação de luz e CO₂
 - ✓ 90% da matéria seca provém da fixação de CO₂
- ✓ Prolongar a atividade fotossintética do milho:
 - ✓ Arquitetura Foliar X Local de Produção
 - ✓ Ângulo de Inserção das Folhas X Declinação Solar Local
 - ✓ População e Distribuição Espacial das Plantas

FOTOSSÍNTESE – C₄

- ✓ **Outros Fatores que afetam a partição de fotoassimilados:**
 - ✓ **Sanidade**
 - ✓ **Estado Nutricional**
 - ✓ **Competição**

- ✓ **Temperatura:**
 - ✓ **Maiores produções em locais com temperatura entre 21°C e 27°C**
 - ✓ **Temperatura mínima satisfatória de 10°C**
 - ✓ **Temperatura ótima de 28°C a 35°C**
 - ✓ **Temperatura máxima de 42°C**

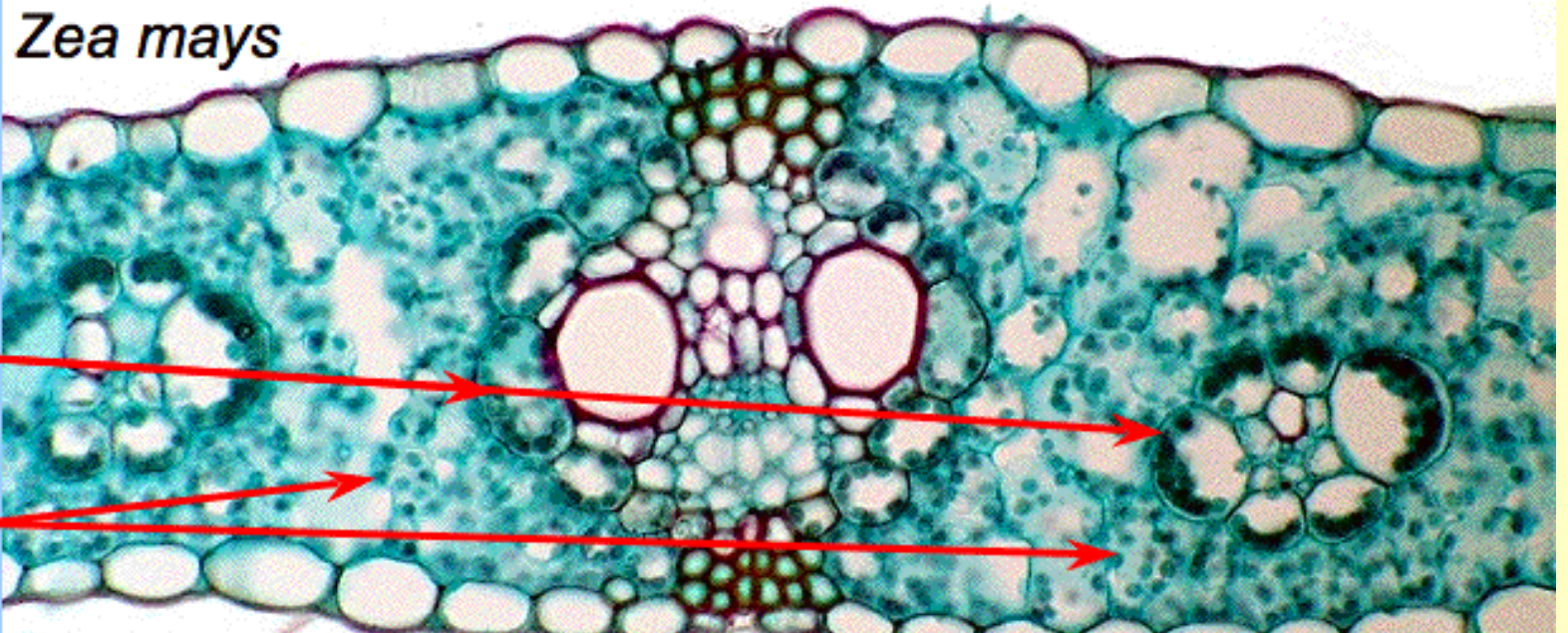
ESTRUTURA KRANZ

C₄
Leaves

Zea mays

bundle
sheath

mesophyll



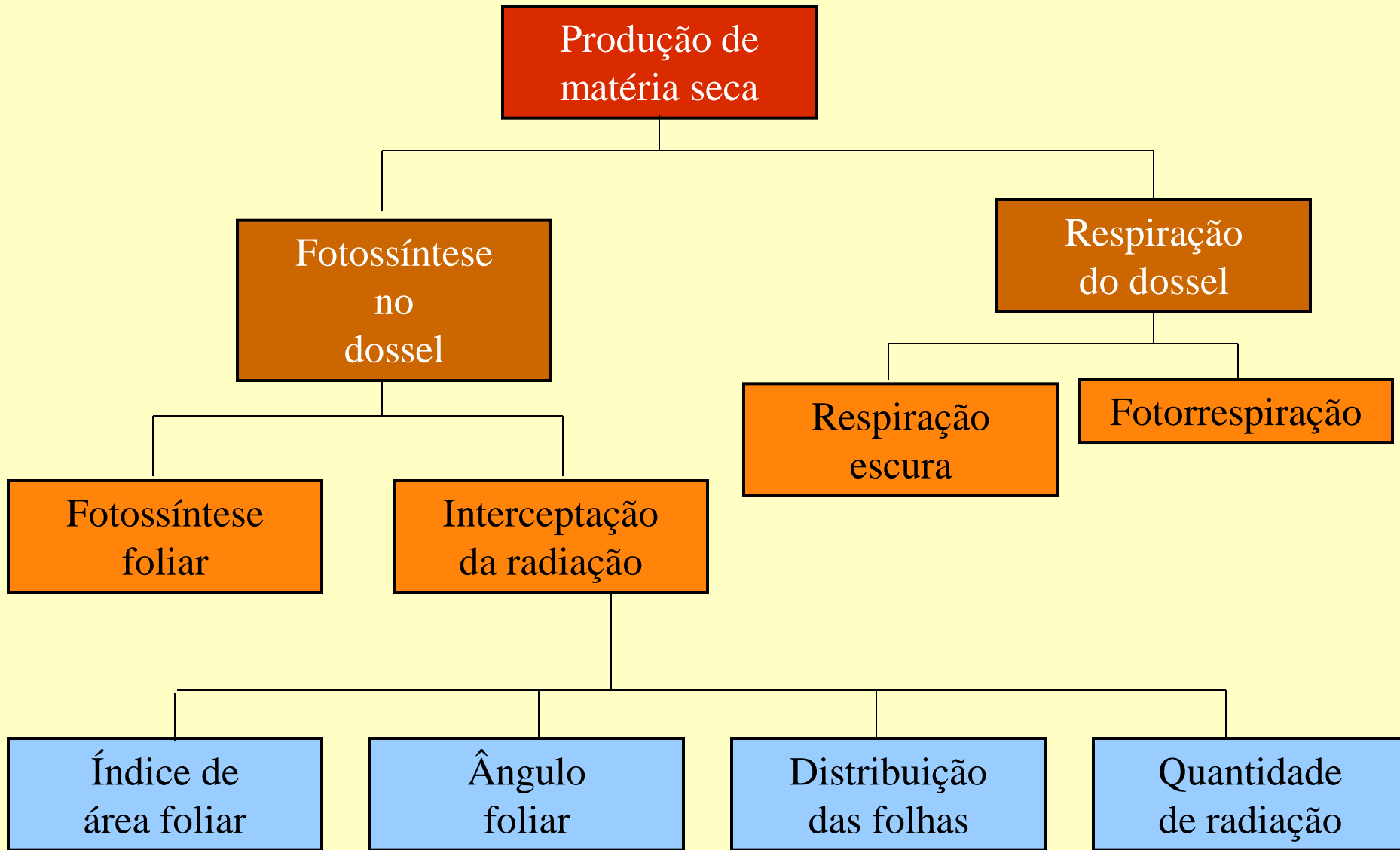
TRANSLOCAÇÃO

- ✓ **A planta de milho é originalmente de dias curtos, logo dias longos podem aumentar sua fase vegetativa e o número de folhas resultando em maior índice de área foliar e maior rendimento de grãos;**
- ✓ **Clima tropical com noites frias mostra-se adequado;**
- ✓ **Apesar da elevada produção fotossintética, apresenta sensibilidade a estresses bióticos e abióticos, exigindo rigoroso planejamento e manejo para maximizar a capacidade produtiva.**

TRANSLOCAÇÃO

- ✓ A partição de fotoassimilados de forma bem definida facilita a estimativa do desenvolvimento relativo da planta em função dos graus-dias;
- ✓ Até o estágio 2, os fotoassimilados são carregados para o sistema radicular;
- ✓ Entre os estádios 3 e 5, para a parte aérea;
- ✓ Durante o desenvolvimento de uma folha, os fotoassimilados são importados até seu completo desenvolvimento, passando então ao processo de exportação para novas folhas, colmo e órgãos reprodutivos;
- ✓ Após o estágio 6, o dreno é o órgão reprodutivo.

DEPENDÊNCIA DA PRODUTIVIDADE VEGETAL

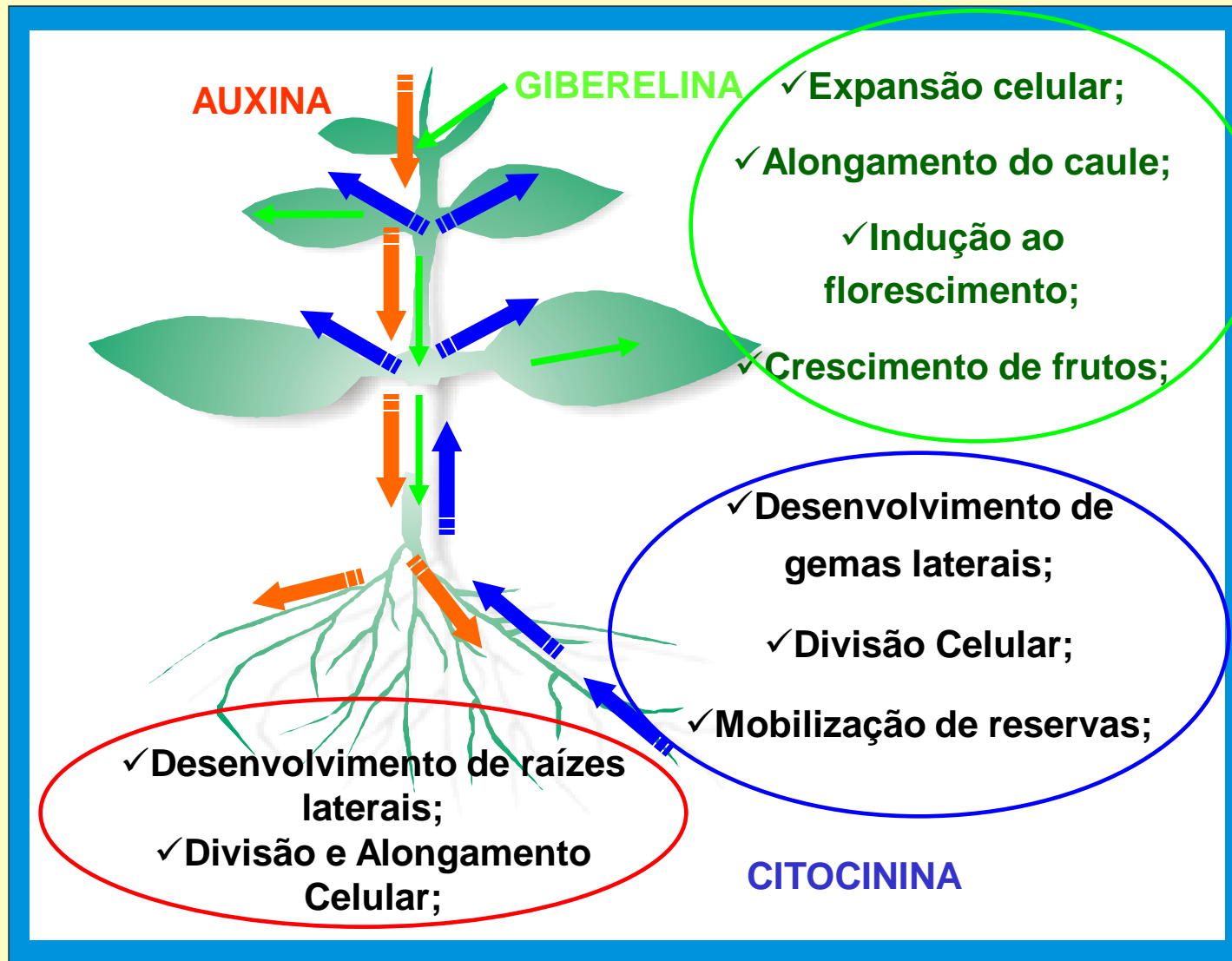


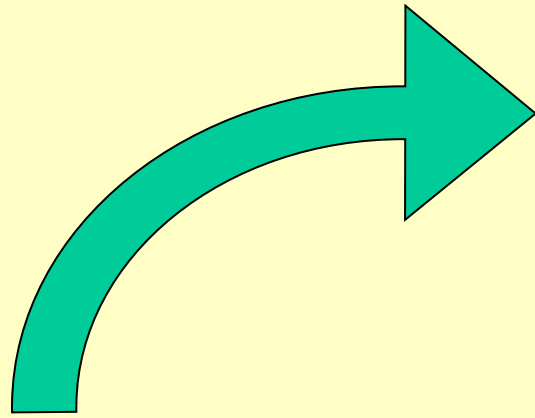
COMPONENTES DA PRODUTIVIDADE



Estande + Fileiras por espiga + Grãos por fileira + Peso de grãos

INTERAÇÕES HORMONAIS





**Mecanismos de
defesa**

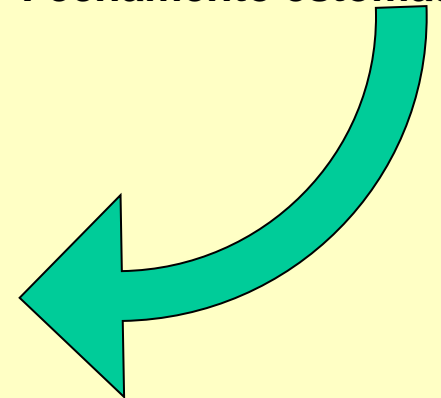
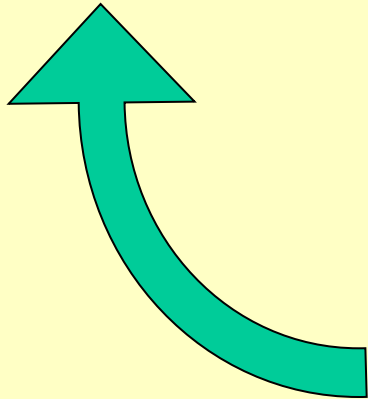
Déficit Hídrico

**Paralização do
Crescimento**

Síntese de ABA

- ✓ Redução na área foliar
- ✓ Abscisão de folhas
- ✓ Aprofundamento do sistema radicular
- ✓ Fechamento estomático

- ✓ Restrição às trocas gasosas
- ✓ Menor eficiência fotossintética
- ✓ Restrição ao aproveitamento de recursos



ESTRATÉGIAS PARA ALTAS PRODUÇÕES

- ✓ **A capacidade dos grãos de alocar e utilizar os fotoassimilados produzidos e as inter-relações entre esses fatores determina o potencial de rendimento de grãos na cultura de milho;**
- ✓ **O desenvolvimento dos grãos, entre a fertilização e maturidade fisiológica, é linear;**
- ✓ **Levar em consideração a partição de fotoassimilados entre parte vegetativa e reprodutiva, afetada pela radiação interceptada, temperatura, condições hídricas e tempo em que os grãos estão acumulando massa seca.**

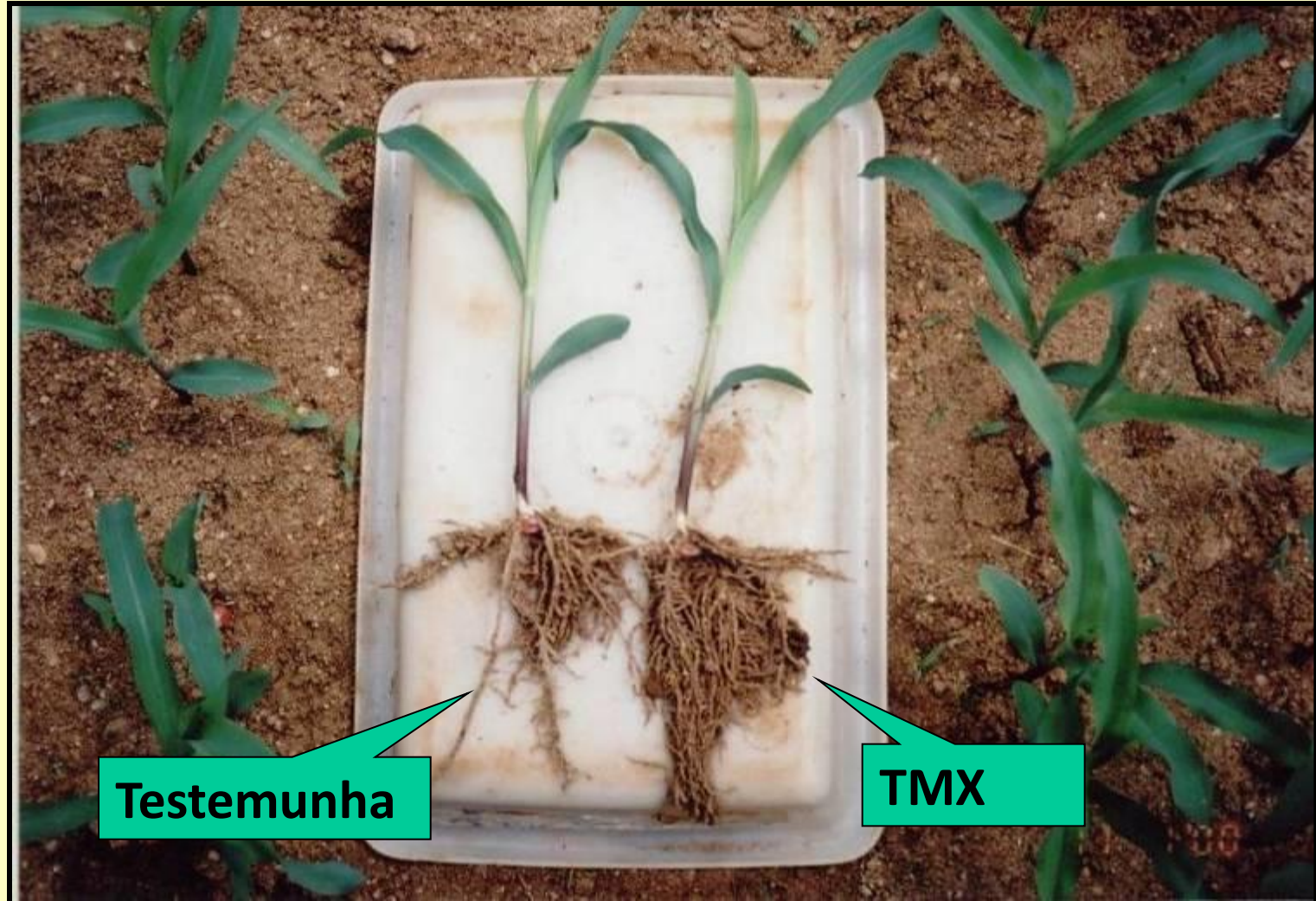
ESTRATÉGIAS PARA ALTAS PRODUÇÕES

- ✓ **Tamanho da espiga e o número de espigas por planta afetam o número de grãos por planta. Os mecanismos que regulam o número de grãos por espiga e o número de espigas por planta ainda não são muito bem conhecidos;**
- ✓ **Alta produtividade de grãos observada na cultura decorre de seu mecanismo fotossintético. Assim, o milho praticamente não apresenta saturação por radiação solar, cuja resposta fisiológica é crescente.**

ESTRATÉGIAS PARA ALTAS PRODUÇÕES

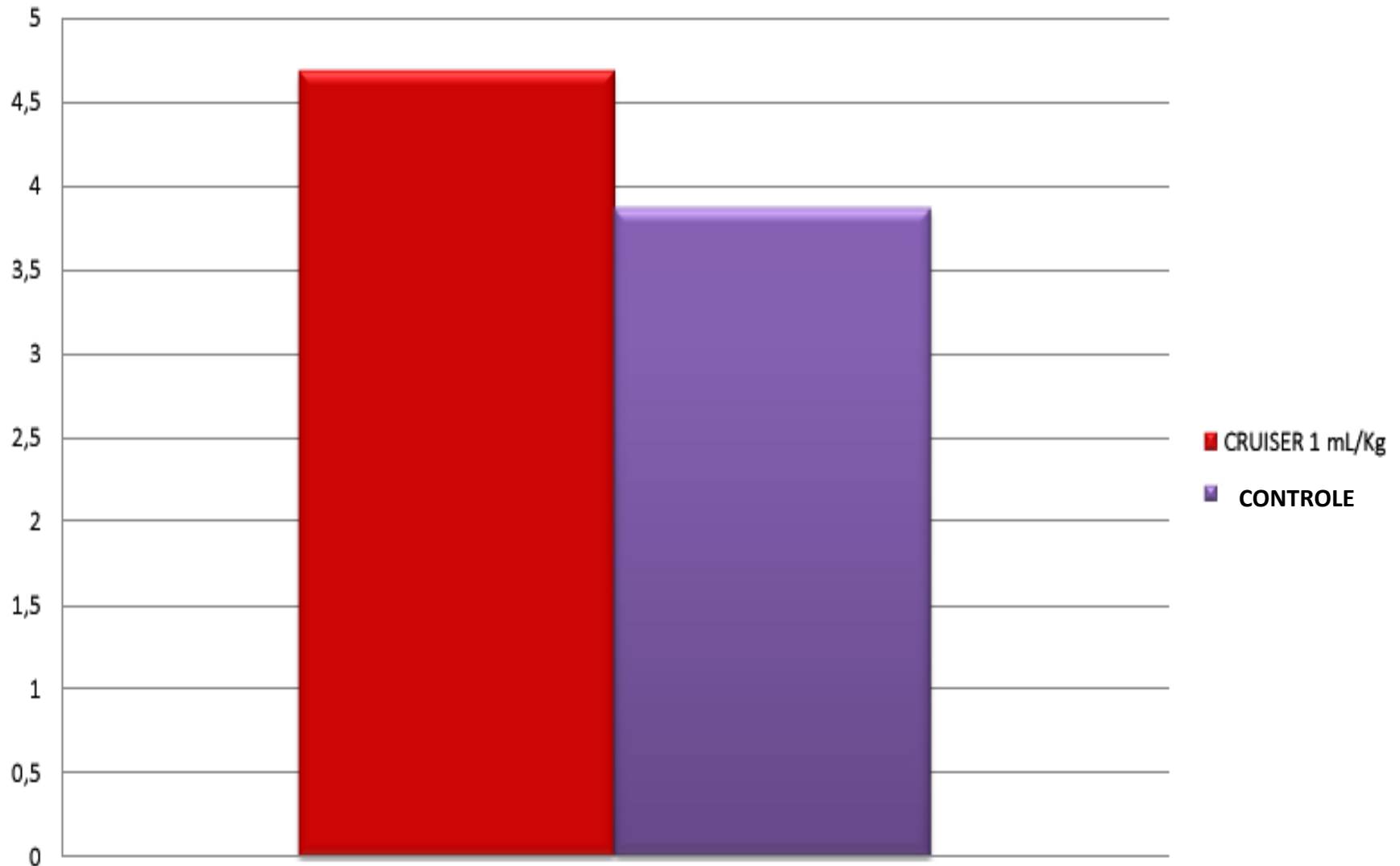
- ✓ Assim, para que a planta de milho possa expressar sua máxima produtividade em grãos depende dos seguintes fatores:
 - ✓ Época de semeadura e localização geográfica da cultura que determinam a quantidade de luz que incidirá sobre a cultura;
 - ✓ Eficiência de interceptação da luz que depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada;
 - ✓ Temperatura à qual as plantas são expostas (altitude), disponibilidade de água e estado nutricional que determinam a eficiência de conversão da luz incidente;
 - ✓ Genótipo que responde pela partição dos fotoassimilados.

EFEITO DE VIGOR DO TMX EM MILHO AMARELO



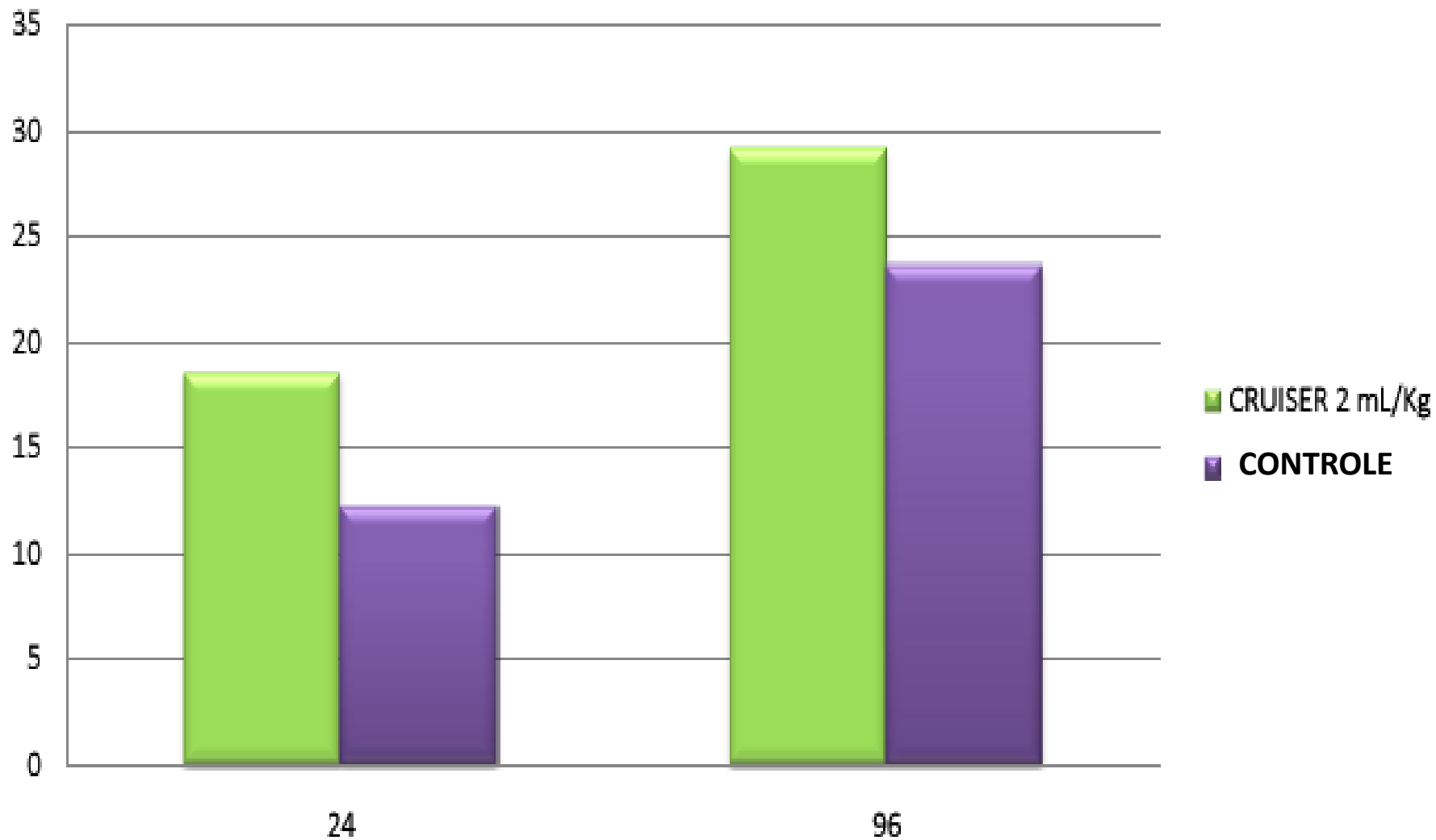
ATIVIDADE DE ALFA-AMILASE EM MILHO AMARELO

J. CLAVIJO



PROTEÍNA TOTAL EM MILHO AMARELO

J. CLAVIJO





OBRIGADO
prcastro@usp.br