

FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO AGRONEGÓCIO

1. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

Prof. Valdemar Faquin

2. DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

Prof. Valdemar Faquin

3. ABSORÇÃO FOLIAR E PRINCÍPIOS DE ADUBAÇÃO FOLIAR

Prof. Ciro A. Rosolem (UNESP/Botucatu-SP)

Prof. Valdemar Faquin

NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

PROGRAMA

1. INTRODUÇÃO
2. ABSORÇÃO, TRANSPORTE E REDISTRIBUIÇÃO
3. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E FUNÇÕES DOS NUTRIENTES
4. ELEMENTOS ÚTEIS E ELEMENTOS TÓXICOS
5. NUTRIÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS
6. VISITA À HIDROPONIA DO DCS

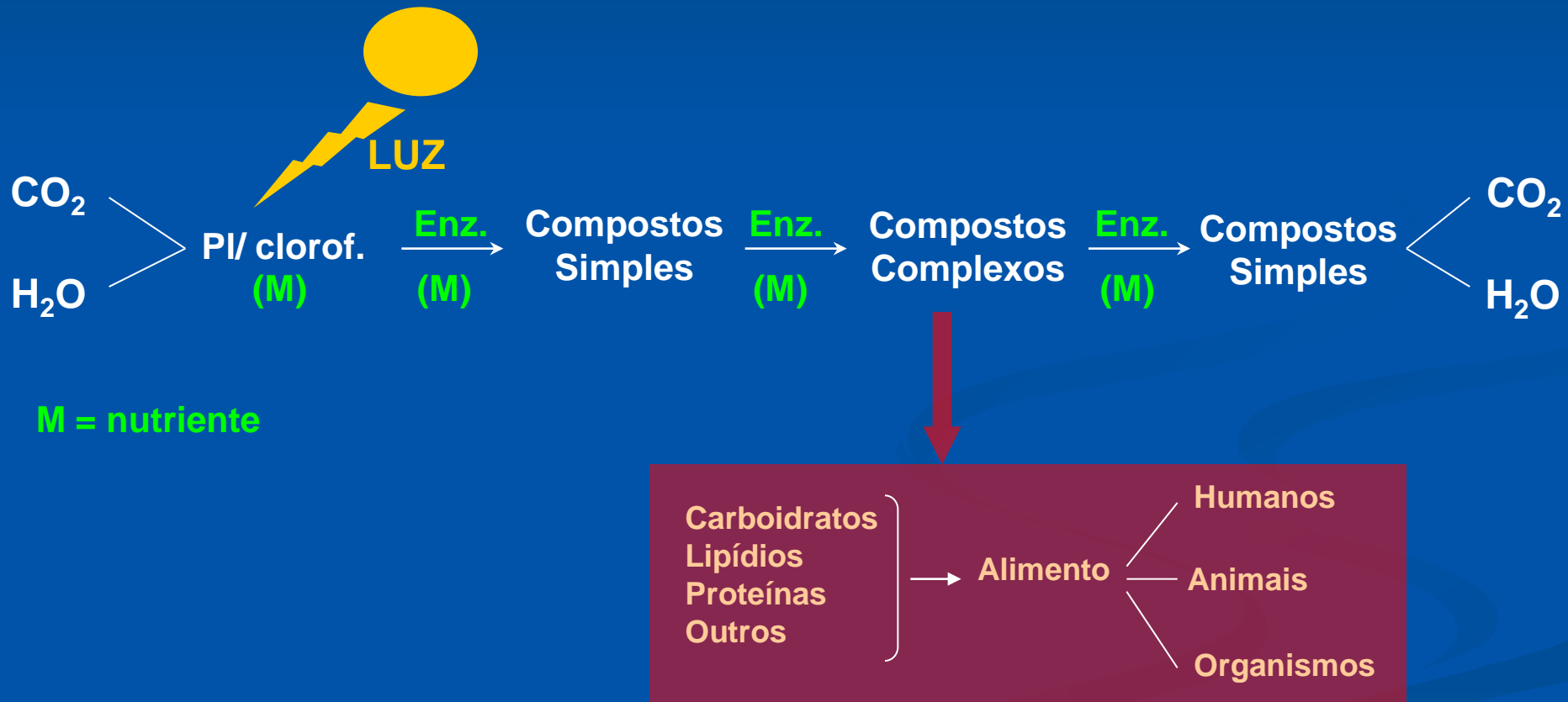


NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

VALDEMAR FAQUIN¹

¹Professor Titular, DCS/UFLA, Lavras-MG

INTRODUÇÃO



Ainda: madeira, energia, celulose, medicamentos, corantes, resinas...

Matéria Seca

- C, H e O - 90 a 95% do total
- Minerais - 5 a 10% do total

Elementos Essenciais

- Compõe compostos orgânicos
- Participa de reações
- Na ausência a planta não vive

ELEMENTOS ESSENCIAIS E BENÉFICOS EM PLANTAS																	
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		

Elementos minerais essenciais
 Elementos minerais benéficos
 Elementos não minerais essenciais

Macronutrientes (kg ha^{-1})

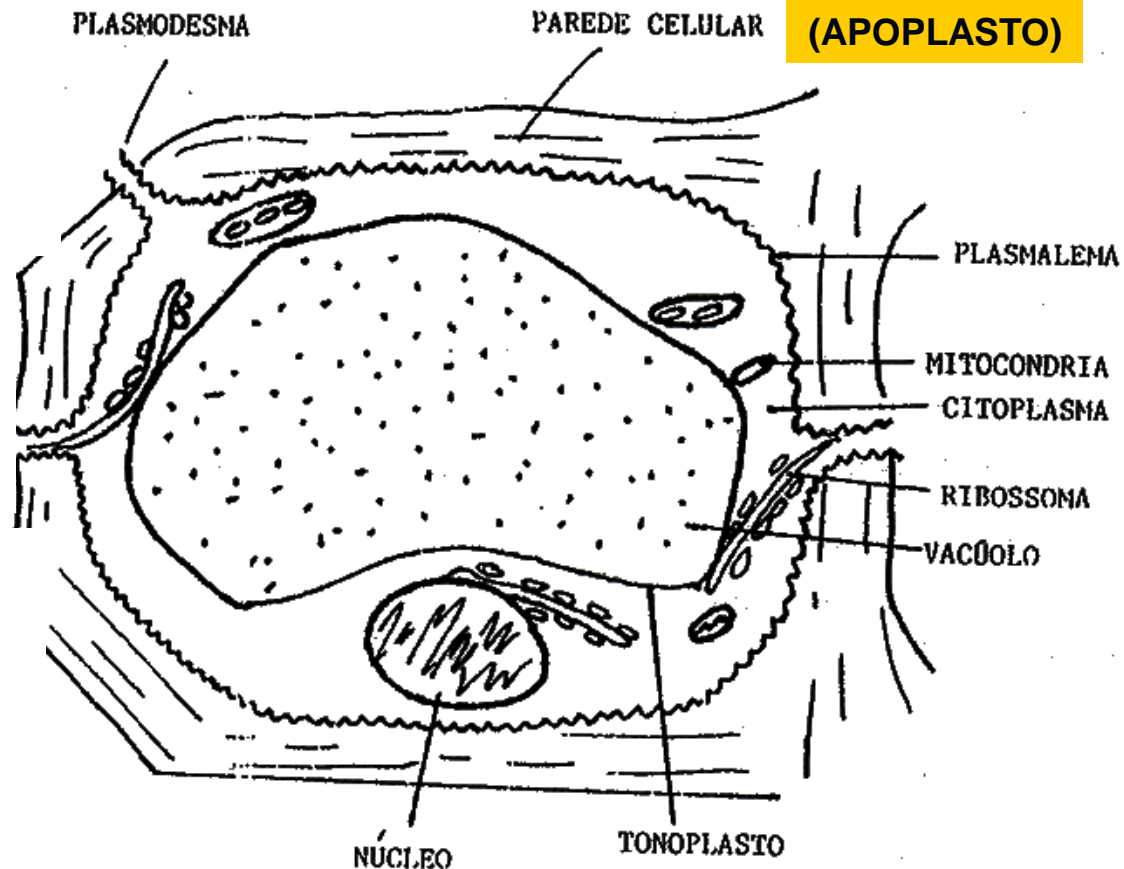
- N, P, K, Ca, Mg e S

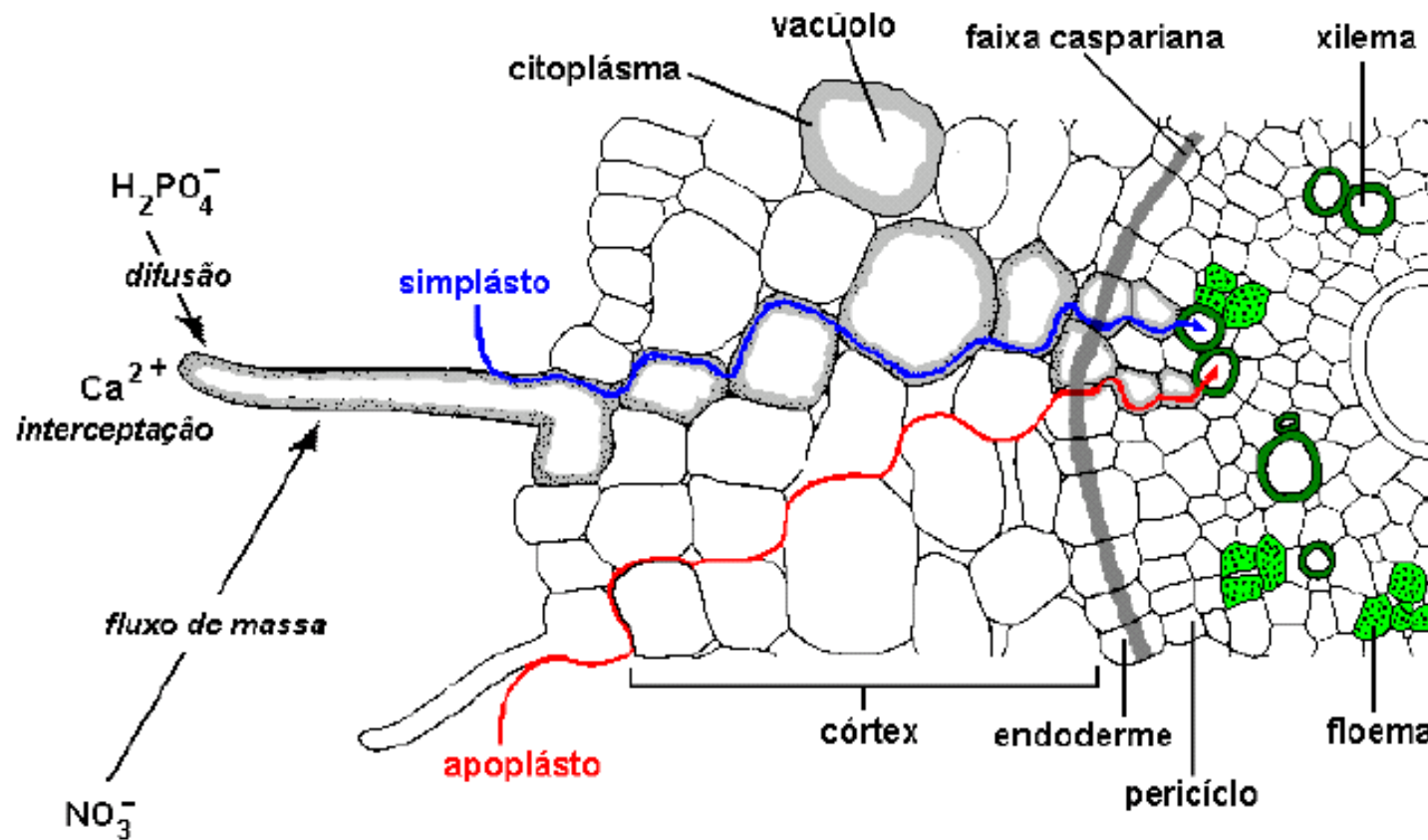
Micronutrientes (g ha^{-1})

- B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (Co, Ni)

Absorção, Transporte e Redistribuição

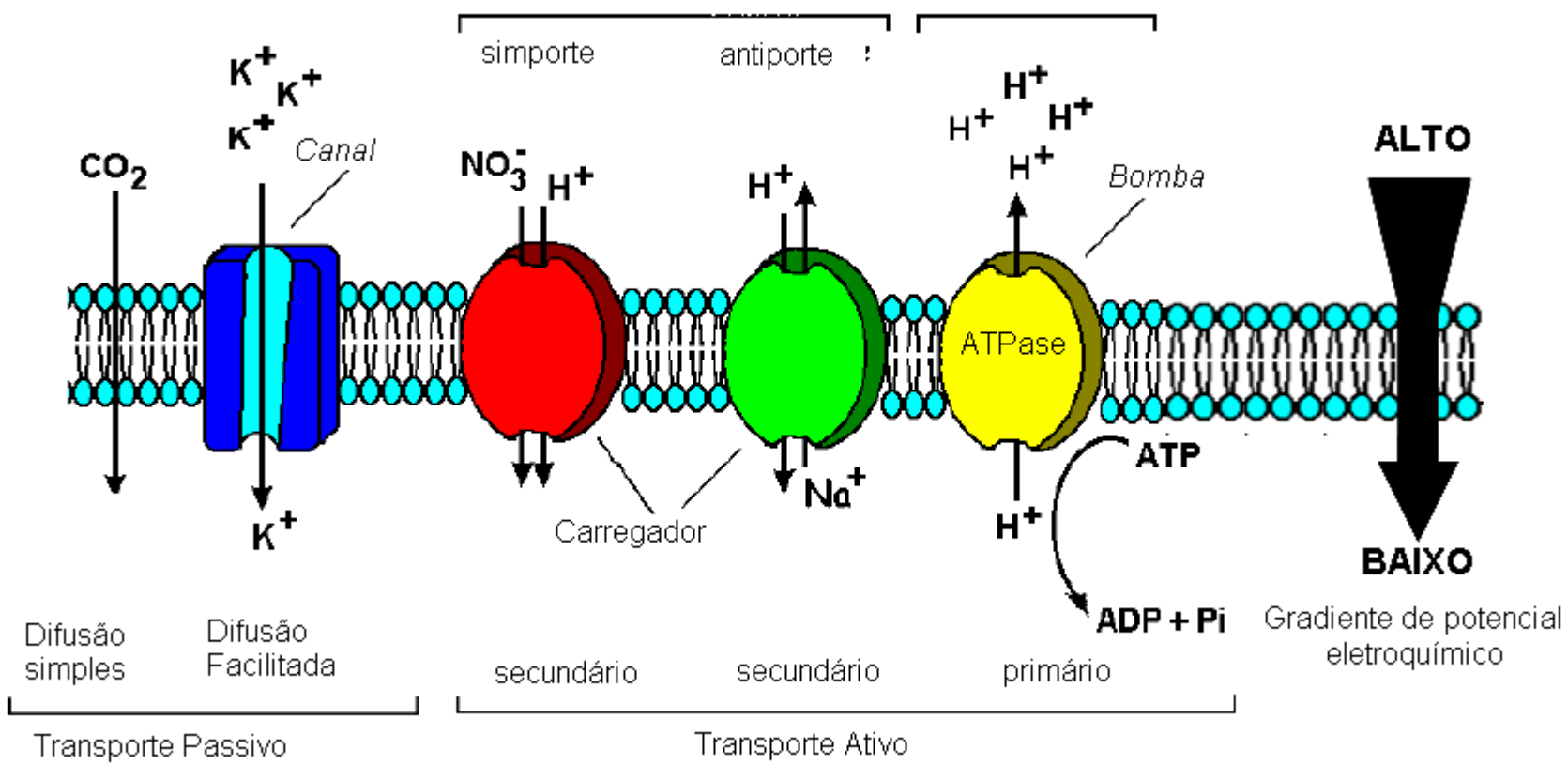
- DEFINIÇÕES
- ABSORÇÃO RADICULAR





Fonte: Adaptado de Peres (2005)

<http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/grad01/05_nutricao_mineral/NutricaoMineral.pdf>



Fonte: Adaptado de Peres (2005)

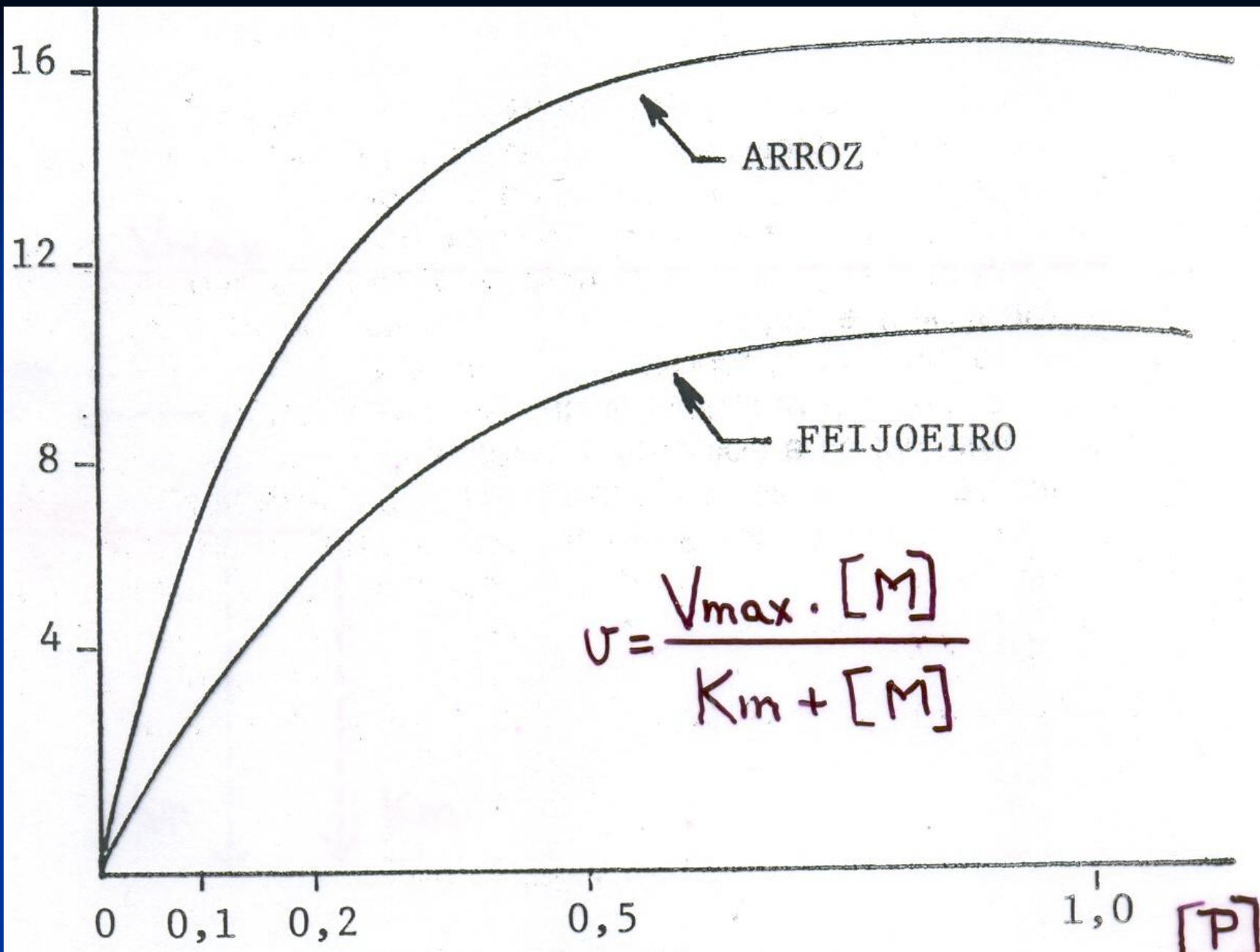
<http://orion.cpa.unicamp.br/sbfv/arquivos/aulas/grad01/05_nutricao_mineral/NutricaoMineral.pdf>

CINÉTICA DA ABSORÇÃO IÔNICA

- ABSORÇÃO SEGUE MODELO MATEMÁTICO

Figura 2.7

$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ g}^{-1} (\text{MS}) \text{ h}^{-1}$



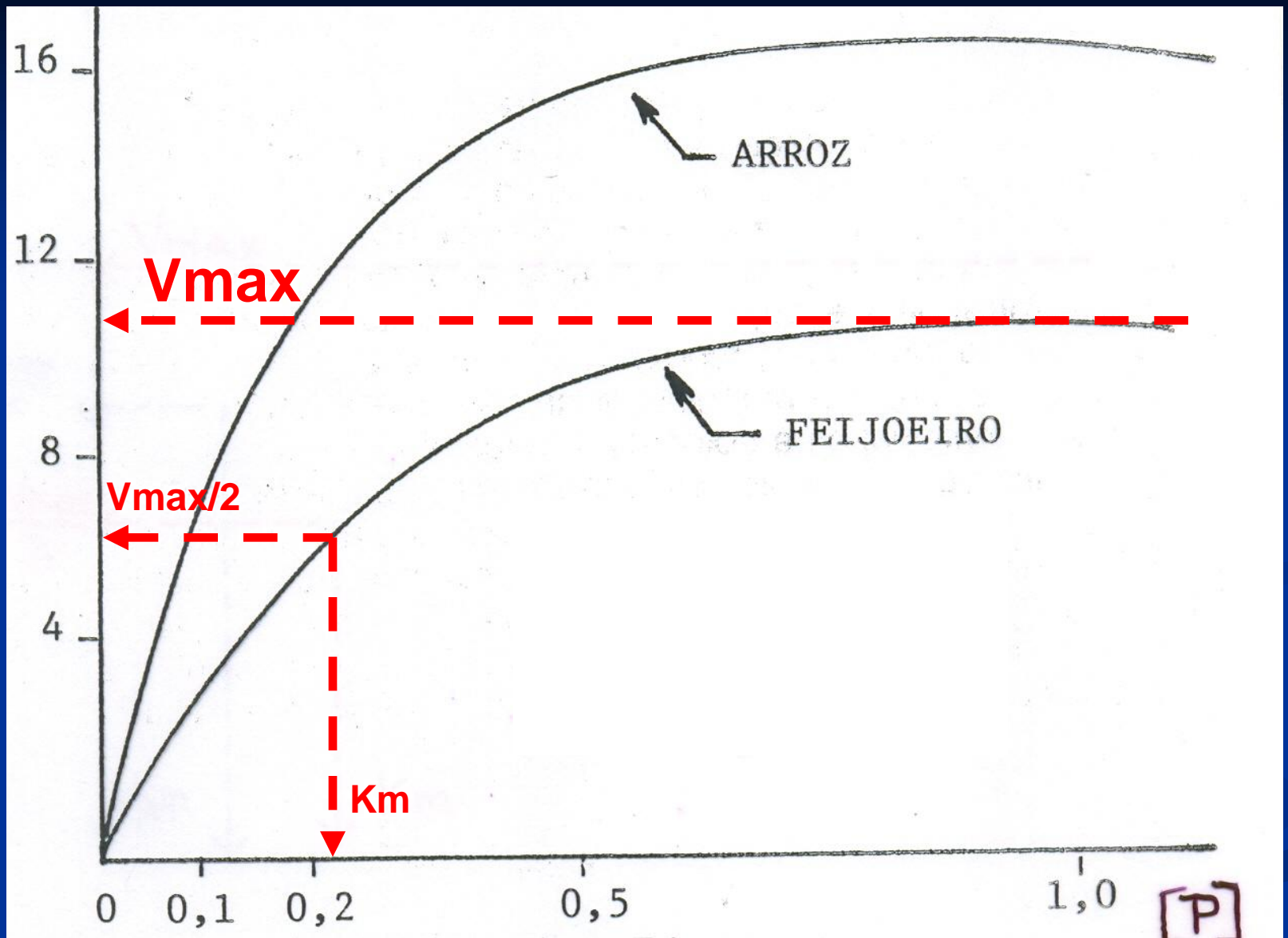
$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ L}^{-1}$

EQUAÇÃO DE MICHAELIS E MENTEN

$$\rightarrow v = V_{\max} \cdot [M] / K_m \cdot [M]$$

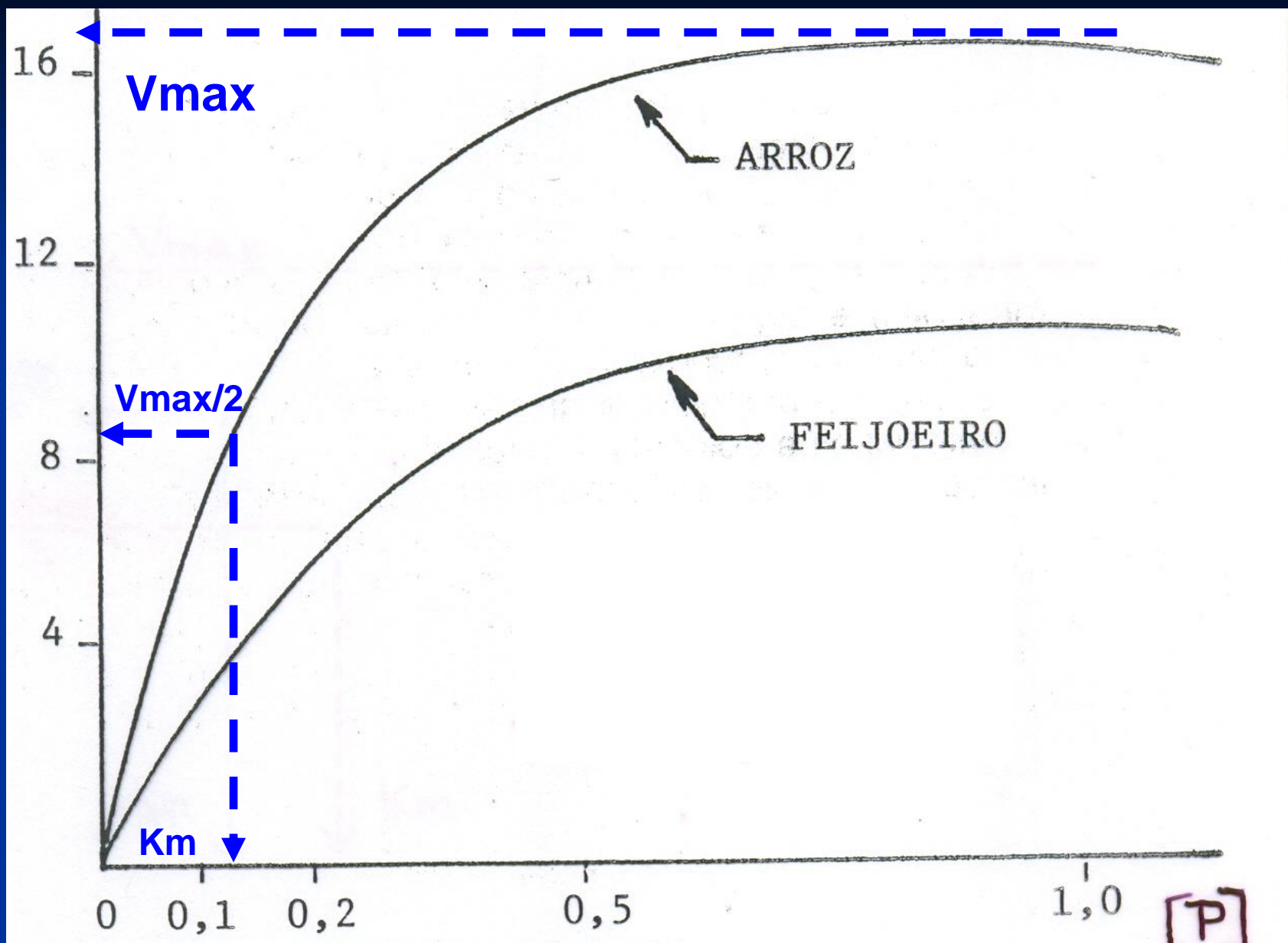
- v = velocidade de absorção
- $[M]$ = concentração externa de M
- V_{\max} = velocidade máxima de abs.
= carregador saturado com M
- K_m = Constante de Michaelis
= $[M]_{\text{ext}} = V_{\max} / 2$
= medida afinidade Carregador para M
= quanto $< K_m$, $>$ afinidade

$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ g}^{-1} (\text{MS}) \text{ h}^{-1}$



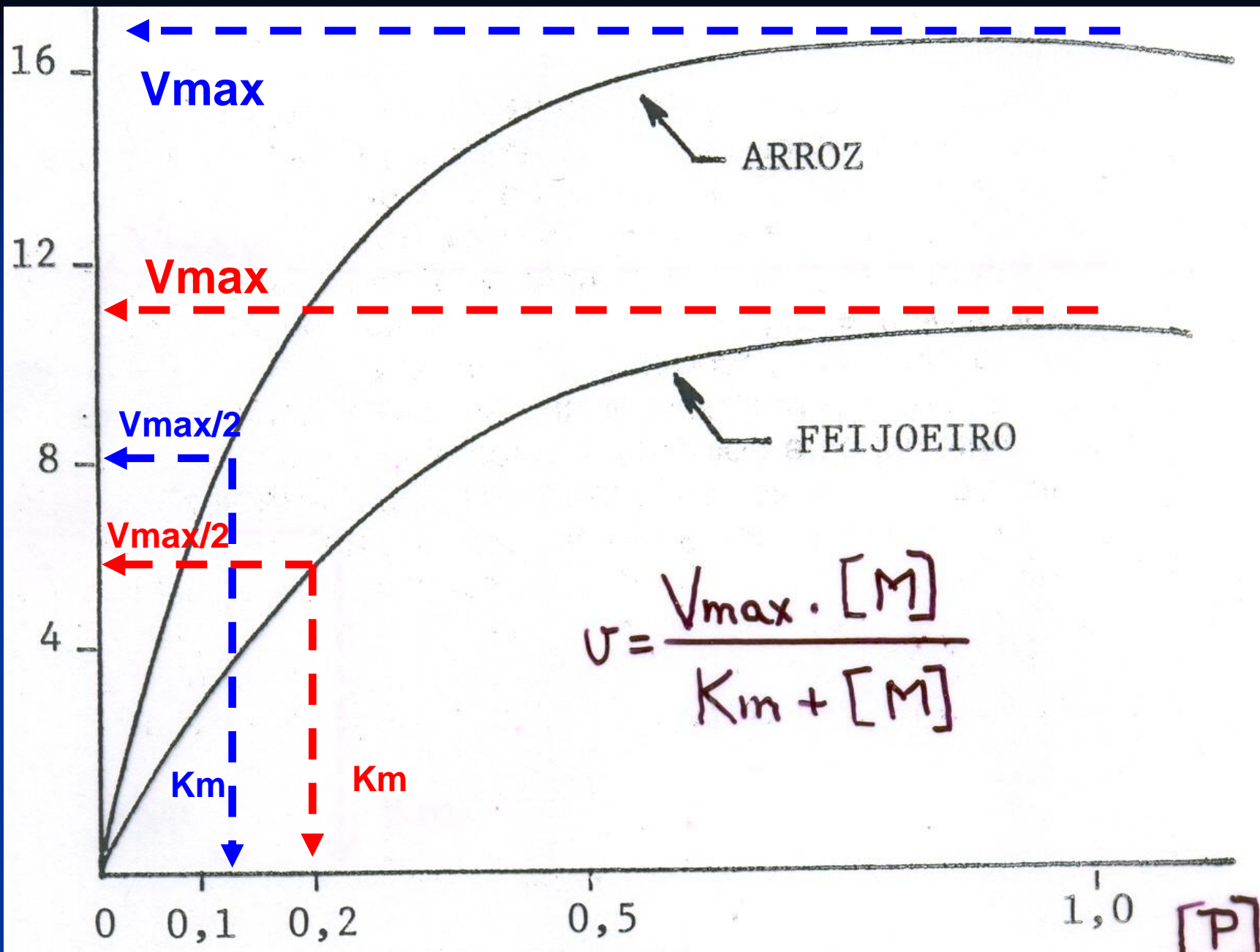
$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ L}^{-1}$

$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ g}^{-1} (\text{MS}) \text{ h}^{-1}$



$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ L}^{-1}$

$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ g}^{-1} (\text{MS}) \text{ h}^{-1}$



$\mu\text{moles H}_2\text{PO}_4^- \text{ L}^{-1}$

PORTANTO:

■ Km e Vmax:

= Parâmetros cinéticos

= Características da planta

= Conferem $>$ ou $<$ absorção

→ Desejável $\Rightarrow < K_m$ e $> V_{max}$

CONCENTRAÇÃO MÍNIMA

■ Planta não esgota M da solução

⇒ reduz à concentração mínima = C_{min}

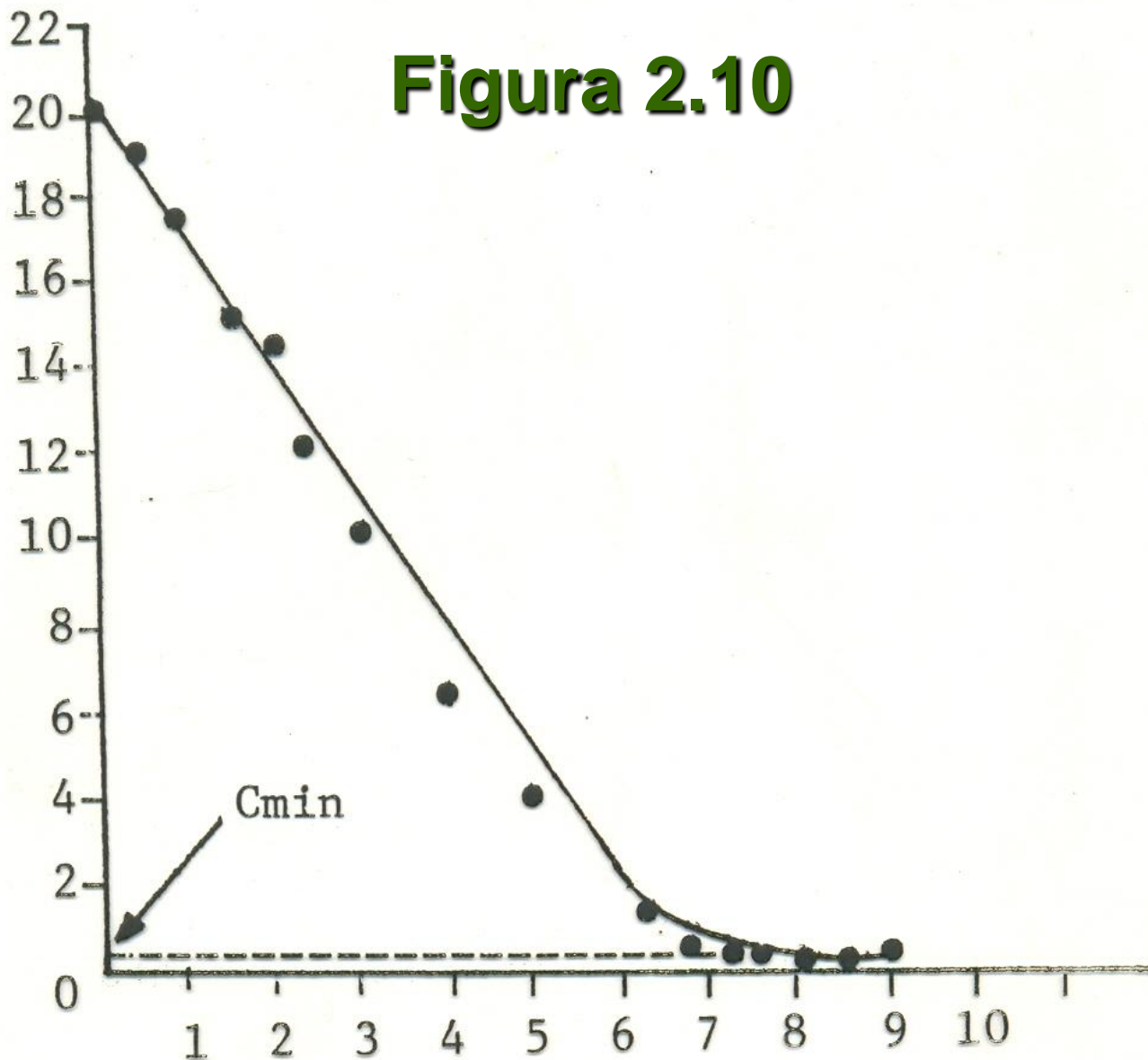
⇒ $C_{min} = [M]$ solução onde $v = 0$

⇒ C_{min} = outro parâmetro cinético

→ Desejável: V_{max} → >
 K_m → <
 C_{min} → <

Figura 2.10

[P] NA SOLUÇÃO $\mu\text{mol L}^{-1}$



TEMPO DE ABSORÇÃO (HORAS)

Fatores que afetam a absorção radicular

Fatores Externos

- DISPONIBILIDADE
- AERAÇÃO
- UMIDADE
- TEMPERATURA
- PRÓPRIO ÍON
- OUTROS ÍONS
- pH
- MICORRIZAS
- FLUXO DE MASSA
- DIFUSÃO

Fatores da Planta

- POTENCIAL GENÉTICO (K_m , V_{max} e C_{min})
- ESTADO IÔNICO CÉLULA
- CARBOIDRATOS
- TRANSPIRAÇÃO
- MORFOLOGIA SIST. RADICULAR (área radicular)

Concentração na superfície da raiz

Capacidade de absorção

**ABSORÇÃO
RADICULAR**

Transporte e Redistribuição

■ TRANSPORTE

- Radial
- Longa distância

■ REDISTRIBUIÇÃO

Nutrientes	Redistribuição	Sintomas Visuais de Deficiência Ocorre:
N, P, K e Mg	Móveis	folhas velhas
S, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo	pouco móveis	folhas novas
B e Ca	Imóveis	folhas novas e meristemas

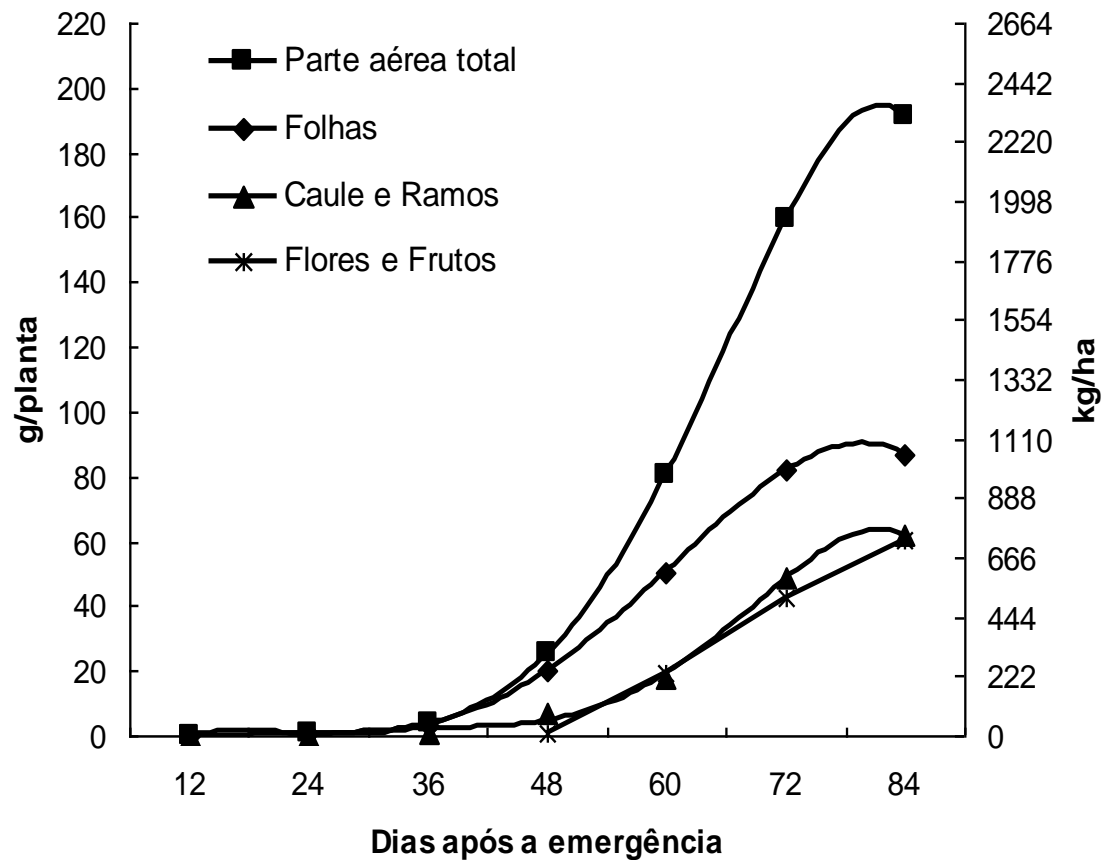
EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

▪ DEFINIÇÕES

→ EXIGÊNCIAS:

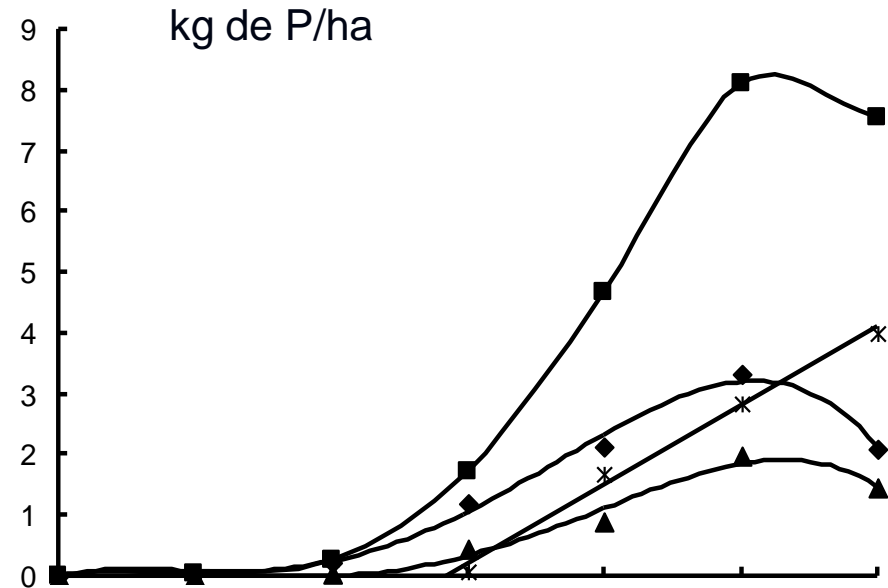
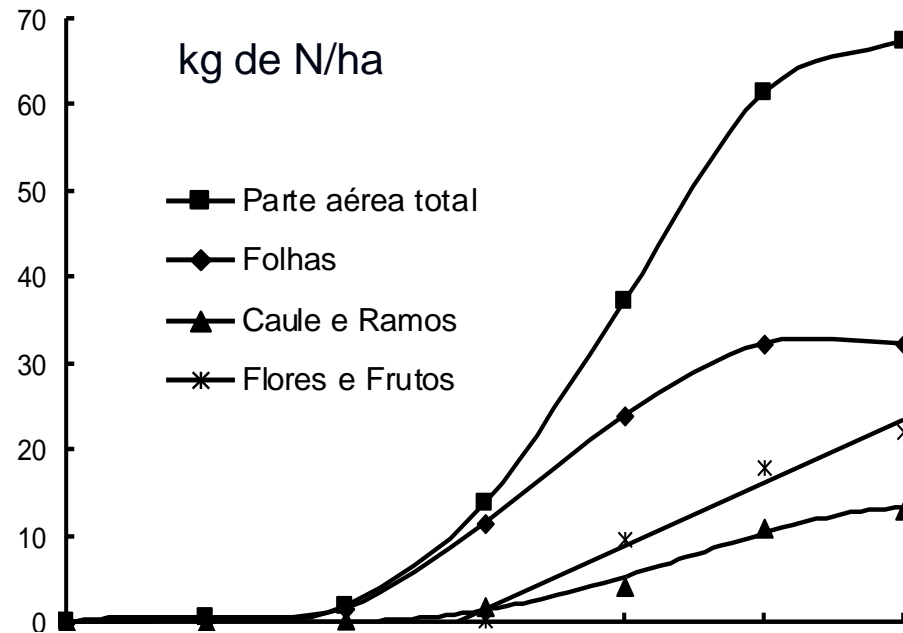
- **MACROS:** N>K>Ca>Mg>P=S
- **MICROS:** Fe>Mn>Zn>Cu>B>Mo

Crescimento



Fonte: Adaptado de Solis (1982)

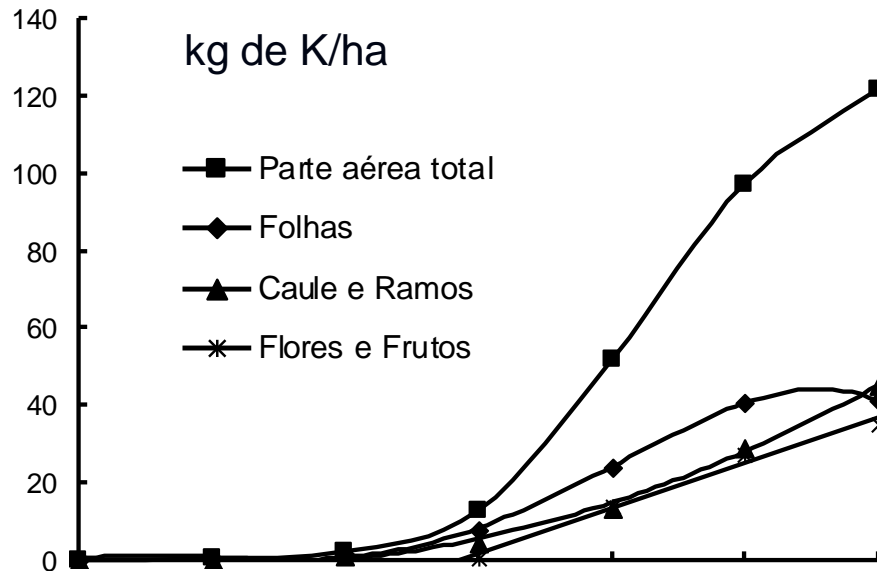
Acúmulo de MACRONUTRIENTES



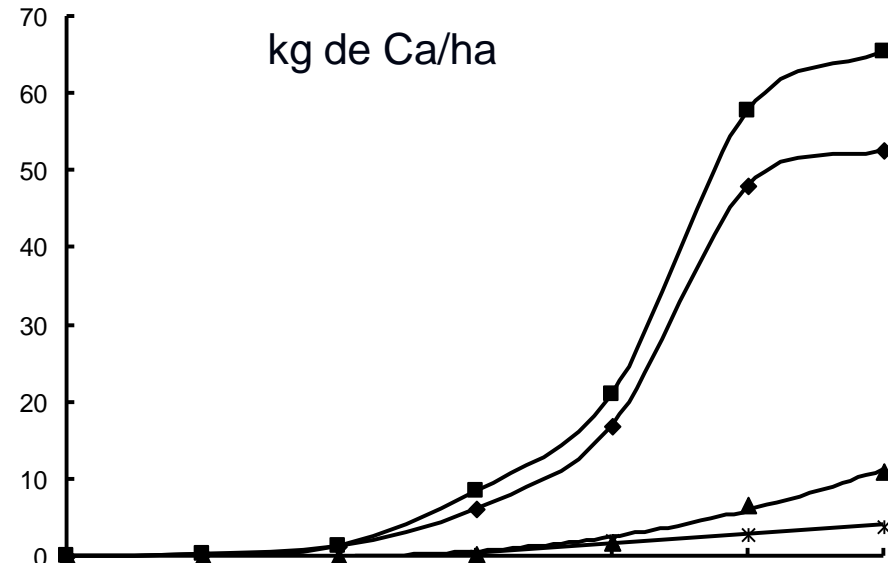
Acúmulo de MACRONUTRIENTES

kg de K/ha

- Parte aérea total
- ◆ Folhas
- ▲ Caule e Ramos
- * Flores e Frutos

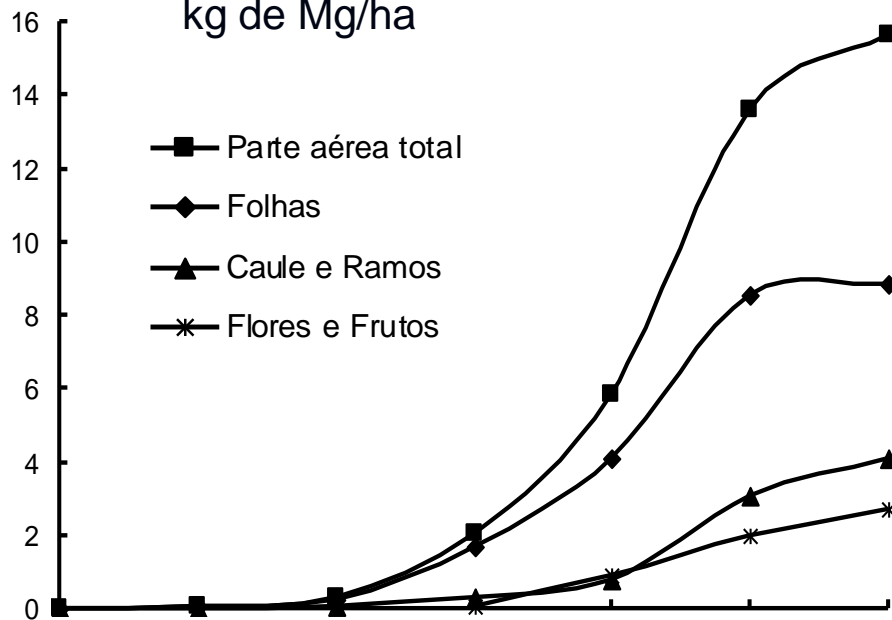


kg de Ca/ha

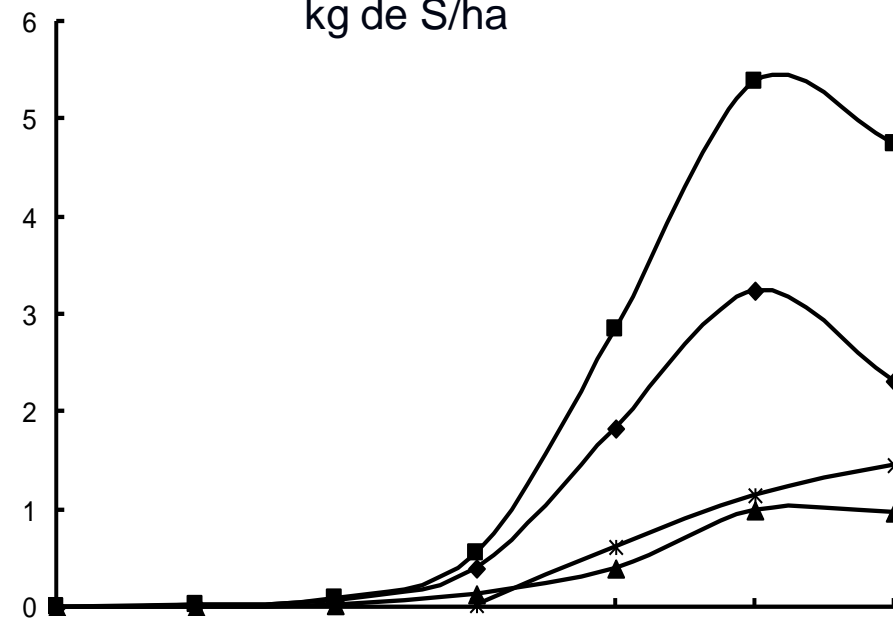


Acúmulo de MACRONUTRIENTES

kg de Mg/ha



kg de S/ha



FUNÇÕES DOS NUTRIENTES (tipos de funções)

a) **ESTRUTURAL** → COMPONENTE DE COMPOSTOS

- N – a.a.; proteínas
- Mg – clorofila

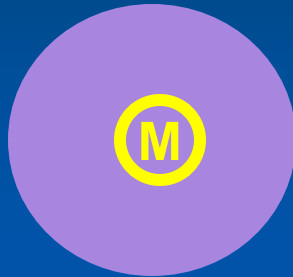
b) **CONSTITUINTE DE ENZIMAS (COFATOR)**

- Grupo prostético => Mo – Redutase do Nitrato
- => Fe – Citocromos

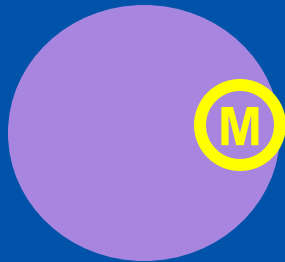
c) **ATIVADOR ENZIMÁTICO**

- Cofator metálico => Mg^{2+} ; K^{+} ; Mn^{2+} ; Zn^{2+}
- Coenzimas => NAD; NADP (reações de oxi-redução)

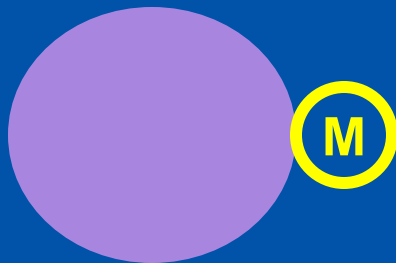
Funções dos Nutrientes



ESTRUTURAL



GRUPO PROSTÉTICO



ATIVADOR

NITROGÊNIO

- **FONTE:** ATMOSFERA = gasoso
- **PLANTA:** N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺
- **PROCESSOS:**
 - FIXAÇÃO BIOLÓGICA
 - FIXAÇÃO INDUSTRIAL
 - FIXAÇÃO ATM

FIXAÇÃO DO NITROGÊNIO (FBN)

- SISTEMA SIMBIÓTICO (+ importante)
 - LEGUMINOSA x RIZÓBIO
 - BACTÉRIA = Nitrogenase (Nase)
 - Nase = Fe e Mo (N_2 gasoso \longrightarrow 2NH_3)

NITROGENASE (Nase)

■ Complexo enzimático → 2 sub-unidades

⇒ Fe-proteína (4 Fe + 4 S)

⇒ Fe-Mo-proteína (24 Fe + 2 Mo)

■ Outros nutrientes:

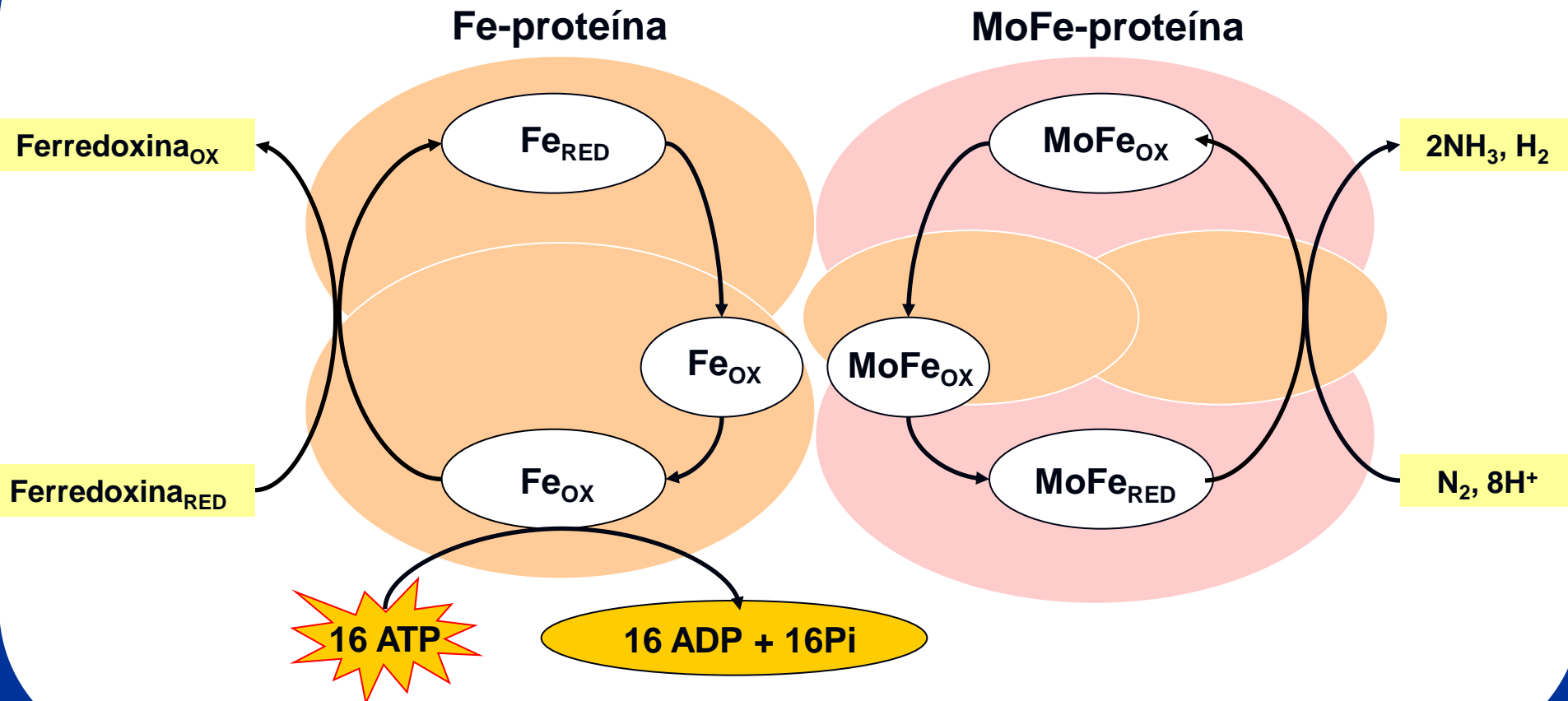
- P e Mg (ATP)

- Ca → nodulação

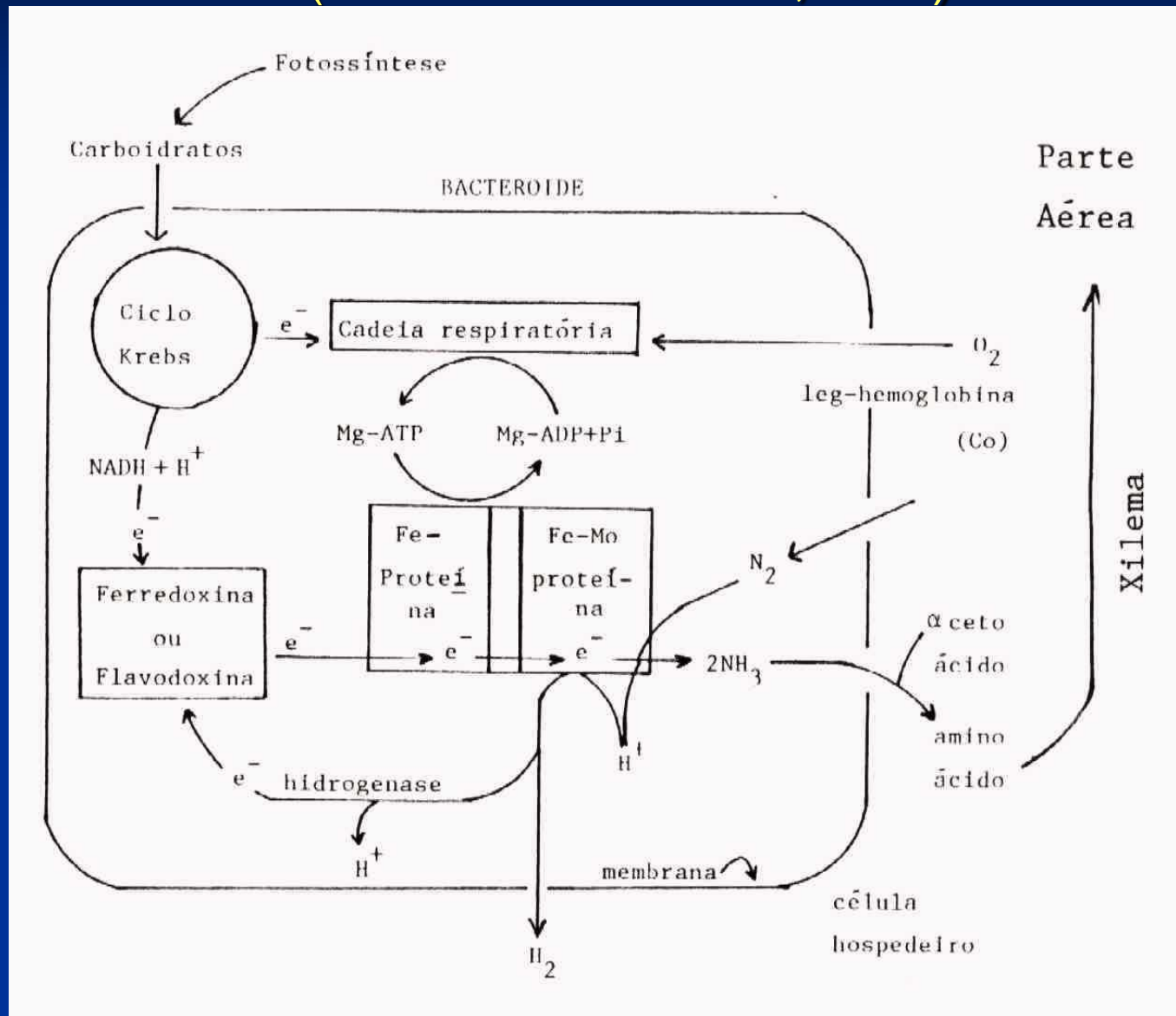
- Co → cobalamina → leg-hemoglobina

■ Nitrogenase (FBN)

COMPLEXO DA ENZIMA NITROGENASE



REAÇÕES METABÓLICAS DA FBN NOS BACTERÓIDES (MENGEL & KIRBY, 1987)



NITROGÊNIO NA PLANTA

■ **ABSORÇÃO:** NO_3^- ; NH_4^+ ; uréia; N_2

■ **FUNÇÕES DO N:**

■ 90% - N orgânico (80% proteínas, 10% ác. nucl.)

→ **Função estrutural**

■ a.a.; proteínas; enzimas; coenzimas; clorofila; DNA e RNA; ATP; hormônios; etc

REDUÇÃO ASSIMILATÓRIA DO NO_3^-

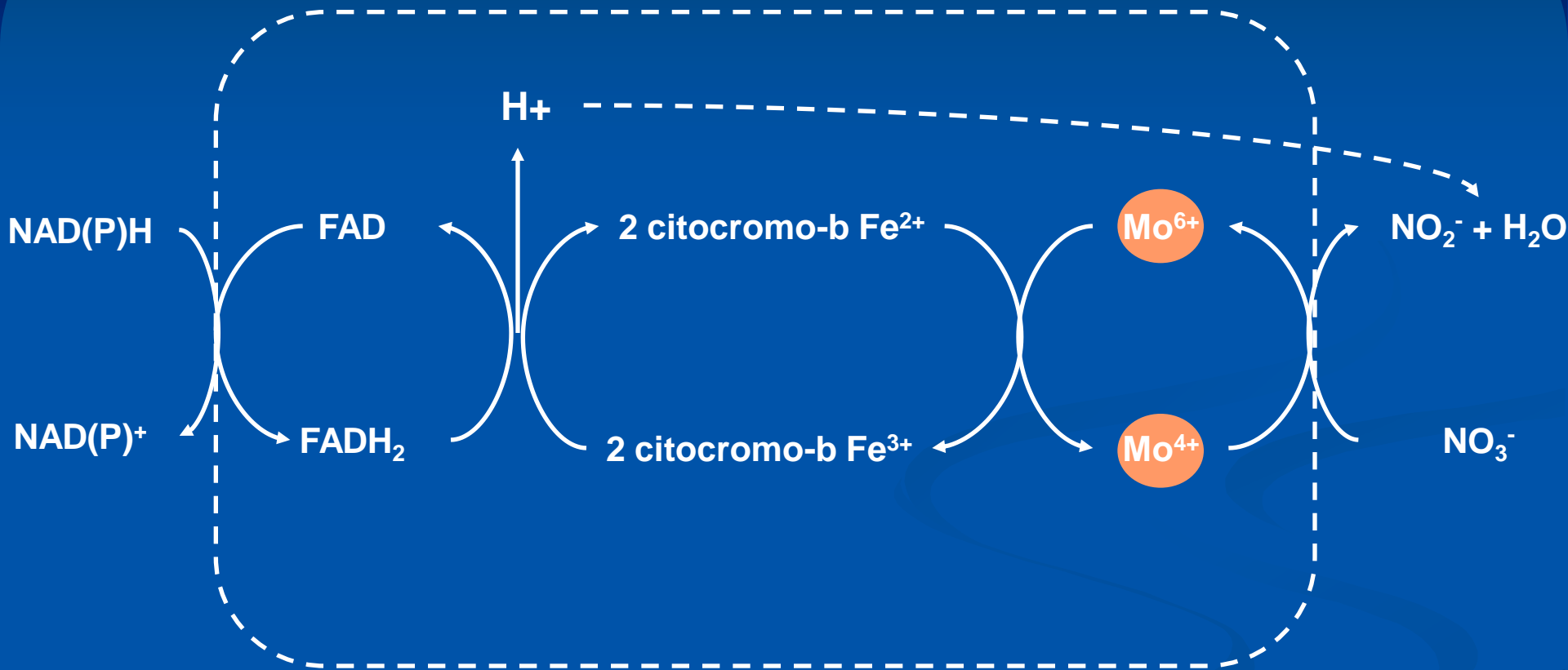
- NO_3^- → forma absorvida (oxidada)
- R-NH_2 → compostos orgânicos (reduzida)
- NO_3^- → reduzido → NH_4^+ → assimilado

1º PASSO: OCORRE NO CITOPLASMA



→ RNO_3^- → contém Fe e Mo

■ Redutase do Nitrato



Fonte: Adaptado de Mengel e Kirkby (2001)

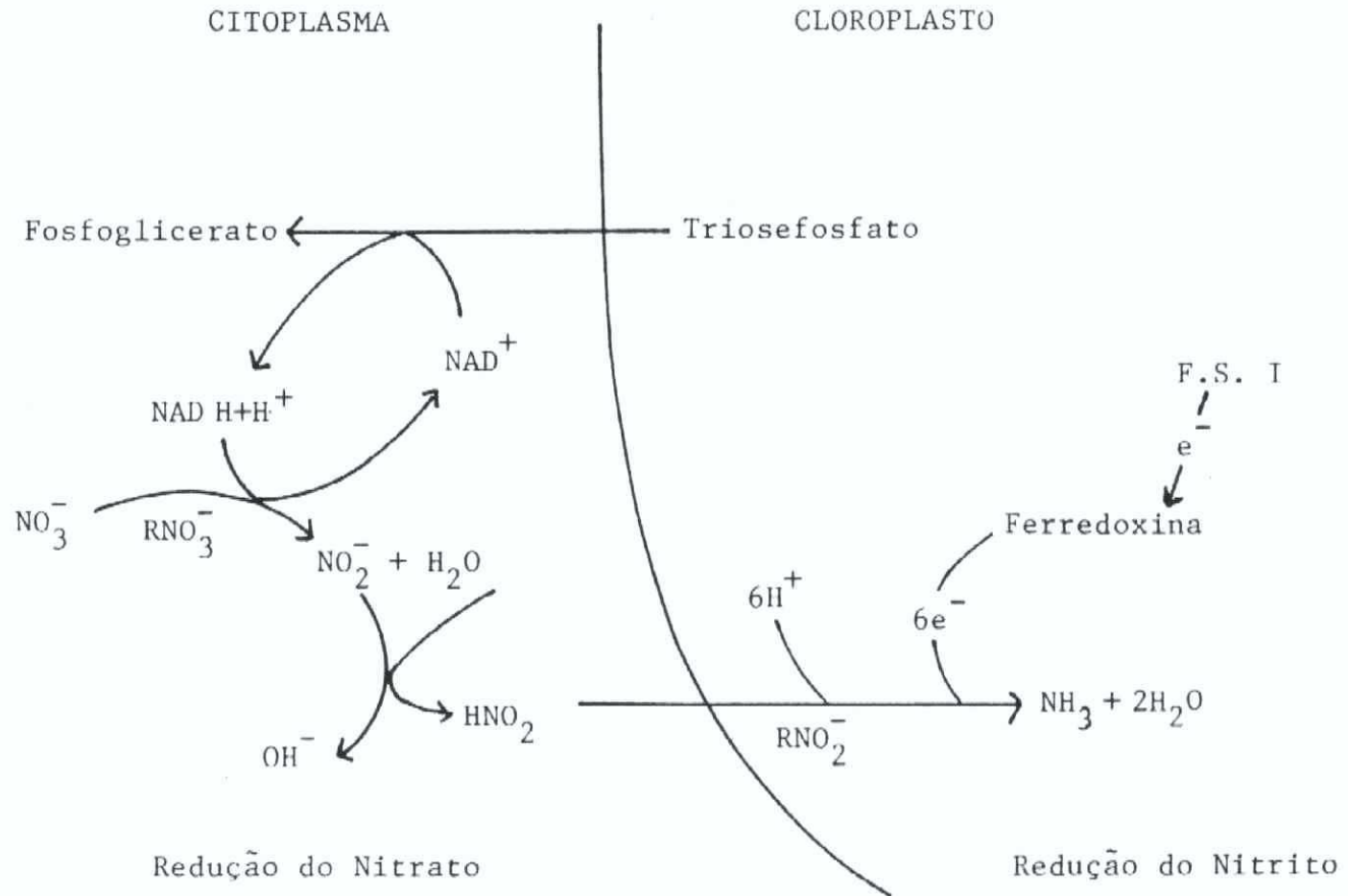
2º PASSO: OCORRE NOS CLOROPLASTOS

REDUTASE DO NÍTRITO



→ RNO_2^- → CONTÉM Fe e S

REDUÇÃO DO NITRATO E DO NITRITO



SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO

- **MÓVEL => FOLHAS VELHAS**
- **CLOROSE GENERALIZADA NO LIMBO FOLIAR**