



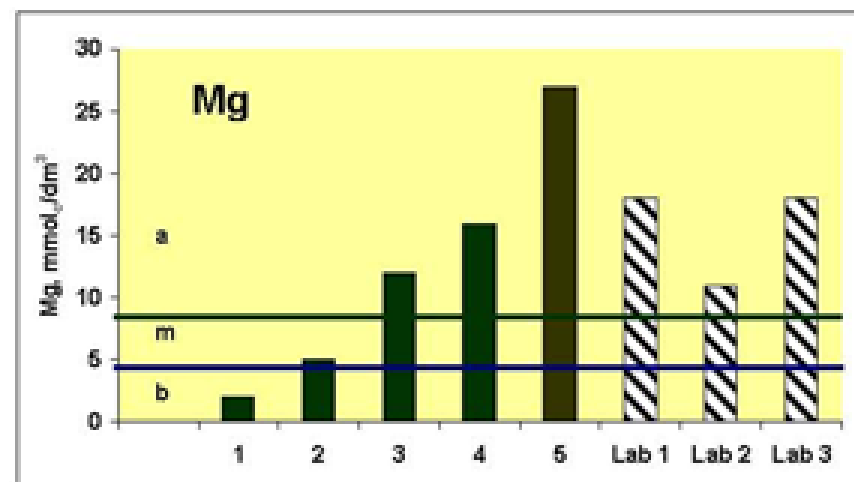
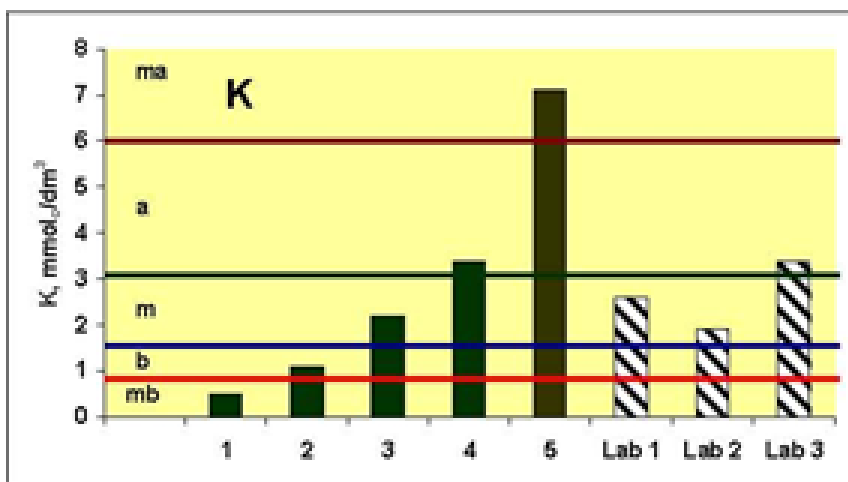
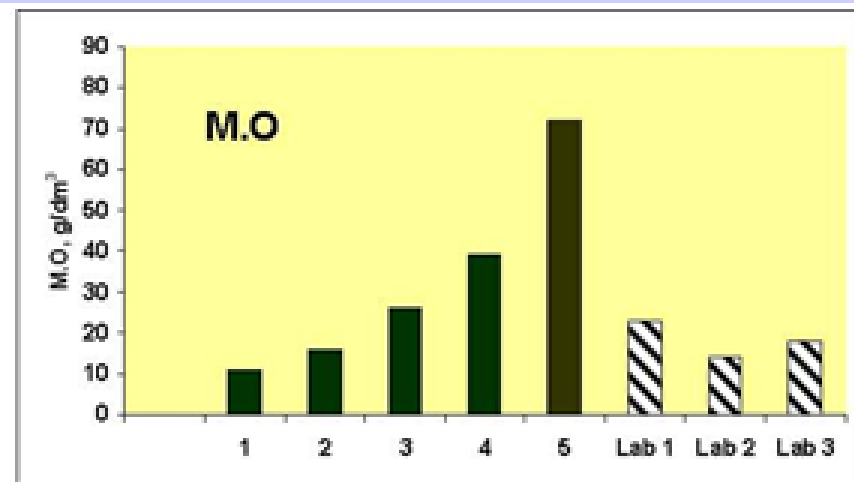
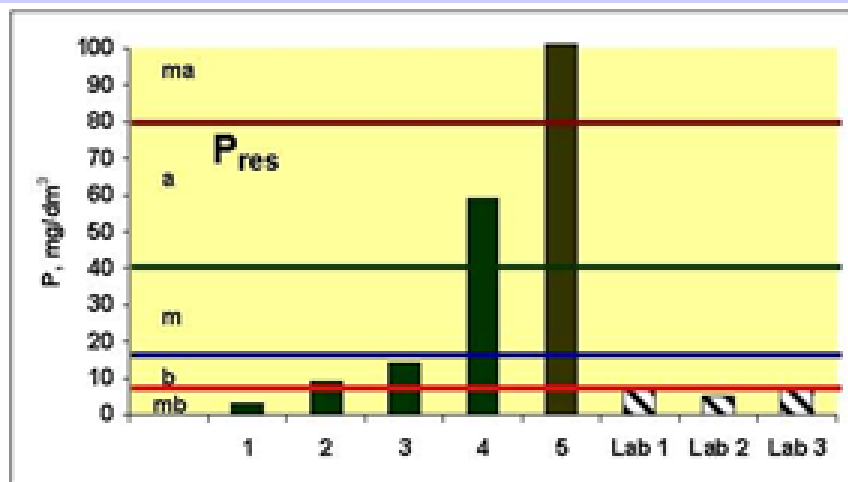
■ AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

Prof. Dr. Cassio Hamilton Abreu Junior
Prof. Dr. José Lavres Junior

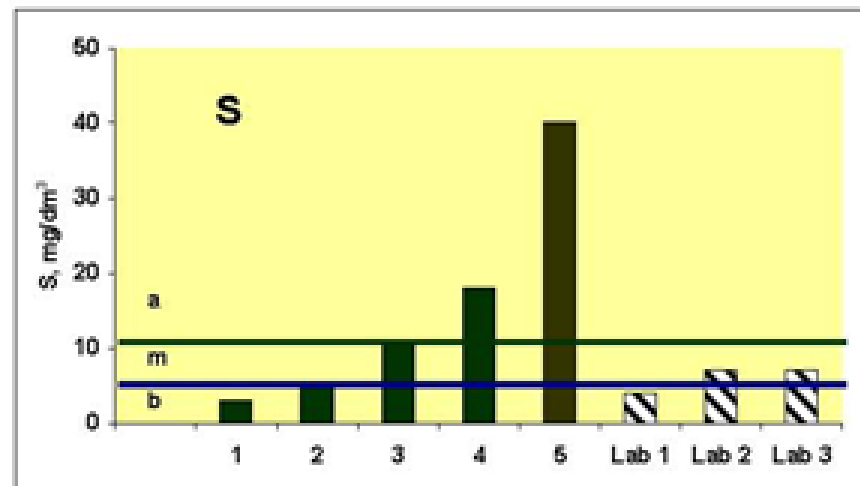
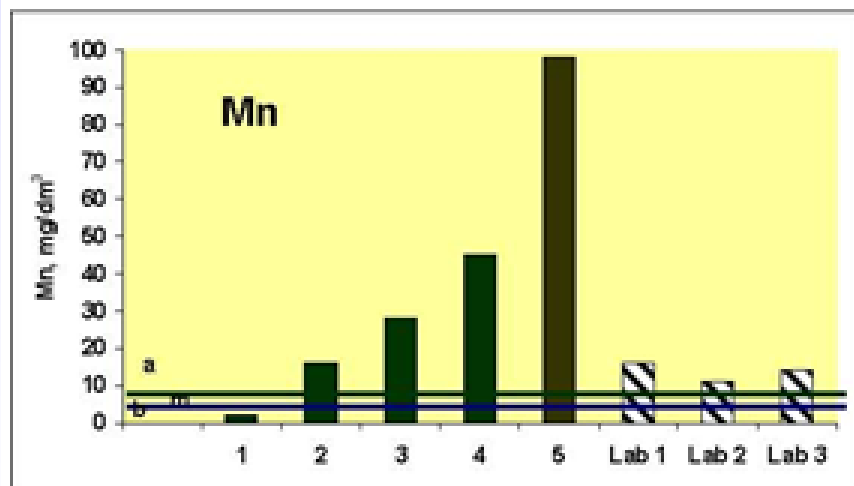
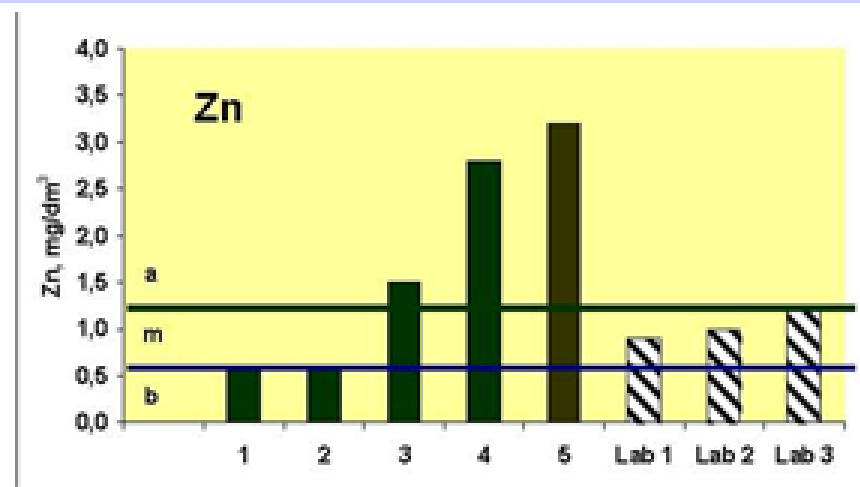
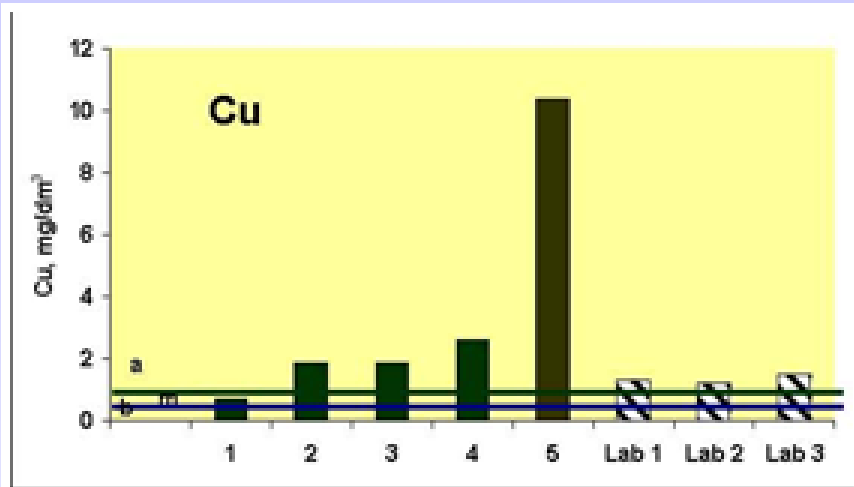
LABORATÓRIOS QUALIFICADOS

Diferenças aceitáveis ou erros de laboratórios?

Determinação	Lab 1	Lab 2	Variação	Lab 3	Variação
			%		%
MO (g/dm ³)	23	14	-39	18	-22
pH	5,8	5,7	-2	5,7	-2
P (mg/dm ³)	7	5	-28	8	+14
K (mmol _c /dm ³)	2,6	1,9	-27	3,4	+31
Ca (mmol _c /dm ³)	31	28	-10	34	+10
Mg (mmol _c /dm ³)	18	11	-39	18	-
S (mg/dm ³)	4	7	+75	7	+75
B (mg/dm ³)	0,21	0,32	+52	0,27	+29
Cu (mg/dm ³)	1,3	1,2	-8	1,5	+15
Fé (mg/dm ³)	24	28	+17	20	-17
Mn (mg/dm ³)	16,3	11,0	-33	13,9	-15
Zn (mg/dm ³)	0,9	1,0	+11	1,2	+33



Comparação de resultados de análise de solo
Uma mesma amostra feita por três laboratórios (barras listradas).
As barras escuras mostram resultados de cinco amostras diferentes

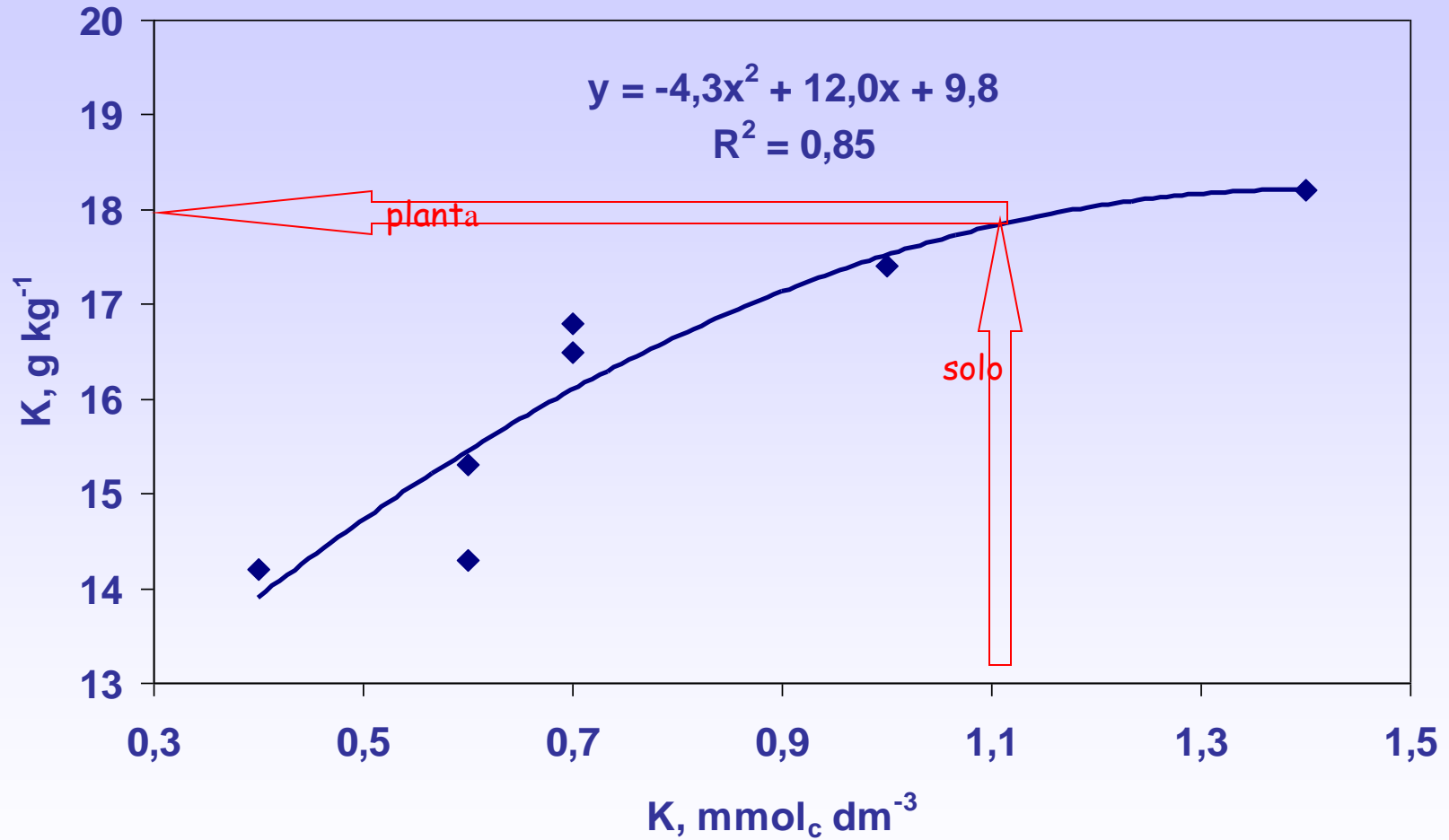


INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DE TERRA

- Análise
- Resultado \leftrightarrow Calibração

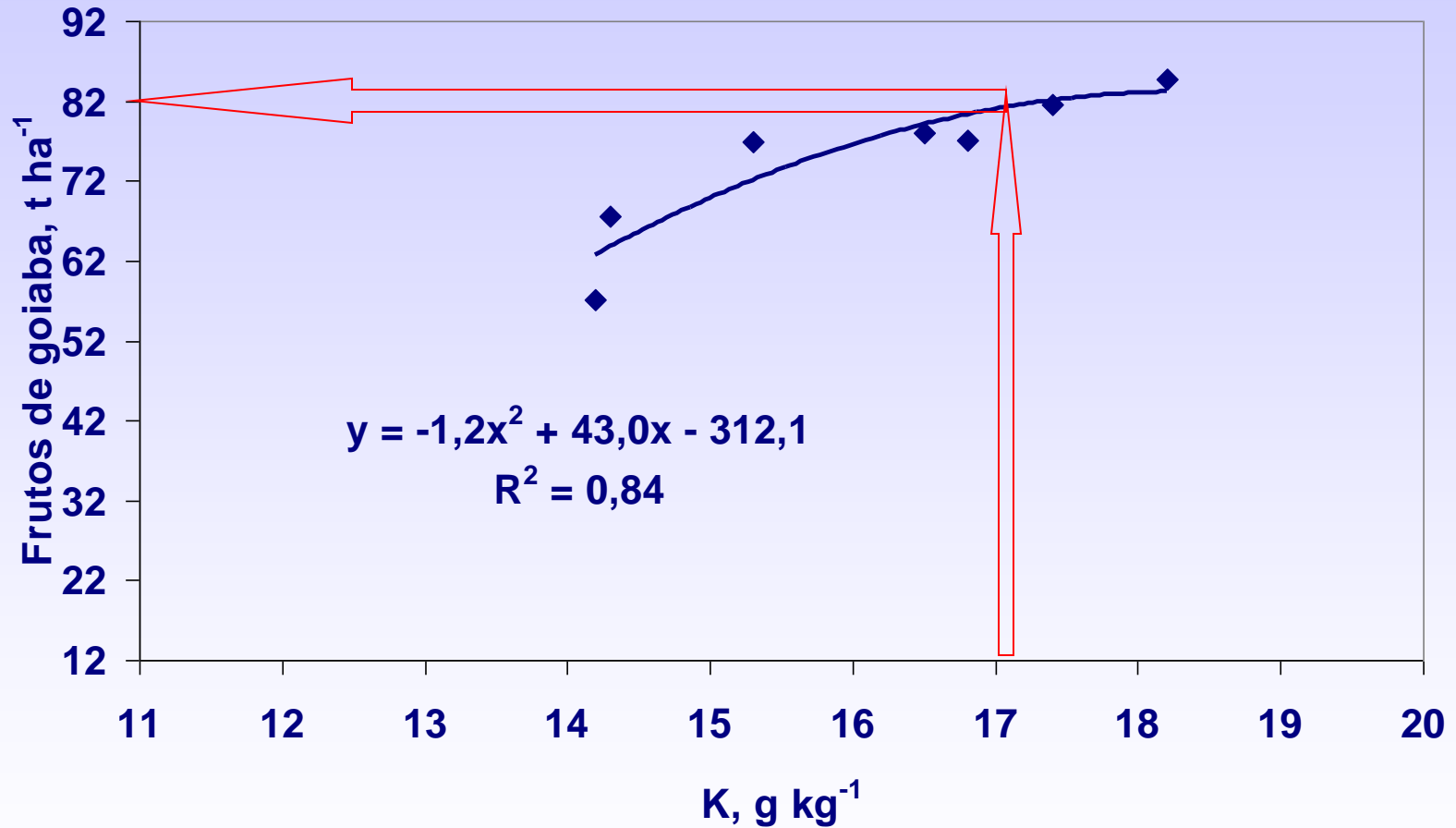
PRINCÍPIO

GOIABEIRA



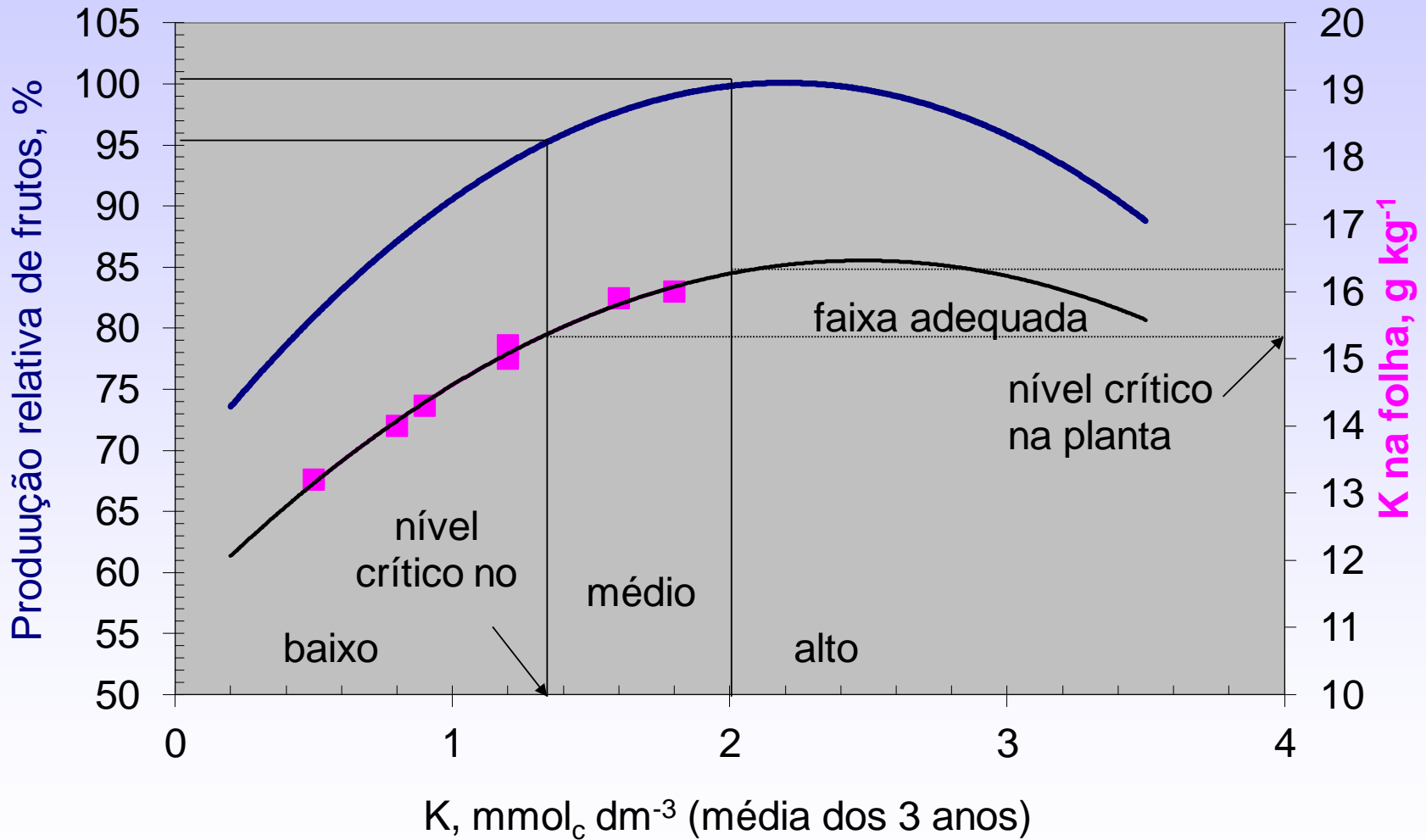
NATALE, 1993

GOIABEIRA



NATALE, 1993

GOIABEIRA



MATÉRIA ORGÂNICA

humus - 85%

não humificada - 15%

- M.O x Atributos dos solos
 - M.O. x CTC
 - M.O x N

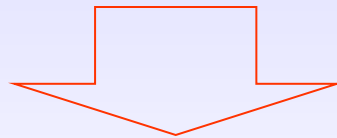
MO x atributos do solo

Características	Coeficiente de correlação (r)	
	B Textural	B Latossólico
Da (g cm ³)	-0,73**	-0,82**
N (%)	0,96**	0,96**
areia total (%)	-0,58**	-
limo (%)	0,59**	-
argila (%)	0,55**	-
umidade equivalente (%)	0,75**	-
H ⁺ +Al ³⁺ (meq/100 g)	-	0,86**
Ca ²⁺ (meq /100 g)	0,74**	-
Mg ²⁺ (meq /100 g)	0,77**	-
S (meq /100 g de terra)	0,78**	-
CTC (meq /100 g)	0,88**	0,84**

Substâncias húmicas

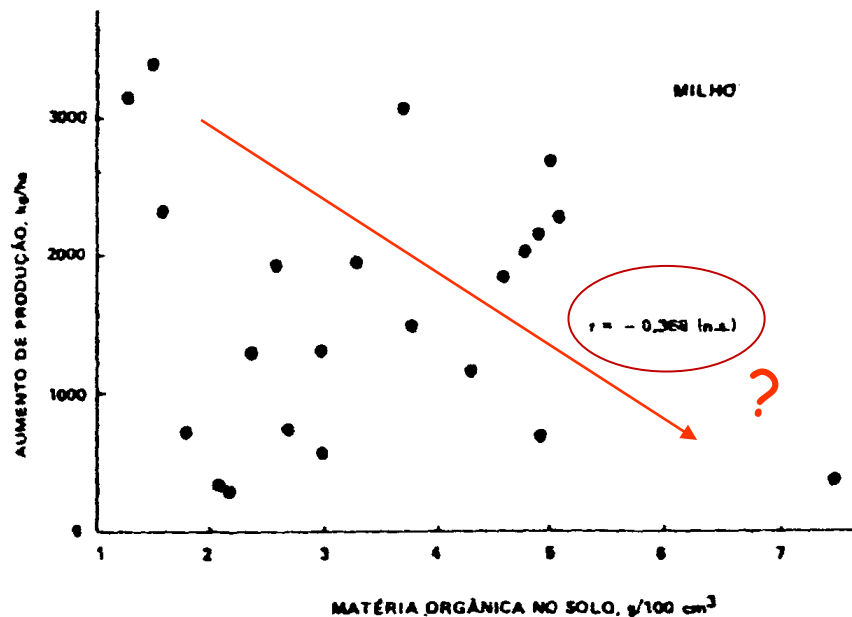
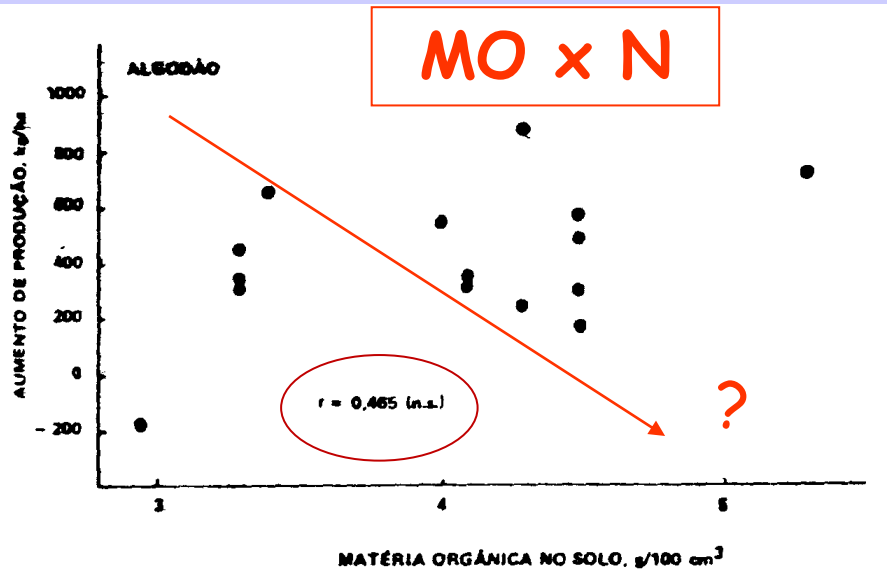


$$\text{CTC (M.O.)} = 1000 - 2000 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$



$$10 \text{ g kg}^{-1} \text{-----} \rightarrow 15 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$$

30-60% da CTC

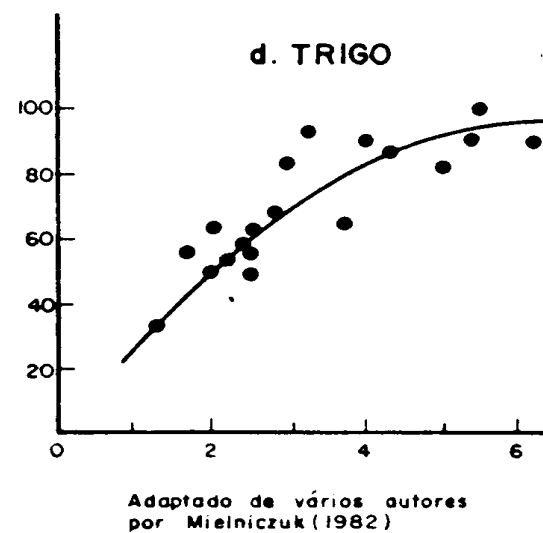
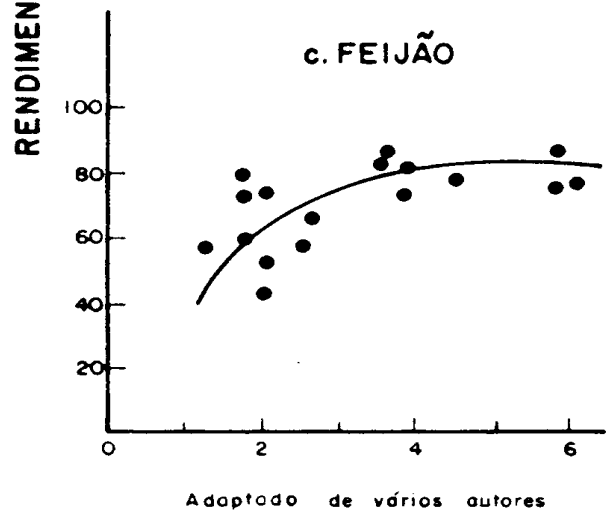
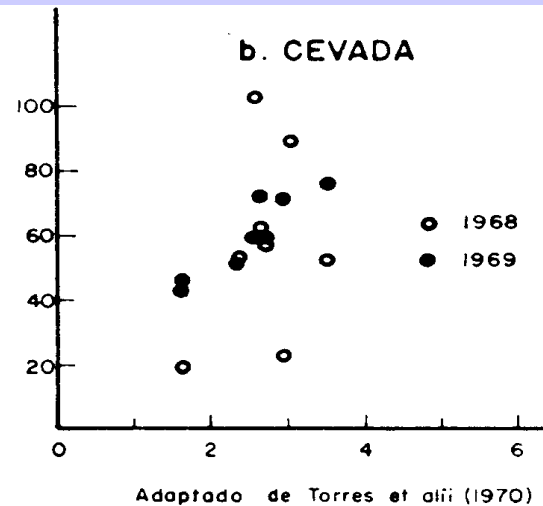
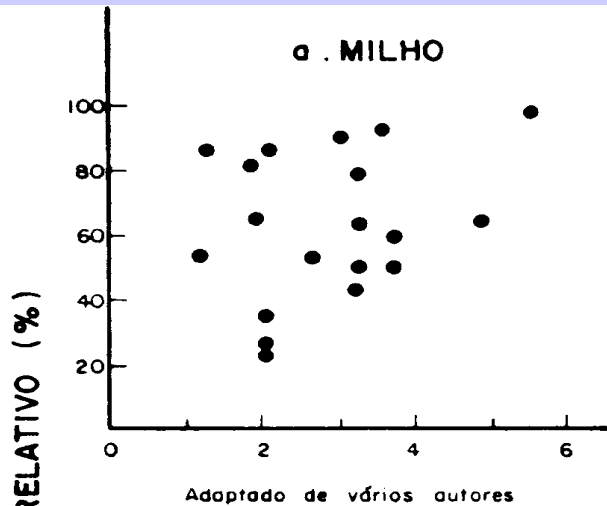


SP: MO
 Não é
 parâmetro
 para
 recomendação

solos arenosos: < 15 g dm⁻³
 textura média: 16 a 30 g dm⁻³
 solos argilosos: 31 a 60 g dm⁻³

ROLAS: RS - SC

- Arroz
- Aveia
- Canola
- Centeio
- Cevada
- Feijão
- Girassol
- Linho
- Milho
- Nabo
- Painço
- Sorgo
- Trigo
- Triticale
- Forrageiras
- Hortaliças
- Banaeira
- Citros
- Videira



————— MATÉRIA ORGÂNICA (%) —————

CERRADO

$$N_f = (N_y - N_s) / E_f$$

Qde
requerida

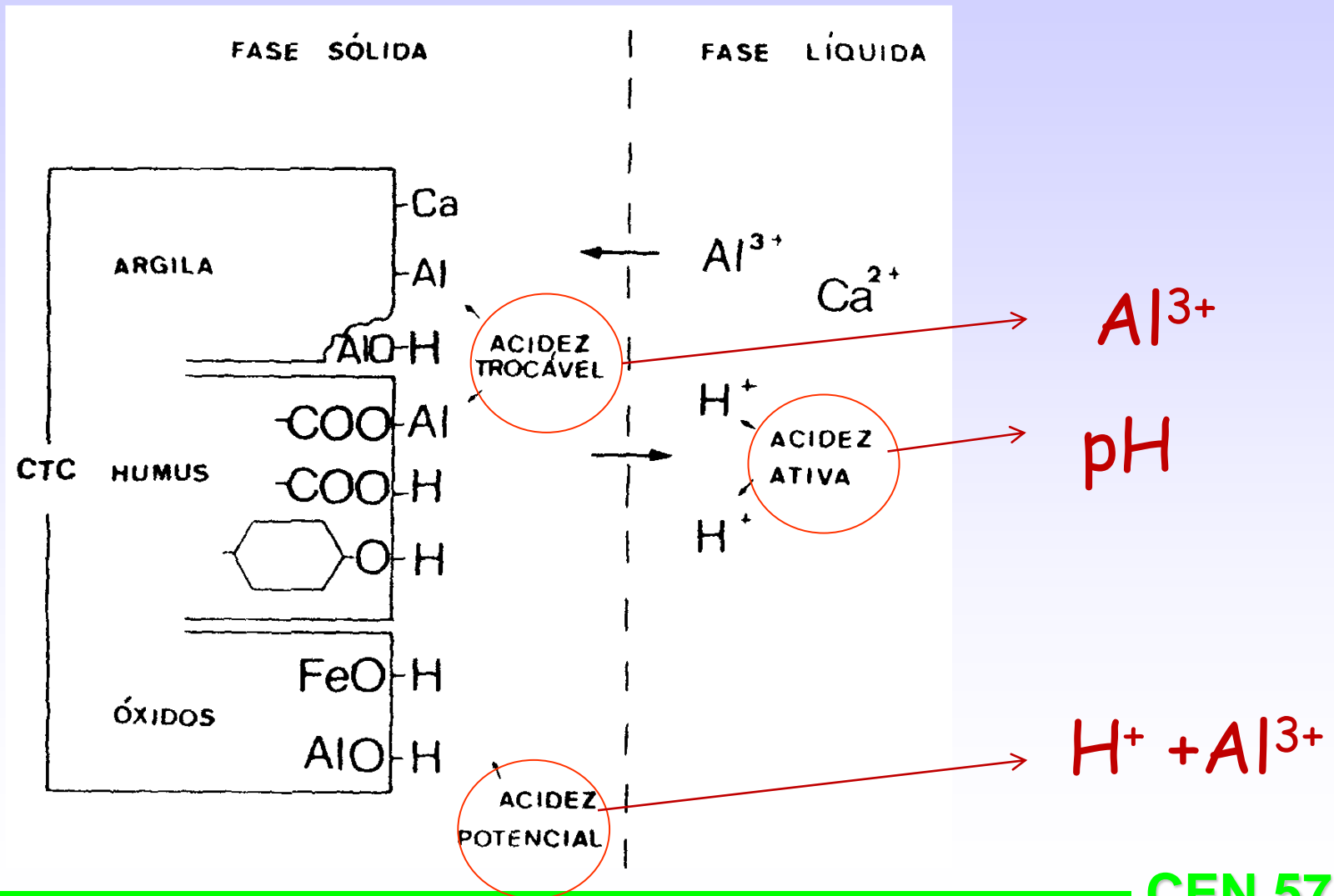
Qde exigida

Qde de N suprida (solo, MO)

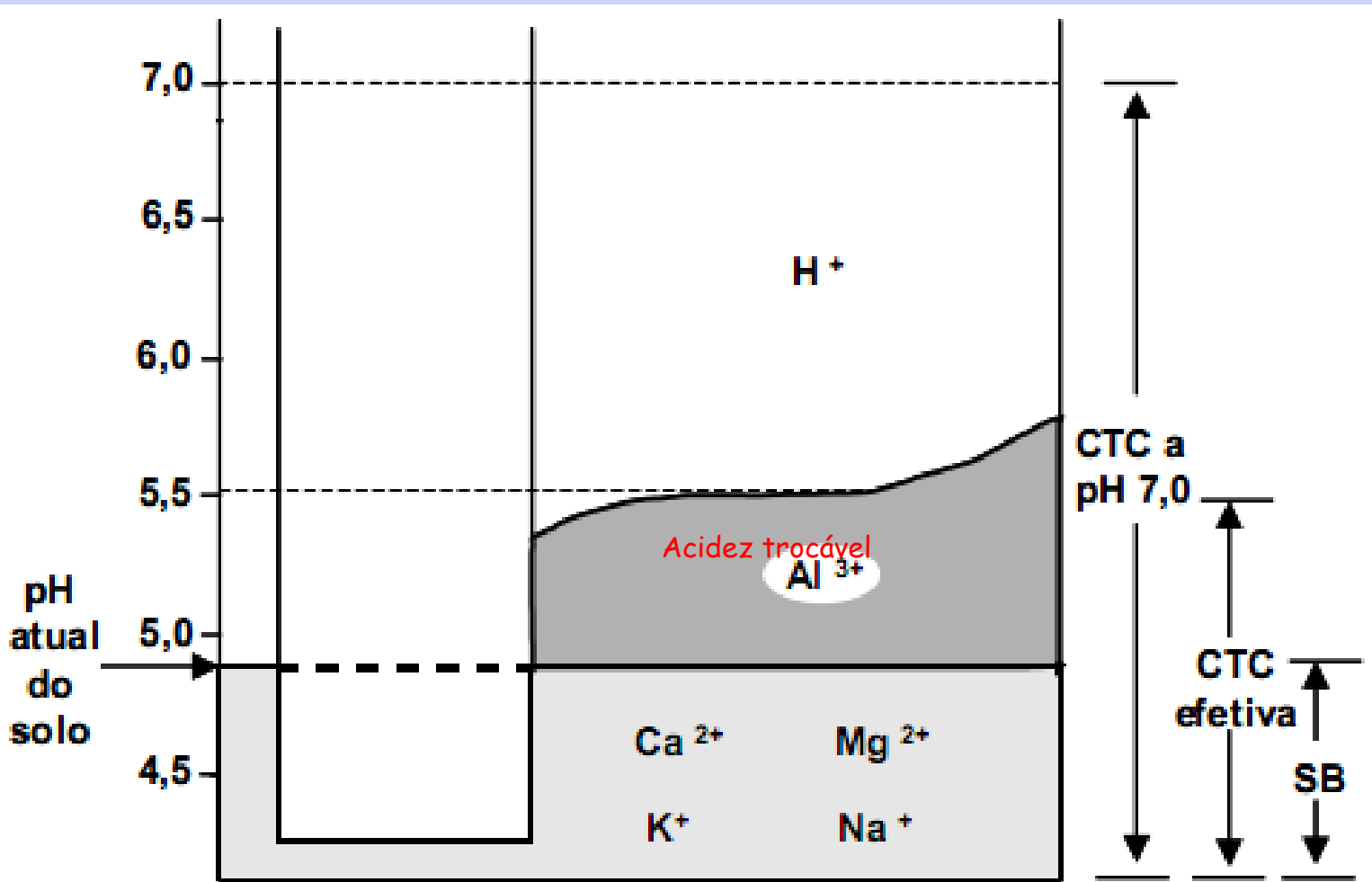
Interpretação teor de MO do solo

Estados	Unidade	muito baixo	baixo	médio	Bom ^a	alto (m. bom ^a)
PR ⁽¹⁾	g kg ⁻¹		< 14	14-24		>24
MG ⁽²⁾	dag kg ⁻¹	< 0,71	0,71–2,0	2,01– 4,0	4,01– 4,0	>7,00
RS e SC ⁽³⁾	% (m/v)		< 2,6	2,6-5,0		>5,0

ACIDEZ DO SOLO



Sistema coloidal do solo



pH - Acidez Ativa

$$\text{pH (água)} = 6,0 - 6,5$$

$$\text{pH}(\text{CaCl}_2) = 5,3 - 5,8$$

$$\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 4,0 \rightarrow 0,001 \text{ íons grama/L}$$

Al^{3+} - Acidez Trocável

Extrator: KCl

SP: $mmol_c dm^{-3}$

$$pH_{CaCl_2} = 4,78 - 0,0128 \times \%Al$$

MG

$$m\% = \frac{Al^{3+}}{SB + Al^{3+}} \times 100$$

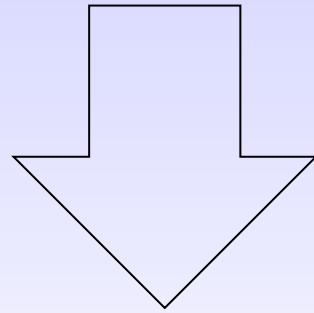
mx 10% = algodão, etc.

mx 15% = milho, etc

mx 20% = soja, etc.

mx 30% = cana-de-açúcar, etc

$H^+ + Al^{3+}$ - Acidez Potencial



CTC $mmol_c/dm^3$

V %

$H^+ + Al^{3+}$ - Acidez Potencial

MG

Acidez potencial	$cmol_c/dm^3$
$\leq 1,00$	Muito baixo
1,01 - 2,50	Baixo
2,51 - 5,00	Médio
5,01 - 9,00	Alta
$> 9,00$	Muito alta

Ca - Mg - K trocáveis

SP: resina

Outros Estados: Ca, Mg (KCl)

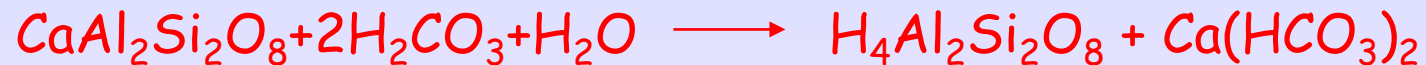
K (Mehlich1)

Extratores: Valores correspondem

Ca trocável

- MINERAIS PRINCIPAIS

Anortita, Hornblenda, Augita, Biotita, Epidoto, Borossilicatos.



- CÁLCIO TROCÁVEL (resina, KCl)

- CÁLCIO SOLÚVEL: Ca^{2+} 136 mg/L

Mg trocável

- MINERAIS PRINCIPAIS

Hornblenda, Augita, Olivina, Talco, Serpentina,
Clorita, Biotita, Dolomita, MgSO₄

- MAGNÉSIO TROCÁVEL (resina, KCl)

- MAGNÉSIO SOLÚVEL: Mg²⁺ 46 mg/L

K trocável

-MINERAIS PRINCIPAIS

ortoclásio: KAlSi_3O_8

microclina: KAlSi_3O_8

90-98%

muscovita: $\text{KAl}_2(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$

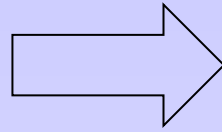
biotita: $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$.

- POTÁSSIO TROCÁVEL (resina, Mehlich)

- POTÁSSIO SOLÚVEL: K^+ 27 mg/L

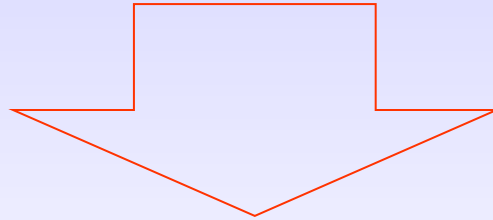
1 - 2%

Interpretação



(Padrão!!!)

Ca-Mg-K trocáveis



- 1 - Proporção de base na saturação do cc**
- 2 - Nível de suficiência**

1 - Proporção de bases na saturação
do complexo coloidal

SOLO IDEAL (?)

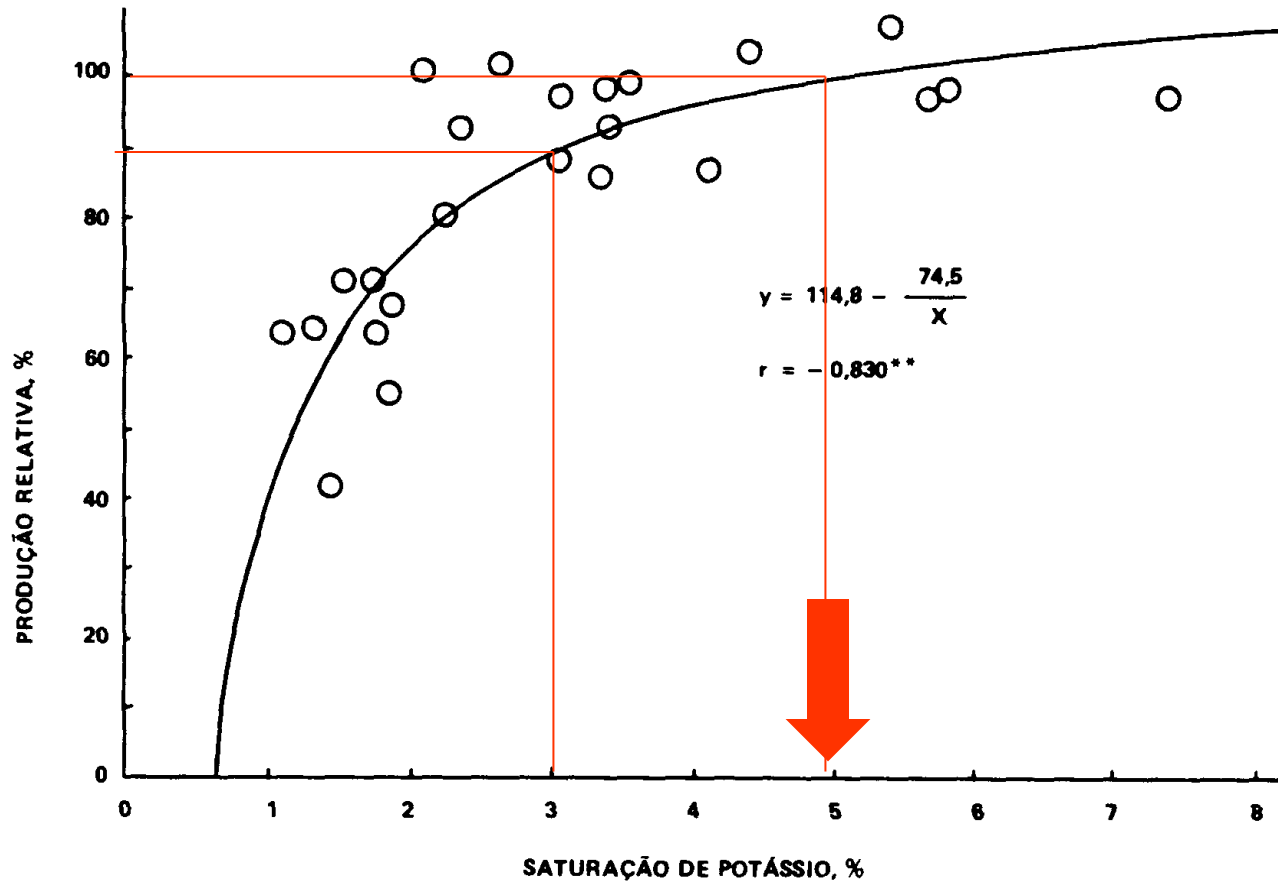
65-85% Ca - 6 a 12% Mg - 2 a 5% K
20% $H^+ + Al^{3+}$

$$\% M = (M / CTC) 100$$

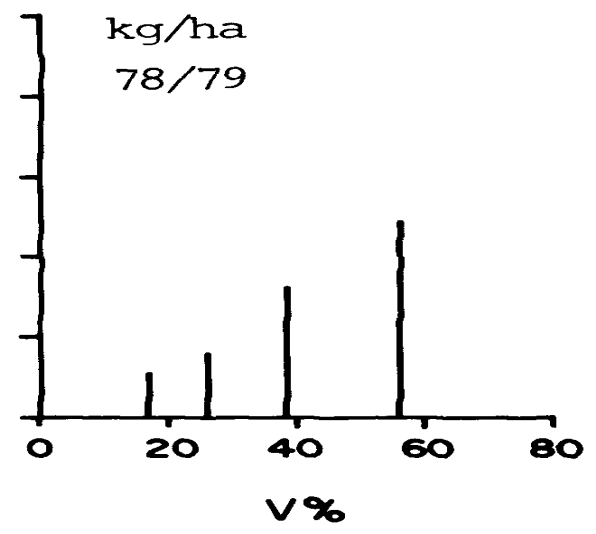
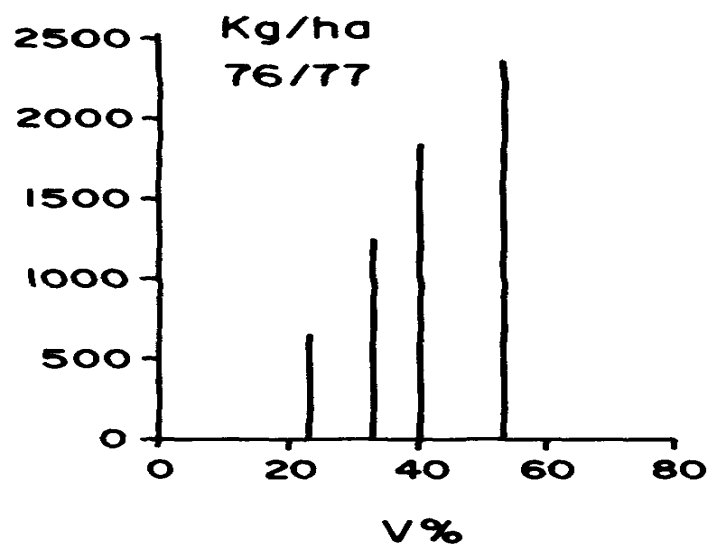
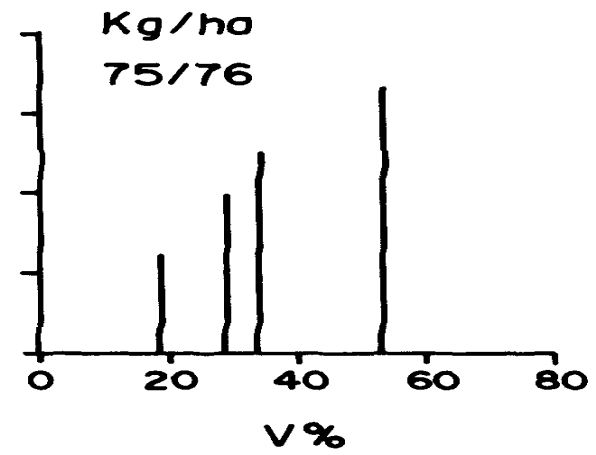
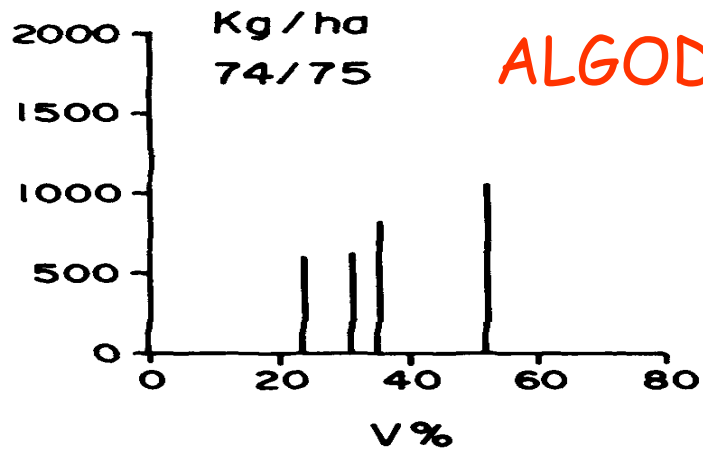
Ca=48% Mg=12% K=3%

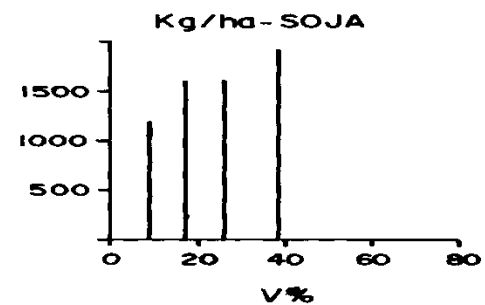
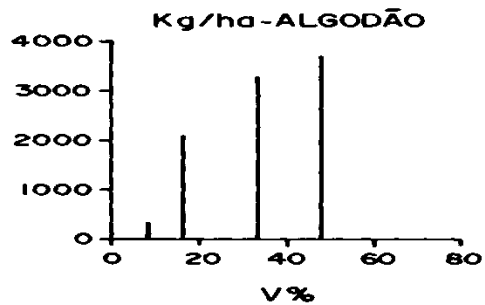
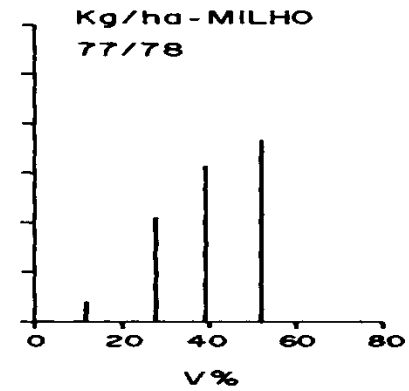
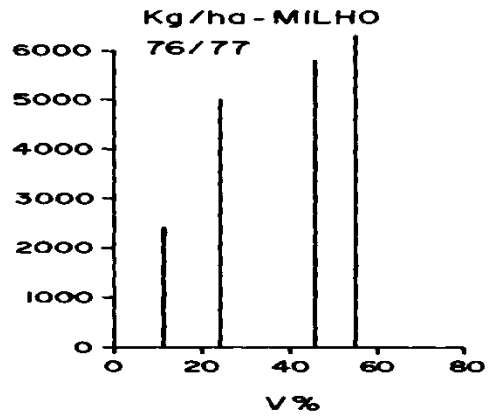
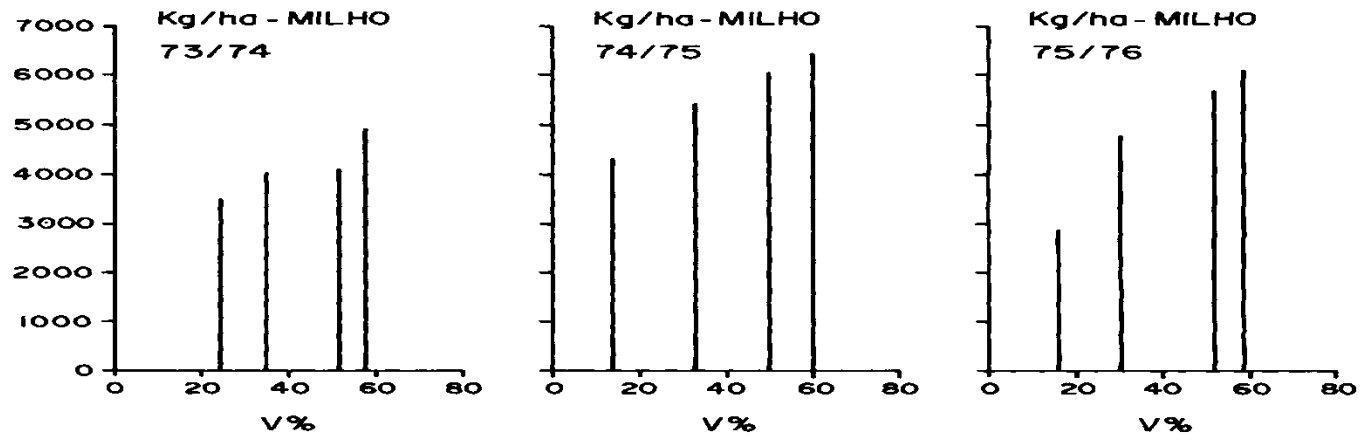
ALGODÃO

(Freitas et al., 1966)



ALGODÃO





Culturas	V%	Obs
A. CEREAIS		
Arroz de sequeiro e arroz irrigado	50	1, 2
Aveia branca, cevada	70	1, 3
Aveia preta e centeio	50	1, 3
Milho, sorgo	70	1, 4
Trigo (IAC-24, IAC-120) ,Triticale	60	1, 3
Trigo (não tolerante a acidez)	70	1, 3

1 - Mg mínimo de 5 mmol_c/dm³

2 - dose máxima de calcário = 3 t/ha

3 - dose máxima de calcário = 4 t/ha

4 - Se MO > 50 g/dm³, então V% = 50%

D. FIBROSAS	V%	obs
Algodão	70	6
Bambu	50	
Crotalaria juncea, linho textil, quenafe	70	
Juta, rami	60	
Sisal	80	6

6 - Mg mínimo de 9 mmol_c/dm³

E. FRUTIFERAS		
Abacate	60	6
Abacaxi	50	1, 7
Acerola	70	6
Banana	60	6, 7
Citros (laranja, limão, tangerina e murcote), frutas de clima temperado, goiaba	70	6
Mamão, maracujá	80	6
Manga, uvas finas e rústicas	80	

CERRADO

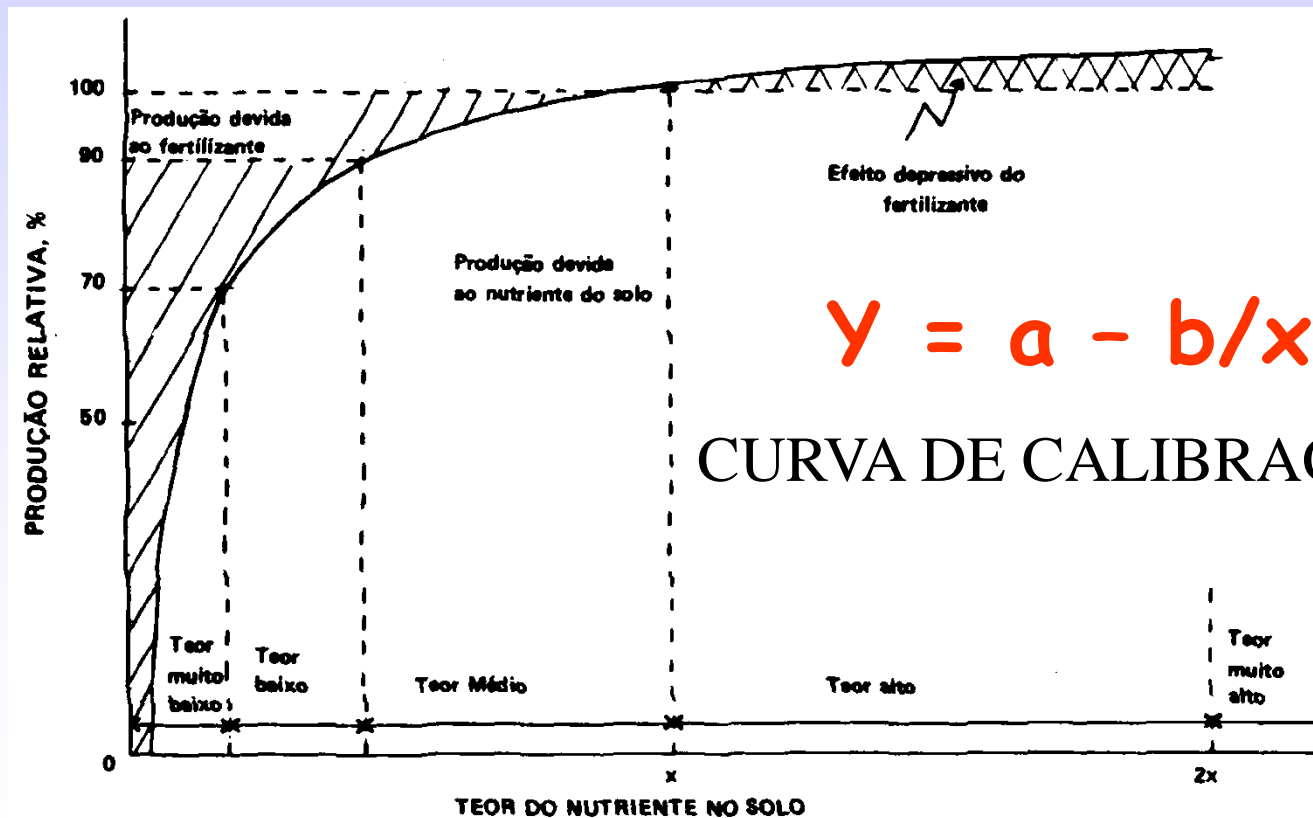
V% = 50% → SEQUEIRO

V% = 60% → IRRIGADO

V% = 30% → pastagens estabelecidas

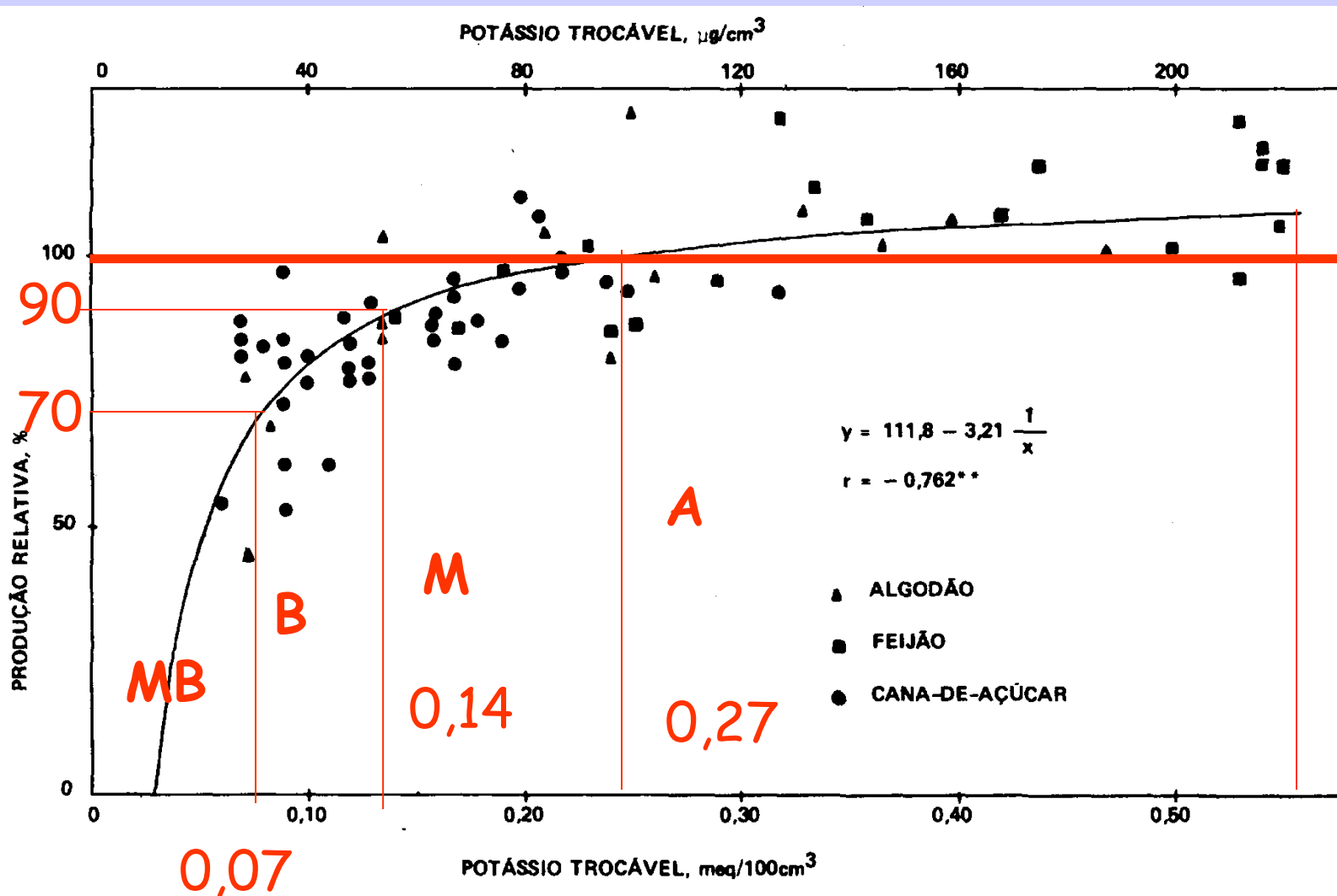
2 - NIVEL DE SUFICIÊNCIA

Valor da análise de P, Ca, Mg e K x
possibilidade de resposta das culturas à adubação

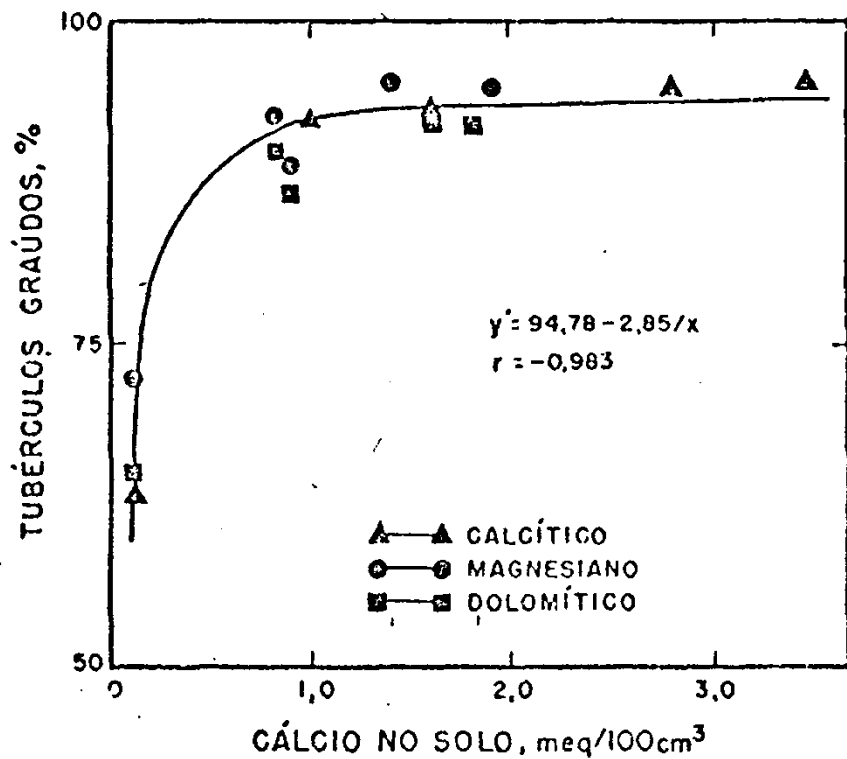


$$PR\% = (Y_1/Y_2) \cdot 100$$

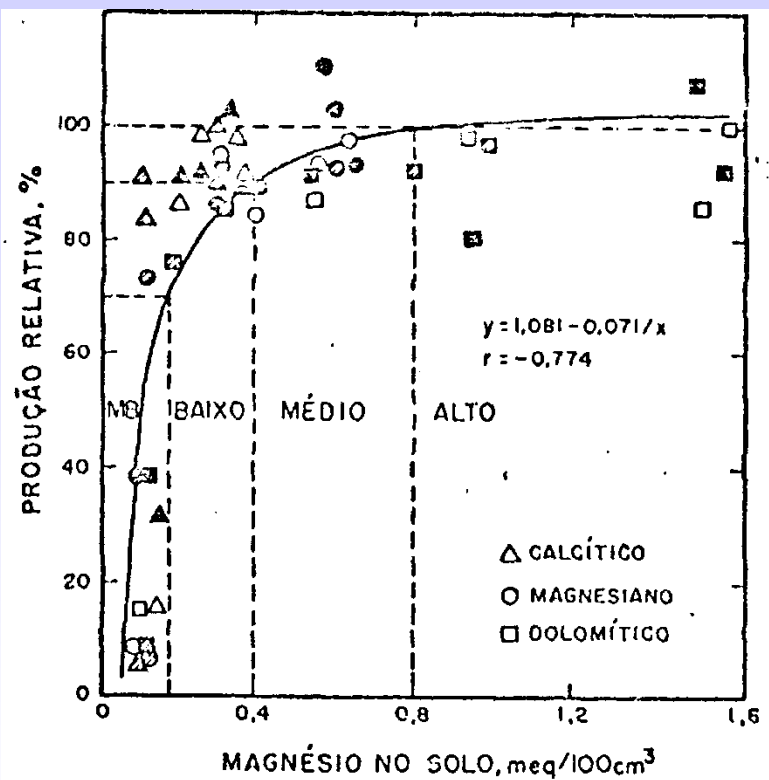
NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA: K ($\text{mmol}_c/\text{dm}^3$)



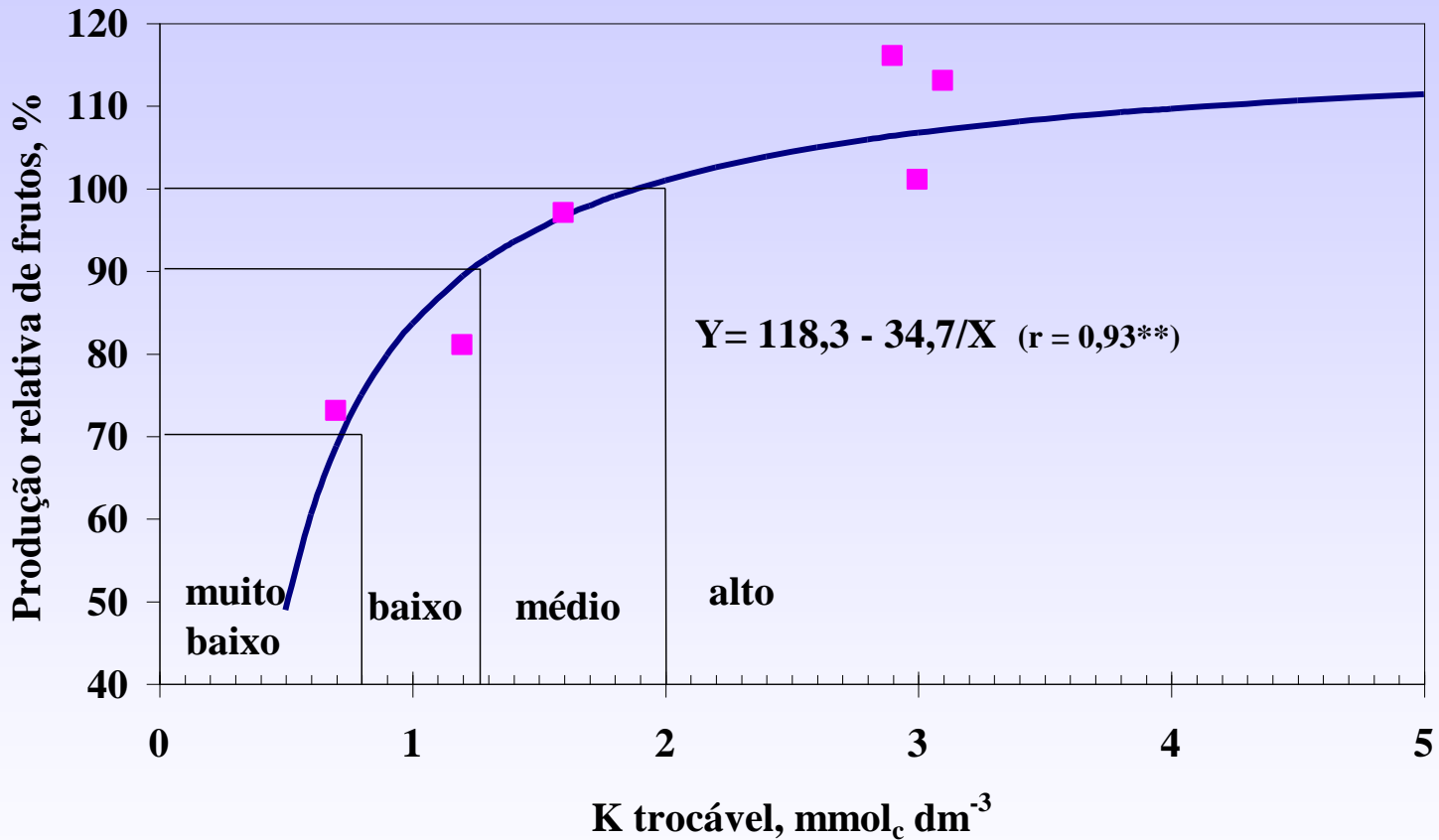
Ca



Mg



LARANJEIRA



NÍVEL DE SUFICIÊNCIA x NECESSIDADE DE ADUBAÇÃO:

Aumento de produtividade

Nível de suficiência no solo	Exigência da cultura para determinada produtividade	
Muito alto		
Alto	Nutrientes disponível no solo	
Médio		
Baixo		Nutrientes requeridos na adubação
Muito baixo		

São Paulo

Teor	Ca ²⁺ trocável	Mg ²⁺ trocável
	mmol _c dm ⁻³	
baixo	0-3	0-4
médio	4-7	5-8
alto	>7	>8

Teor	K trocável	Produção relativa
	mmol _c dm ⁻³	%
muito baixo	0-0,7	0-70
baixo	0,8-1,5	71-90
médio	1,6-3,0	91-100
alto	3,1-6,0	>100
muito alto	>6,0	>100

Interpretação dos resultados de análise de solo

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Água quente				
----- mg/dm ³ -----					
Baixo	0 - 0,20	0 - 0,2	0 - 4	0 - 1,2	0 - 0,5
Médio	0,21 - 0,60	0,3 - 0,8	5 - 12	1,3 - 5,0	0,6 - 1,2
Alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

Table 1 - Interpretation limits of micronutrients in soils.

Soil content	Hot water	DTPA pH 7.3			
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg dm ⁻³ -----					
Low ¹	0.00-0.20	0.0-0.2	0-4	0.0-1.2	0.0-0.5
Medium ¹	0.21-0.60	0.3-0.8	5-12	1.3-5.0	0.6-1.2
High ¹	0.61-1.10	0.9-1.5	13-24	5.1-9	1.3-2.3
Very high ²	1.2-3.0	1.6-15	25-60	10-50	2.4-15
Toxicity ³	> 3.0				>130

¹Raij et al. (1996). ²Suggestion of the authors of this paper. ³Alloway (1995).

Apêndice 7: Referência Rápida para Interpretação de Análises de Solo

Determinação	Interpretação	
	Valores adequados	Observações
pH em H ₂ O ou CaCl ₂	Entre 5,5 e 7,0	O excesso de acidez (baixo pH) será corrigido através da calagem.
pH SMP ou Índice SMP	Não classificável. Utilizado internamente pelo laboratório para o cálculo da acidez potencial (H+Al). Nos Estados do RS e SC é utilizado como indicador da necessidade de calagem (ver observações).	Nos Estados do RS e SC a dose de calcário é obtida consultando-se tabela cuja entrada é o índice SMP. Valores próximos de 7,0 geralmente indicam que não há necessidade de calagem.
Matéria Orgânica	Maiores que 15g/dm ³	Valores menores ocorrem em solos arenosos, solos erodidos ou em camadas mais profundas. Teores expressos na unidade % são dez vezes menores que em g/dm ³ . Teores expressos em carbono orgânico (qualquer unidade) devem ser multiplicados por 1,72 para transformar em matéria orgânica
Fósforo Disponível (Mehlich)	Dependem do tipo de solo e da cultura (consultar bibliografia específica). Em geral para solos argilosos deve estar acima de 6mg P/dm ³ e para solos arenosos acima de 20mg P/dm ³	Se os teores estiverem expressos nas unidades antigas, como µg P/mL ou ppm P, correspondem numericamente à unidade mg P/dm ³ , não sendo necessárias transformações.
Fósforo Disponível (Resina)	Dependem da cultura (consultar bibliografia específica). Em geral deve estar acima de 10mg P/dm ³ para florestais, acima de 30mg P/dm ³ para perenes, acima de 40mg P/dm ³ para anuais e acima de 60mg P/dm ³ para hortaliças.	
Potássio Trocável	Dependem da cultura (consultar bibliografia específica). Em geral deve estar acima de 0,30 cmol _c /dm ³ ou 120mg/dm ³ ou 3,0 mmol _c /dm ³	Para solos arenosos e de CTC mais baixa os teores adequados podem ser mais baixos (em alguns casos, como cerrados, podem ser metade desse valor citado).
Cálcio Trocável	Acima de 4,0 cmol _c /dm ³ ou 40,0 mmol _c /dm ³	Se necessário será corrigido através da calagem.
Magnésio Trocável	Acima de 0,80 cmol _c /dm ³ ou 8,0 mmol _c /dm ³	Se necessário será corrigido através da calagem.
Alumínio Trocável	0,0 (zero) cmol _c /dm ³ ou mmol _c /dm ³	Se ocorrer Alumínio, ao se realizar a calagem os teores caem para zero. Em alguns Estados, como MG, GO, MT e MS a dose de calcário é calculada a partir do valor de Al trocável.
Acidez Potencial (H+Al) e Soma de Bases (SB)	Não classificáveis	São usadas para cálculo da CTC e necessidade de calagem.
C.T.C. a pH 7,0	Não classificável	Também usada para cálculo de calagem. Valores muito baixos (menores que 5 cmol _c /dm ³ ou 50 mmol _c /dm ³) ocorrem em solos arenosos e alguns solos argilosos dos cerrados.
Saturação por Bases (V%)	Para a maioria das culturas deve estar entre 60 e 70%. Para algumas culturas em solos sob cerrado basta que esteja em torno de 50%.	Usado no cálculo em um dos métodos de recomendação de calcário.
Saturação por Alumínio (m%)	0 (zero) %	Se ocorrerem valores maiores, fazendo-se a calagem estes caem para zero.
Saturação por Ca	Entre 40 e 60%	Se necessário será corrigido através da calagem.
Saturação por Mg	Entre 10 e 15%	Se necessário será corrigido através da calagem.
Saturação por K	Entre 3 e 5%	Se necessário será corrigido através da adubação potássica.
Fórmulas*	Soma de Bases (SB) CTC a pH 7,0 (T) Saturação por Bases (V%) Saturação por Alumínio (m%) Saturação por Ca (ou Mg ou K)	SB = Ca + Mg + K T = SB + (H+Al) V% = SB + T x 100 m% = Al + (Al + SB) x 100 Sat.% = Ca (ou Mg ou K) + T x 100

* Para esses cálculos as determinações devem estar todas na mesma unidade, que pode ser cmol_c/dm³, mmol_c/dm³ ou a antiga meq/100 mL

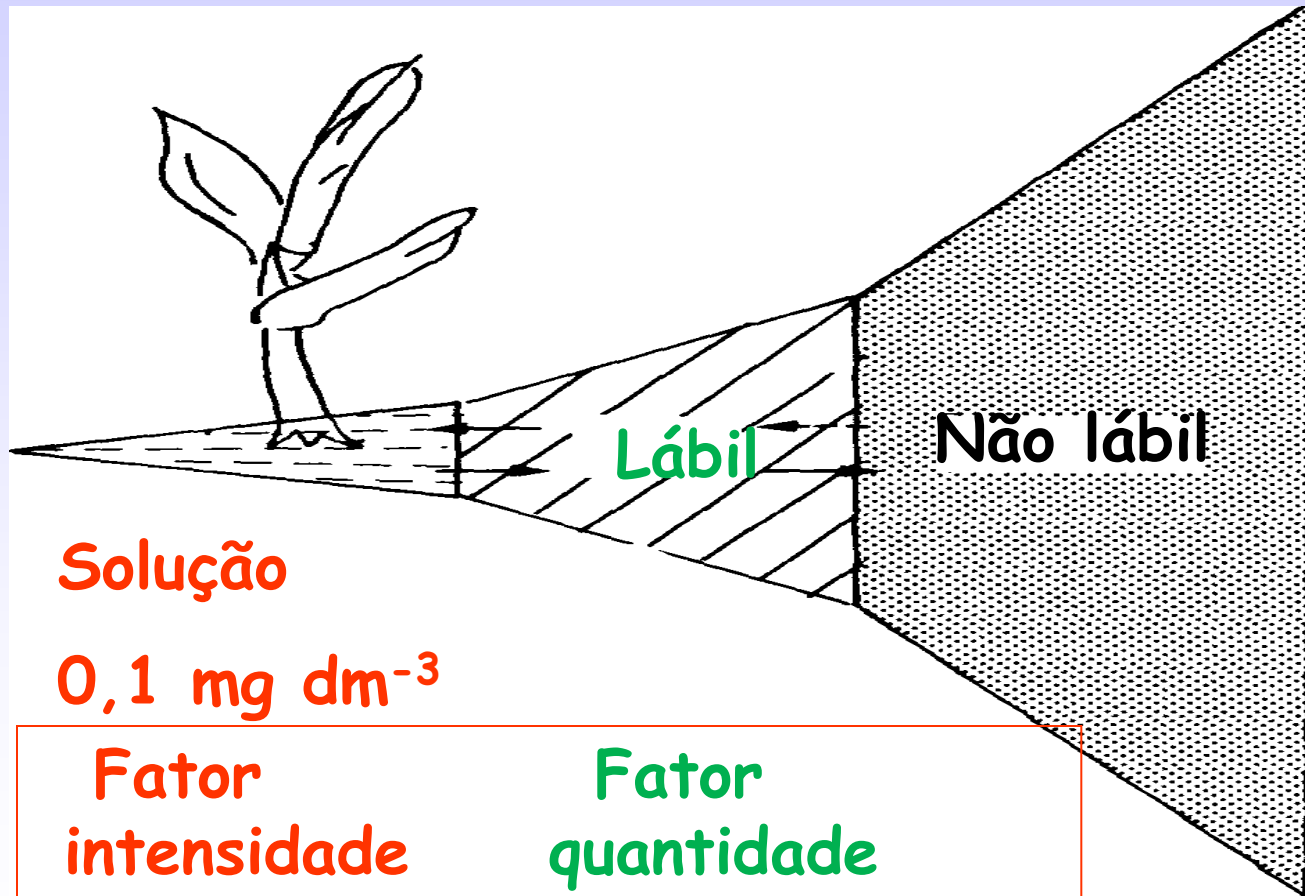
RS/SC (ROLAS)

Classes	Ca	Mg	CTC _{pH 7,0} (cmol _c /dm ³)			
	cmol _c /L		Classes	<15,0	5,1 - 15,0	≤5,0
Baixo	≤2,0	≤0,5				
Médio	2,1-4,0	0,6-1,0	Muito Baixo	≤ 30	≤ 20	≤ 15
Alto	>4,0	>1,0	Baixo	31-60	21-40	16-30
			Médio	61-90	41-60	31-45
			Alto	91-180	61-120	46-90
			Muito alto	>180	>120	>90

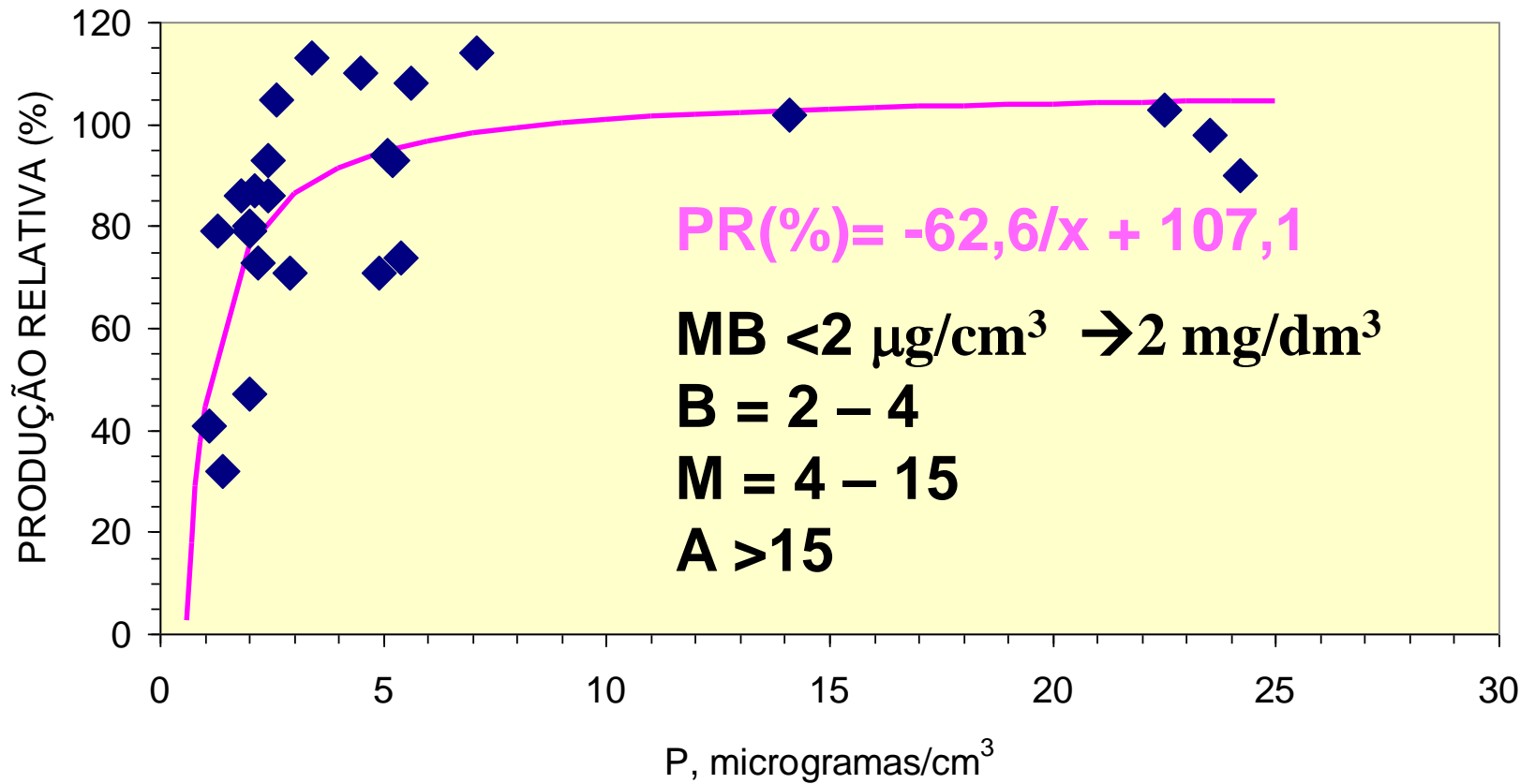
MG: Ca Mg K

Classes	Ca	Mg	K
	cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³
Muito baixo	≤0,40	≤0,15	≤15
Baixo	0,41-1,20	0,16-0,45	16-40
Médio	1,21-2,40	0,46-0,90	41-70
Bom	2,41-4,00	0,91-1,50	71-120
Muito bom	>4,00	>1,50	>120

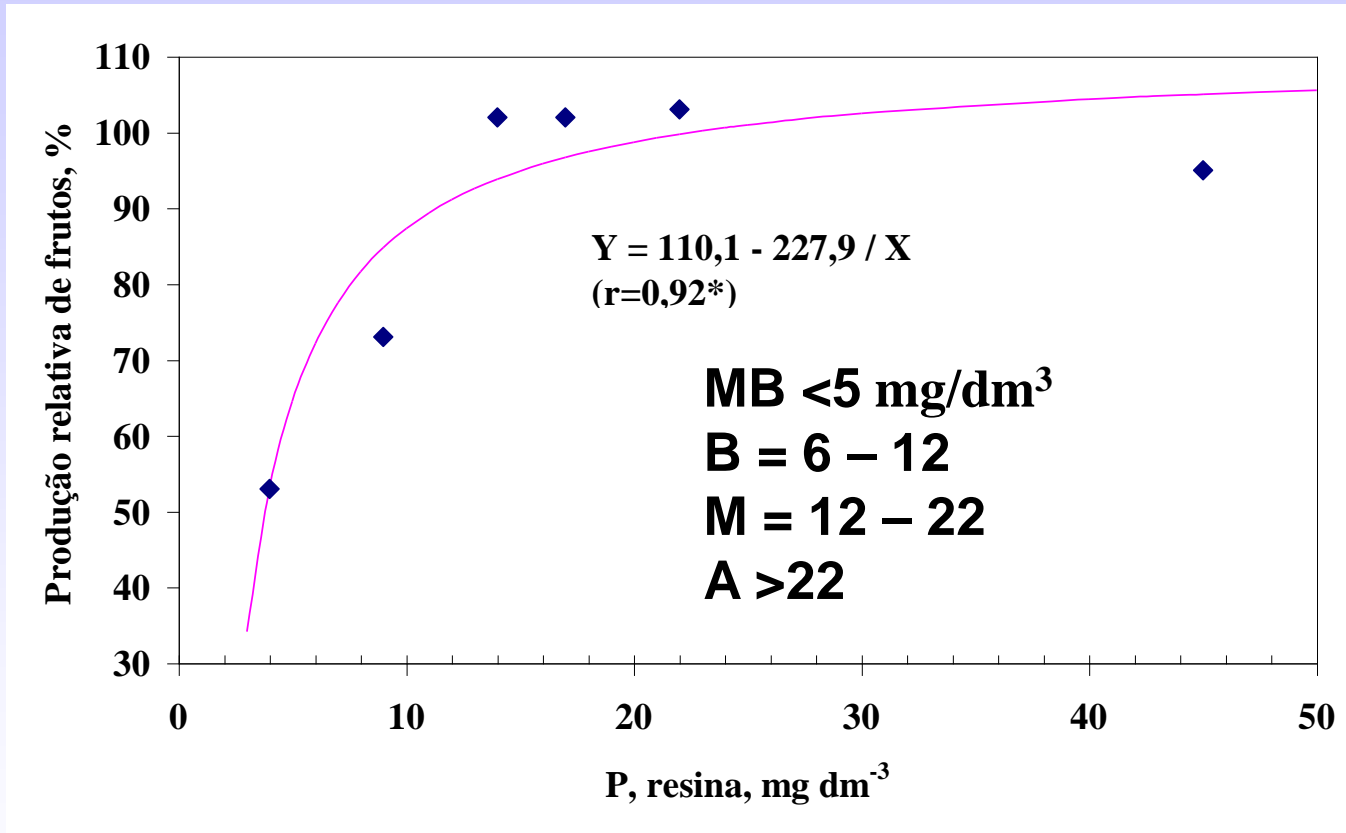
P extraído (resina)
P solúvel (ácido)

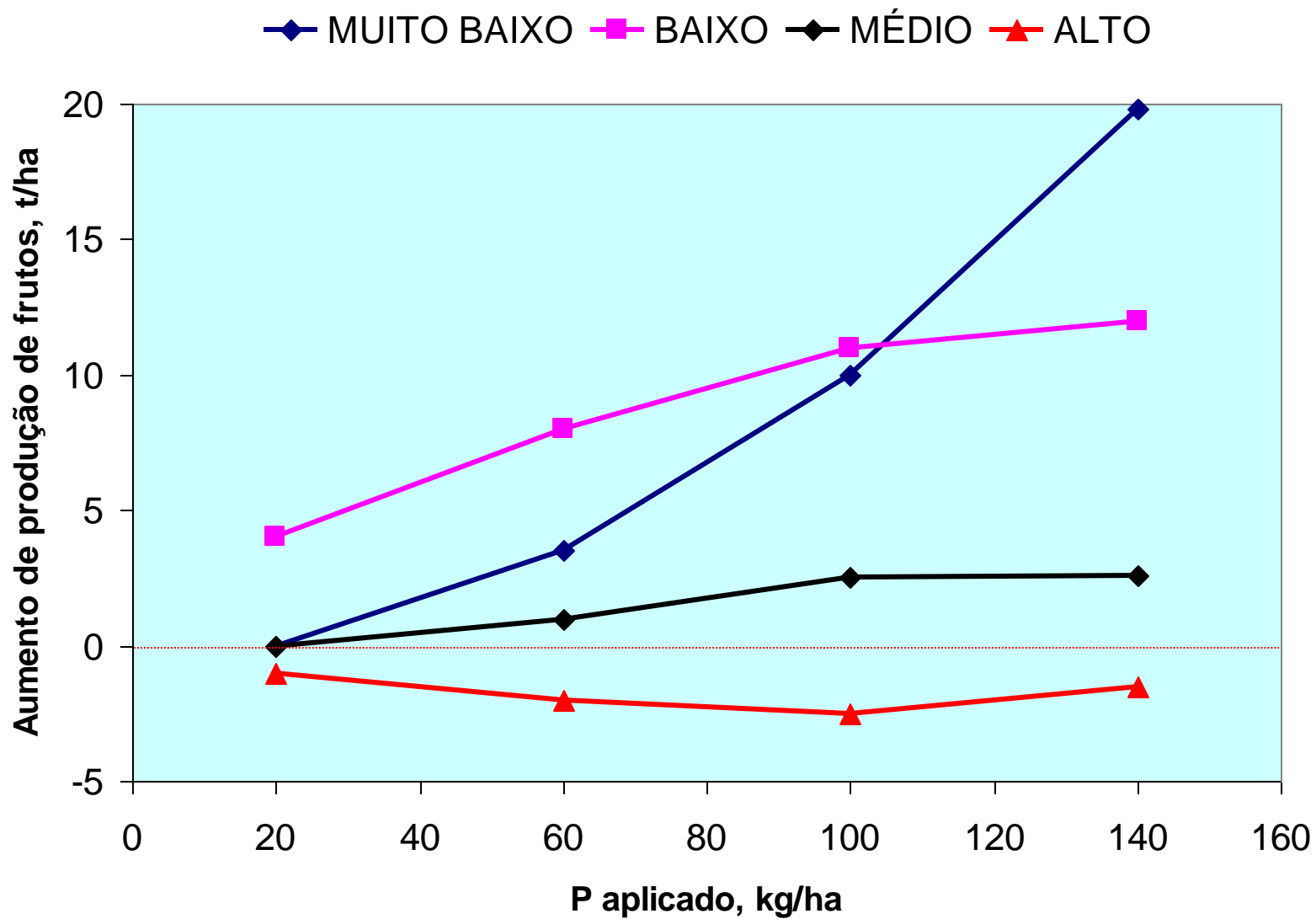


SP MILHO



LARANJEIRA





SÃO PAULO - P (RESINA) mg dm⁻³

Cultura	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Florestais	0-2	3-5	6-8	9-16	>16
Perenes	0-5	6-12	13-30	31-60	>60
Anuais	0-6	7-15	16-40	41-80	>80
Hortaliças	0-10	11-25	26-60	61-120	>120

ROLAS - RS/SC (Mehlich 1)

	Classes de solos conforme o teor de argila*				
Nível de suficiência	1	2	3	4	Solos alagados
	mg/dm³				
Muito Baixo	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 4,0$	$\leq 7,0$	-
Baixo	2,1 - 4,0	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	7,1-14,0	$\leq 3,0$
Médio	4,1 - 6,0	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	14,1-21,0	3,1 - 6,0
Alto	6,1 - 12,0	9,1 - 18,0	12,1-24,0	21,1-42,0	6,1 - 12,0
Muito Alto	$> 12,0$	$>18,0$	$>24,0$	$>42,0$	$> 12,0$
<p>•Teores de argila: classe 1 60% classe 2 60 a 41% classe 3 40 a 21% classe 4 $\leq 20\%$</p>					

MG - Classes de interpretação

P (o teor de argila ou Prem)

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	mg/dm ³ ⁽¹⁾				
Argila (%)	Fósforo disponível ⁽²⁾				
60-100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0 ⁽³⁾	8,1 - 12,0	> 12,0
35-60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15-35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0-15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
P-rem ⁽⁴⁾ (mg/L)					
0-4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0	6,1 - 9,0	> 9,0
4-10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10-19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19-30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30-44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44-60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0

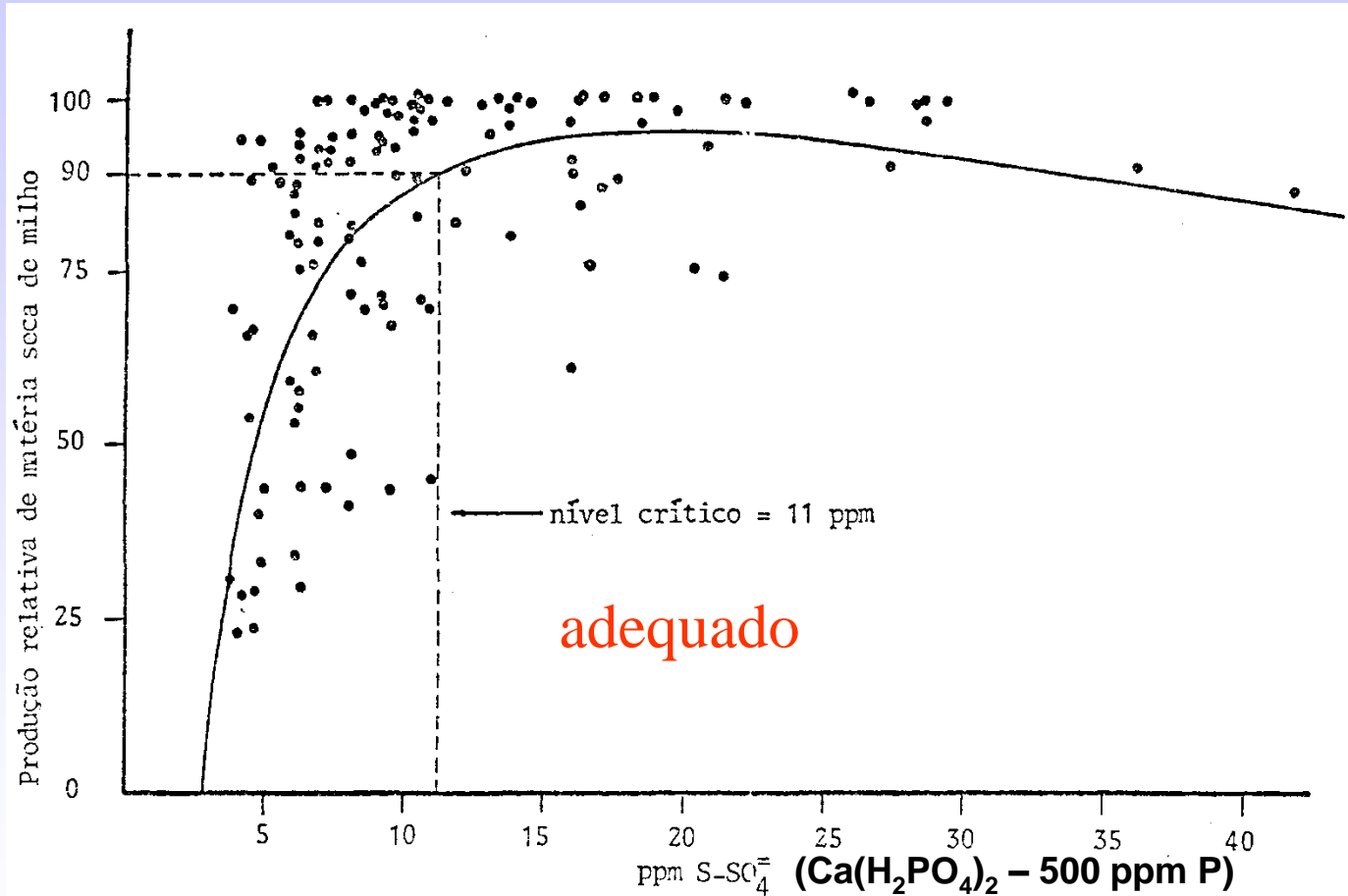
S(SO₄²⁻) extraído

Extrator: Ca(H₂PO₄)₂ - 500 ppm P

Orgânico: 90%

SO₄²⁻ adsorvido (argilas 1:1, óxidos de Fe e Al)

NÍVEL DE SUFICIÊNCIA ?





Teor	São Paulo	RS/SC
	mg/dm ³	
Baixo	0-4	<2,0
Médio	5-10	2,0-5,0*
Alto	>10	>5,0

* 10 mg/dm³ para leguminosas e para culturas exigentes em enxofre (brássicas, liliáceas, etc).

MG

S-SO₄²⁻

		Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio ⁽¹⁾	Bom	Muito bom
		mg/dm ³				
P-rem (mg/L)		Enxofre disponível ⁽²⁾				
0-4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0	6,1 - 9,0	> 9,0	
4-10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5	
10-19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5	
19-30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0	
30-44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0	
44-60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0	

B, Zn, Mn, Cu, Fe

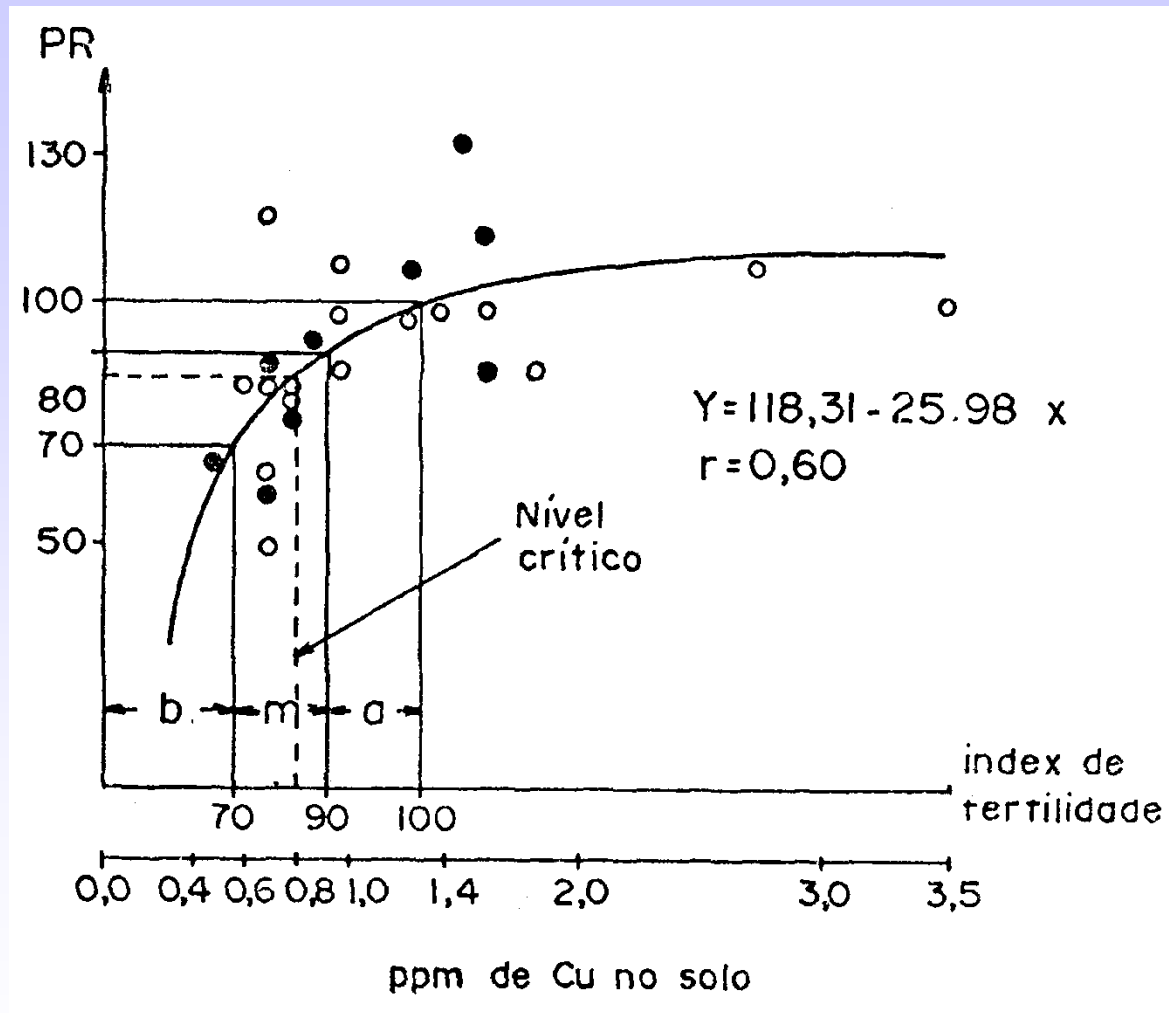
Extrator

B, água quente

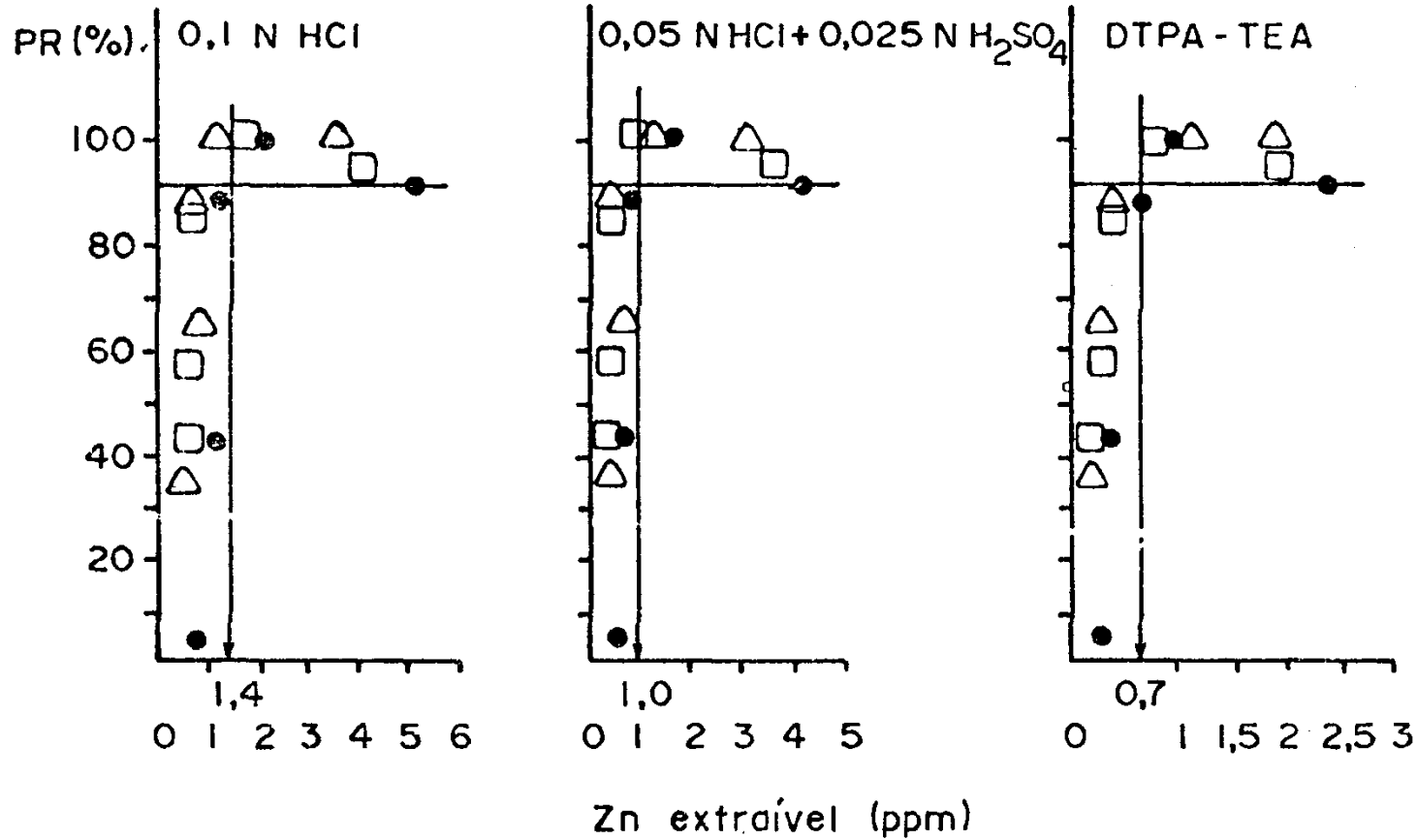
Zn, Mn, Cu, Fe (DTPA - Mehlich 1)

NIVEL DE SUFICIÊNCIA ?

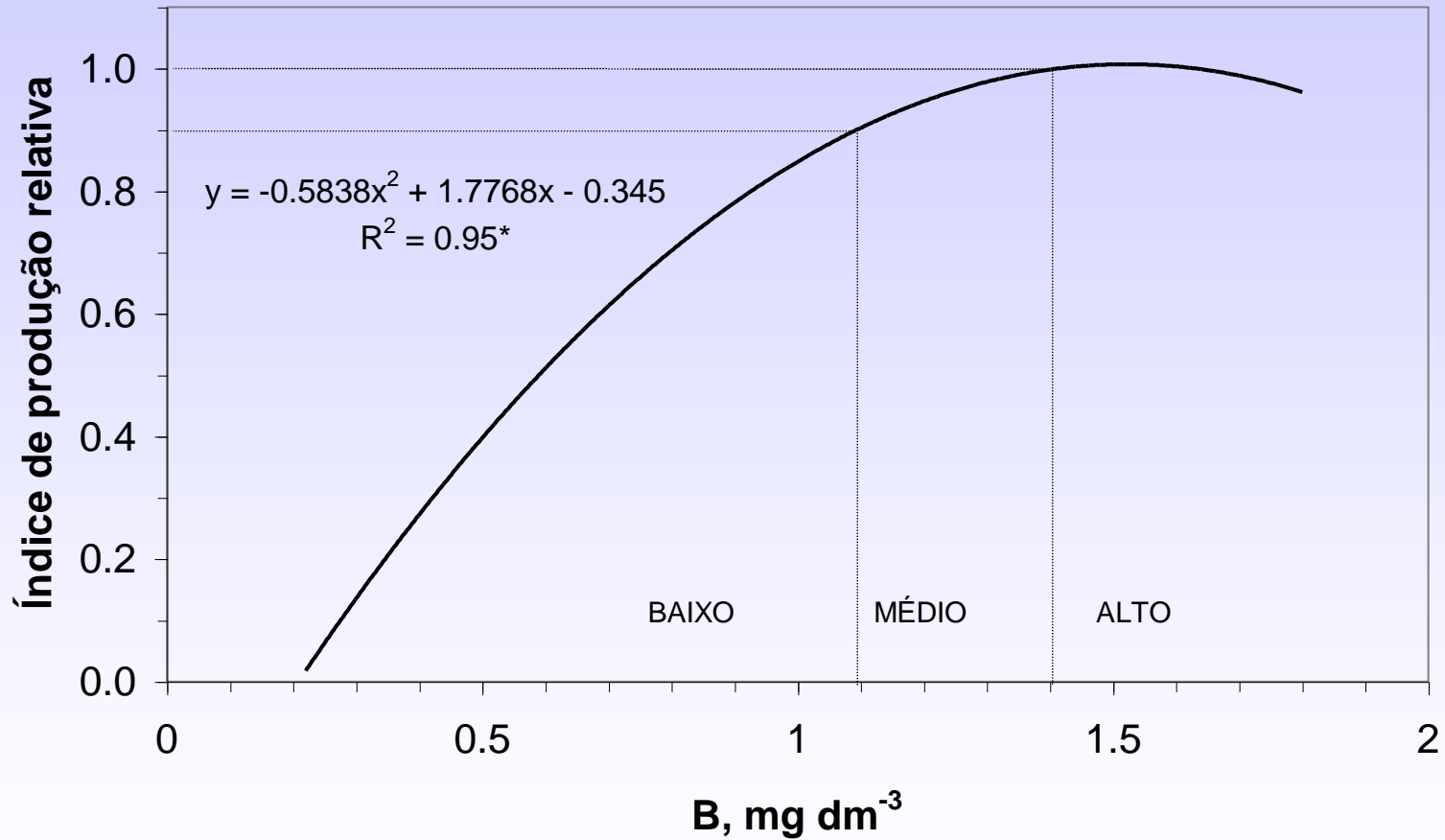
Cana-de-açúcar (Alagoas)



MILHO



B, água quente - Cafeeiro



SP - Interpretação

MICRONUTRIENTES

Nível	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Água quente	----- DTPA -----			
mg/dm ³					
Baixo	0 - 0,20	0 - 0,2	0 - 4	0 - 1,2	0 - 0,5
Médio	0,21-0,60	0,3- 0,8	5 - 12	1,3 - 5,0	0,6 -1,2
Alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

RS/SC - Interpretação

MICRONUTRIENTES

Teor no solo	B	Cu	Zn	Mn	Fe
	Água quente	----- HCl ----- 0,1 mol/L		Mehlich 1	Oxalato de amônio, pH = 3
	----- mg/dm ³ -----				g/dm ³
Baixo	< 0,1	< 0,2	< 0,2	< 2,5	-
Médio	0,1- 0,3 ⁽¹⁾	0,2 - 0,4	0,2 - 0,5	2,5 - 5,0	-
Alto	> 0,3	> 0,4	> 0,5	> 5,0	> 5,0 ⁽²⁾

¹ Videira: teor adequado de 0,6 a 1,0 mg/dm³

² Valor relacionado com toxidez de Fe em arroz irrigado

MG - Interpretação

MICRONUTRIENTES

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ⁽¹⁾	Bom	Alto
	mg/dm ³				
Zn ⁽²⁾	≤ 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Mn ⁽²⁾	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Fe ⁽²⁾	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cu ⁽²⁾	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
B ⁽³⁾	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90

⁽¹⁾Limite superior desta classe indica o nível crítico. ⁽²⁾Extrator: Mehlich-1.

⁽³⁾ Extrator: água quente