

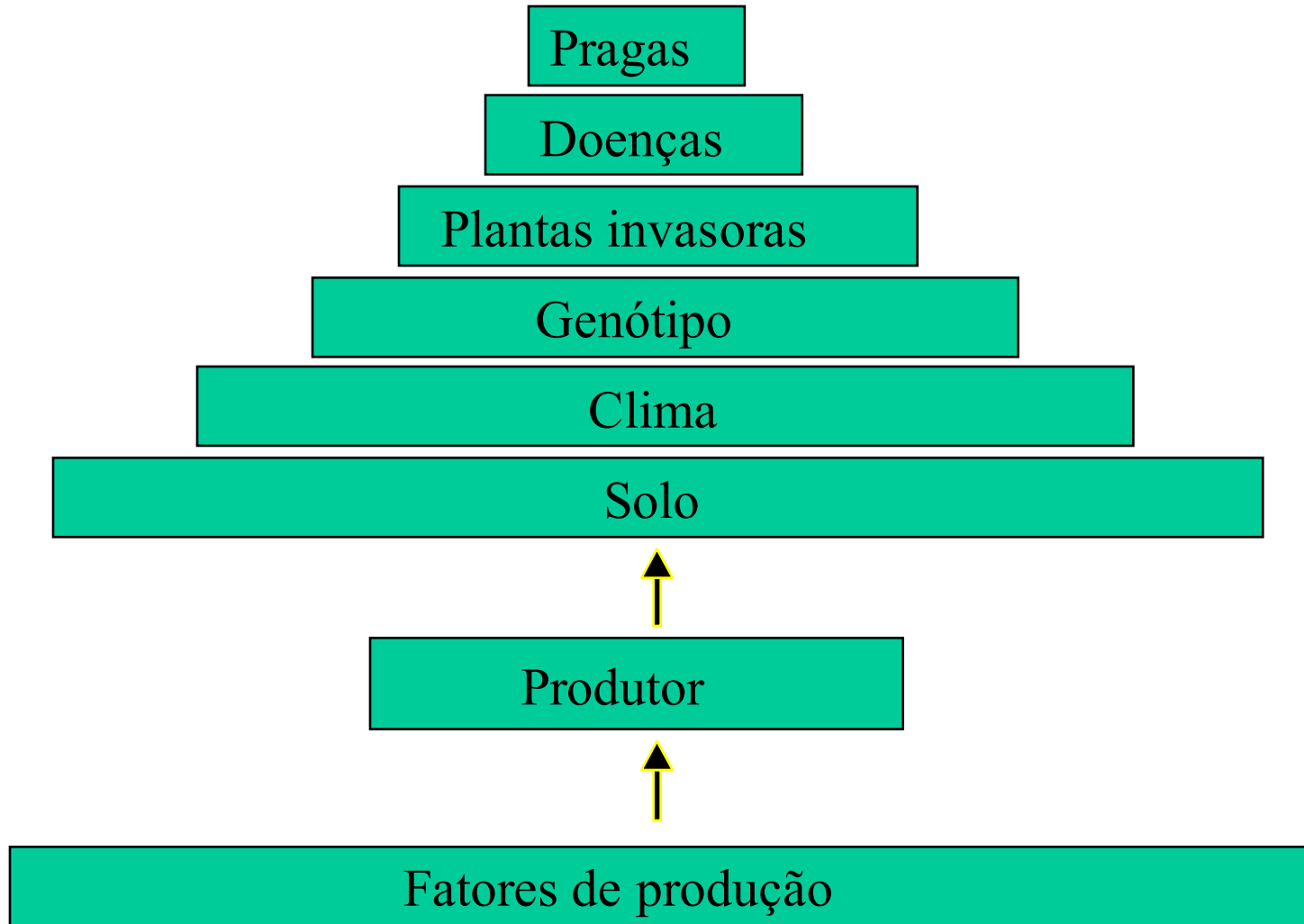


Correção do Solo

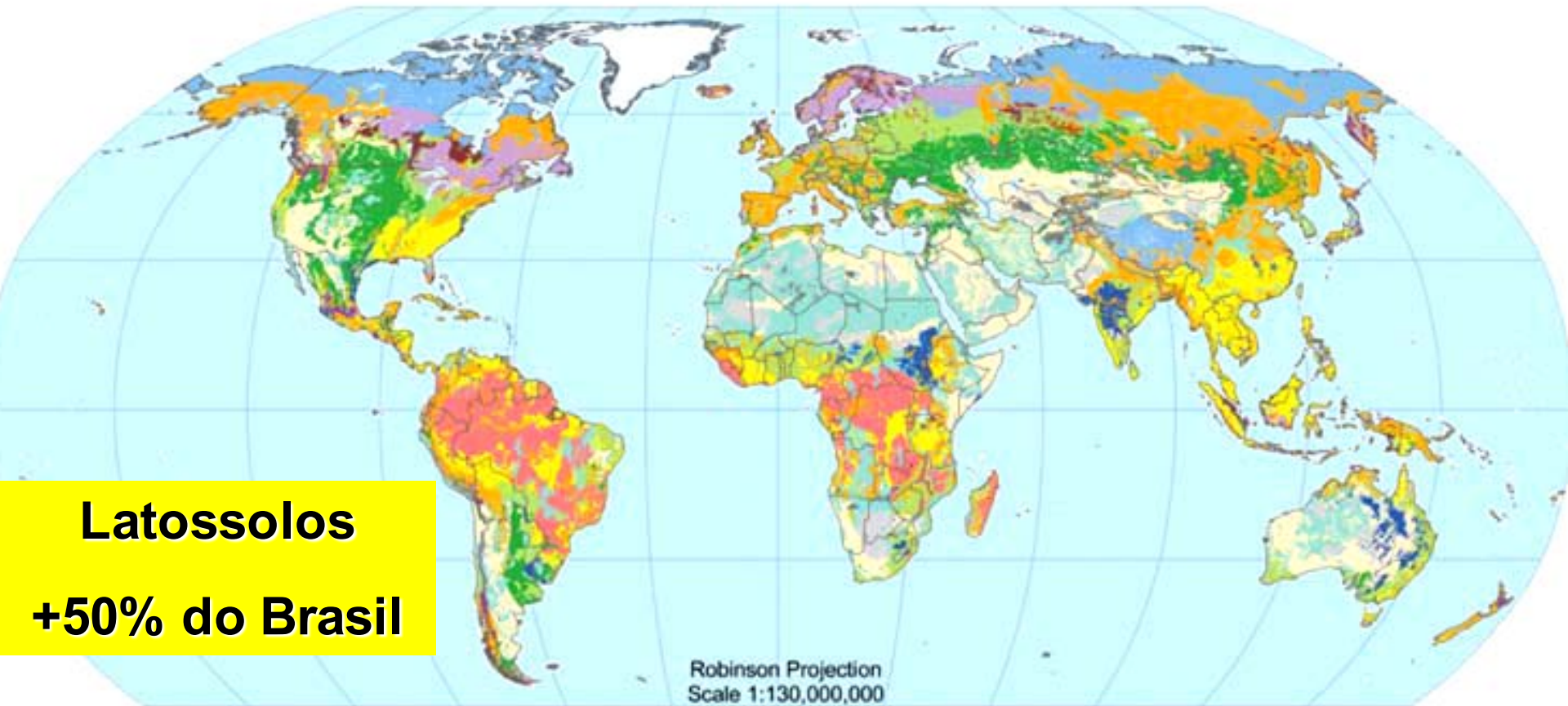
Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti
Ac. José Luís Vieira (Zé Lelé)

Goiânia - GO
20 de Setembro de 2016

Fatores de Produtividade


















Global Soil Regions

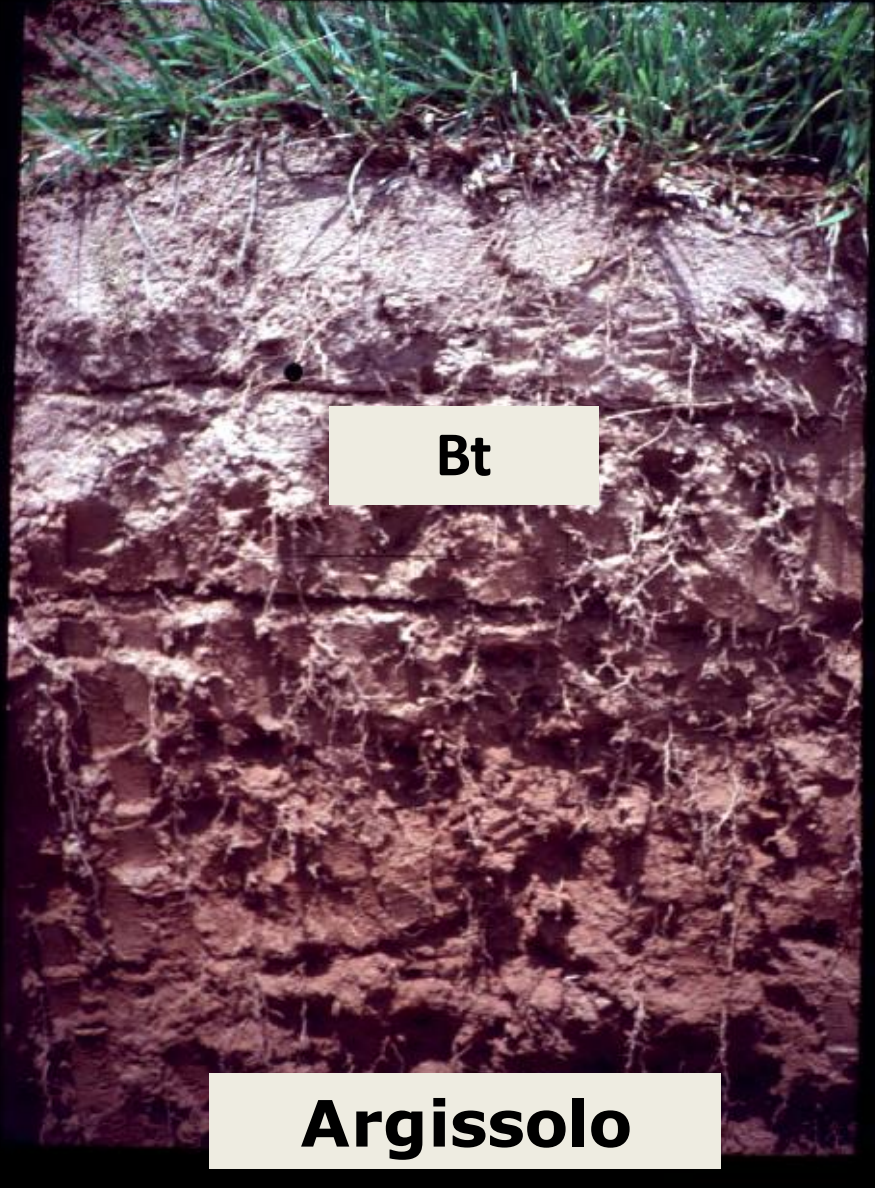
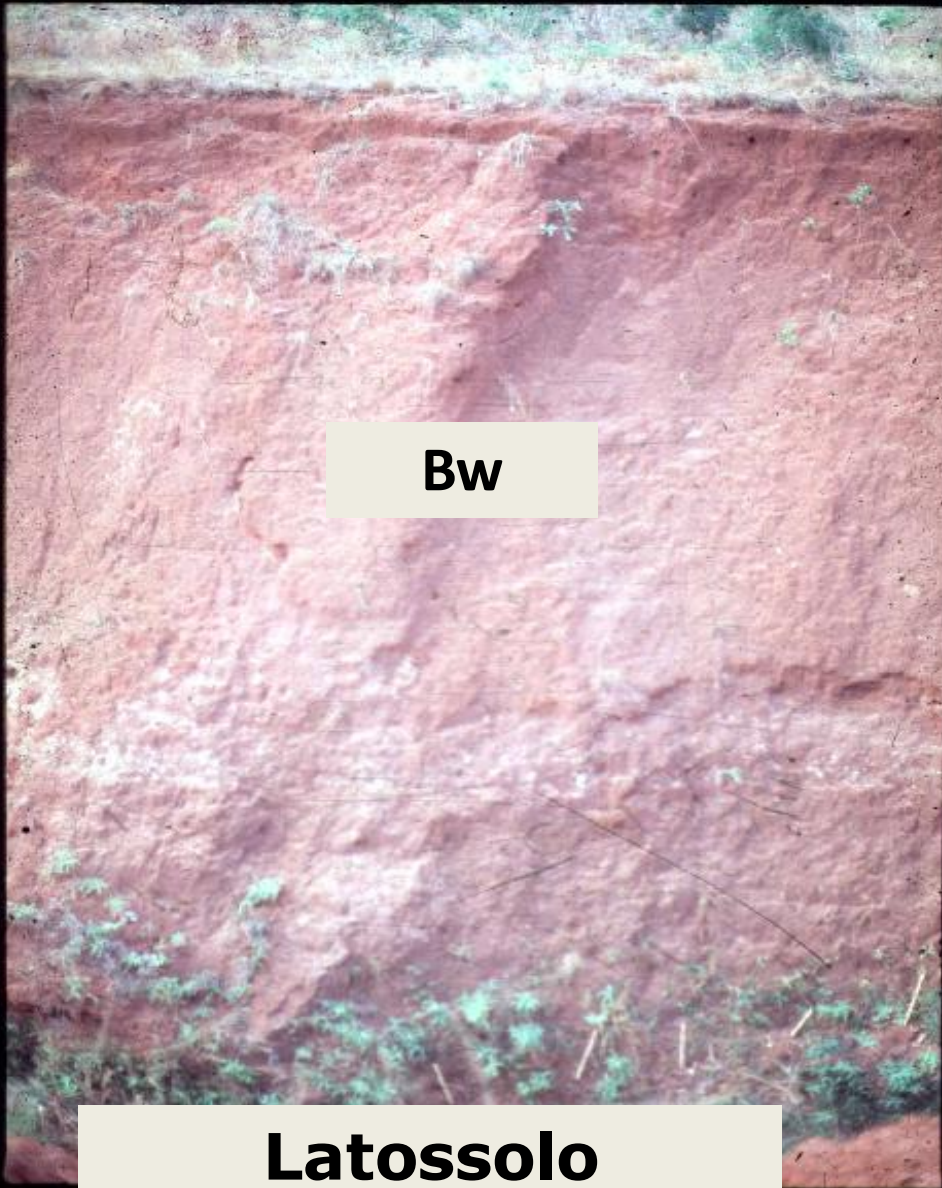


Latosolos
+50% do Brasil

Robinson Projection
Scale 1:130,000,000

Soil Orders				
 Alfisols	 Entisols	 Inceptisols	 Spodosols	 Rocky Land
 Andisols	 Gelisols	 Mollisols	 Ultisols	 Shifting Sand
 Aridisols	 Histosols	 Oxisols	 Vertisols	 Ice/Glacier

Solos Tropicais



*Argissolos

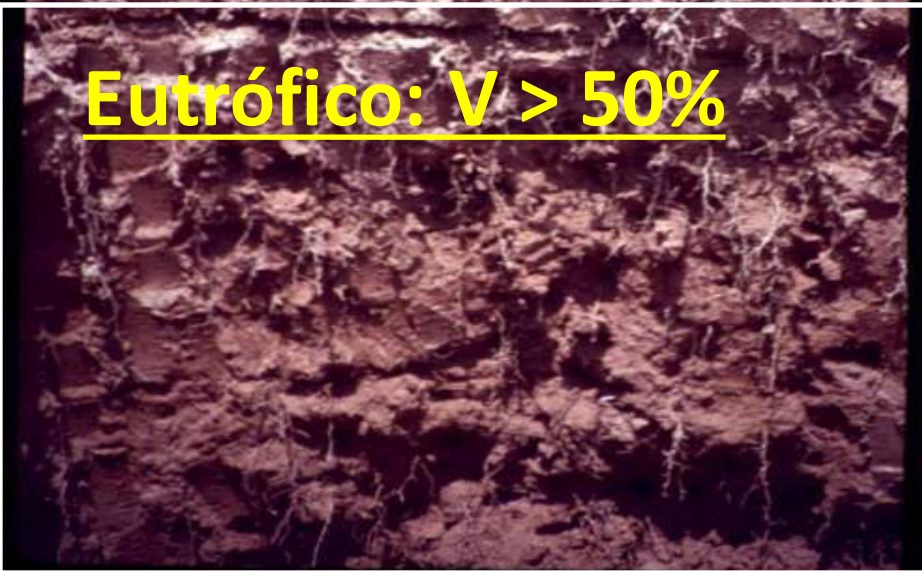
Alfissolo



Ultissolo



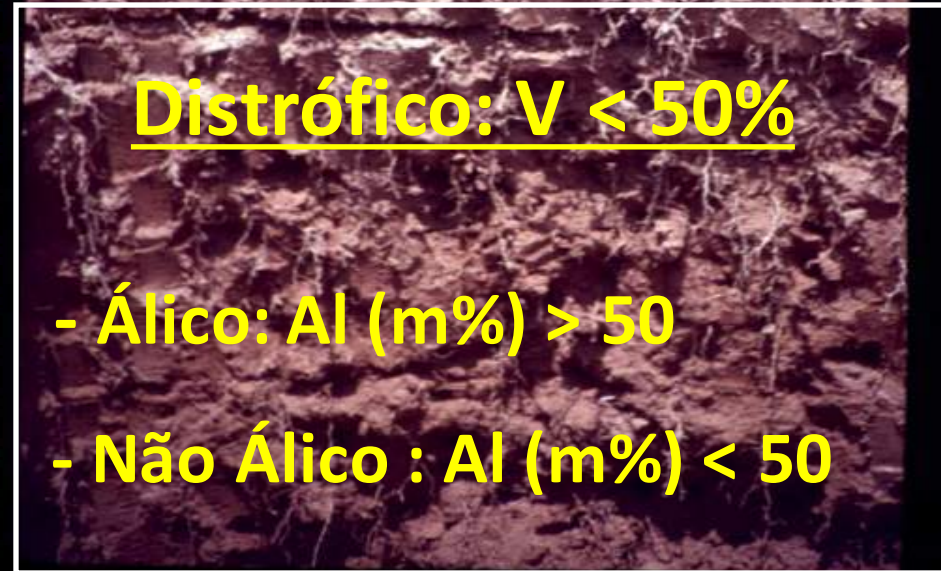
Eutrófico: $V > 50\%$

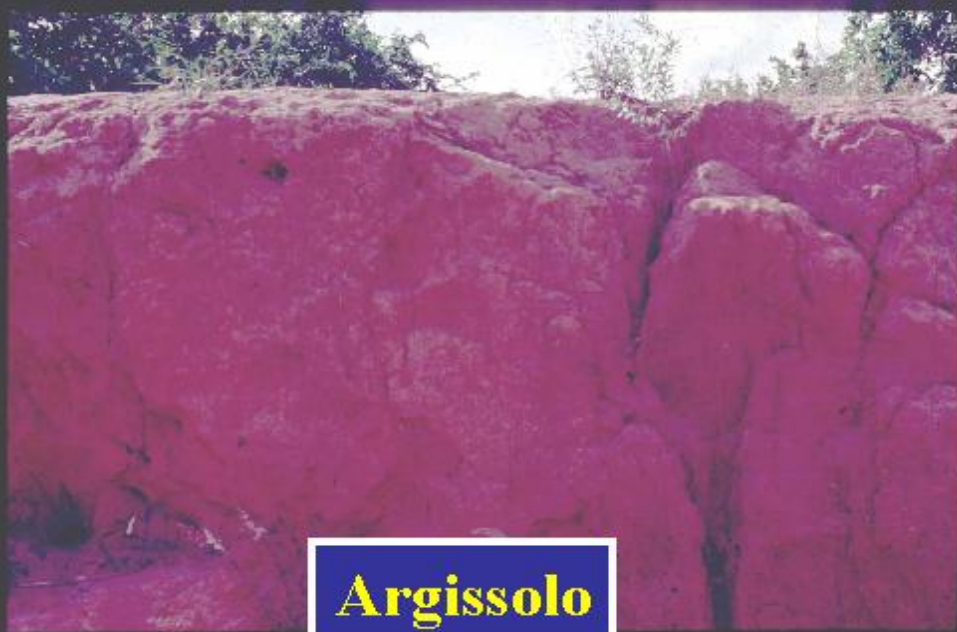


Distrófico: $V < 50\%$

- Álico: $Al (m\%) > 50$

- Não Álico : $Al (m\%) < 50$



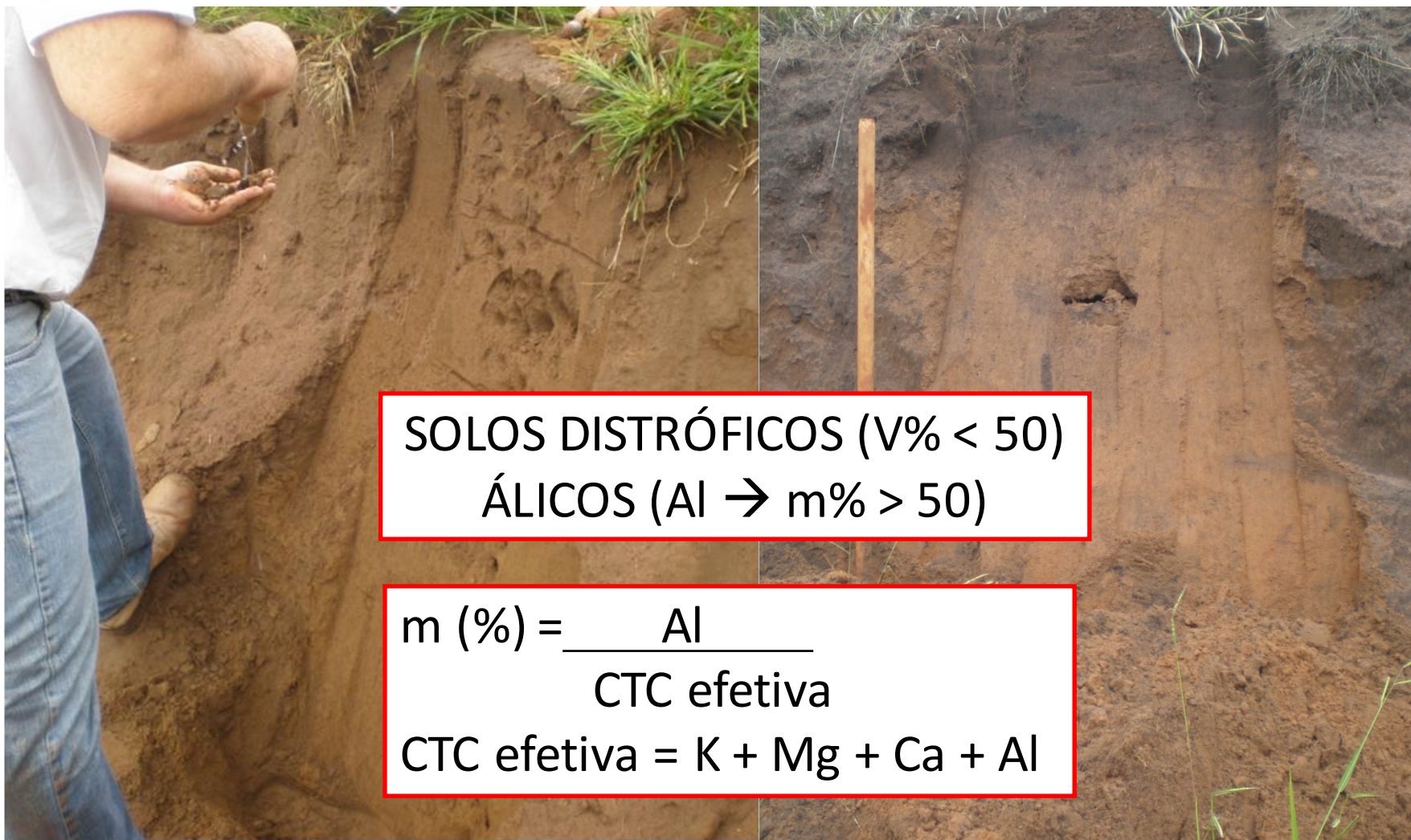


Argissolo



Neossolo Quartzarênico

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DOS SOLOS ARENOSOS: QUÍMICA, FÍSICA E BIOLÓGICAS



SOLOS DISTRÓFICOS ($V\% < 50$)
ÁLICOS ($Al \rightarrow m\% > 50$)

$$m (\%) = \frac{Al}{CTC \text{ efetiva}}$$

$$CTC \text{ efetiva} = K + Mg + Ca + Al$$

Latossolo Vermelho-Amarelo
Pirassununga-SP

Neossolo Quartzarêmico
Analândia-SP

CONCEITO DE ADUBAÇÃO



PLANTA



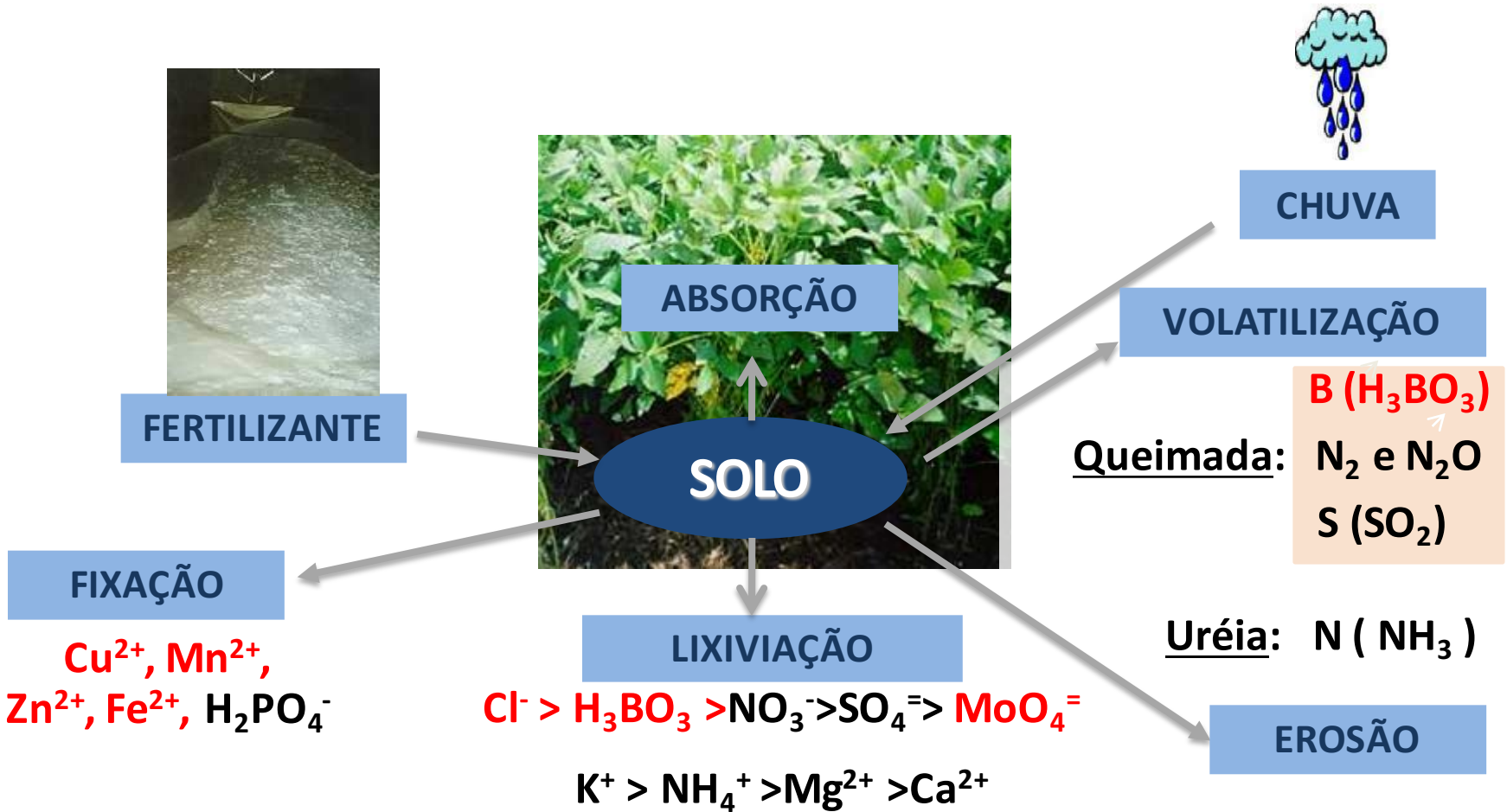
SOLO



ADUBAÇÃO

ADUBAÇÃO = PLANTA - SOLO

Fatores de perdas



$$\text{Adubação} = (\text{Planta} - \text{Solo}) \times f$$

FÓRMULA GERAL DE ADUBAÇÃO

f: Uso eficiente do fertilizante

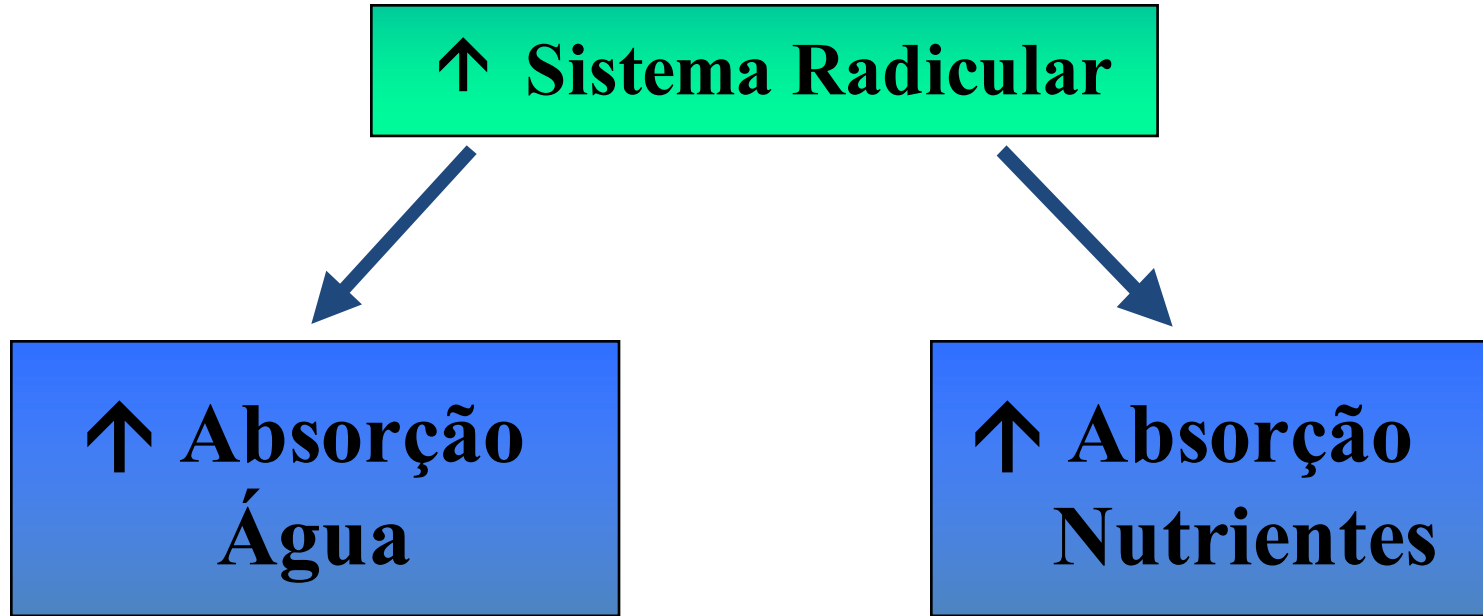
- **Sistemas de plantio** 
 - *Plantio Direto*
 - *Cultivo Mínimo*
 - *Convencional*
- Práticas conservacionistas;
- Fontes e parcelamento dos nutrientes;
- Aplicação à taxa variável
- **Práticas corretivas** (calagem, gessagem e fosfatagem)

Nutriente	Aproveitamento (%)	Fator (f)
N, S e B	50 a 60	2,0
P, Zn, Mn e Cu	20 a 30	3,0 a 5,0
K	70	1,5

$$\text{ADUBAÇÃO} = (\text{PLANTA} - \text{SOLO}) \times f$$

PRÁTICAS CORRETIVAS

(Calagem, Gessagem e Fosfatagem)



Práticas corretivas



Al x Sistema radicular



Ca x Sistema radicular

Profundidade de enraizamento de diversas culturas



<i>LOCAL</i>	<i>CULTURA</i>	<i>PROFUNDIDADE DO SISTEMA RADICULAR (cm)</i>
<i>Brasil</i>	Milho	20
	Feijão	20
	Cana-de-açúcar	60
<i>Outros Países</i>	Milho	50 - 70
	Feijão	100 - 170
	Cana-de-açúcar	120 - 200

Raízes de milho com sintomas de deficiência de boro associada à falta de cálcio por impedimento físico.

Foto: Projeto PACES/ESALQ



Paces/Esalq (2008)

MANEJO QUÍMICO DO SOLO

- . CALAGEM(*)
- . GESSAGEM (*)
- . FOSFATAGEM (*)
- . ROTAÇÃO DE CULTURAS (*)
- . ADUBAÇÃO ORGÂNICA (*)
- . ADUBAÇÃO MINERAL
 - . VIA SOLO
 - . VIA FOLIAR
 - . VIA SEMENTE

(*) Práticas que visam aumentar a eficiência da adubação mineral, isto é, diminuir o valor de “f”

$$\text{ADUBAÇÃO} = (\text{PLANTA} - \text{SOLO}) \times f$$

CALAGEM

Efeitos da calagem no aumento da produção

- Redução na absorção de Al, Mn e Fe
 - Fornecimento de Ca e Mg
- Aumento na disponibilidade dos nutrientes
 - Aproveitamento de P, K, S e Mo
- Melhoramento da estrutura do solo
- Aumento na atividade de microrganismos
 - (1) mineralização da matéria orgânica
 - (2) fixação do N

**Maior
produção**



CALAGEM

FATORES DE SUCESSO NA CALAGEM

- a) Análise de solo
- b) Uniformidade de aplicação
- c) Antecedência de aplicação
- d) Teor de Mg no solo
- e) % de bases na CTC do solo
- f) (Incorporação)

CALAGEM

MÉTODOS

a) Elevação da saturação por bases

b) Neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio

$$\text{NC} = \frac{2 \times \text{Al} + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})].100}{\text{PRNT}}$$

*Al, Ca e Mg: cmolc.dm^{-3}

c) Elevação dos teores de Ca e Mg

$$\text{NC} = \frac{3 - (\text{Ca} + \text{Mg})].100}{\text{PRNT}}$$

*Ca e Mg: cmolc.dm^{-3}

CALAGEM

a) Elevação da saturação por bases

- BASE: Correlação entre pH e saturação por bases
- Considera:
 - 1) SOLO: CTC \Rightarrow Capacidade de retenção de bases
 - 2) Planta: V(%) \Rightarrow Saturação por bases requerida
 - 3) Corretivo: PRNT \Rightarrow Potencial de Neutralização

$$NC = \frac{(V2 - V1).CTC}{PRNT}$$

NC = Necessidade de calagem (t/ha)

V2 = Saturação por bases desejada (%)

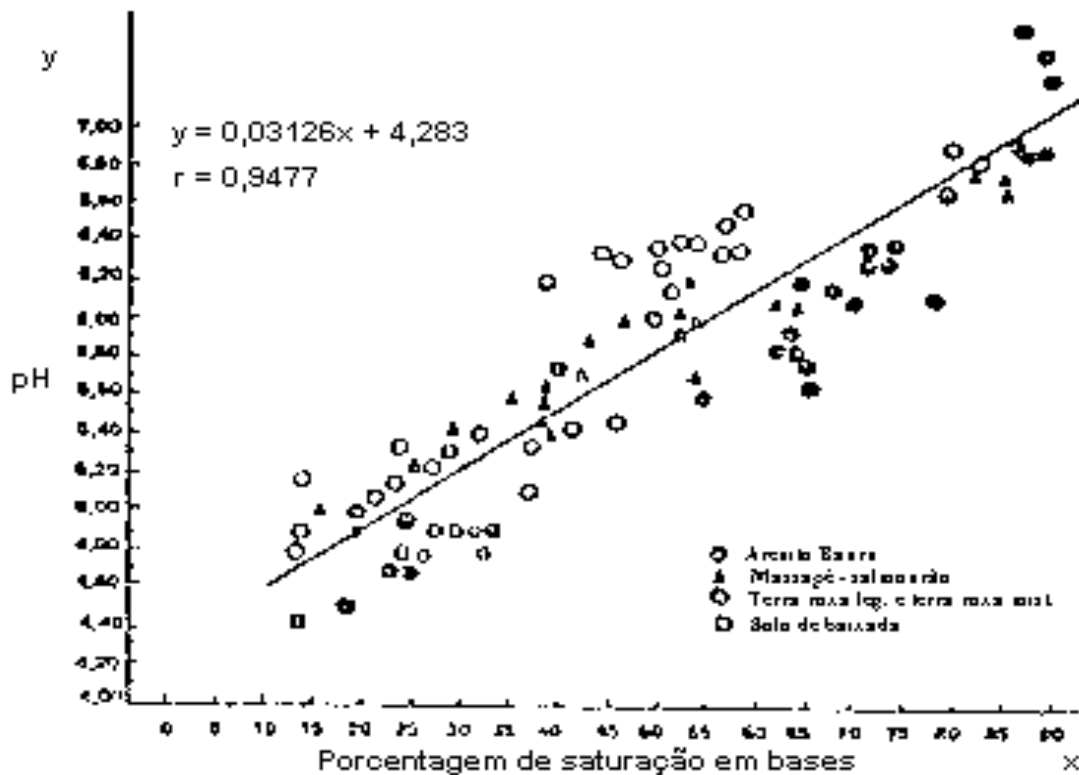
V1 = Saturação por bases atual do solo (%)

CTC = Cap. de Troca Catiônica potencial (cmol_c/dm³)

PRNT = Poder Rel. de Neutralização Total (%)

CALAGEM

CALAGEM = Elevação da saturação por bases
RELAÇÃO = Entre pH H₂O e saturação por bases – V%



$$V = \frac{SB \cdot 100}{CTC}$$

V = Relação matemática
Exemplo (1)

$$SB = 15 \text{ mmol/dm}^3$$

$$CTC = 30 \text{ mmol/dm}^3$$

$$V = 50\%$$

Exemplo (2)

$$SB = 30 \text{ mmol/dm}^3$$

$$CTC = 60 \text{ mmol/dm}^3$$

$$V = 50\%$$

CALAGEM

MANEJO QUÍMICO DO SOLO

Método do Ca+Mg (solos arenosos)

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{\{3 - (\text{Ca} + \text{Mg})\} \times 100}{\text{PRNT}}$$

onde:

NC = t.ha⁻¹ de calcário para a camada de 0-20cm.

Ca= teor de Cálcio do solo em cmol.dm⁻³ (0-20 cm)

Mg= teor de magnésio do solo em cmol.dm⁻³ (0-20cm)

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%)

OBS: Utilizar o critério que revelar maior dose de calcário

CALAGEM

SELEÇÃO DO MÉTODO

PASTAGEM EXCLUSIVA



ESPÉCIES: TOLERÂNCIA À ACIDEZ



B. humidicola
B. decumbens
Andropogon

TOLERANTES



ARENOSO



Ca + Mg

ARGILOSO



Al e Ca + Mg

SUSCEPTÍVEIS



ARENOSO



Al e Ca + Mg

ARGILOSO



Sat. por Bases – V%

Panicum maximum
B. Brizantha
Hypparrhenia rufa

Macedo et al., 1993

Análise de Solo

Interpretação de Análise de Solo

Limites de classes de teores de Mg^{2+} trocável

Teor	Mg^{2+} trocável (*)	
	$cmol_c \cdot dm^{-3}$	$mmol_c \cdot dm^{-3}$
Baixo	0 – 0,4	0 - 4
Médio	0,5 – 0,8	5 - 8
Alto	> 0,8	> 8

Fonte: (*) Raij et al., 1996

Obs: Sugere-se 0,8 A 1,2 $cmol_c \cdot dm^{-3}$ Mg (Vitti, 2016).

CALAGEM

d) Teor de Mg no solo:

- Hipomagnesemia ou tetania das pastagens
↓ Mg, ↑ K/Mg ou ↑ Ca/Mg
- $Mg \geq 5,0 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$
- Regiões com alta disponibilidade de calcário com baixo Mg
 - Correção do solo: calcário disponível
 - Fornecimento de Mg no sulco de plantio

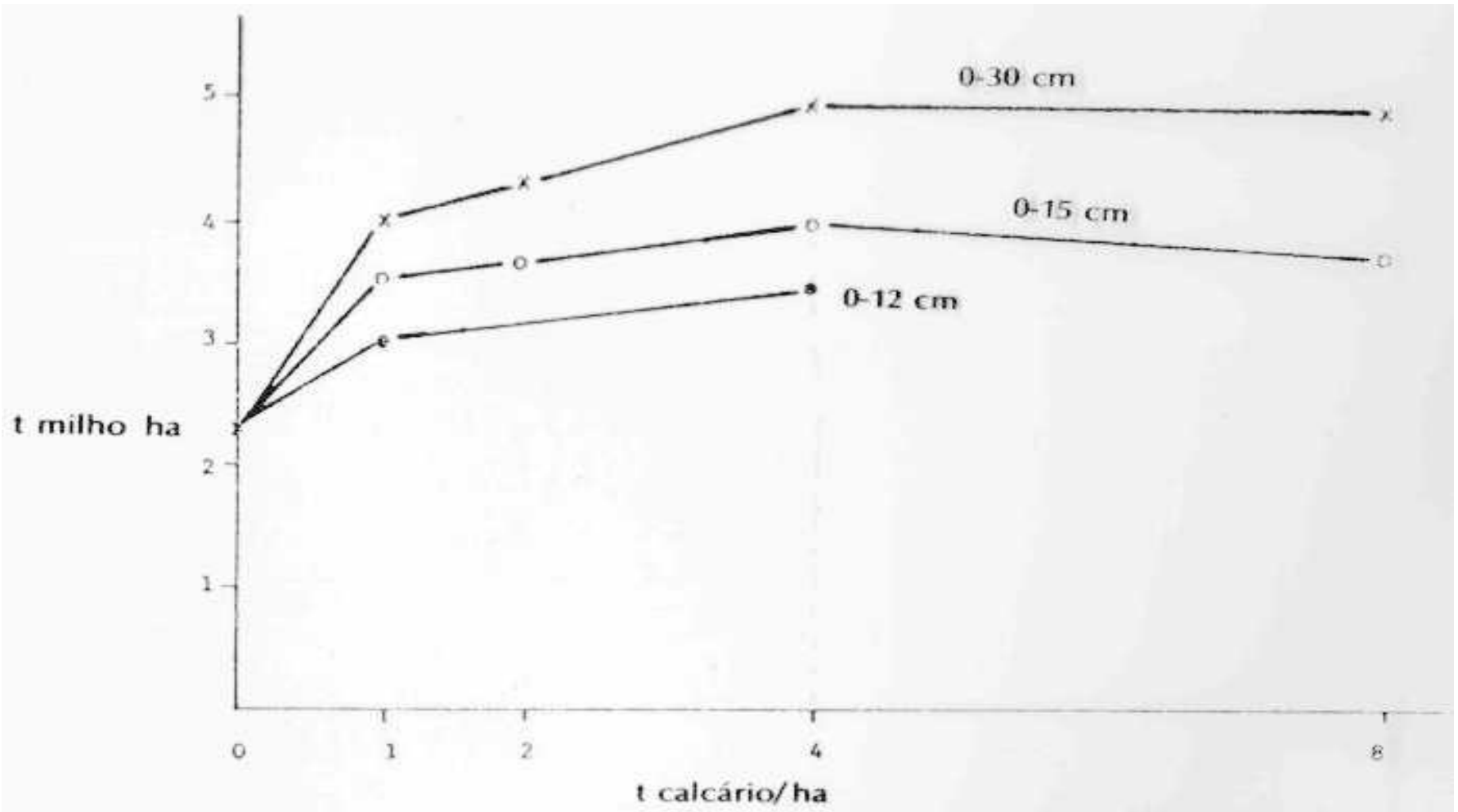
e) % de bases na CTC do solo:

Porcentagem de saturação de K, Mg e Ca em relação ao valor T do solo, na faixa de V% adequada.

V%	K%T	Mg%T	Ca%T
50	4	11	35
60	5	15	40
70	5	16	48

Chave para tomada de decisão do preparo do solo





Influência da profundidade de incorporação do calcário em latossolo vermelho escuro na produção do milho.

CALAGEM

MODO DE APLICAÇÃO

Pastos em implantação - Área Total

- Sugestão de preparo do solo: Gradagem Pesada – Aplicação de corretivos – Aração – Gradagem Média – Fosfatagem – Gradagem de acabamento (leve) – Plantio.
- Pode-se substituir a aração pela subsolagem, porém aplicar o calcário antes da gradagem pesada.

CALAGEM

Calagem em Sistema de Plantio Direto

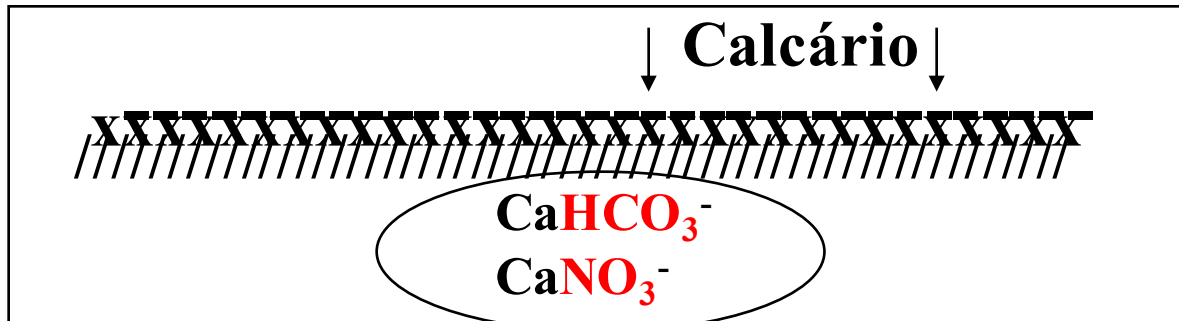
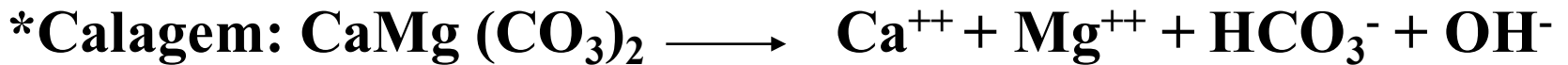
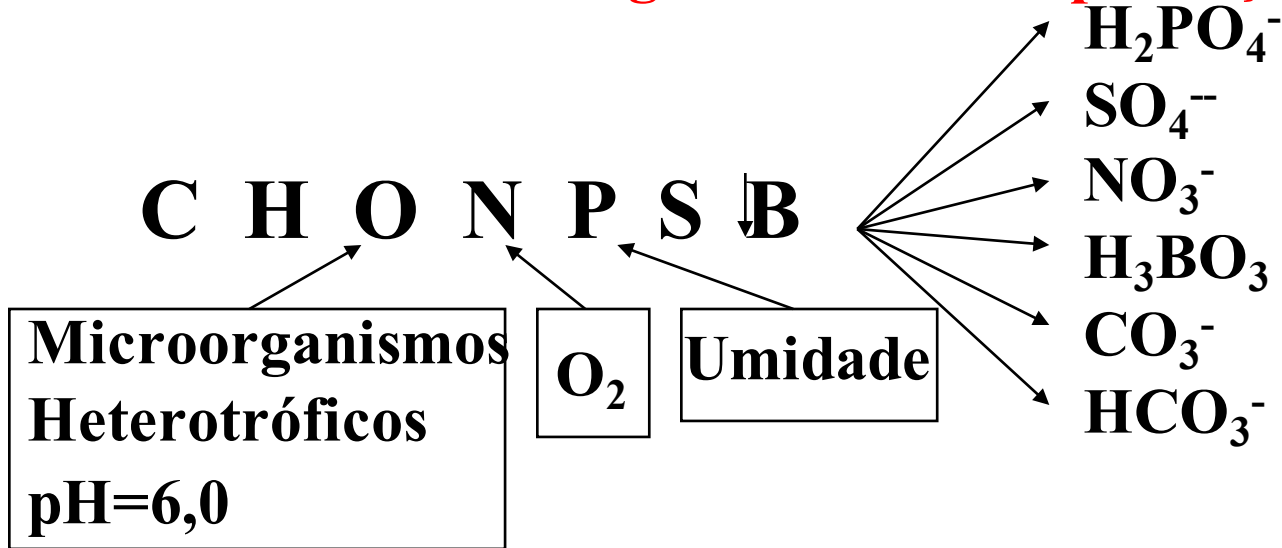
- ✓ Formação e migração de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
- ✓ Deslocamento mecânico de partículas de calcário (canais de raízes mortas – intactos – ausência de preparo)
- ✓ Adição de calcário e fertilizantes nitrogenados
- ✓ Manejo de resíduos orgânicos

ML⁰ ou ML⁻¹ (M = Ca ou Mg) - mobilidade no solo

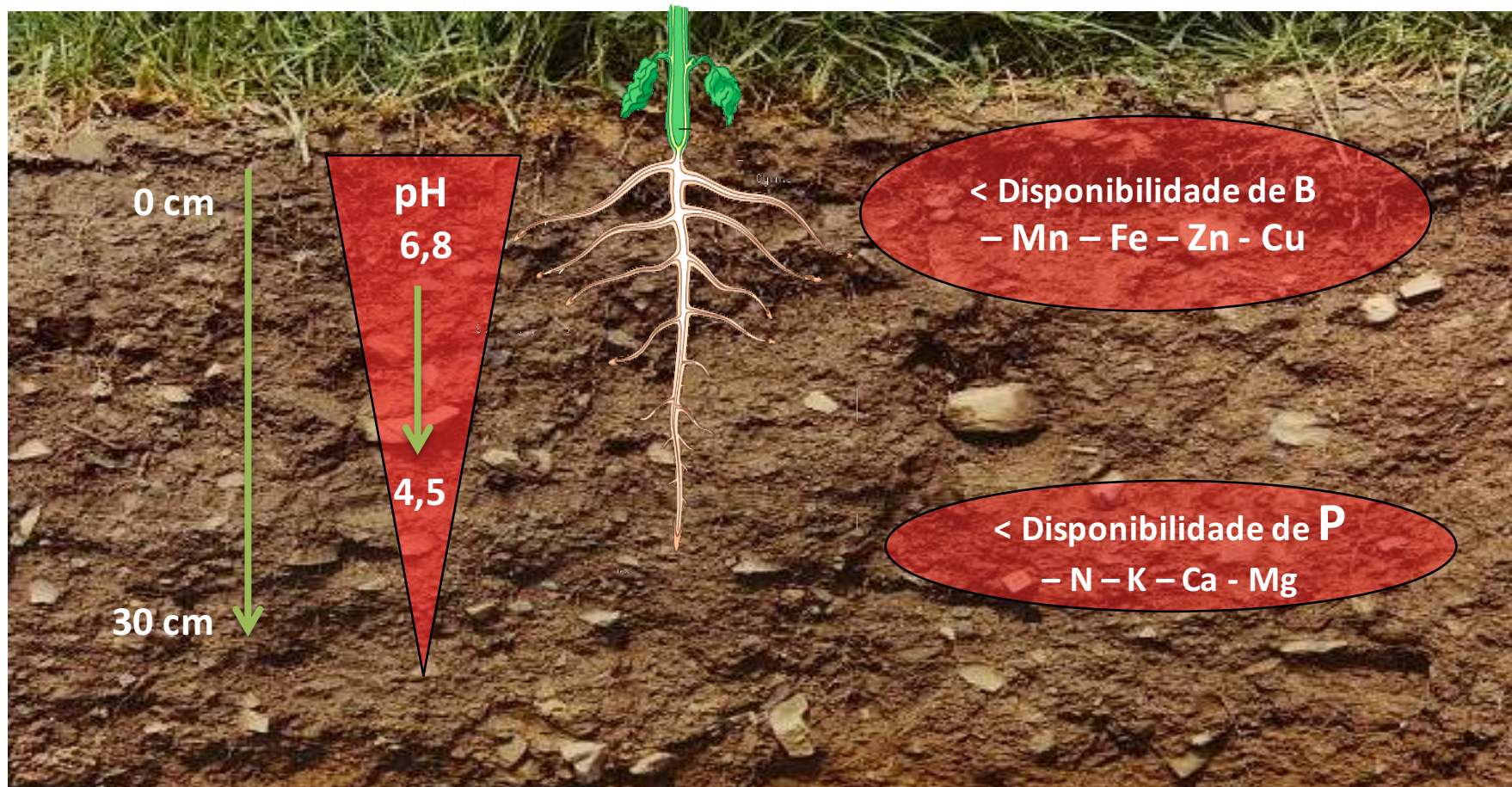
Subsolo: M – complexos orgânicos – deslocado pelo Al^{+3} : complexos mais estáveis – redução de acidez trocável

MUDANÇAS NO SISTEMA SOLO-PLANTA NO PLANTIO DIRETO

Aumento Matéria Orgânica → Maior produção de Quelados



GRADIENTE DE pH EM SOLOS DE PLANTIO DIRETO

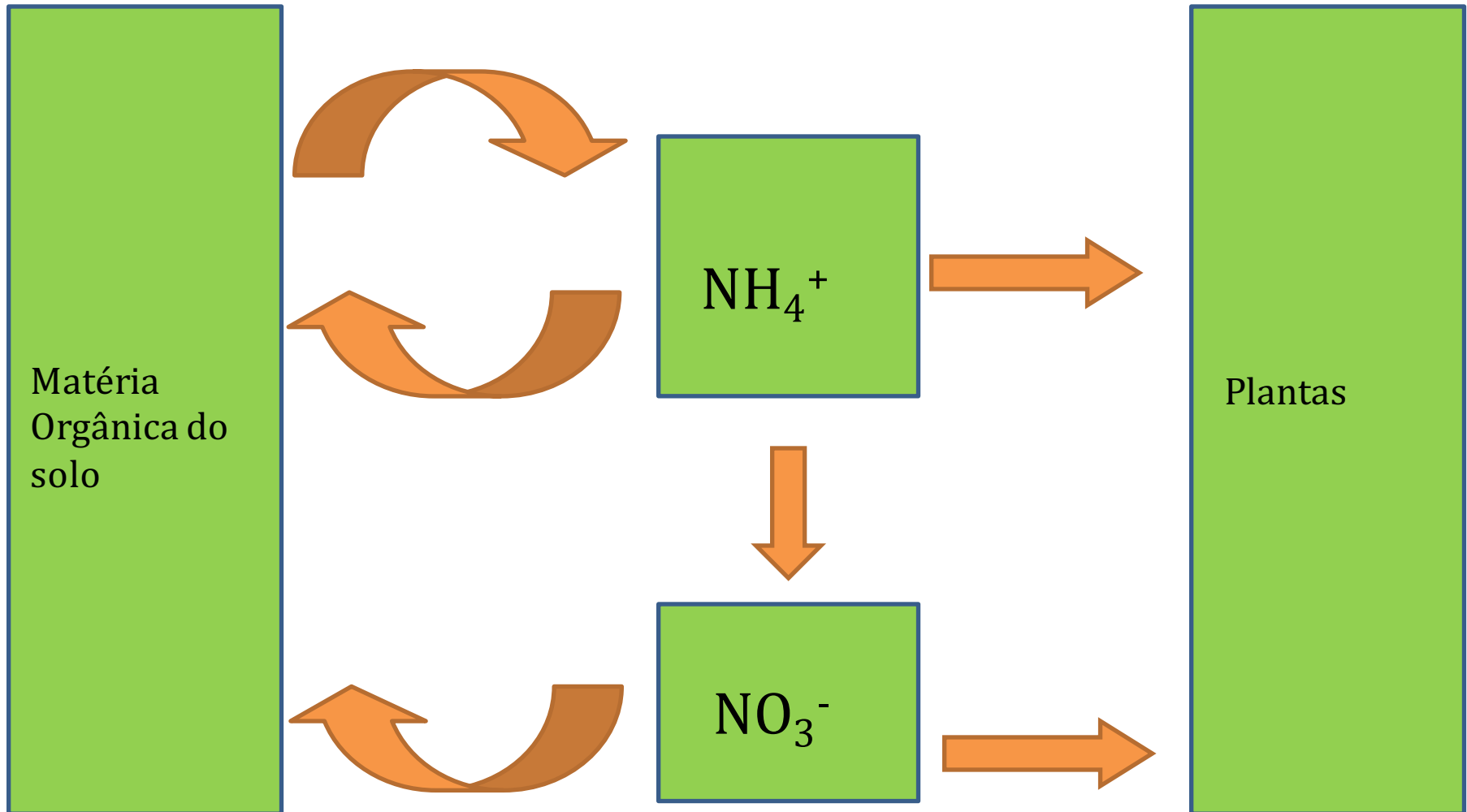


IA = 58 (100 kg MAP => 58 kg de Calcário - PRNT

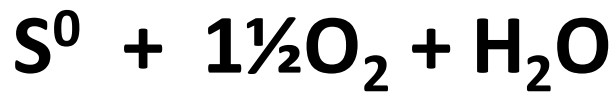


Fonte: Valduga, 2011

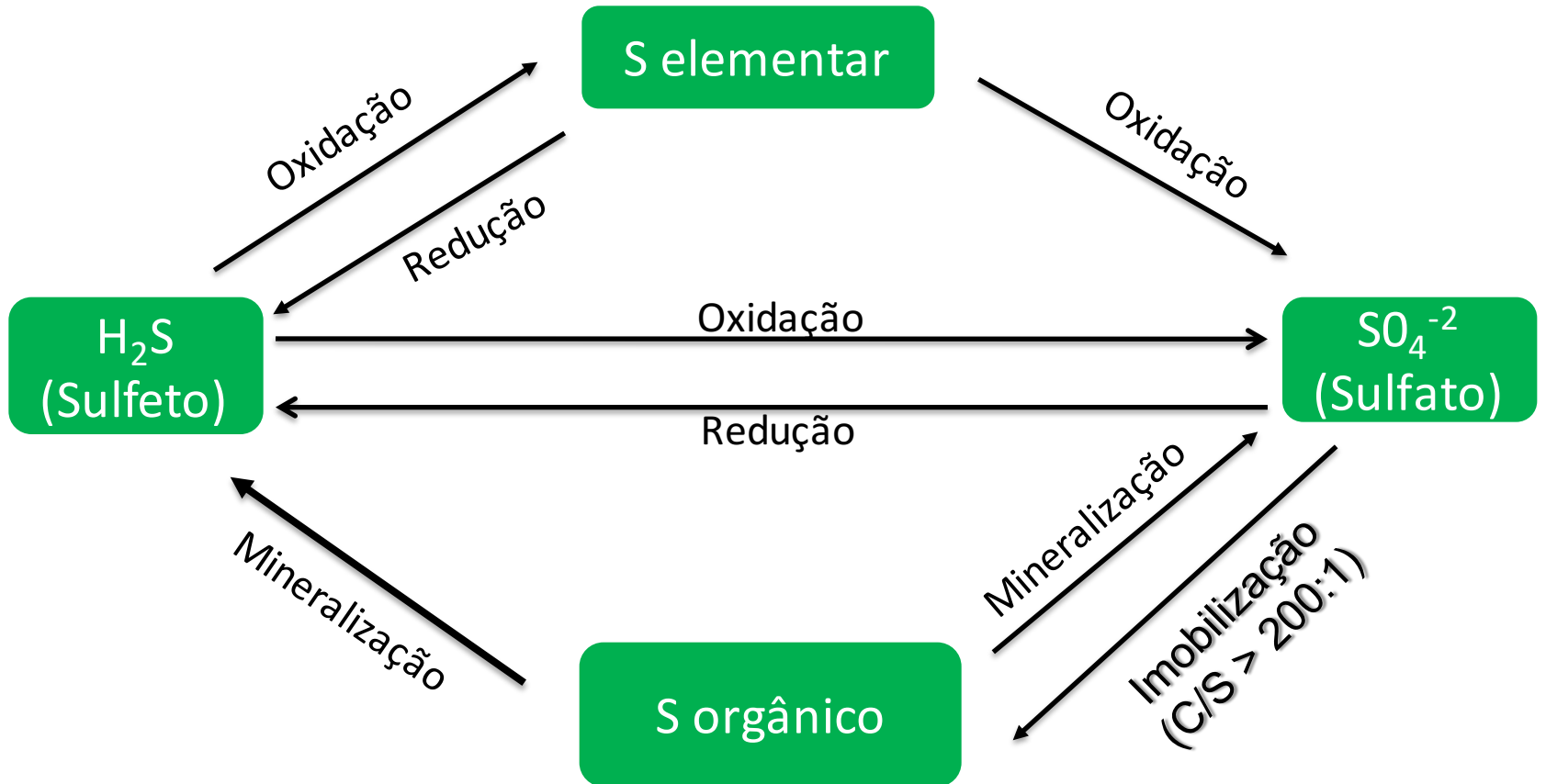
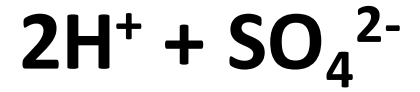
Mineralização da matéria orgânica



Ciclo do Enxofre no Solo

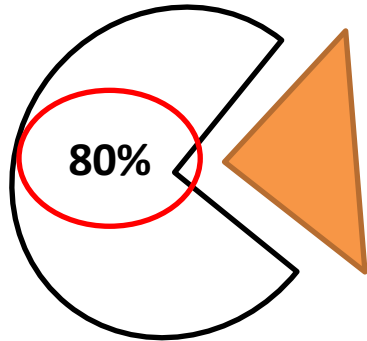


microrganismos

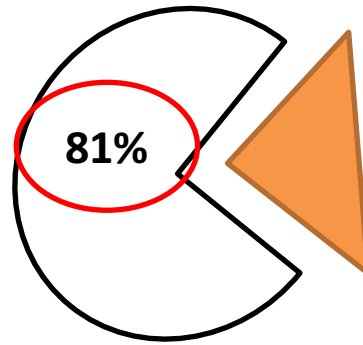


Distribuição relativa do Al complexado com ânions orgânicos de alta e baixa massa molecular na solução de solos sob plantio direto

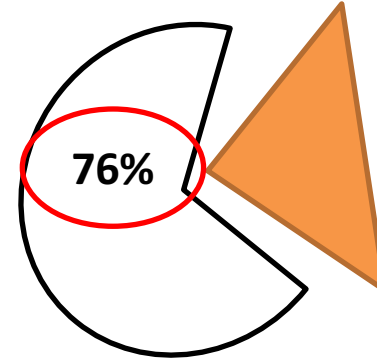
Rondonópolis/MT



Ponta Grossa/PR



Botucatu/SP



Alta massa molecular



Baixa massa molecular

CALAGEM

Necessidade de calagem para o sistema plantio direto

Estado do Paraná

Amostragem de solo: 0-20 cm

Calcular a dose de calcário pelo método da elevação da saturação por bases para 70%

Distribuir a dose de calcário calculada sobre a superfície do solo em uma única aplicação ou de forma parcelada até 3 anos

A calagem na superfície somente deve ser recomendada para solo com $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} < 5,6$ ou saturação por bases $< 65\%$ na profundidade de 0-5 cm

O monitoramento da acidez na camada superficial do solo (0-5cm) serve para auxiliar a avaliação da frequência da aplicação de calcário na superfície

Capacidade de neutralização de diferentes materiais neutralizantes (ALCARDE, 1992).

Material neutralizante	Poder de neutralização ou equivalente ao CaCO₃(%)
CaCO ₃	100
MgCO ₃	119
CaO	179
MgO	248
Ca(OH) ₂	135
Mg(OH) ₂	172
CaSiO ₃	86
MgSiO ₃	100

Fórmula para compra do Calcário Agrícola

$$F.C. = \frac{P.C. + P.F.}{P.R.N.T.}$$

F.C. = Fórmula de comprar calcário

P.C. = Preço do calcário

P.F. = Preço do frete

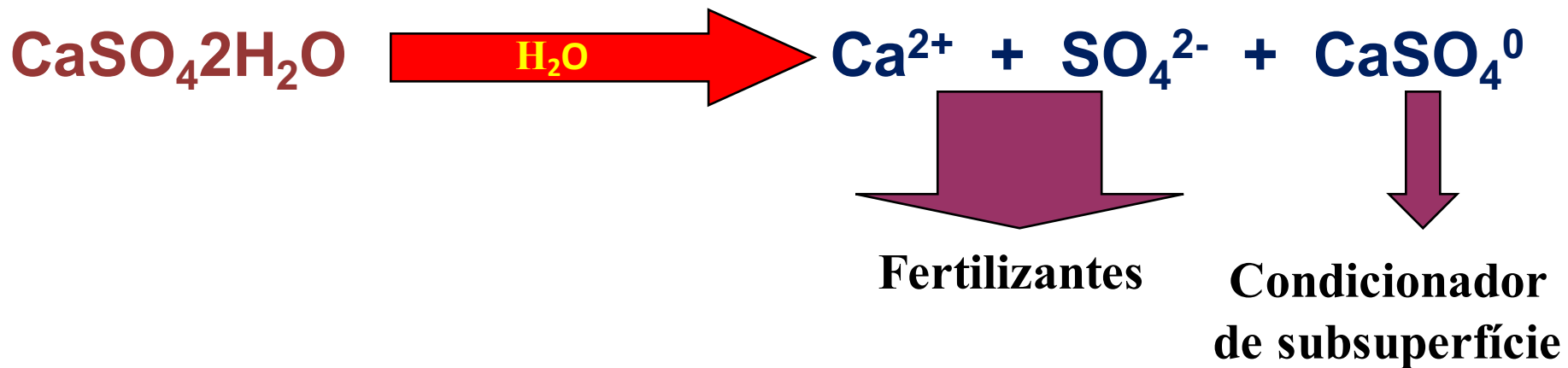
P.R.N.T. = Poder relativo de neutralização total

Obs.: O agricultor deve comprar o calcário que apresentar o menor custo por PRNT.

MESSAGEM

Comportamento do gesso no solo

Dissociação

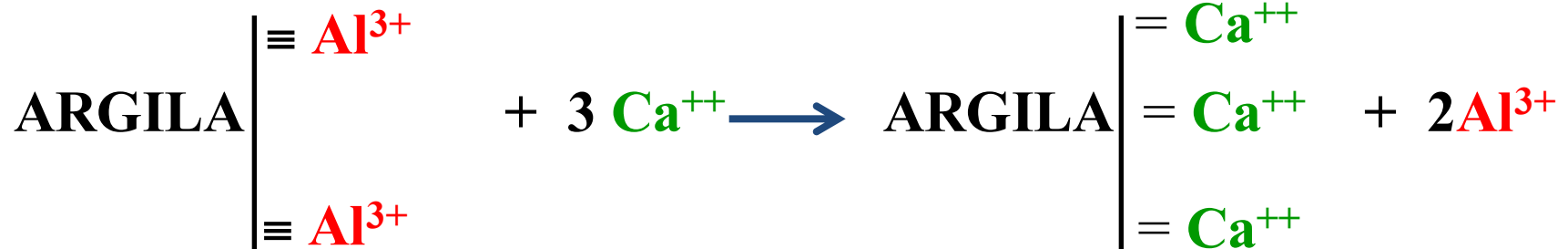
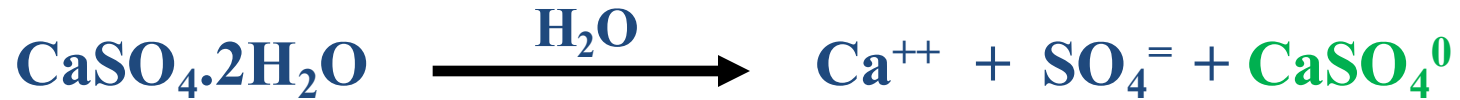


$\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$  **Troca iônica**

CaSO_4^0  **Lixiviado**

MESSAGEM

Condicionador de sub-superfície

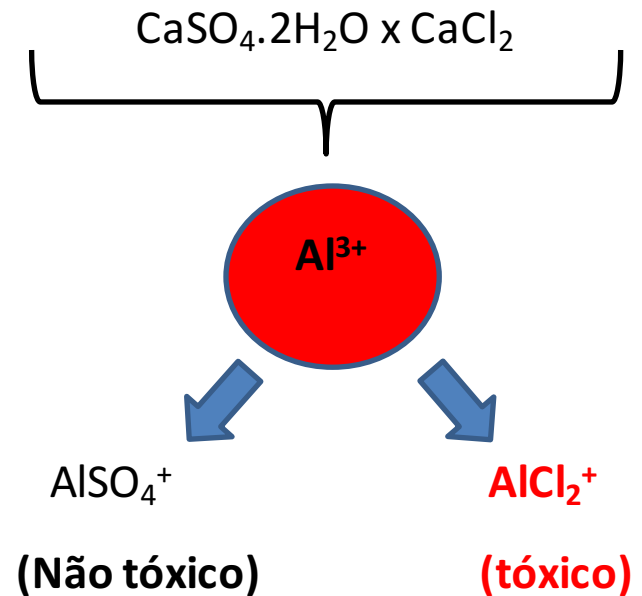
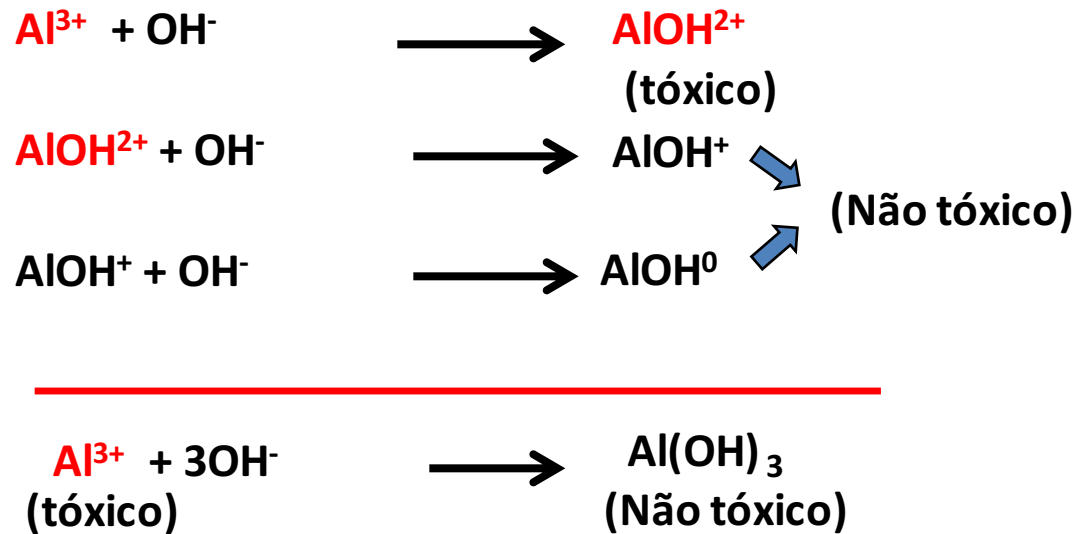


MESSAGEM

CONDICIONADOR DE SUB-SUPERFÍCIE

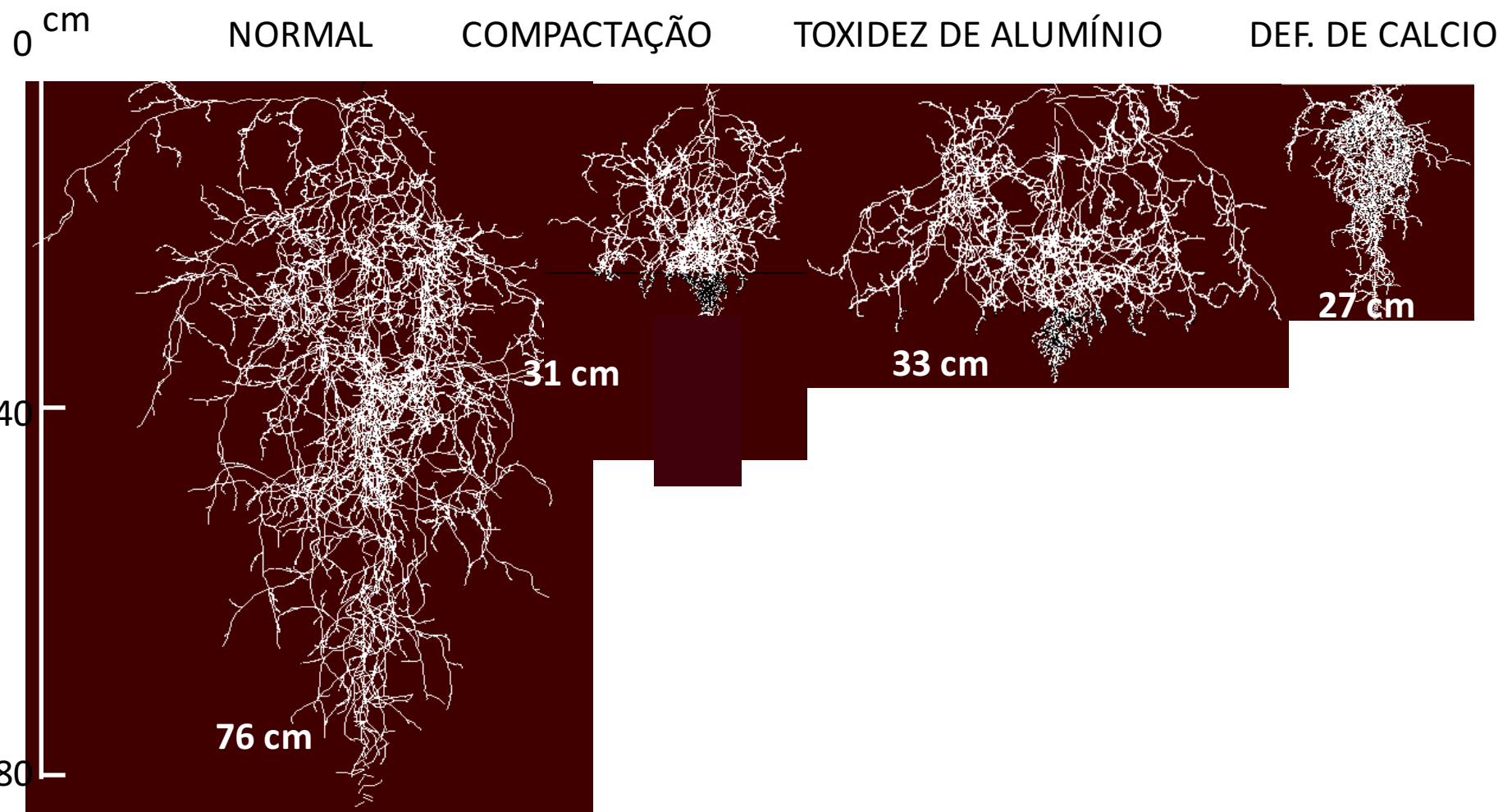
Mecanismos / Resultados

Complexação do Al^{3+}



MESSAGEM

Enraizamento



CRESCIMENTO DE RAÍZES (CD milho Fancelli & Dourado, 1998)

MESSAGEM

Diagnóstico:

Amostras de 20 a 40cm

- $\text{Ca} < 5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$;
- $\text{Al} > 5 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$;
- Saturação por alumínio (m%) > 30

ou

- Saturação por bases (V% < 30)

MESSAGEM

Recomendação:

Tabela 19. Recomendação de gesso agrícola em função da classificação textural do solo para culturas anuais. (SOUZA et al., 1996).

Textura do solo	Argila (%)	Gesso (kg.ha ⁻¹)
Arenosa	< 15	700
Média	16 a 35	1200
Argilosa	36 a 60	2200
Muito Argilosa	> 60	3200

NG (kg.ha⁻¹) = 5 x g.kg⁻¹ de argila (SOUZA et al., 1996)

MESSAGEM

Critério de recomendação

$V < 30 \%$ (camada de 20 a 40 cm)

$$\text{NG (t/ha)} = \frac{(V2 - V1) \times \text{CTC}}{50}$$

50

V2 = saturação por bases desejada em subsuperfície (50%)

V1 = saturação por bases atual do solo em subsuperfície

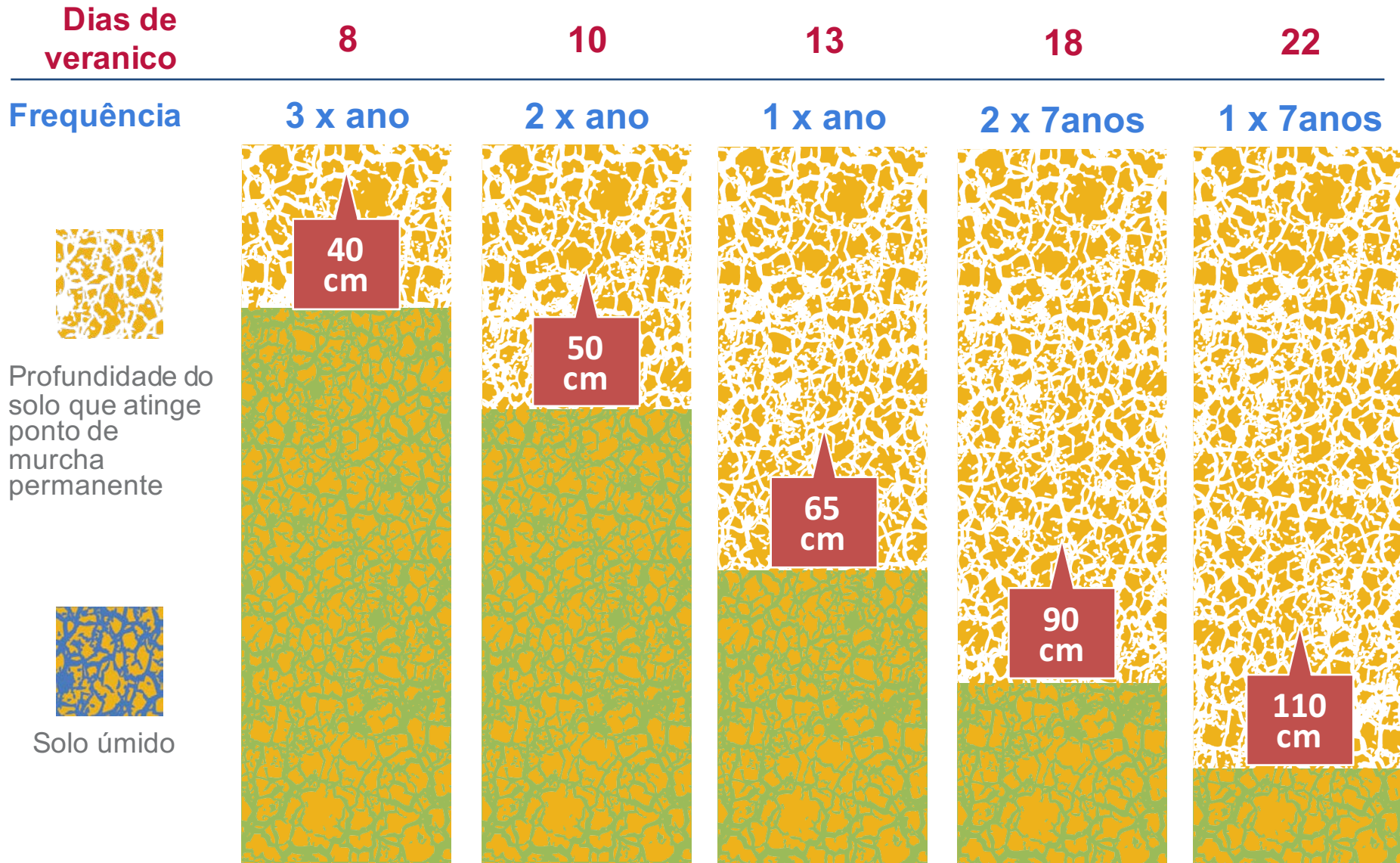
CTC = capacidade de troca catiônica em subsuperfície em $\text{cmol}_c/\text{dm}^{-3}$ *

Fonte: Vitti et al., 2004

Probabilidade de ocorrência de veranicos

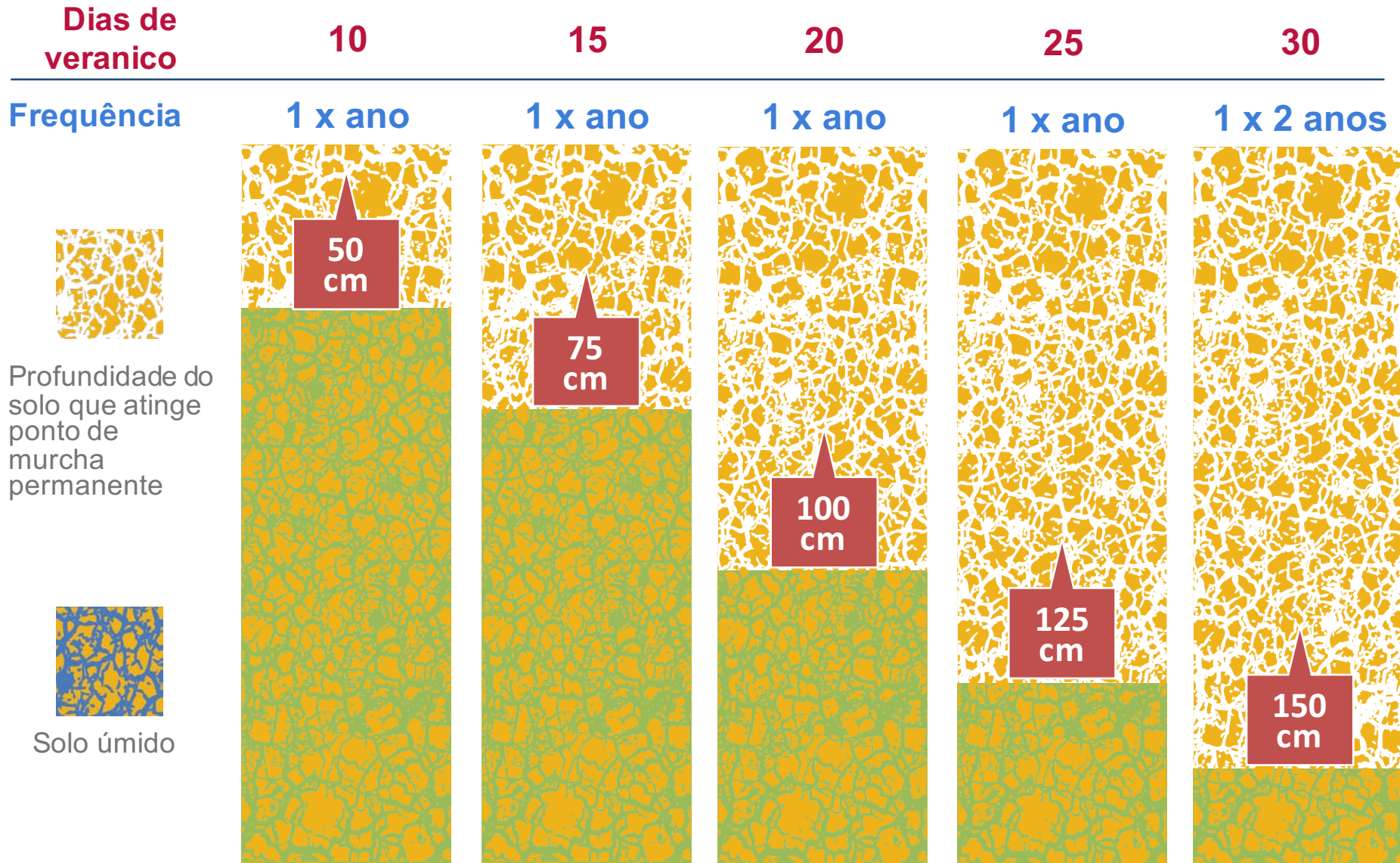
CPAC Brasília, 1975

adaptado de Wolf

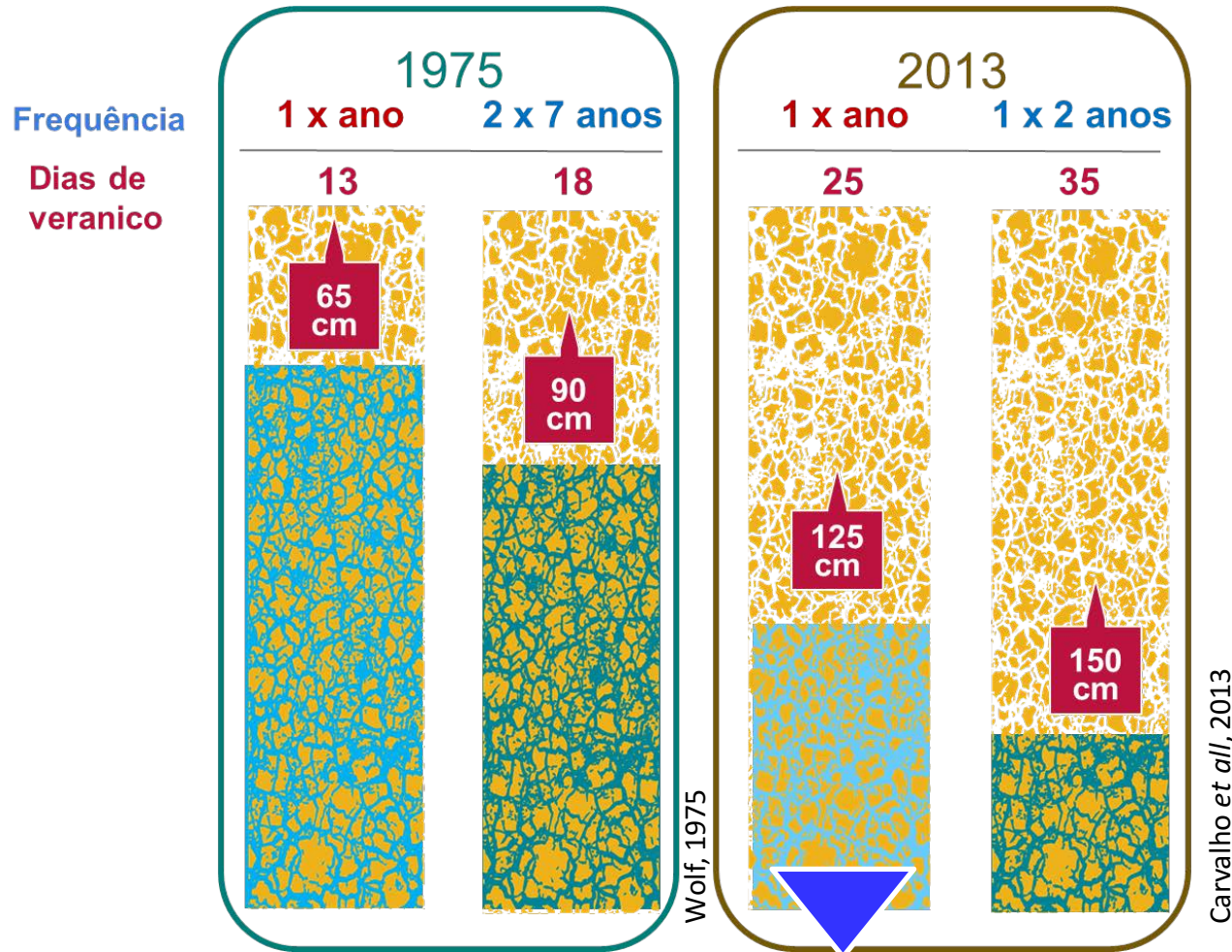


Probabilidade de ocorrência de veranicos

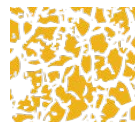
EMBRAPA, 2013



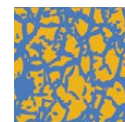
Evolução da probabilidade de ocorrência de veranicos após 38 anos



Plantas com raízes menores que 125 cm podem sofrer todo ano com seca



Profundidade do solo que atinge ponto de murcha permanente



Solo úmido

Correção do Perfil x Produtividade

Tabela 1. Saturação por bases (V%) no perfil do solo (até 1,1 m) em áreas do CESB com produtividades de 78 a 142 sc ha⁻¹.

Profundidade (c...,	Produtividade de soja (sc/ha)							
	78	78	97	100	122	126	140	142
	<u>Saturação por bases (V%)</u>							
0-10	55	36	61	78	74	73	78	82
10 a 20cm	28	52	55	86	74	70	71	64
20 a 40cm	12	49	39	67	69	73	67	56
40 a 60cm	15	29	36	51	38	75	66	48
60 a 90cm	13	12	40	46	37	71	49	39
90 a 110cm	17	14	36	43	40	72	46	42

Fonte: Dantas, informação pessoal.



FOSFATAGEM

DESTINO DO P NO SOLO

FASE
SÓLIDA DO
SOLO

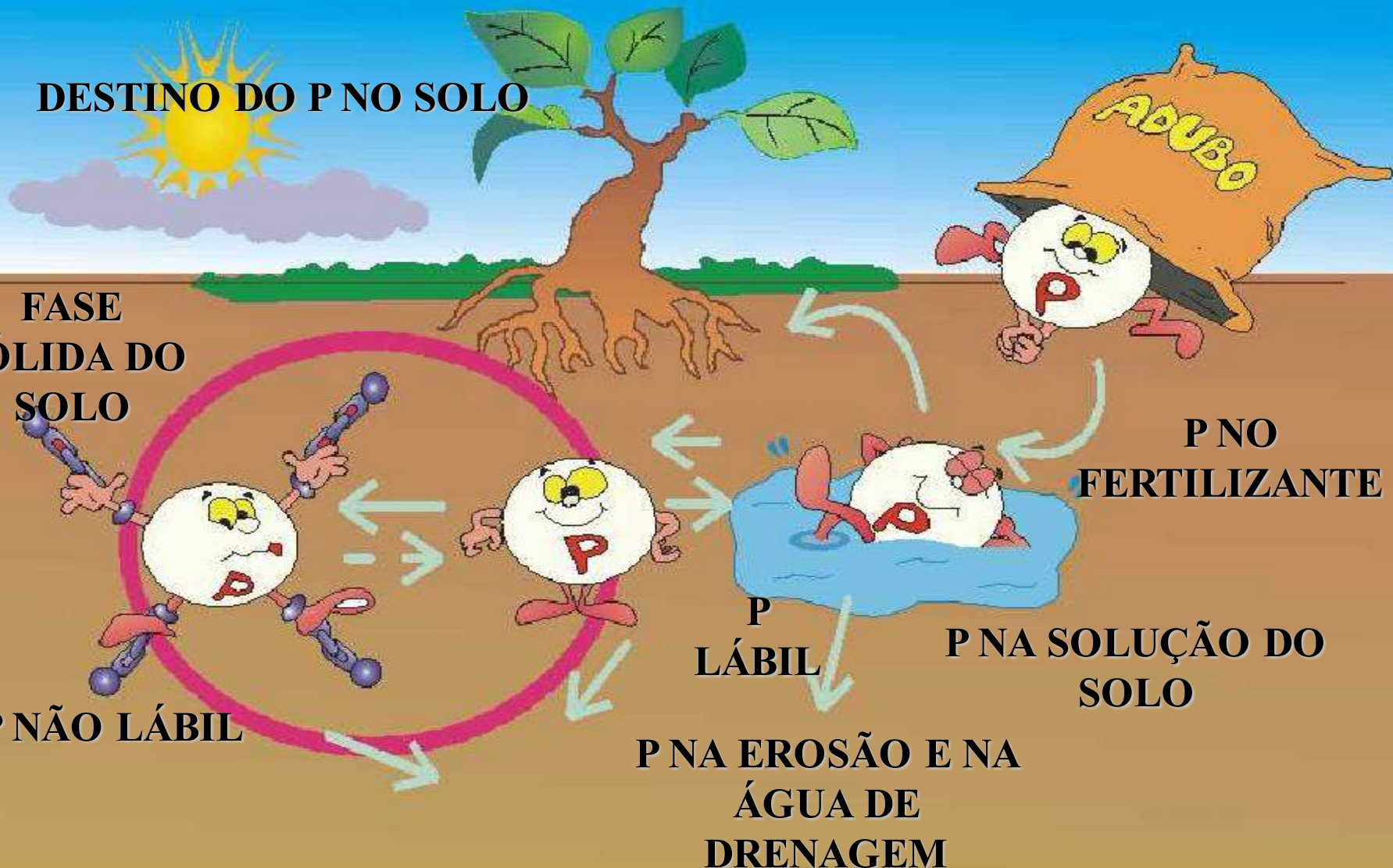
P NÃO LÁBIL

P NO
FERTILIZANTE

P
LÁBIL

P NA SOLUÇÃO DO
SOLO

P NA EROSÃO E NA
ÁGUA DE
DRENAGEM



FOSFATAGEM

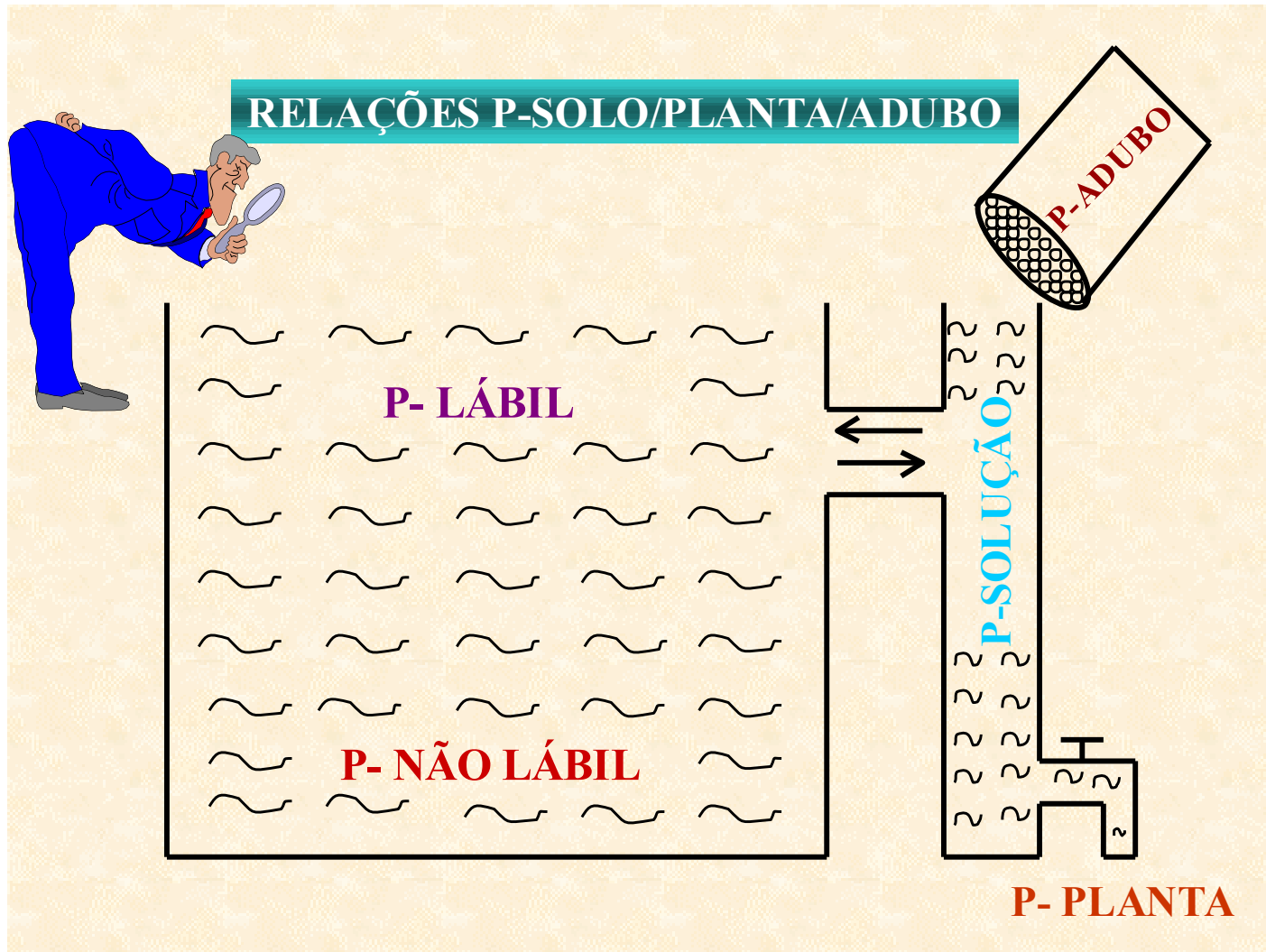


Tabela de nível crítico e capacidade tampão de fósforo

Teor de argila	Nível crítico de fósforo para o sistema de sequeiro ¹		Capacidade tampão de fósforo (CT) ²	
	Mehlich 1	Resina	Mehlich 1	Resina
%	mg dm ⁻³		(kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) / (mg dm ⁻³ de P)	
<15	18	15	5	6
16 – 35	15	15	9	9
35 – 60	8	15	30	14
> 60	4	15	70	19

¹ Para obtenção do nível crítico de fósforo no sistema irrigado (90% do potencial produtivo) multiplicar por 1,4 os valores de nível crítico do sistema de sequeiro.

² Dose de P₂O₅ para elevar o teor de P no solo em 1 mg dm⁻³, com base em amostra da camada de 0 a 20 cm.

FOSFATAGEM

* Localização:

Área total, incorporado superficialmente (grade nivelamento) ou sobre a palhada

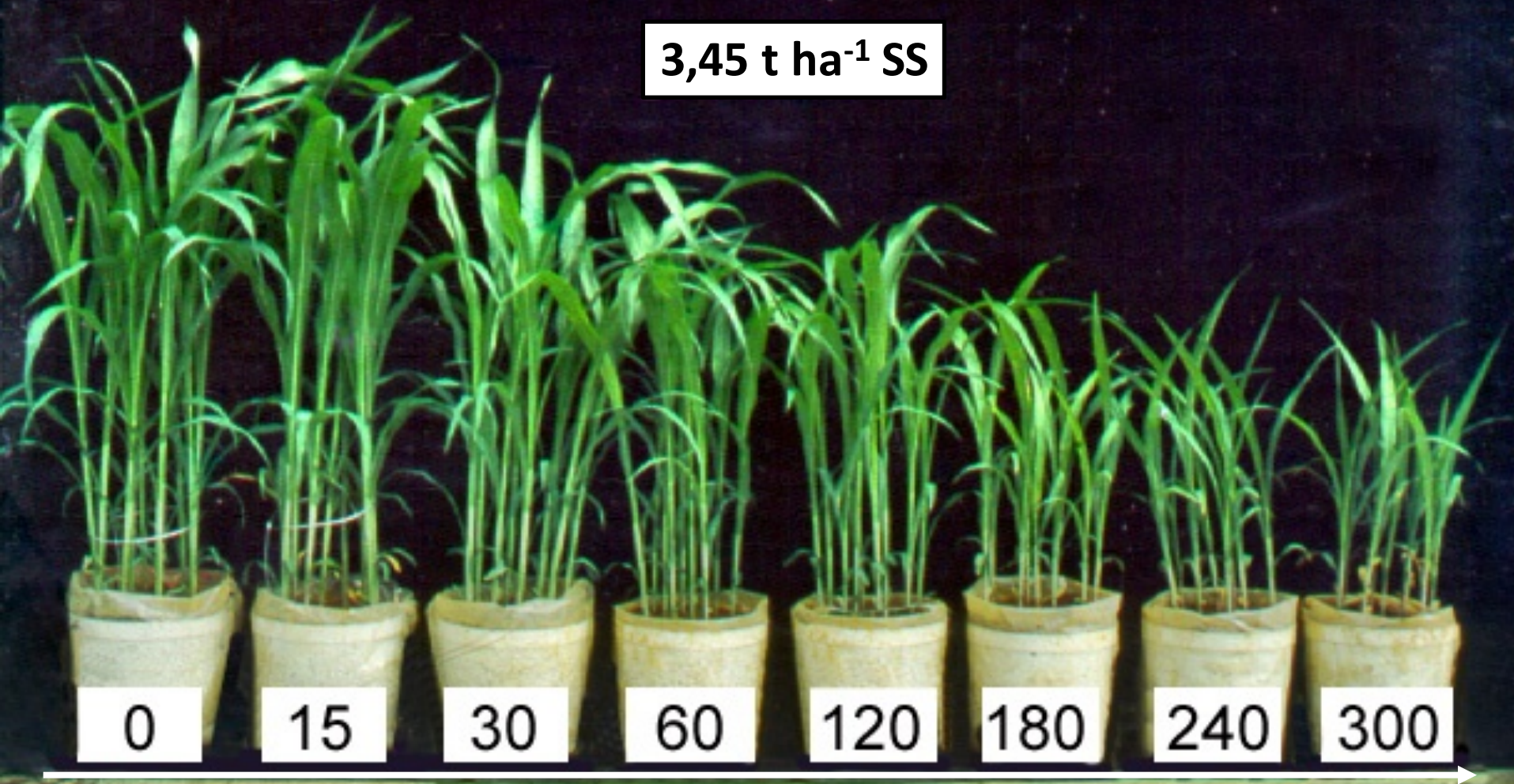
* Época: Pré plantio

FOSFATAGEM*Fontes de P₂O₅ (Sugestões)*

Produto	Empresa	Total %	CNA + água	P ₂ O ₅		Origem	Dose da fonte (kg ha ⁻¹)	
				HCl			Arenoso	Argiloso
Agrofós	Agronelli	14	9	-		Uberaba - MG	850	1000
Supraphós	Nutrion	14	9	-		Catalão - GO	850	1000
Fosfato 25	ICL	25	24	-		Vale do Ribeira - SP	480	600
Fosfato Magnésiano*	Hinove / Socal	26	16	-		Vale do Ribeira - SP	500	600
Bayóvar	Vale	30	-	14		Peru	400	500
Gafsa	Fertipar	30	-	9		Tunísia	400	500
OCP	Heringer	30	-	9		Marrocos	400	500
Fosfato de Arraias D12	DuSolo	12	-	5		Arraias - TO	1000	1250

Solos T₃ - 150 mg dm⁻³ de P

3,45 t ha⁻¹ SS



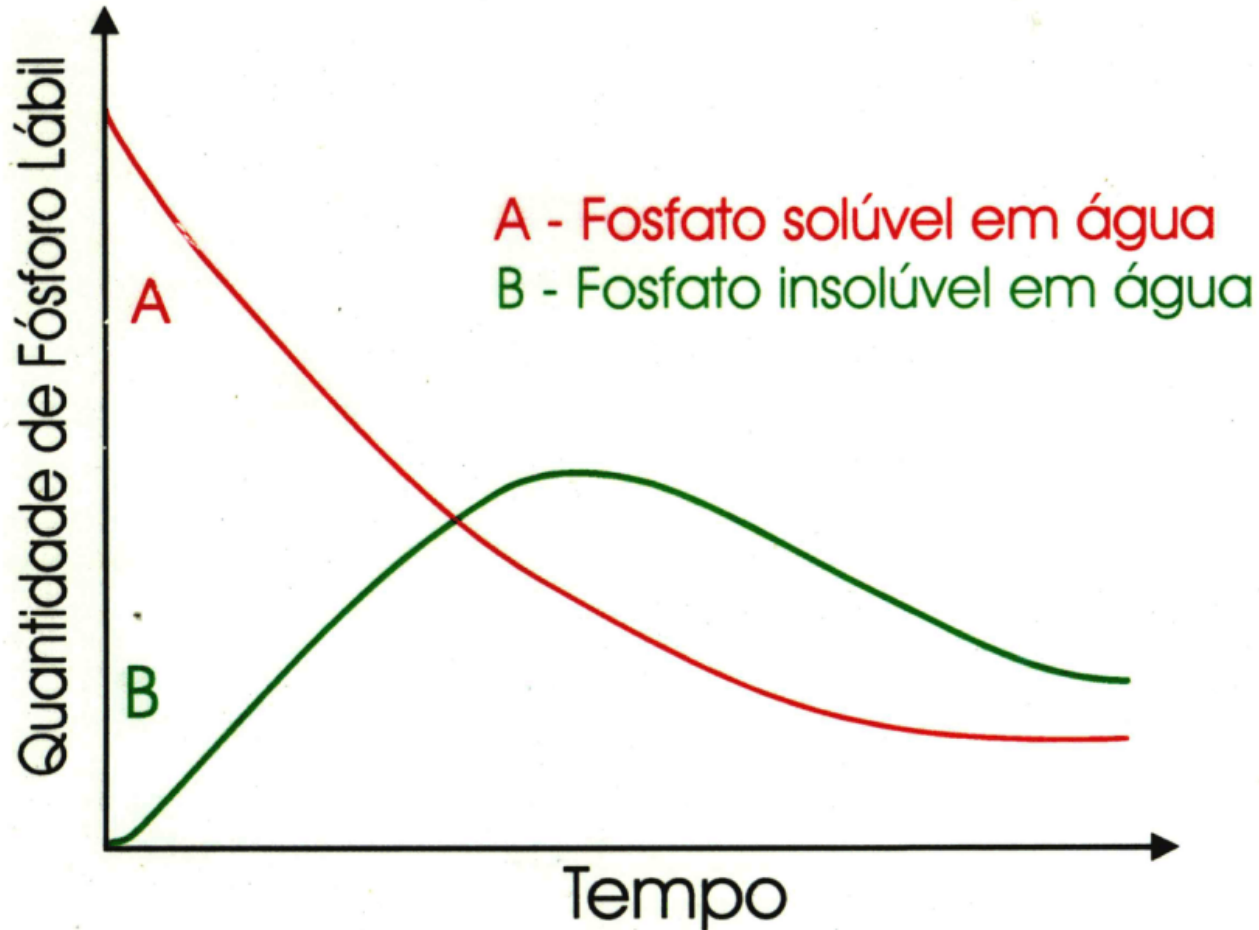
Tempo de contato (dia)



Sorgo plantado com fosfato natural reativo. Plantas semeadas 0, 120, 180 e 260 dias após aplicação do produto no solo. Fonte: Novais.

FOSFATAGEM

DISPONIBILIDADE X TEMPO




Adaptado de Larsen (1971) citado por Wolkweiss e Rais (1976) Fonte: Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa à 8ª reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (18 a 21/08/80).

Fonte: Aldrich & Leng (1972)

FOSFATAGEM

Benefícios

- > maior volume de P em contato com o solo (> fixação)
 - > volume de solo explorado pelas raízes
 - > absorção de água
 - > absorção de nutrientes
 - > convivência com pragas de solo
- 
- A photograph of a tractor pulling a phosphorus fertilizer applicator in a field of red soil. The tractor is blue and the applicator is red. The field is a deep red color, and the sky is blue with white clouds. The tractor is moving from left to right, leaving tracks in the soil.

POTÁSSIO EM PRÉ PLANTIO

* Critério:

$$K \% CTC = 4,0$$


Fórmula:

$$1) \text{ KCl (kg/ha)} = 1600 \times [(0,04 \times \text{CTC} *_{(0-20)}) - K *_{(0-20)}]$$

$$2) \text{ KCl (kg ha}^{-1}\text{)} = (0,2 - K_{\text{solo}}) \times 1600$$

(*) CTC e K = cmolc.dm⁻³

$$K \Rightarrow 1 \text{ cmolc.dm}^{-3} = 10 \text{ mmolc.dm}^{-3} = \frac{\text{mg.dm}^{-3}}{390}$$



“A adubação começa com a amostragem e análise de solo, continua com as praticas corretivas (Calagem, Gessagem e Fosfatagem) e conservacionistas (Rotação de culturas, Integração Lavoura, Pecuária, Plantio Direto) e termina com a aplicação da adubação mineral.”

**gape.usp@gmail.com
gcvitti@usp.br**



Boron Day Brazil



Garanta já sua inscrição!

Inscrições com **desconto** até 2 de **setembro**

Local:
ESALQ-USP
PIRACICABA

PATROCÍNIO OURO:



PATROCÍNIO PRATA:



APOIO INSTITUCIONAL:

REALIZAÇÃO:



www.borondaybrazil.net.br