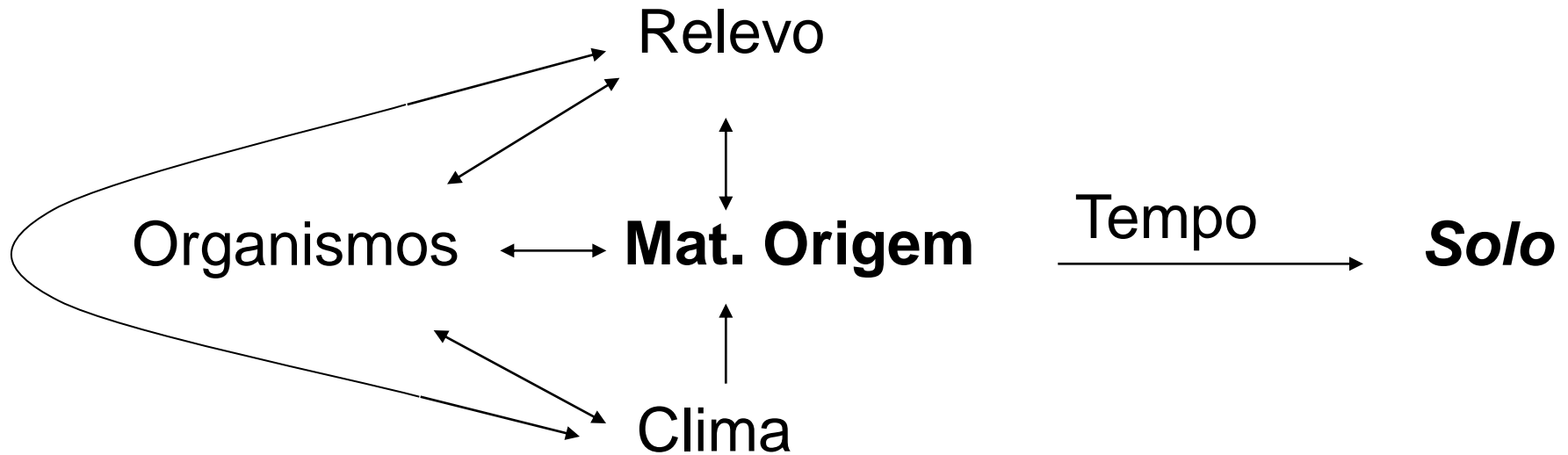


# Magnésio no Solo e nas Plantas

**Toni Wiendl**




- ★ O Magnésio (Mg) é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre.
  - Em média o Magnésio constitui 1,93% da crosta terrestre
  - Conteúdo de magnésio nos solos varia de 0,1% em solos de textura grossa, arenosos em regiões úmidas até 4% em solos de textura fina, em regiões áridas ou semi-áridas formados a partir de rochas com alto teor de Mg
  - Magnésio do solo origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários, são estes: dolomita e silicatos com Mg (hornblenda, olivina, serpentina e biotita)
  - ou ainda em minerais de argila secundários como: clorita, illita, montmorilonita e vermiculita.

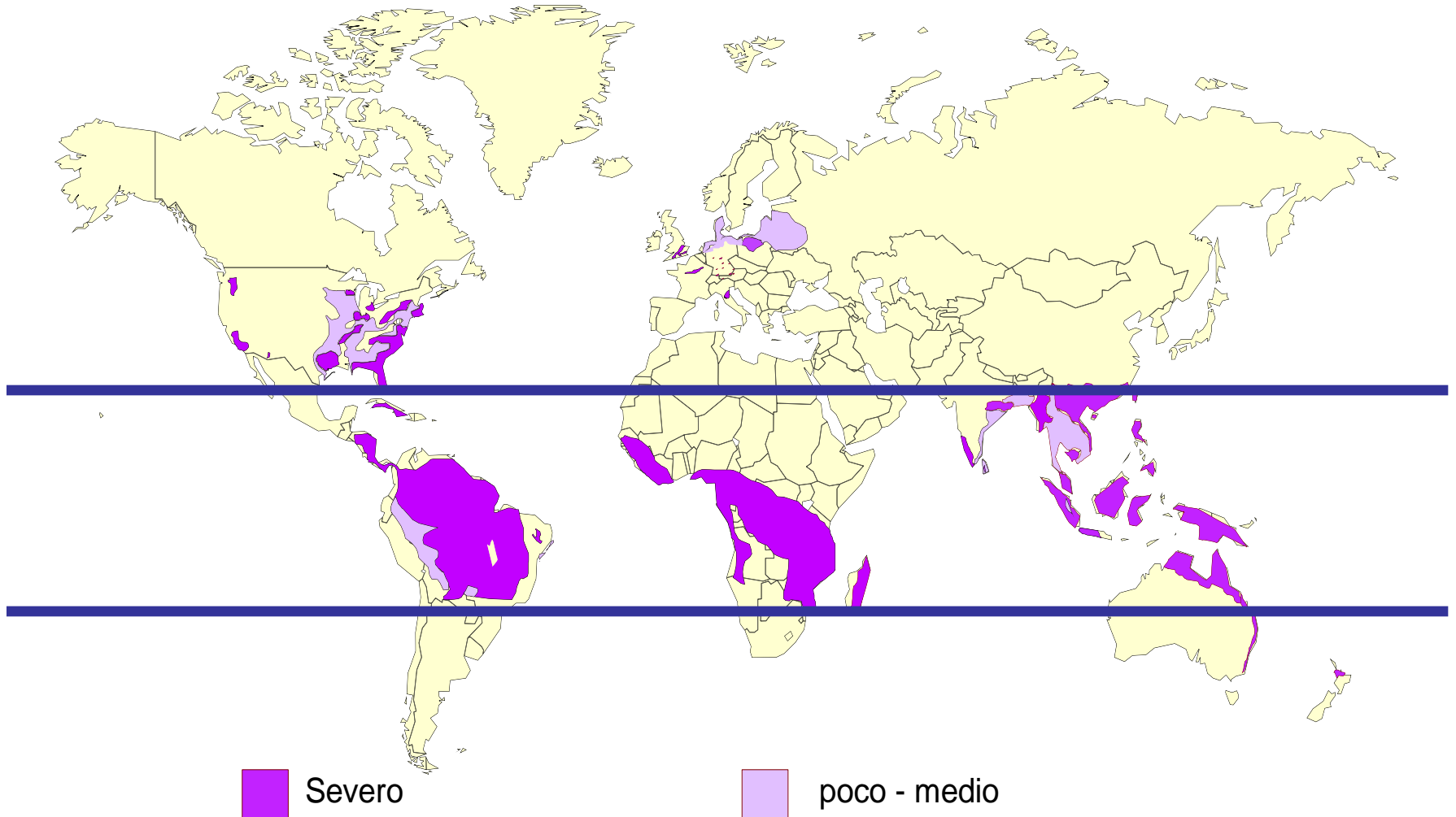


## Componentes do solo:

- Porção mineral
- Matéria orgânica
- Água
- Ar

- Com a decomposição das rochas primarias e liberação do Mg para a fração “trocável do solo” pode ocorrer de:
  - o Mg ser lixiviado em regime de intensa pluviosidade Mg;
  - o Mg ser absorvido por organismos que não a planta alvo;
  - o Mg é absorvido por partículas minerais;
  - o Mg precipita-se como um mineral secundário.

# Regiões no mundo com deficiência identificada de Mg



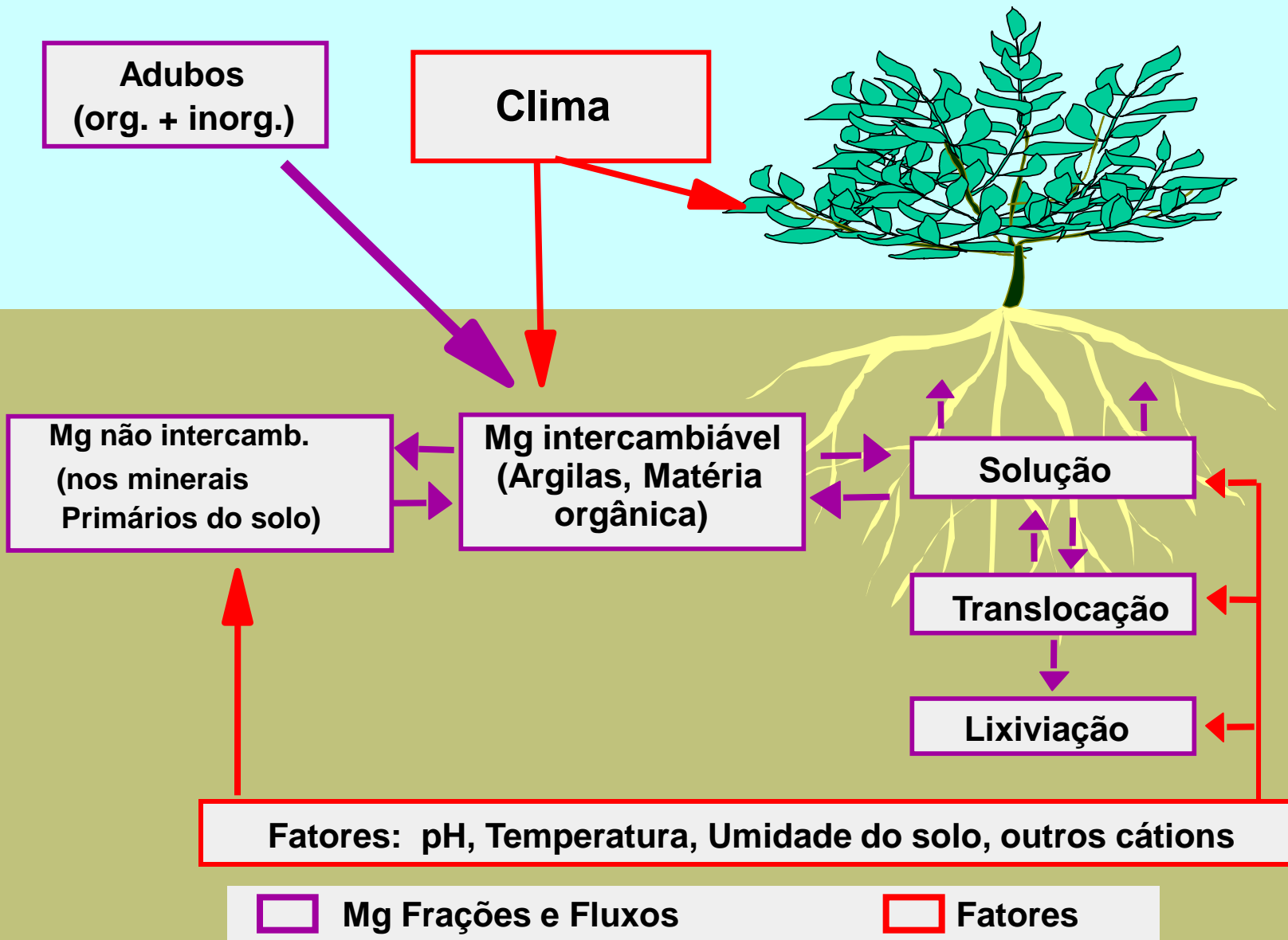
Superfície dos colóides do solo → carga elétrica negativa

- Mg → absorvido como  $Mg^{2+}$  (cátion)
- Mg é transportado até as raízes das plantas principalmente pelo mecanismo de fluxo de massa (↑ 70%)

Épocas de verão → ↑ incidência de deficiência de Mg

- O Mg trocável repõe o Mg absorvido pelas plantas da solução do solo
- Para repor o Mg absorvido é preciso que ele esteja presente...

# Magnésio - sua dinâmica no solo



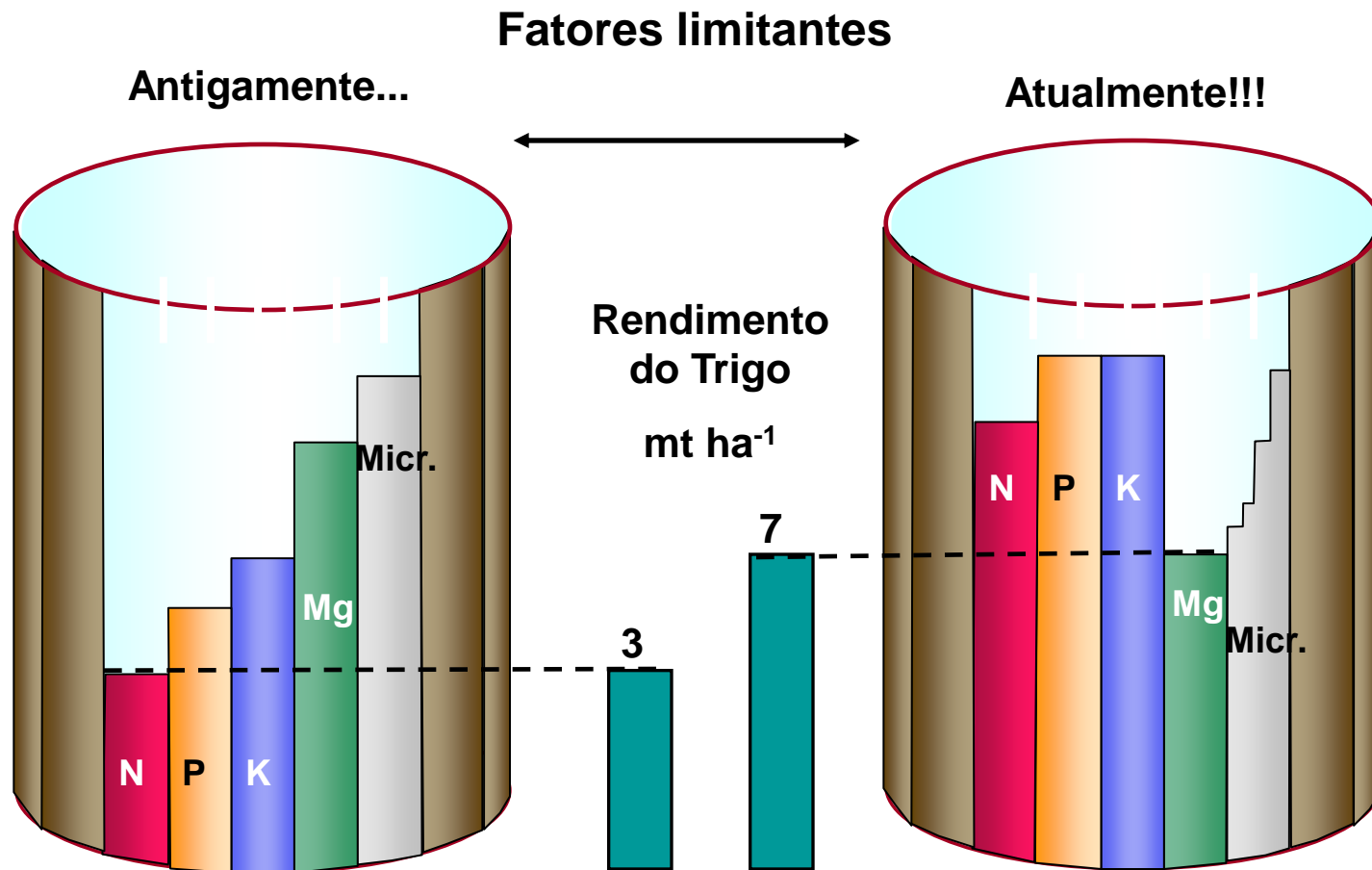


👉 Se o Magnésio é o 8º mineral mais abundante na crosta terrestre, porque as plantas têm deficiência em Mg?

“O crescimento de um organismo é limitado pelo elemento essencial que está presente na concentração inferior ao requerido por este organismo.”

Podemos ter N; P; K; Ca; S e Micronutrientes em grandes quantidades no solo e ainda assim ter uma produção pequena pois nos falta um único elemento dentre os essenciais, por exemplo, o **Mg**.

# Fatores limitantes



## Capacidade do solo se opor a variação de intensidade

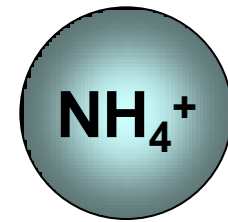
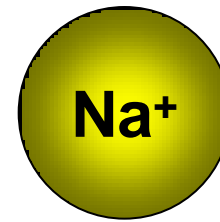
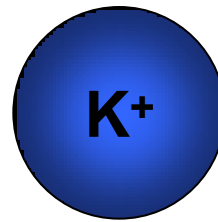
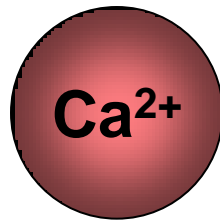
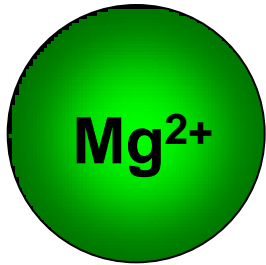
- O status do Magnésio depende da textura do solo e do conteúdo de M.O.
- Text. do solo e M.O. são responsáveis pela CTC

Solos argilosos e solos com alto teor em M.O. → ↑ capacidade de armazenamento de cátions

**Solos argilosos → ↑ quantidade de Mg para crescimento ótimo.**

# Outros cátions

- além do Magnésio há outros cátions no solo:



- a concentração destes elementos varia, também de acordo com o tipo de solo.

# O Solo e os cátions ( $Mg^{2+}$ )



- Partículas de solo pequenas tem uma força magnética que atrai os cátions → quanto menor for a partícula de solo, maior será a força de adesão, e maior será a quantidade de cátions retidos
- Solos arenosos têm uma grande área individual, uma pequena força magnética, pequena fixação de cátions ( $Mg^{2+}$ ) → é mais fácil para as plantas retirar o cátion, o contrário ocorre com solos argilosos

- A soma de cátions é calculada na CTC (capacidade de Troca de Cátions), a qual é a “intensidade” da força magnética

Arenosos

baixa CTC

Siltosos

média CTC

Argilosos

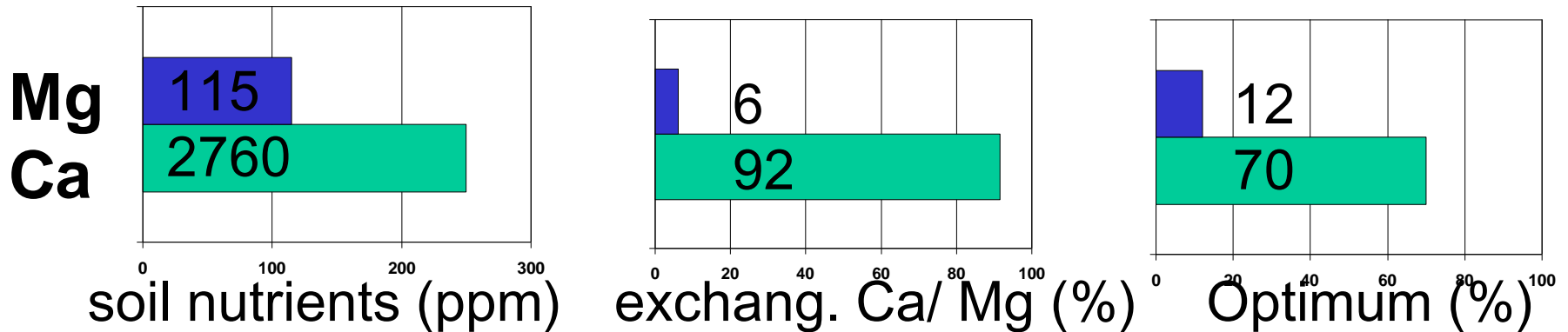
alta CTC

# Ca:Mg:K – o balanço ideal

- um exemplo de solo da Austrália -



- Proporção ideal (Ca:Mg:K): 70:12:8



- Nestas condições: a deficiência de Mg na planta !!!

- Alta relação de Ca no solo suprime a absorção de Mg !!!

- Altos níveis de K trocável podem interferir na absorção de Mg pelas culturas
- A relação entre K/ Mg deve ser:
  - < 5:1 para grandes culturas
  - 3:1 para legumes e beterraba doce
  - 2:1 para frutíferas e hortícolas



# Afinidade pelo Mg



- A afinidade do  $Mg^{2+}$  altamente hidratado para ligação na membrana plasmática de raízes é aparentemente pequena → competição com outros cátions ( $Ca^{2+}$ ,  $K^{+}$ ).

	$MgCl_2$	$MgCl_2 + CaSO_4$	$MgCl_2 + CaSO_4 + KCl$
Raizes	165	115	15
Ramos	88	25	6.5

$Mg^{2+}$  absorção ( $\mu eq Mg^{2+} / 10 g$  peso fresco \* 8 h)

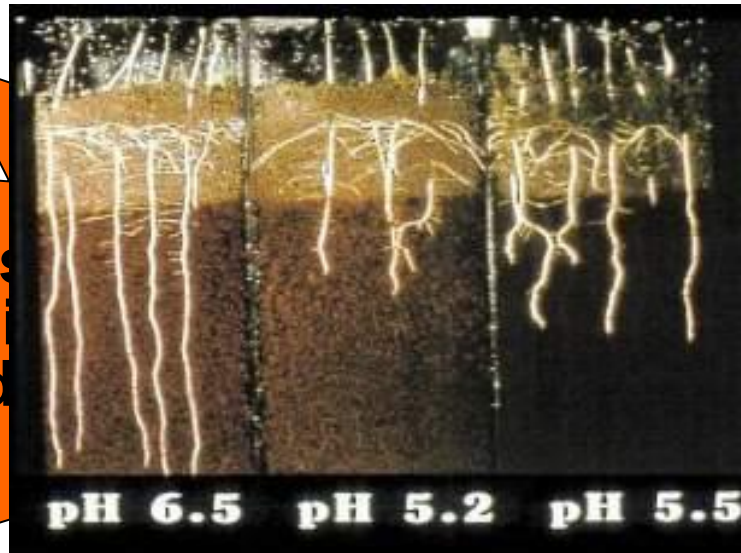
- Entre os íons de  $\text{Mg}^{2+}$  e os íons de  $\text{NH}_4^+$ , → antagonismo indireto:

Quando o  $\text{NH}_4^+$  é absorvido pelas raízes, há uma troca de íons amônio e hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) → o  $\text{H}^+$  exercerá influência antagônica na absorção de Mg pela planta

Quanto mais ácido o solo e maior as quantidades de fertilizantes nitrogenados (com íons amônio), mais intenso é o efeito antagônico

- Mg é carregador de P → na presença de Mg a absorção de P é aumentada
- Absorção máxima de P na presença de Mg
  - participação do Mg na ativação de ATPases que atuam na absorção
  - participação do Mg nas reações de fosforilação

- As plantas absorvem a maioria do Mg através das raízes → interação do Mg com outros cátions tem uma forte importância para o suprimento de Mg
- Em solos ácidos ( $\downarrow$  pH),  $Al^{3+}$  torna-se o cátion dominante no complexo de troca → alta conc. de  $Al^{3+}$  no solo → crescimento radicular prejudicado



A s  
rad  
ser d

Efeito do pH do solo  
nas raízes

to  
ode  
o de

pH 6.5 pH 5.2 pH 5.5

## O Mg supera a inibição do crescimento radicular causada pelo Al



**O magnésio diminui o efeito tóxico do Al e também assegura uma alta eficiência no crescimento das culturas em condições de solos ácidos!**

- em condições de alta umidade o  $Mg^{2+}$  pode ser lixiviado
- Perdas de mais de 80 kg  $MgO$ / ha/ ano (em oxisolos são possíveis de ocorrer)

**A quantidade lixiviada terá de ser reposta para a planta**

As quantidades perdidas dependem da interação de vários fatores:

- Conteúdo de Mg no solo
- As concentrações de  $H^+$  e  $Ca^{2+}$  → calagem aumenta as perdas de Mg
- Taxa de intemperismo
- Intensidade de lixiviação
- Retirada pelas plantas

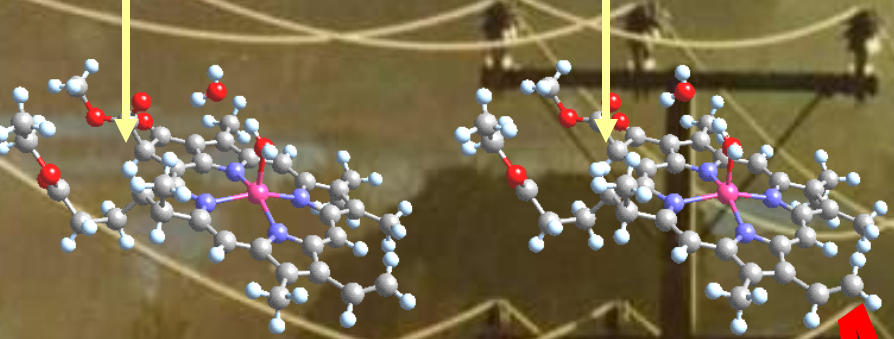
 Quais as funções do Magnésio na planta?



# Funções do Magnésio na Planta

Posição central da clorofila

Componente



Ribossomas

**Magnésio**

Ativador

Fosforilação

Enzimas

Fotossíntese

Transformação de energia

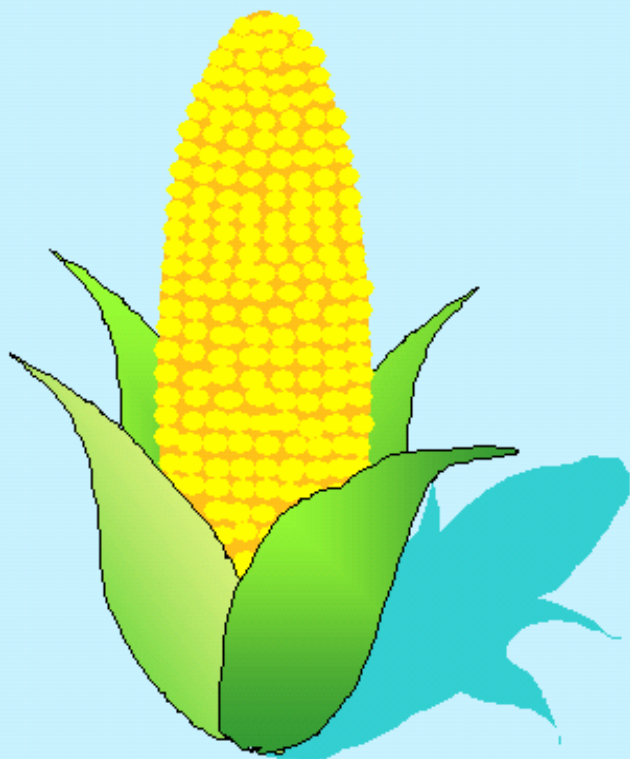
Glicolise

Assimilação

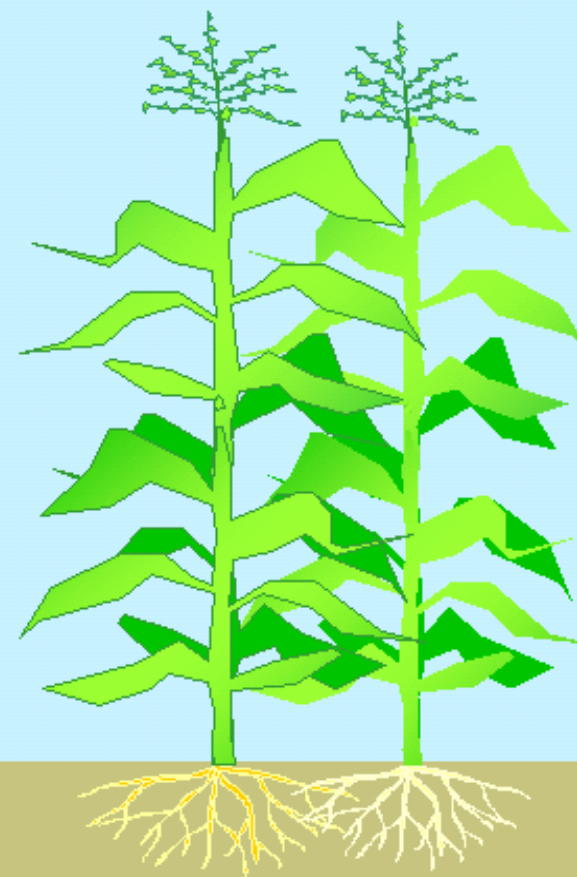


K+S KALI GmbH

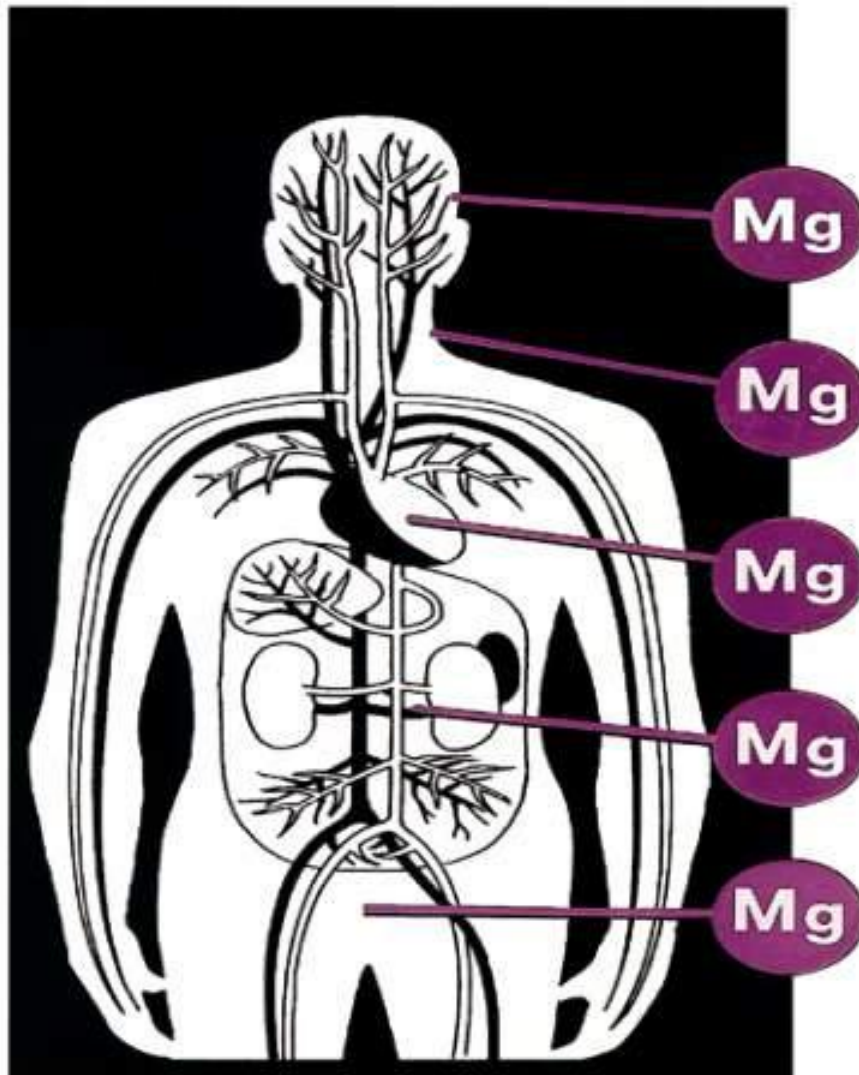
# Distribuição de Mg no milho



Grãos	34 %
Espiga	6 %
Folhas	32 %
Caule	21 %
Raízes	7 %



# Mg na alimentação humana



... contra depressão

... contra dificuldade de aprendizagem

... contra dores de cabeça como resultado de tensão muscular na parte posterior da cabeça e pescoço

... contra desordens na circulação sanguínea

... contra endurecimento de artérias

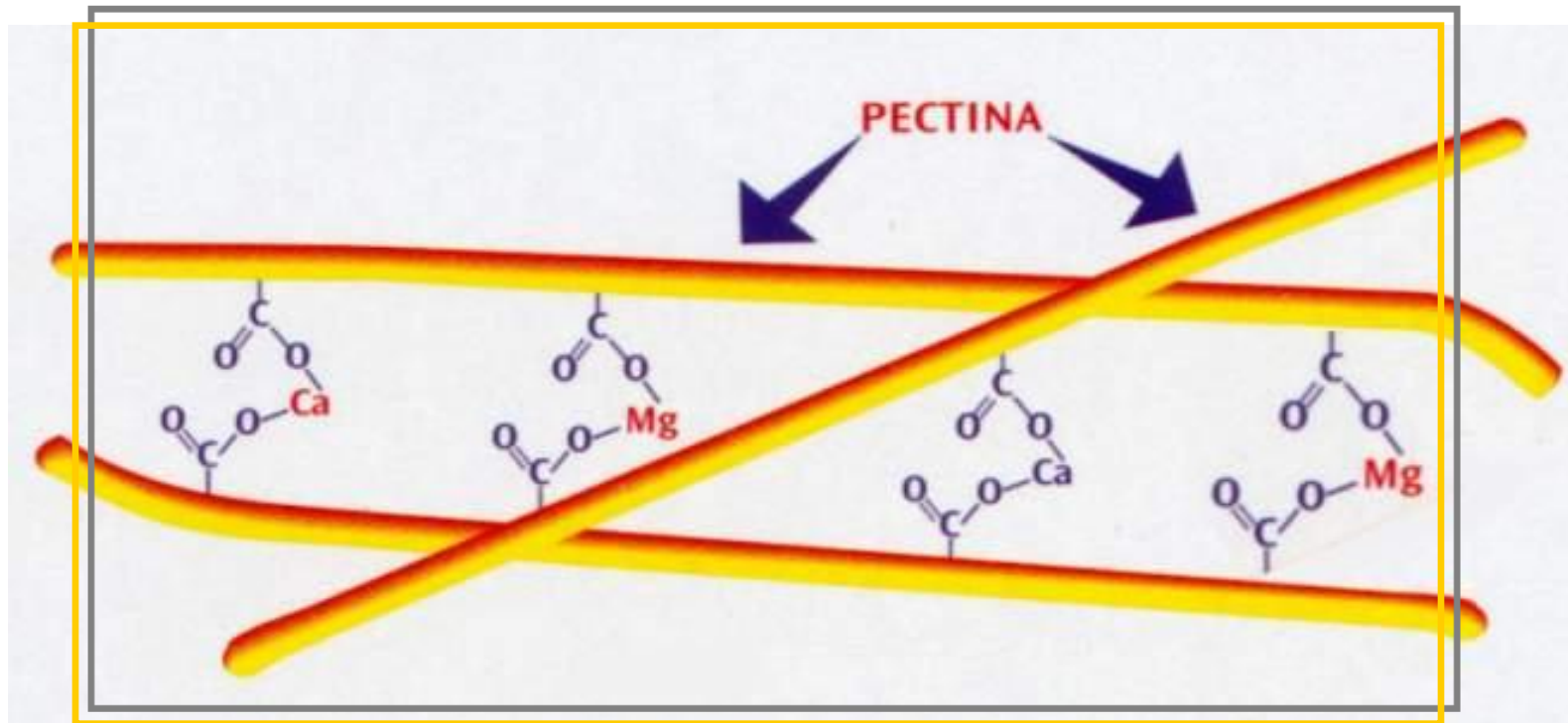
... contra Angina peitoral

... contra formação de cálculos renais

... contra problemas durante a menstruação e gravidez e nascimentos prematuros

... etc.

# Composição da parede celular

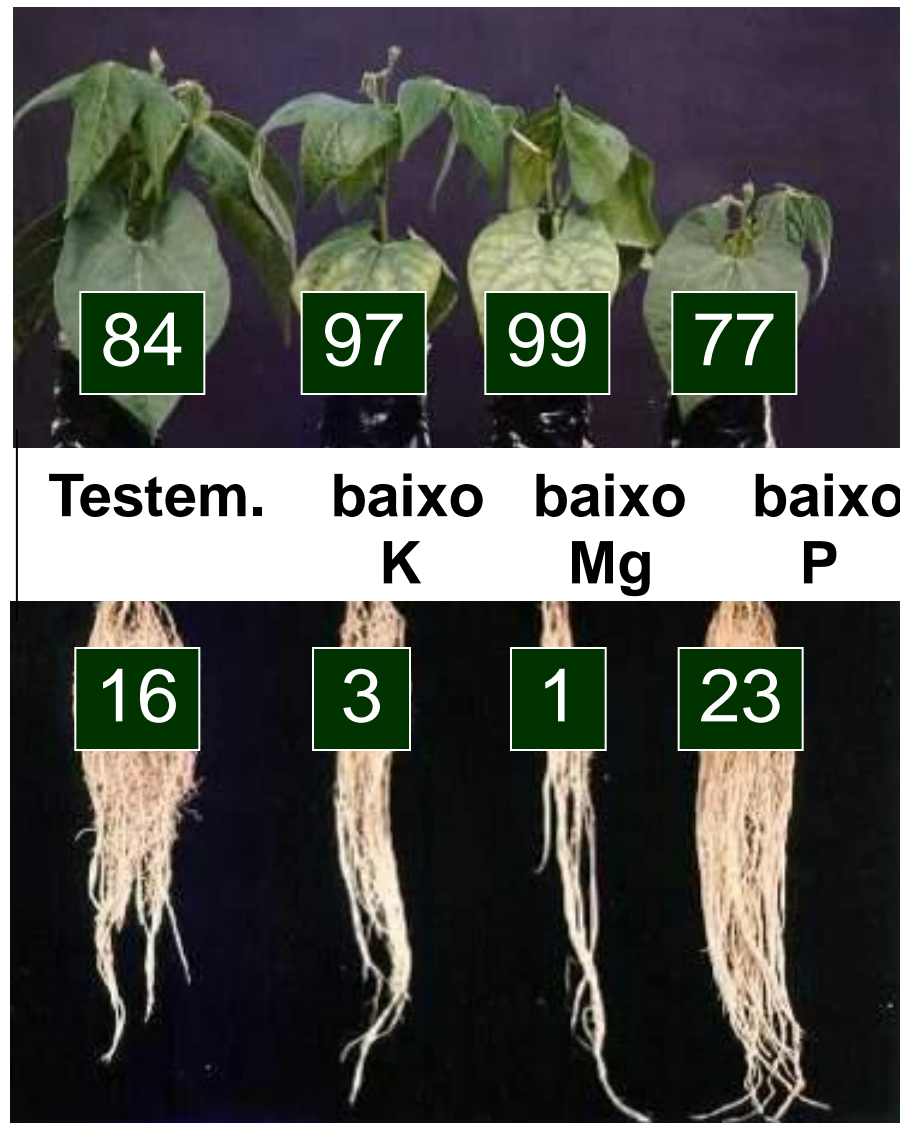


**A pectina é parte estrutural da parede celular**

**→ Íons de Mg e Ca conectam os componentes da pectina.**

**Na ausência destes elementos, a pectina é solúvel.**

# Distribuição relativa de carboidratos entre parte aérea e a raiz (%)



Cakmac, 2004

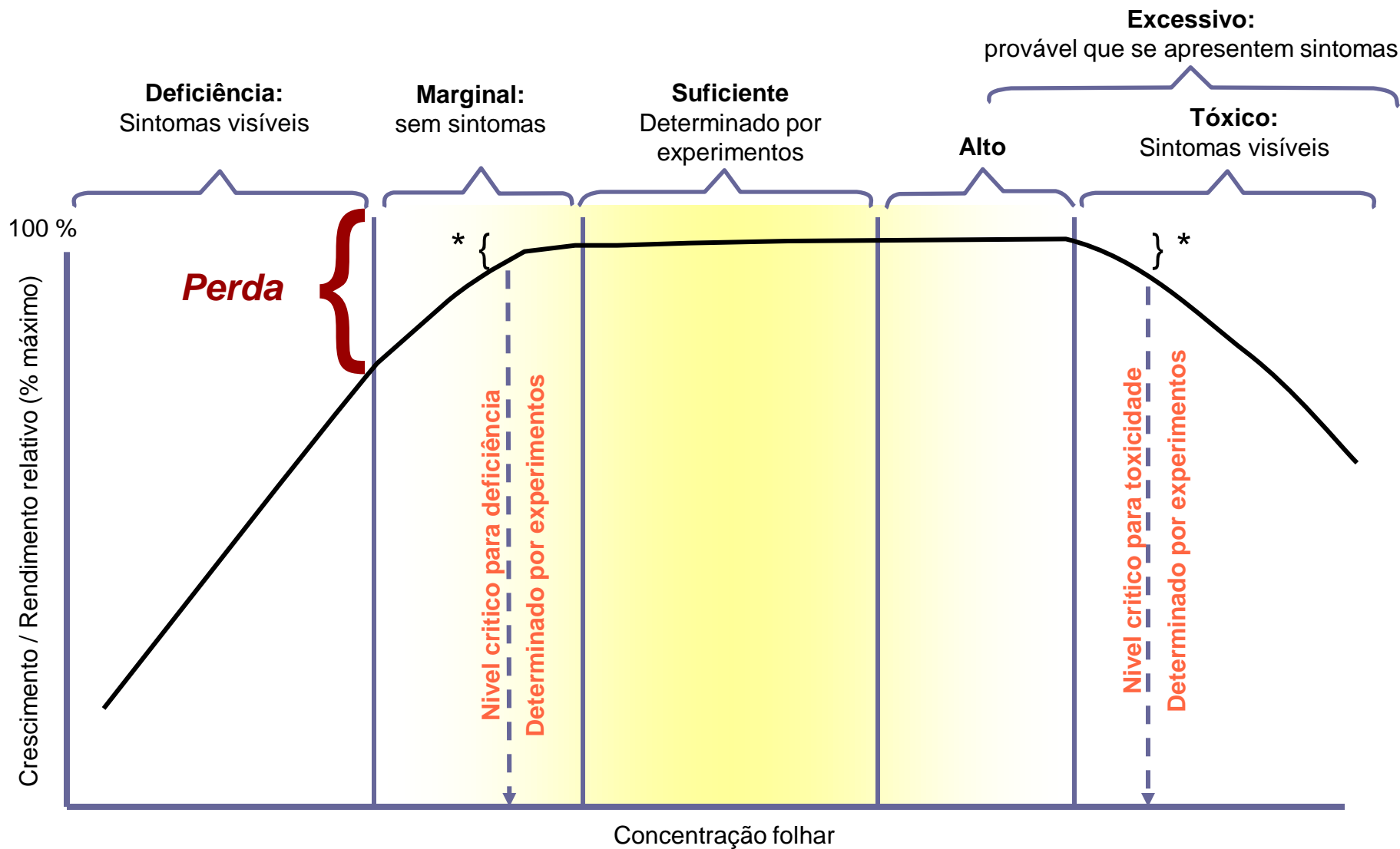
# Absorção de Mg e S em algumas culturas



Cultura	Produção (t ha <sup>-1</sup> )	Absorção (kg ha <sup>-1</sup> )	
		Mg	S
Milho	6	24	25
Café	2	24	26
Fumo	2	15	10
Palma	25	60	30
Batata	40	24	20
Algodão	1	24	20
Soja	3	24	20
Banana	60	126	23
Cítricos	30	24	30
Videira	20	36	30
Repolho	70	36	80
Tomate	50	15	30
Abacaxi	50	66	20

# Análise da folha

- Amplitudes do estado nutricional -



\* Definição exata da redução no rendimento e crescimento (p.ej. 5, 10 ou 20 %)



- Devido a boa mobilidade do Mg na planta os sintomas se apresentam primeiro nas folhas mais velhas.
- Ocorre amarelecimento entre as nervuras
- Frequentemente somente as folhas expostas ao Sol apresentam sintomas
- A deficiência de Mg começa a nível molecular. Síntomas visíveis são um sinal severo e, nesta fase o rendimento e a qualidade já está afetado.



# Deficiência de Magnésio



# Deficiência de Magnésio

**Desbalanço fisiológico entre os cátions na planta**

**Ocorre particularmente depois de aplicações altas de potássio e nitrogênio e, em períodos secos.**

**Diminuição da síntese de clorofila e enzimas**

**Nota: Aplicação depois da floração aumenta significativamente o status de magnésio**





**Os sintomas de deficiência começam nas folhas perto dos drenos de nutrientes (frutos)**

**Amarelecimento entre as nervuras em folhas velhas**

**As vezes a base da folha e o ápice desta mantêm-se verdes**

**Queda prematura de folhas**

# Onde e quando se manifesta a deficiência de magnésio?

↪ Solos derivados de rochas pobres em Mg

↪ Solos „leves“ e solos pobres em matéria orgânica

↪ Em plantações velhas sem reposição do magnésio

↪ Depois da calagem e em solos com pH alto

↪ Aplicações altas de potássio (antagonismo)

↪ Alta variação do regime hidráulico

↪ Adubação nitrogenada predominantemente com amônio

↪ Relação alta de K:Mg

# Níveis críticos na interpretação da análise do solo

- Palma Tica, Costa Rica -



	Baixo	Médio	Ótimo	Alto
pH	<5	5-6	6-7	>7
Ca	<4	4-6	6-15	>15
Mg	<1	1-3	3-6	>6
K	<0,2	0,2-0,5	0,5-0,8	>0,8
Acidez		0,3-1,0	<0,3	>1,0
P	<12	12-20	20-50	>50
Fe	<5	5-10	10-50	>50
Cu	<0,5	0,5-1,0	1-20	>20
Zn	<2	2-3	3-10	>10
Mn	<2	5-10	10-50	>50
B	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,0	>1,0
S	<12	12-20	20-50	>50
MO	<2	2-5	5-10	>10
Ca/Mg	<2		2-5	>5
Ca/K	<5		5-25	>25
Mg/K	<10		10-40	>40
(Ca+Mg)/K	<10		10-40	>40

# Conteúdos ótimos na folha 17 (% ms)

- Dendezeiro -



<b>&lt; 6 Anos</b>	<b>N</b>	2,70-2,90
	<b>P</b>	0,16-0,18
	<b>K</b>	1,10-1,26
	<b>Mg</b>	<b>0,30-0,35</b>
	<b>Ca</b>	0,50-0,70
	<b>S</b>	0,25-0,40
	<b>B</b>	10-15 ppm

<b>&gt; 6 Anos</b>	<b>N</b>	2,60-2,80
	<b>P</b>	0,16-0,17
	<b>K</b>	1,00-1,20
	<b>Mg</b>	<b>0,24-0,29</b>
	<b>Ca</b>	0,50-0,75
	<b>S</b>	0,25-0,35
	<b>B</b>	10-15 ppm

# Fontes de “Mg” para a Agricultura

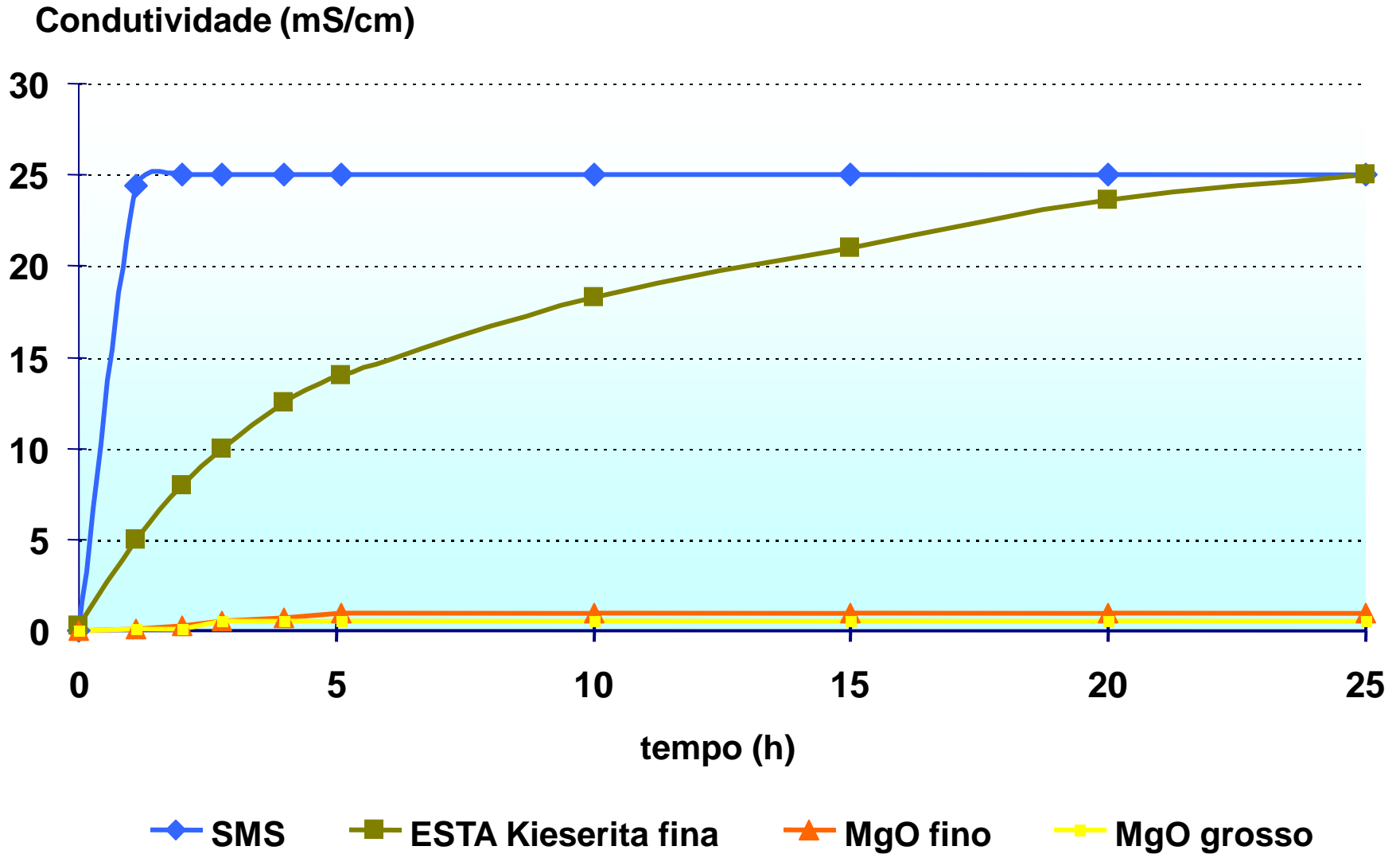


Fonte	Fórmula	% Mg <sub>total</sub>	Forma
Dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	8-20	Pó-gran.
Cloreto de magnésio	$\text{MgCl}_2$	25	Pellets
ESTA Kieserita	$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	15-16	Cristalino-gran.
Sulfato de magnésio anidro	$\text{MgSO}_4$	20	Pó-cristal.
Sal de Epsom	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10	Cristal.
Hidróxido de magnésio	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	35-45	Polvo
Nitrato de magnésio	$\text{MgO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	13	Pó-cristal.
Óxido de magnésio	$\text{MgO}$	54-58	Pó-cristal.
Sulfato duplo de potássio e magnésio (Sulpomag)	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	11	Cristal.-gran
Sulfato duplo de potássio e magnésio (Patentkali)	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	6	Cristal.-gran.
Carbonato de magnésio	$\text{MgCO}_3$	28	Pó

<b>Adubo</b>	<b>Solubilidade em g/l (20°C)</b>	<b>Solubilidade em g de Mg/l (20°C)</b>
Óxido de Magnésio (MgO)	0,0062	0,00372
Hidróxido de Magnésio (MgOH <sub>2</sub> )	0,009	0,00256
Magnesita (MgCO <sub>3</sub> )	0,034	0,00989
Kieserita (MgSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O)	417,00	72,92



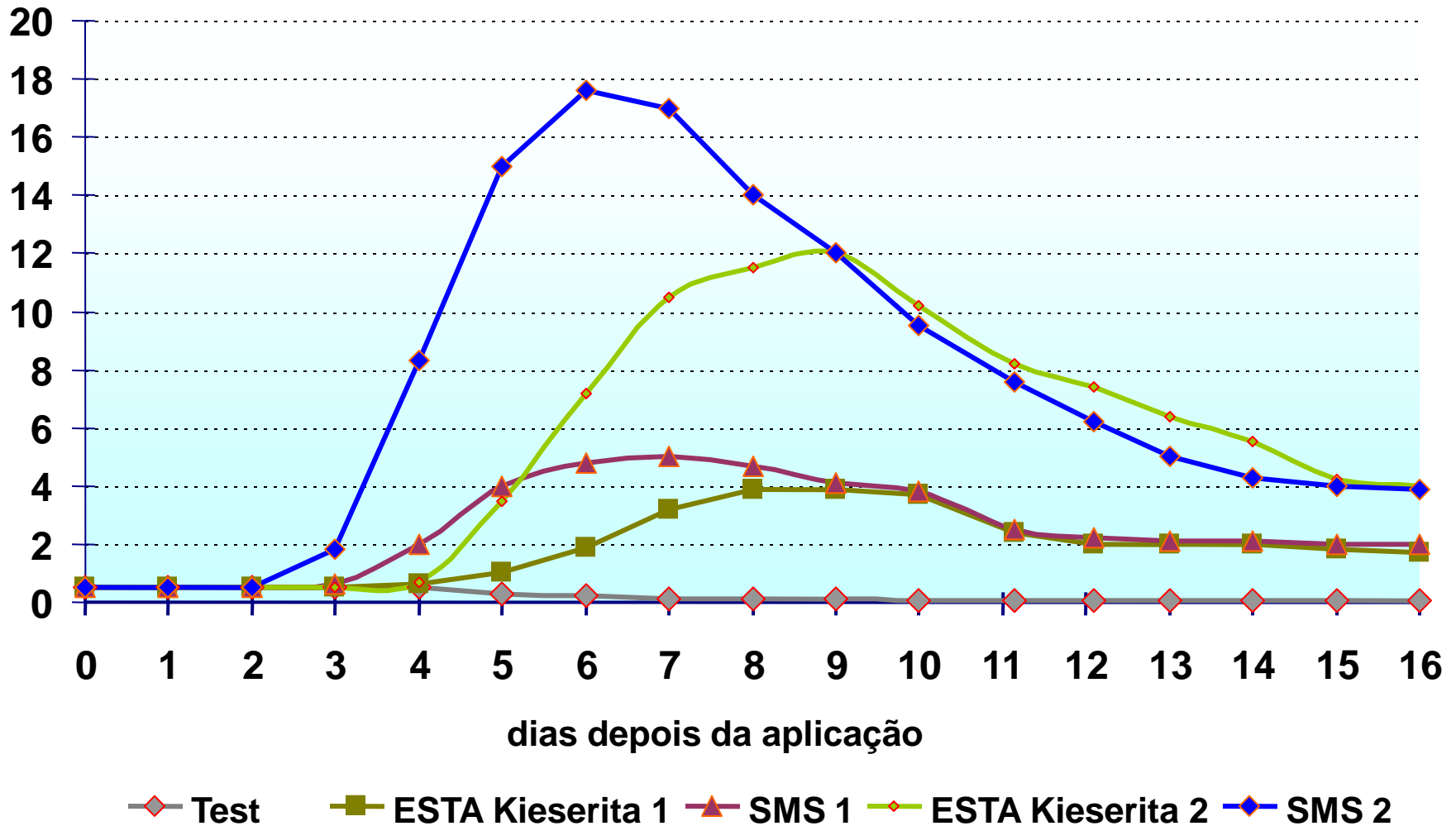
# Taxa de dissolução em água de fertilizantes magnesianos (agitação contínua a 20°C)



# Perdas de Mg por lixiviação



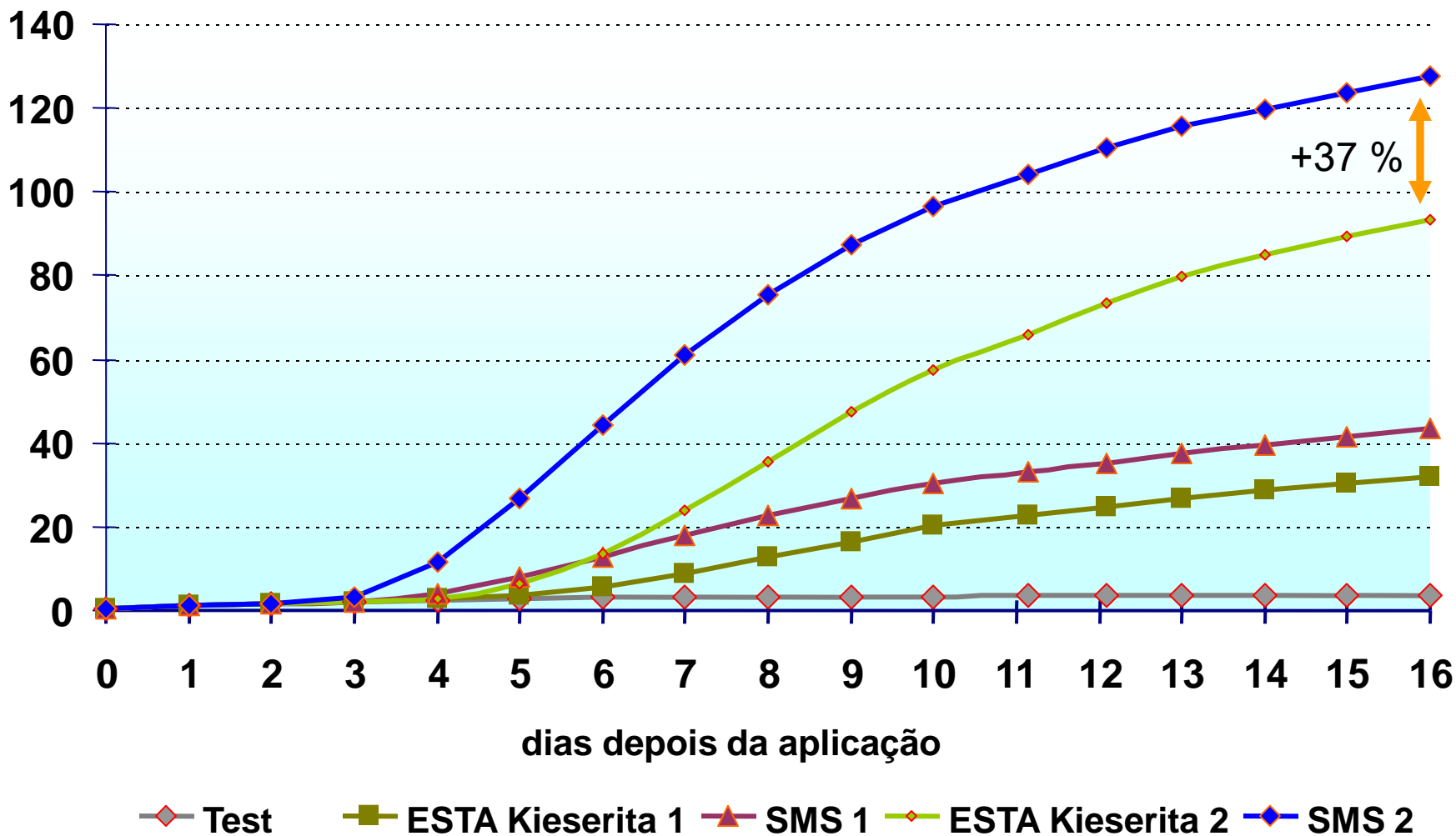
Perdas de Mg (mg/vaso)



# Perdas acumulativas de Mg pela lixiviação



Perdas de Mg (mg/vaso)



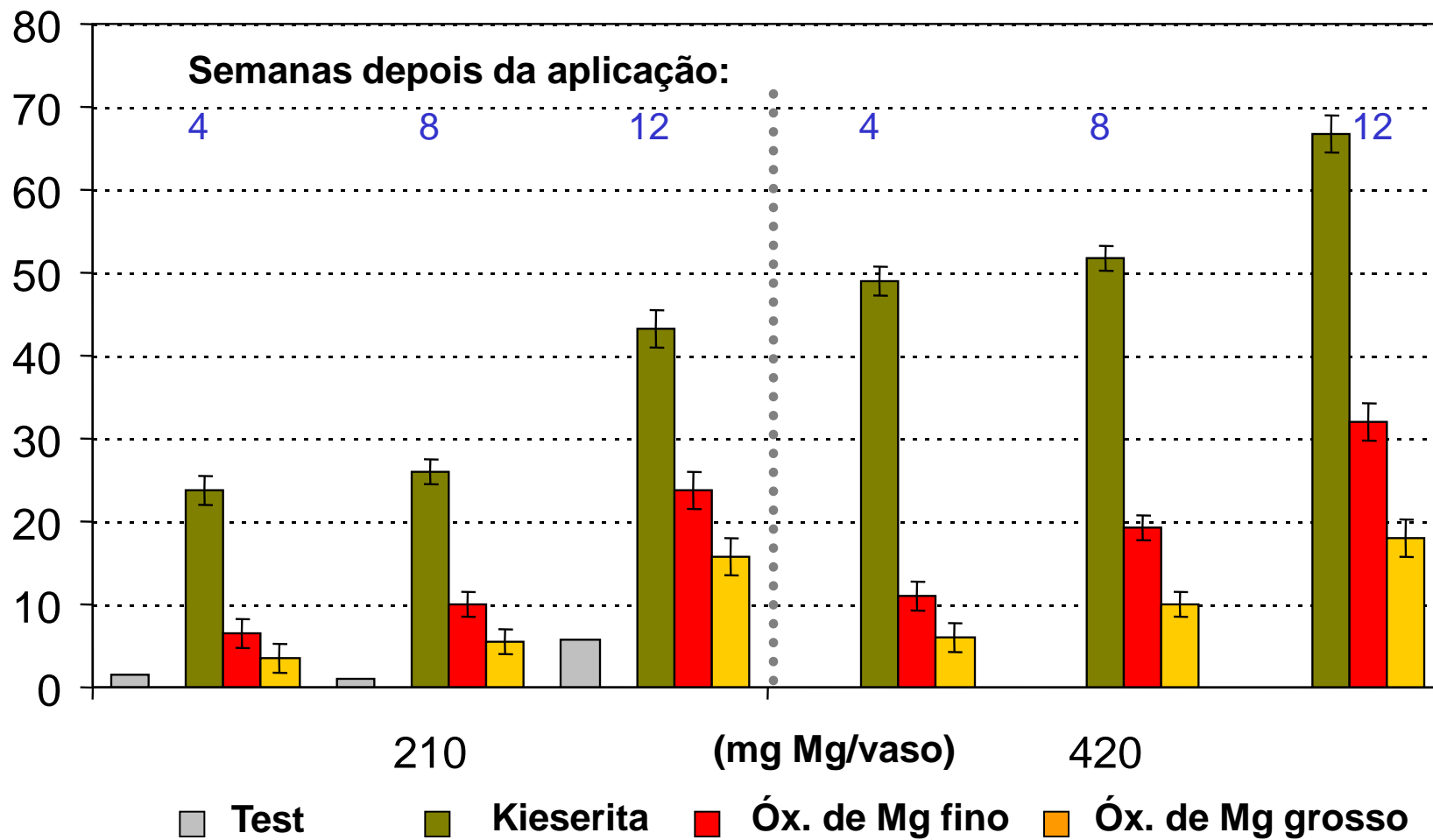
+37 %

# Efeito da fonte de magnésio na taxa de aplicação e conteúdo de Mg trocável no solo



Mg trocável  
(mg kg<sup>-1</sup>)

0-10 cm

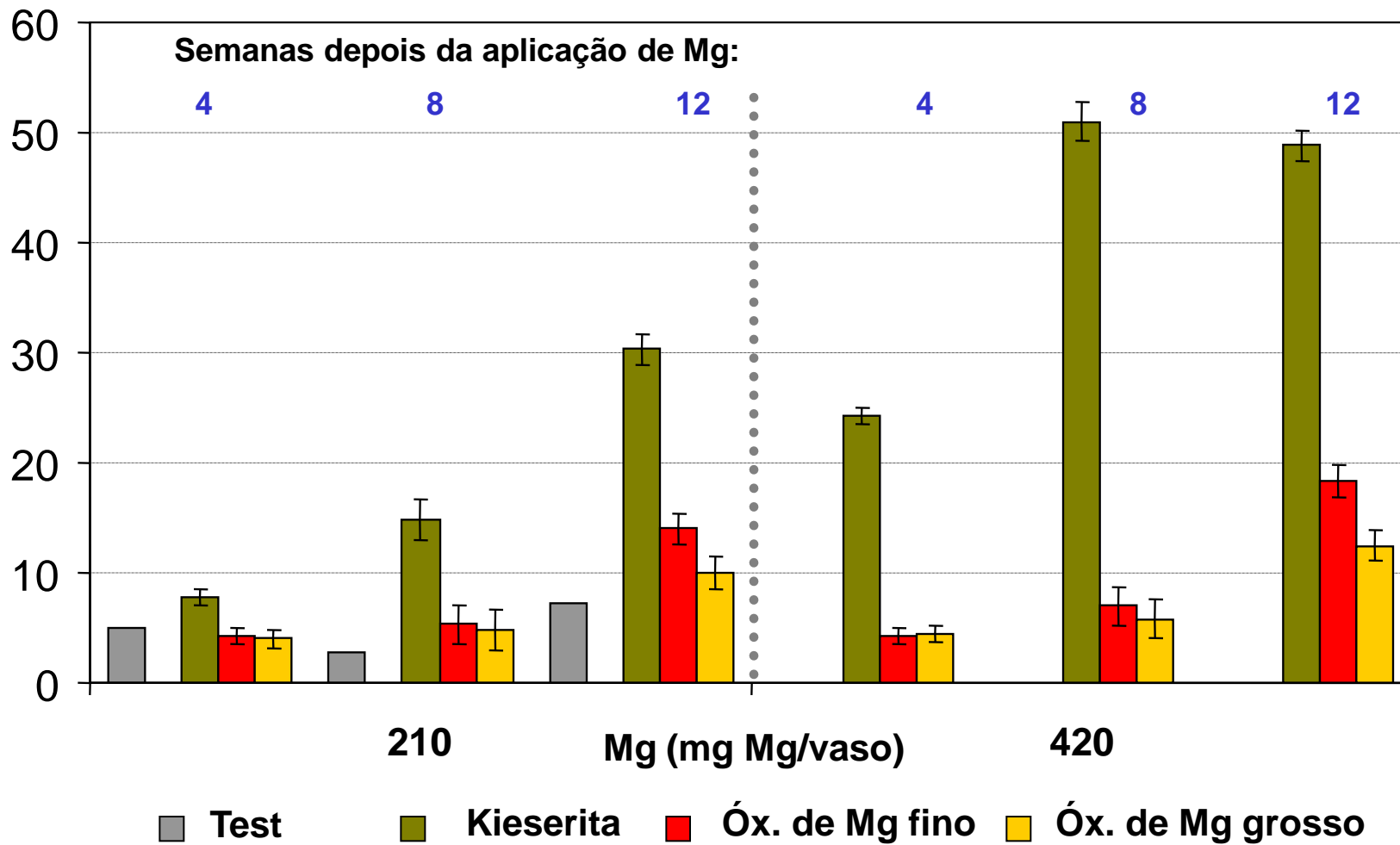


# Efeito da fonte de magnésio na taxa de aplicação e conteúdo de Mg trocável no solo

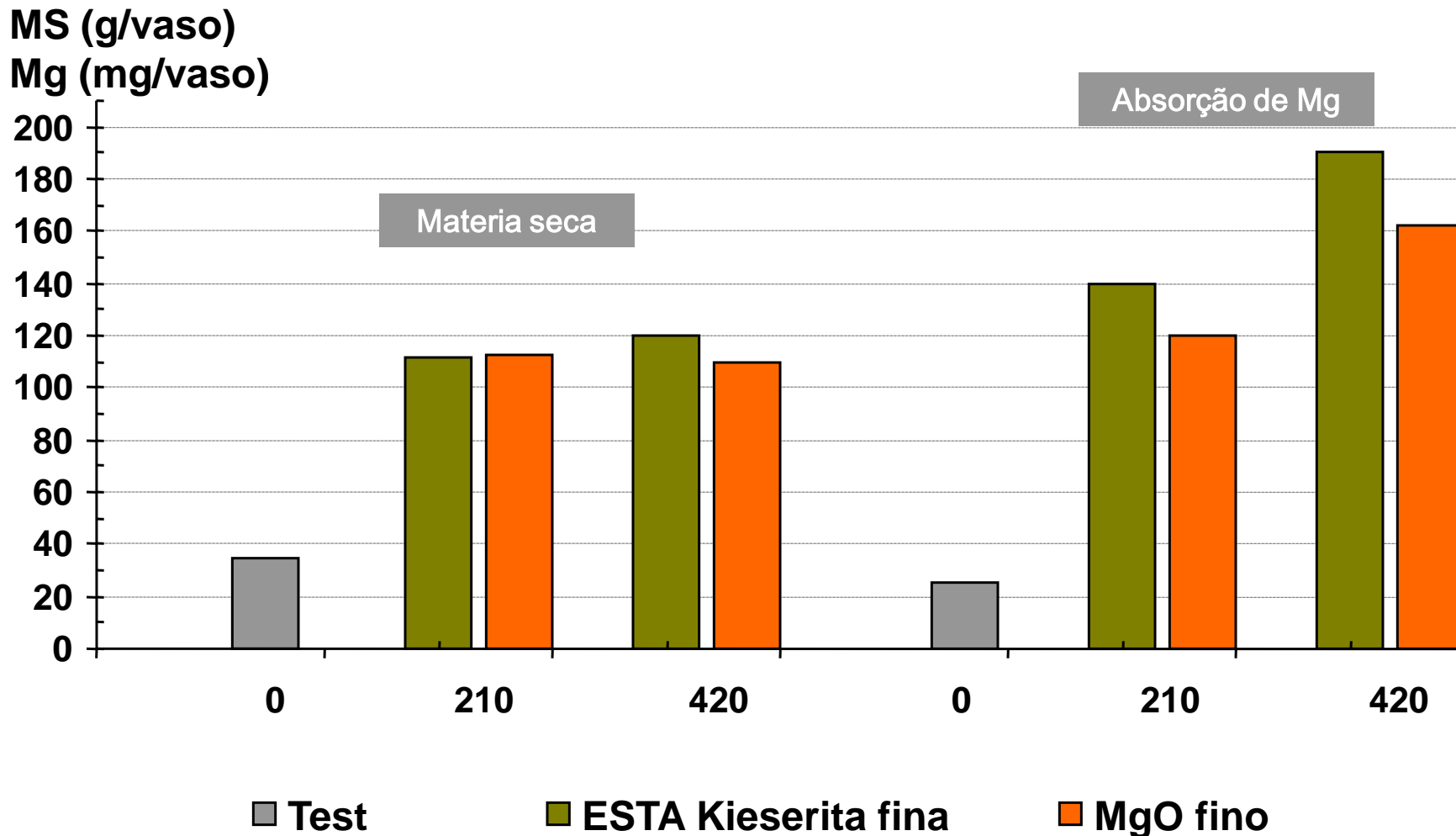


Mg trocável  
(mg/kg)

10-20 cm



# Produção de matéria seca do milho afetada por diferentes fontes de Mg

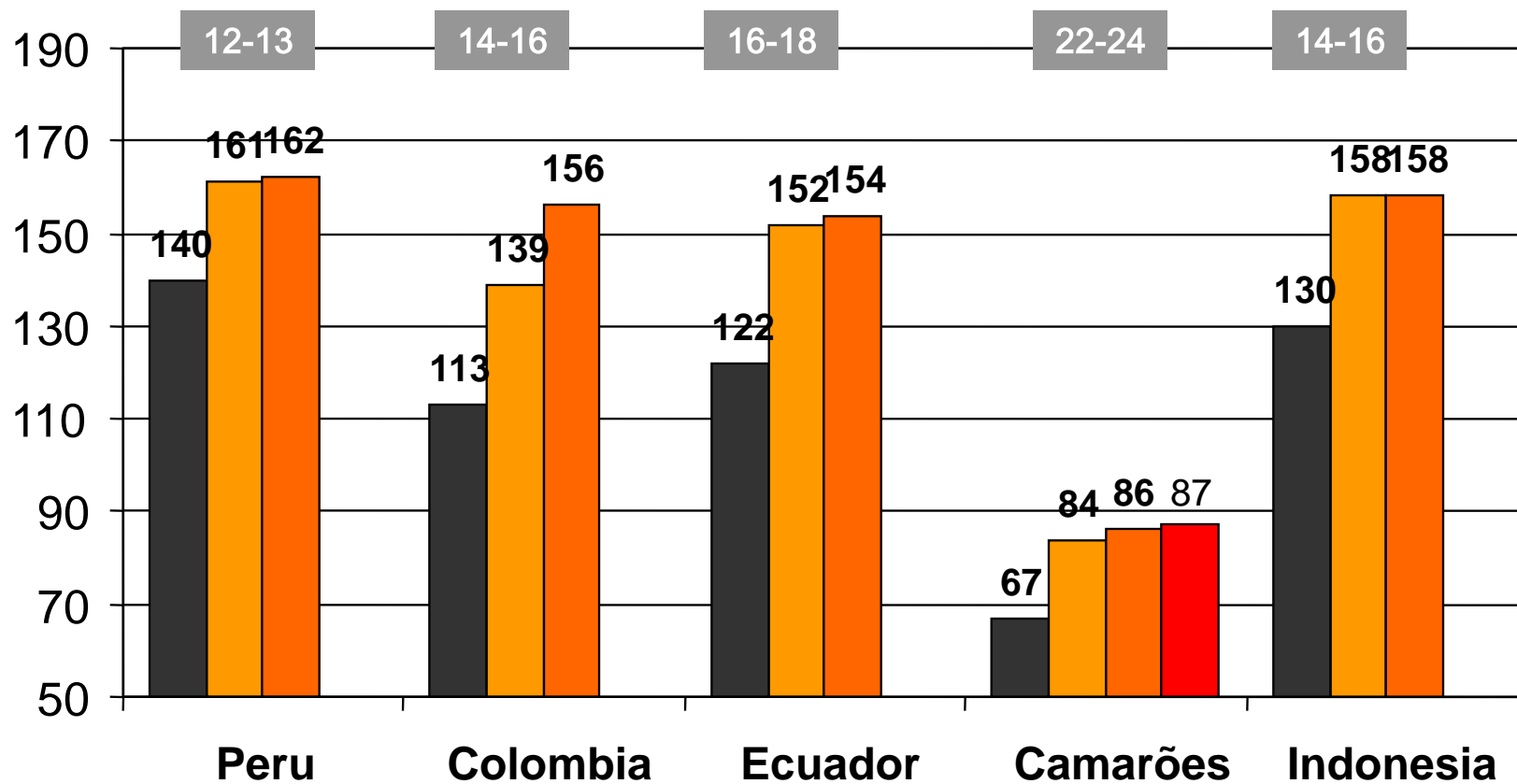


Fuente: Härdter et al., 2004

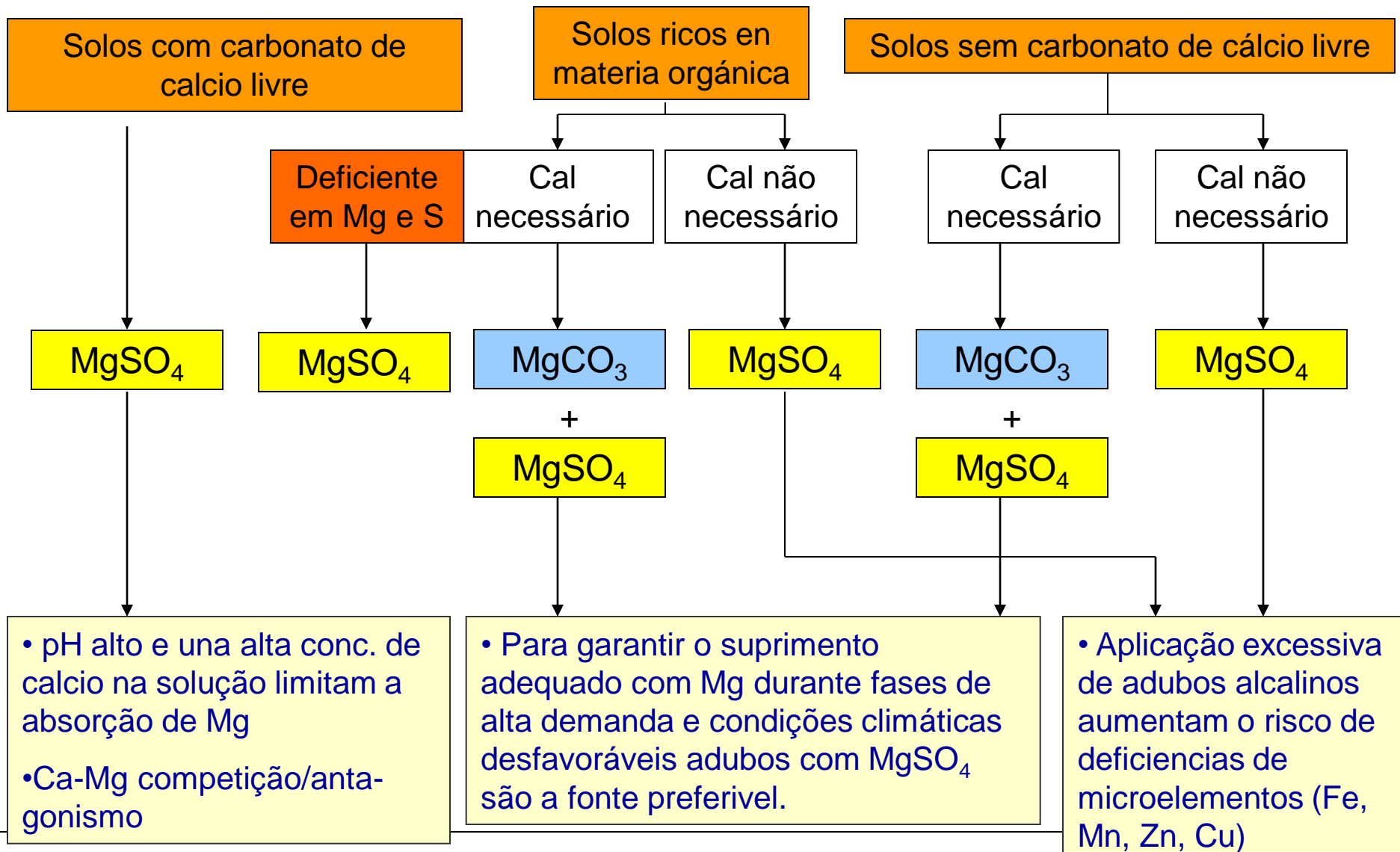
# Resposta do dendezeiro ao Mg em diferentes países



(kg/palma)



# Condições agroquímicas para o uso de $MgSO_4$ and $MgCO_3$





- 1.) Magnésio é absorvido pelas plantas como íon  $Mg^{2+}$  e é transportado até a superfície das raízes pelo mecanismo de fluxo de massa.
- 2.) Mg é retido como íon trocável por atração eletrostática em torno dos colóides negativamente carregados.
- 3.) Uma alta concentração de Ca no complexo de troca pode suprimir a absorção de Mg pelas plantas.
- 4.) Altos níveis de K trocável podem interferir na absorção de Mg pelas plantas.

- 5.) A absorção de P é máxima na presença do Mg.
- 6.) Mg diminui a inibição do crescimento radicular causado pelo Al em solos ácidos.
- 7.) O Mg é constituinte da célula vegetal e participa de reações essenciais no desenvolvimento da planta.
- 8.) A falta de Mg traz prejuízos antes mesmo da visualização dos sintomas na folha.
- 9.) A disponibilidade de Mg as plantas deve corresponder com a época em que há necessidade destes. O elemento precisa estar disponível no solo.

10.) Uma adubação balanceada:  
é a base do sucesso para uma produção das culturas!





**Muito Obrigado pela  
atenção !!!**

**Toni Wiendl**