

SECRETARIA DE AGRICULTURA  
E ABASTECIMENTO



# CONHECER O SOLO E SUA FERTILIDADE: IMPORTÂNCIA PARA ADUBAÇÃO DA CANA-DE-ACÚCAR

**Dr. André Cesar Vitti**  
APTA Polo Centro Sul

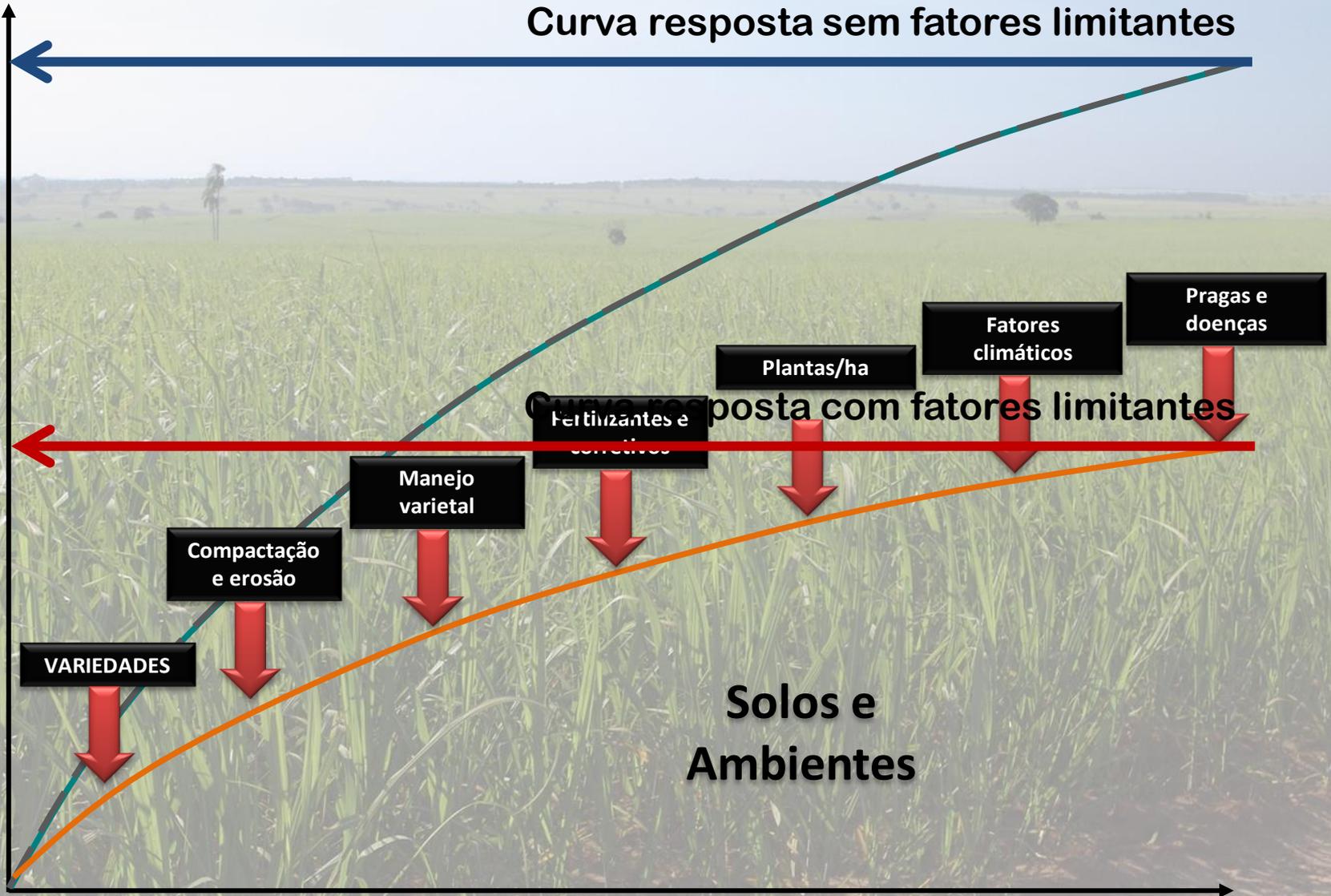
**SOLOS E AMBIENTES DE PRODUÇÃO**  
**EVENTO STAB - ADUBAÇÃO**  
*Piracicaba - 24/04/2018*



# Fatores de Produtividade

Curva resposta sem fatores limitantes

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

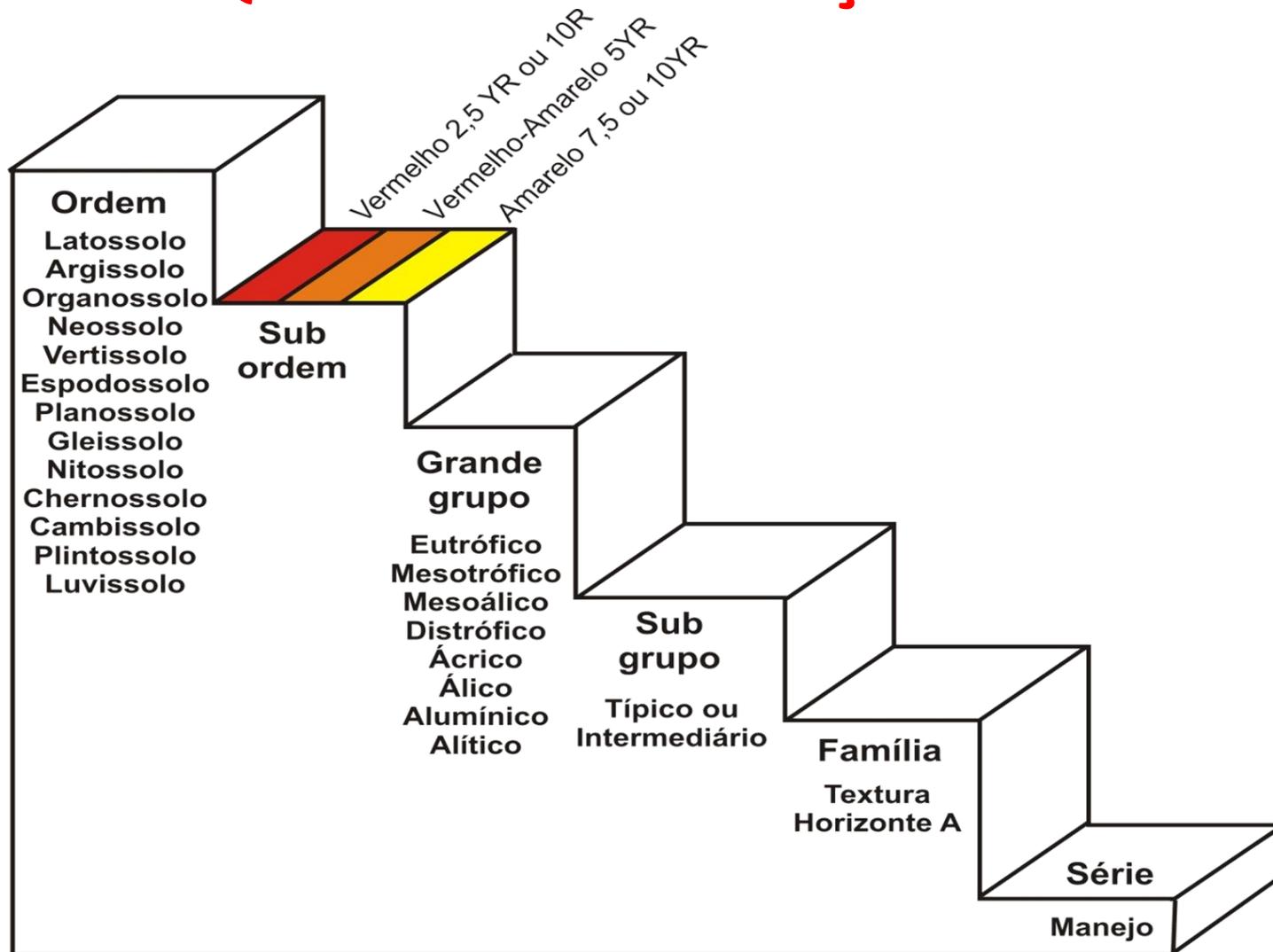


AUMENTO DA FERTILIDADE DO SOLO

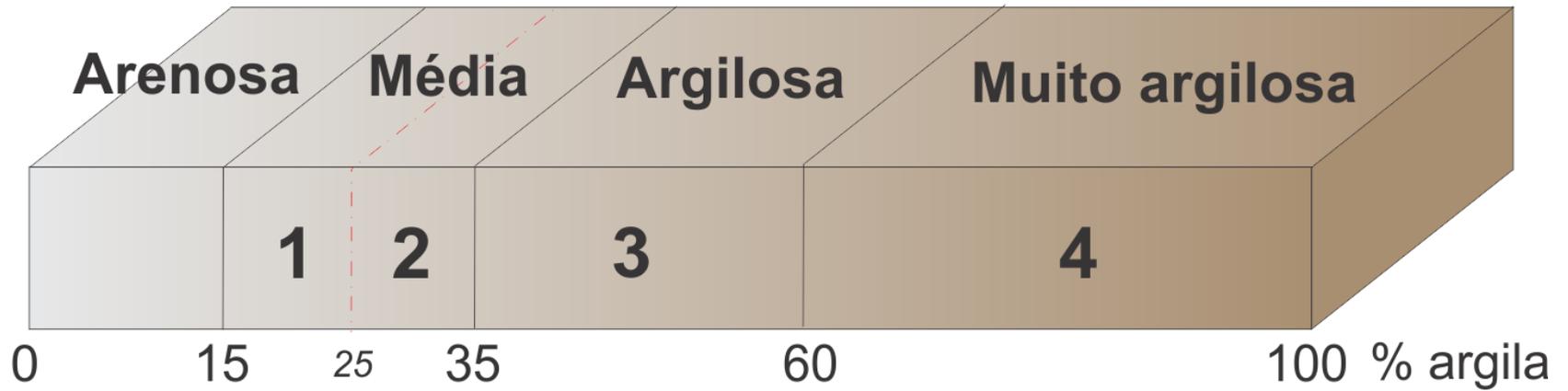
# IMPORTANCIA EM CONHECER OS SOLOS (AMBIENTES DE PRODUÇÃO) E SUA FERTILIDADE

- 1- Definir épocas e os tipos de preparo do solo;
- 2- Conhecer CAD do solo;
- 3- Alocação varietal e épocas de plantio e corte;
- 4- Definir áreas de arrendamento e valores (AMBIENTES);
- 5- Manejar a fertilidade do solo pelo potencial produtivo - Nível nutricional x CAD - Favorece o desenvolvimento das plantas
- 6- Frequência de épocas de amostragem e correção do solo;
- 7- Entre outros...tipos de rotação, conservação do solo...

# HIERARQUIA DA CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS



# Textura





**Trincheira possível Observar:**

**Espessura de horizontes**

**Gradiente textural (relação)**

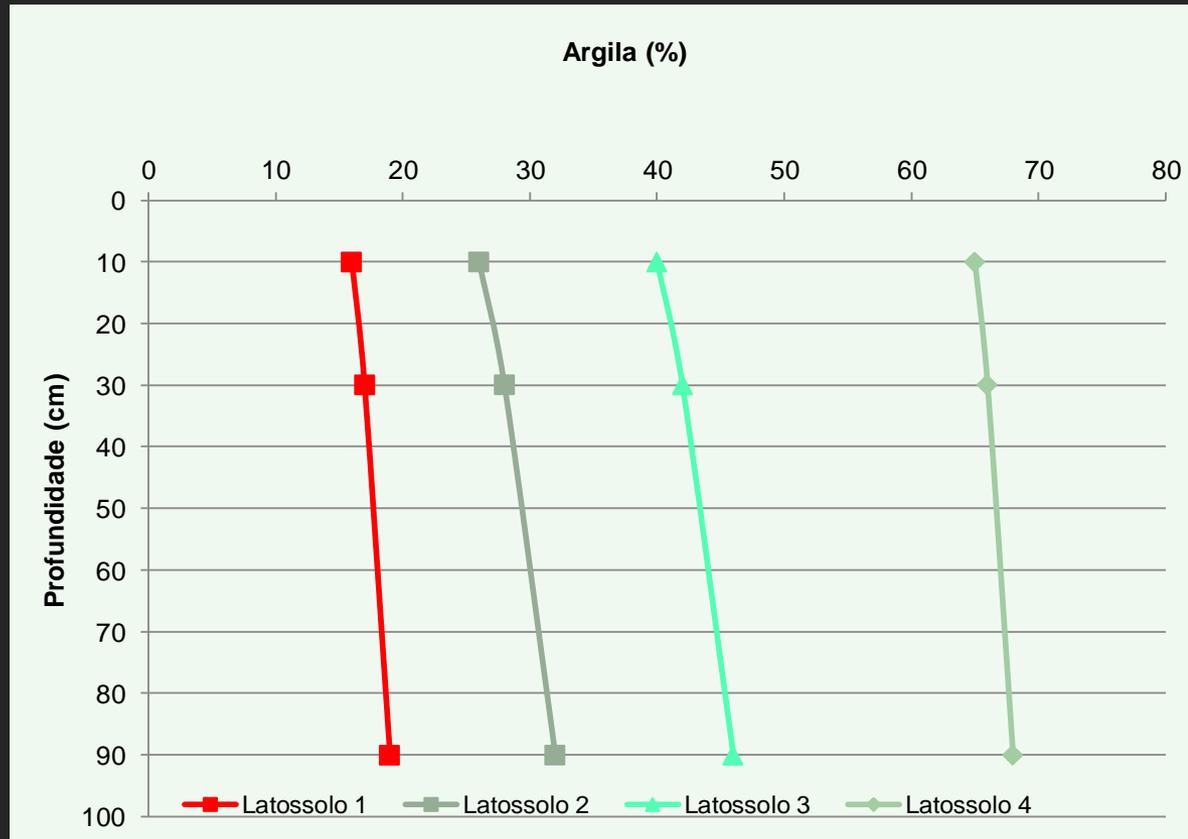
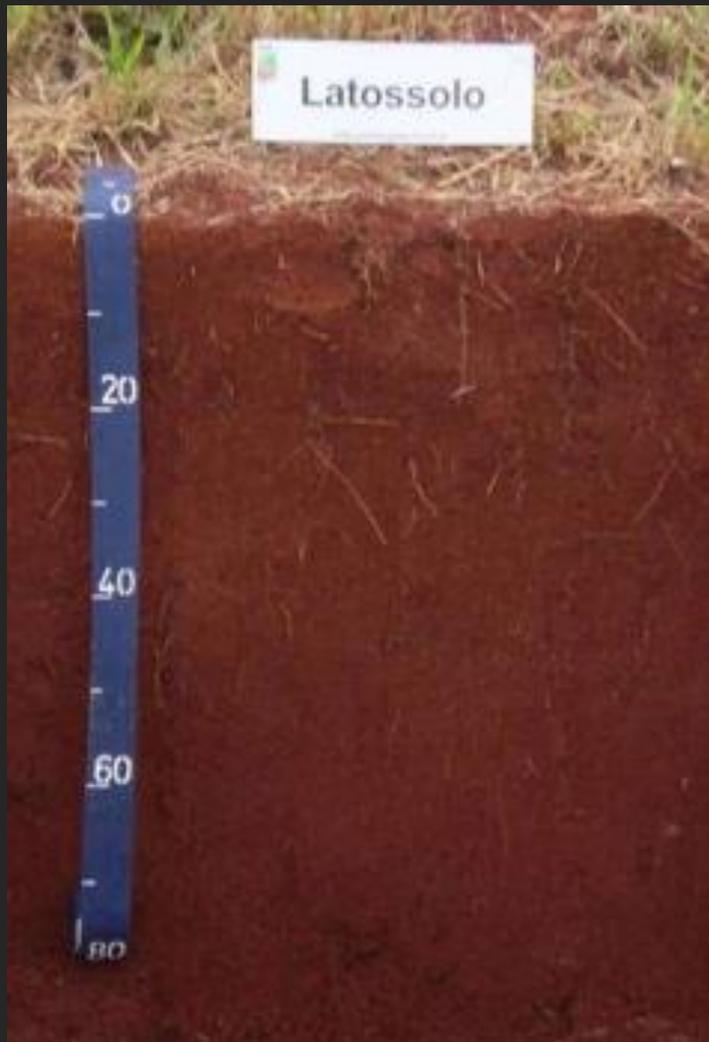
**Estrutura e consistência**

**Morfologia**

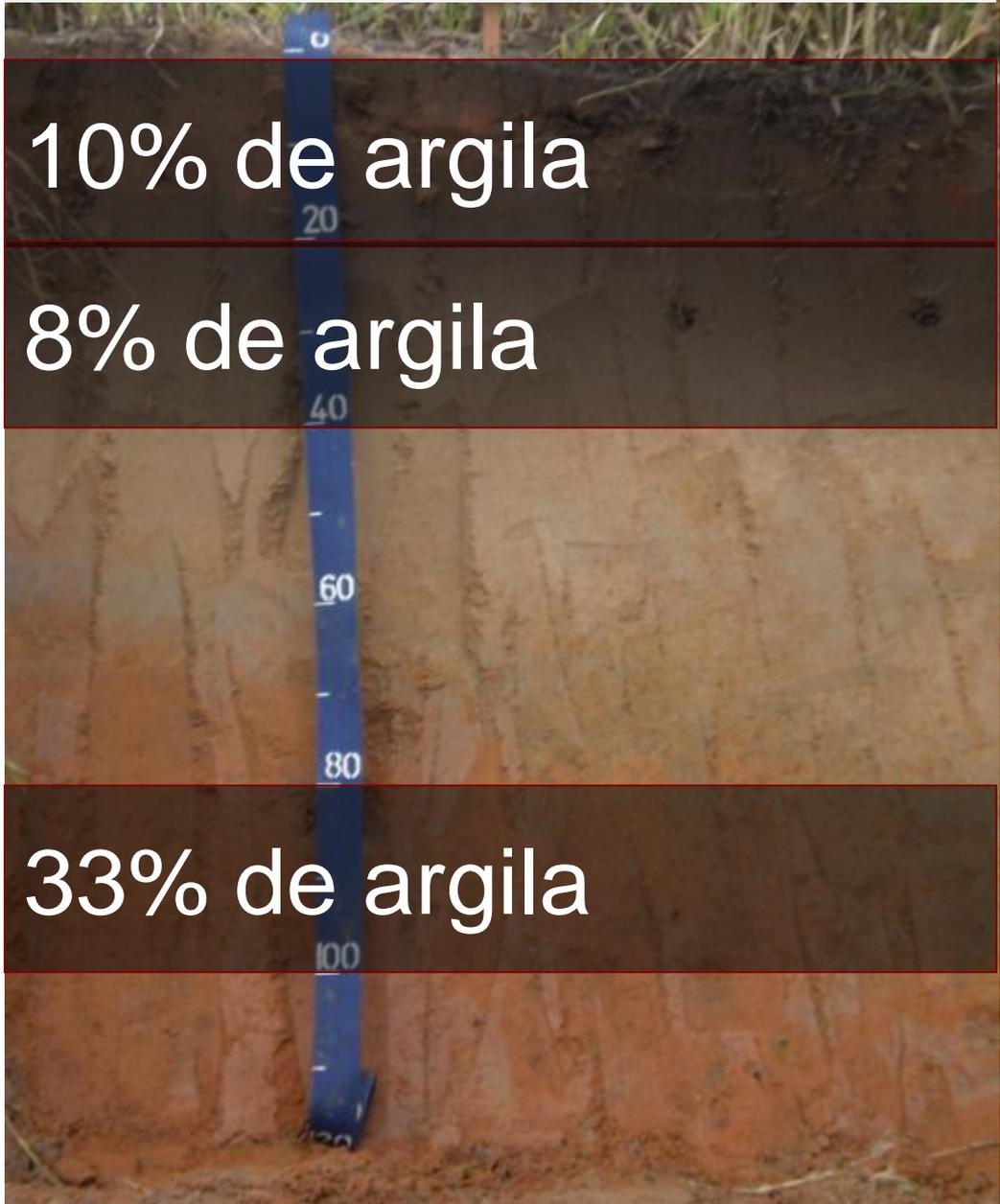
**Desenvolvimento das raízes**

**Qual o solo? Classificação**

# Latossolos



# ARGISSOLOS: GRADIENTE TEXTURAL



10% de argila

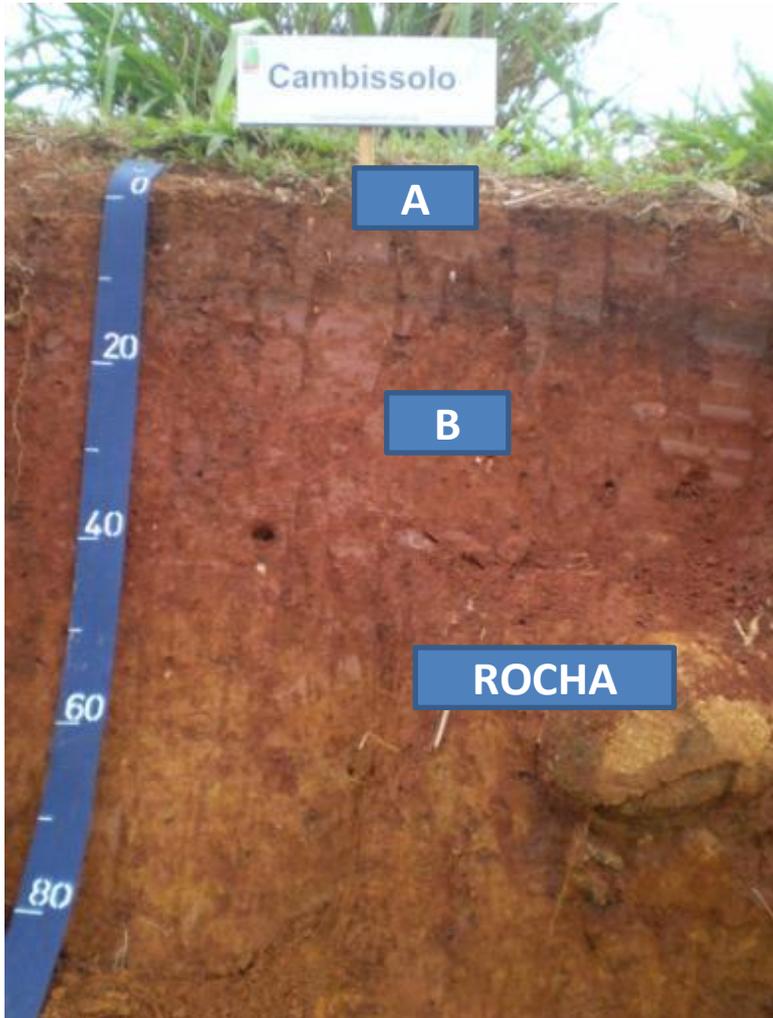
The image shows a soil profile with a blue measuring tape on the left. The tape has markings at 0, 20, 40, 60, 80, and 100. Three horizontal red lines are drawn across the soil profile at approximately 10, 35, and 85 cm depth. The soil is dark brown at the top, transitions to a lighter brown in the middle, and is reddish-brown at the bottom.

8% de argila

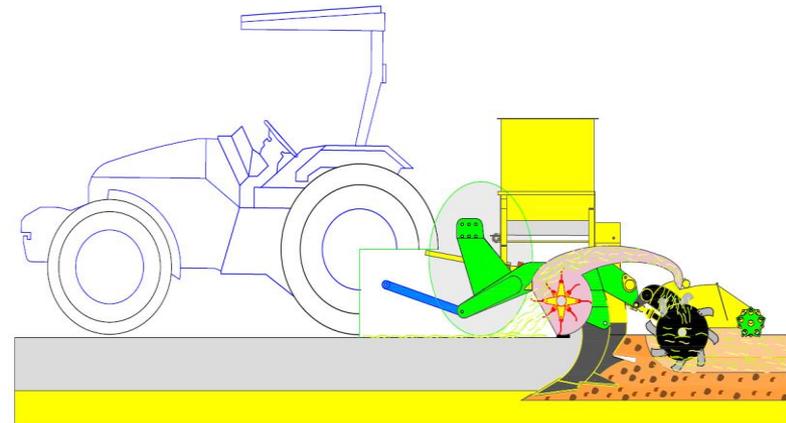
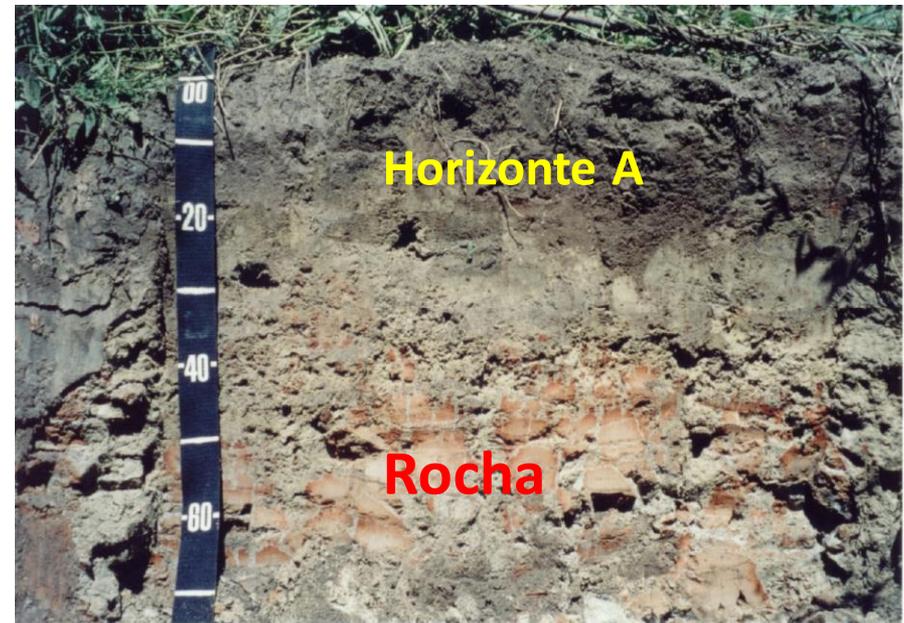
33% de argila

# CAMBISSOLO:

Argila X Espessura do Horizonte B X Topografia



## NEOSSOLO LITÓLICO



# IMPORTÂNCIA DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA: EVITA EROSÃO



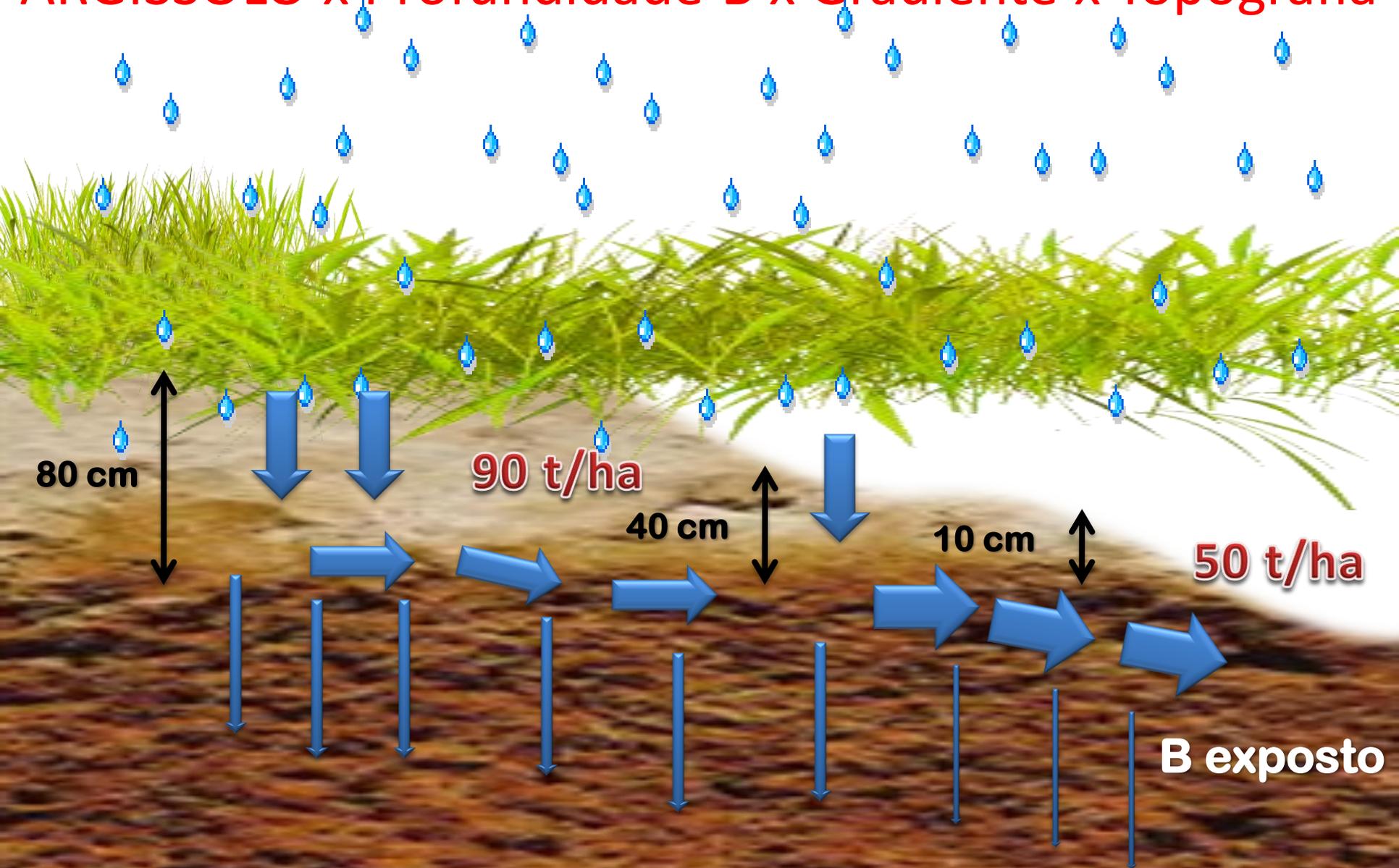
**Preparo sem impedimento**  
**Aumento da VIB**

**Chuva 100mm**



**Preparo com menor infiltração**

# ARGISSOLO x Profundidade B x Gradiente x Topografia



NVef-4 (horizonte A preservado)



Legenda:



Horizonte A



Horizonte B

NVef-4 (horizonte A erodido)



Riacho



# Nitossolo

99,8 t/ha



72 t/ha



# Argissolo

90 t/ha

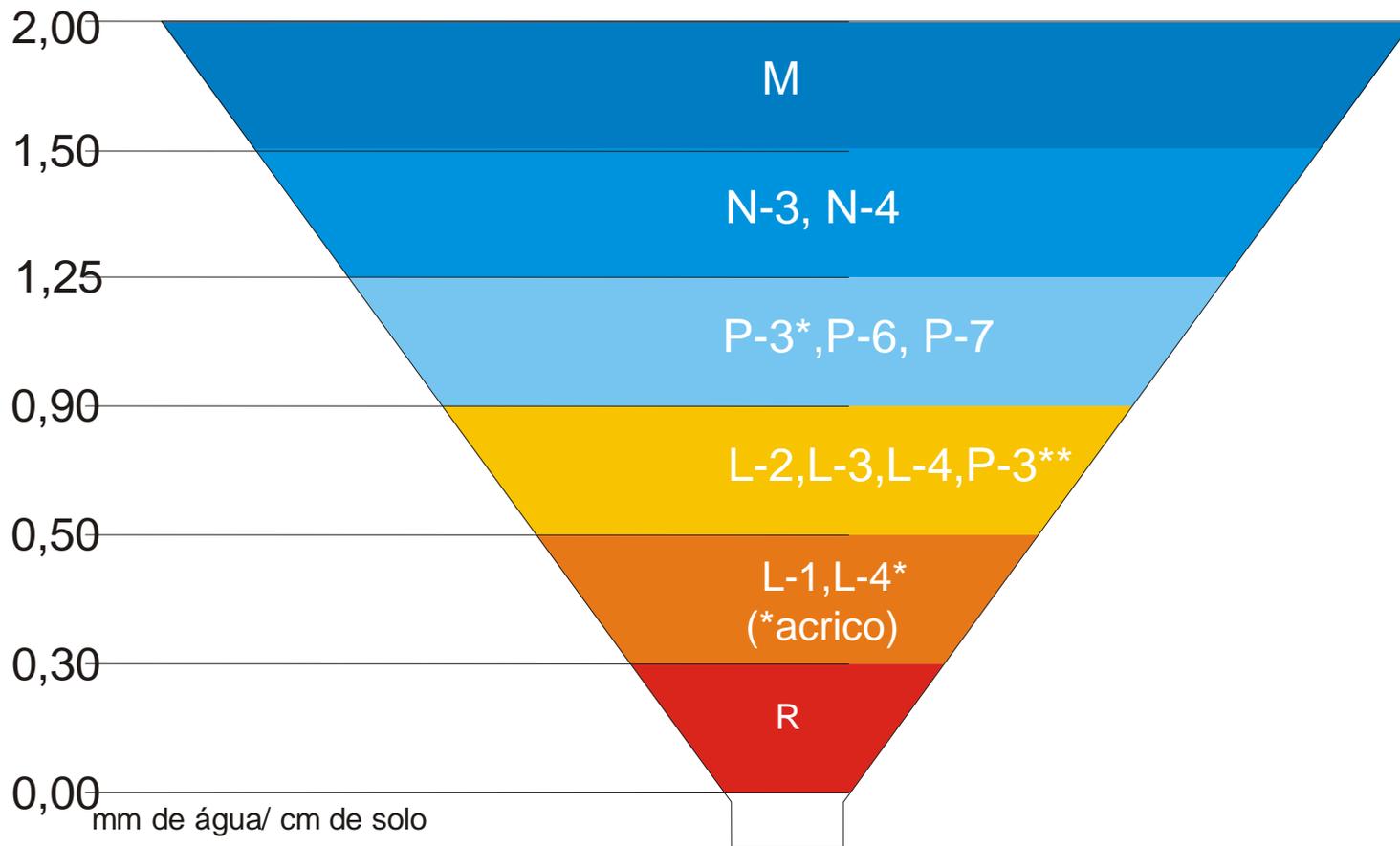
50 t/ha

Erosão leva solo e os nutrientes ...

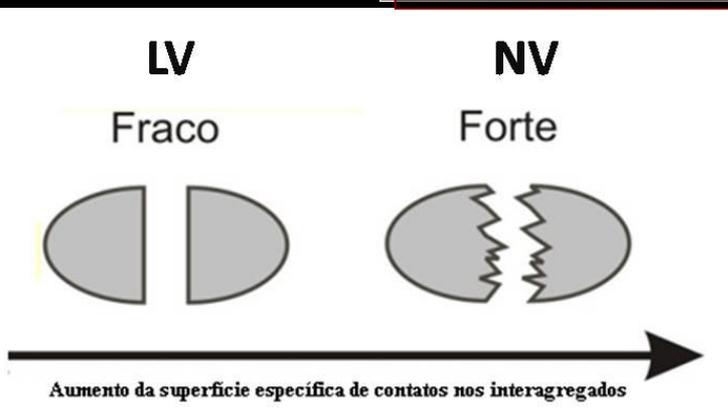
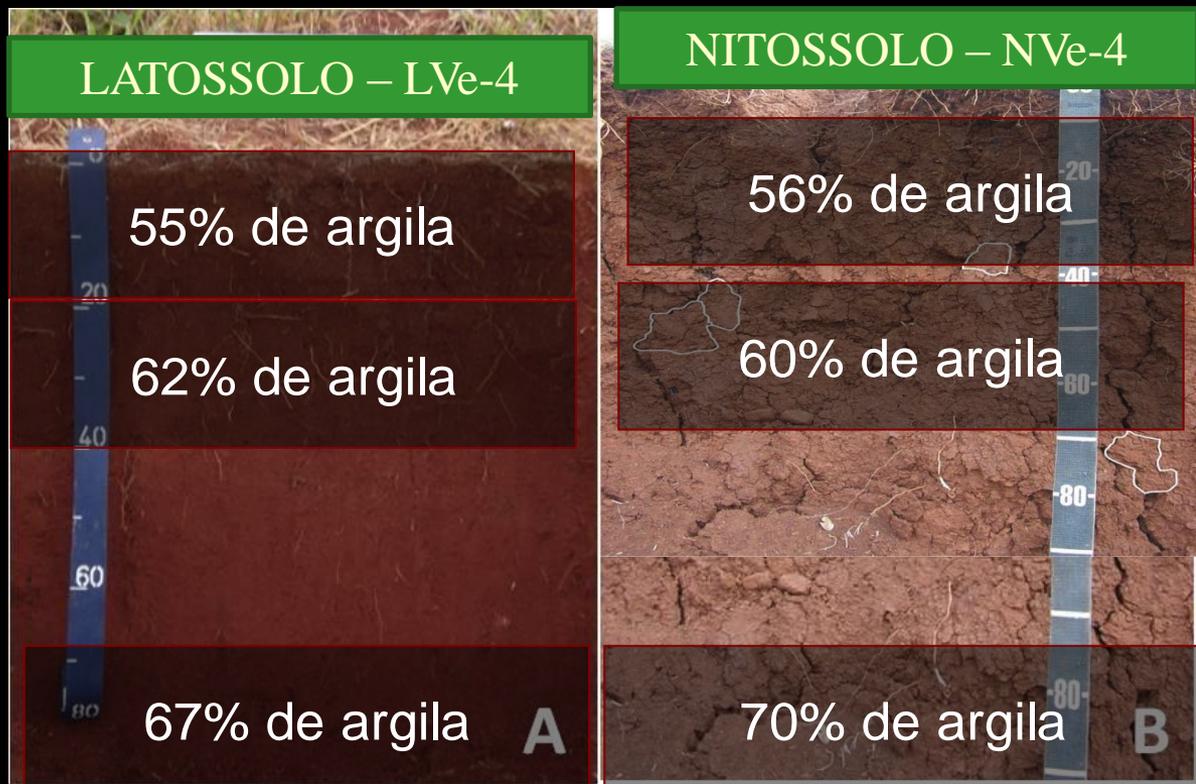
Foto ACVITTI

\* NVef-4 - Nitossolo Vermelho eutroférico típico A chermozênico textura muito argilosa

# SOLOS COM MAIOR OU MENOR CAPACIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL



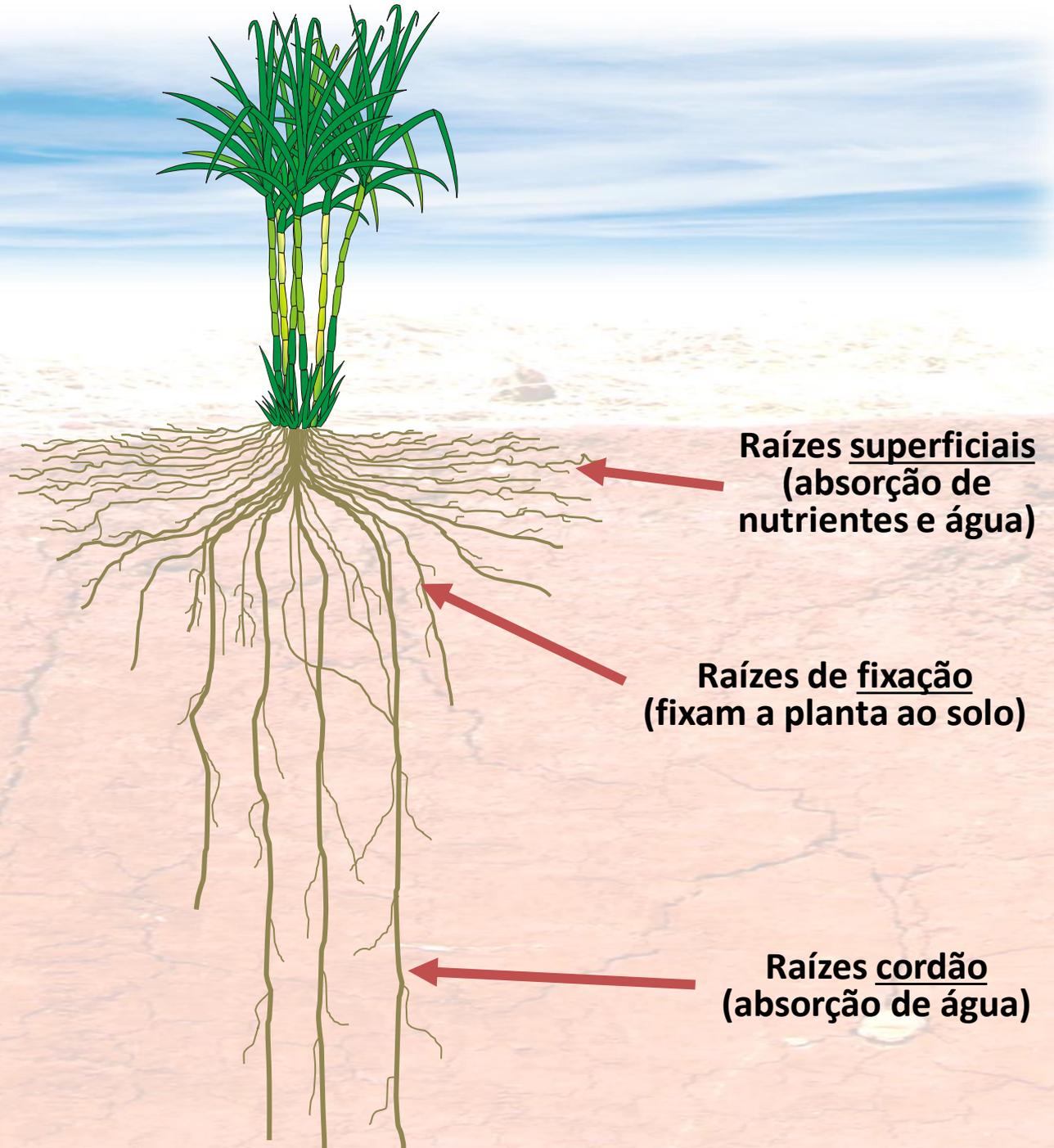
# Ambiente de produção influenciando na produtividade



Solos	LVe-4	NVe-4
Produtividade (t/ha)	137	152
CAD (litros/m <sup>3</sup> )	75	140
AD (dias) - 5mm/dia	15	28

# Cana Planta

## Sem impedimento



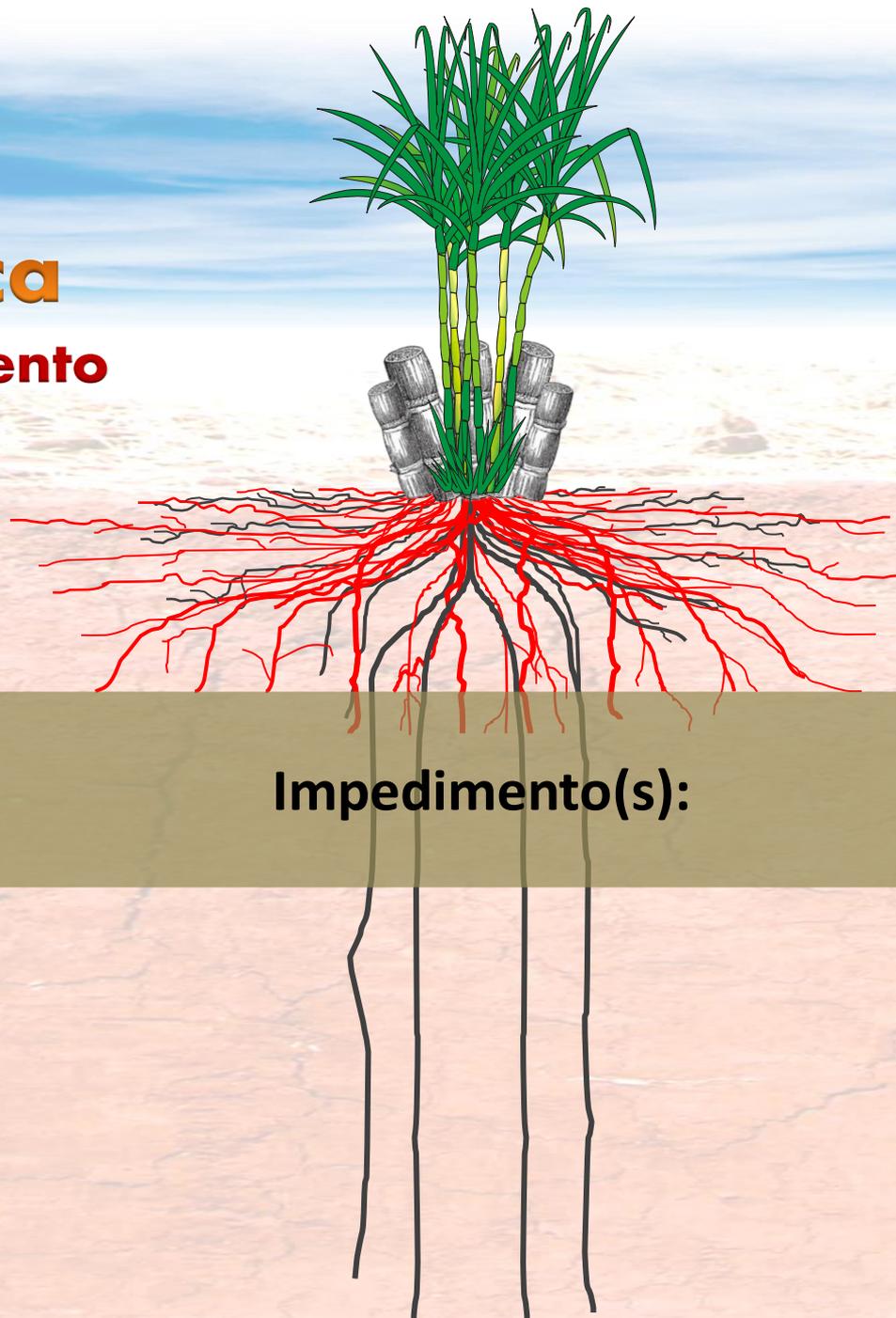
# Cana Soca

## Sem impedimento

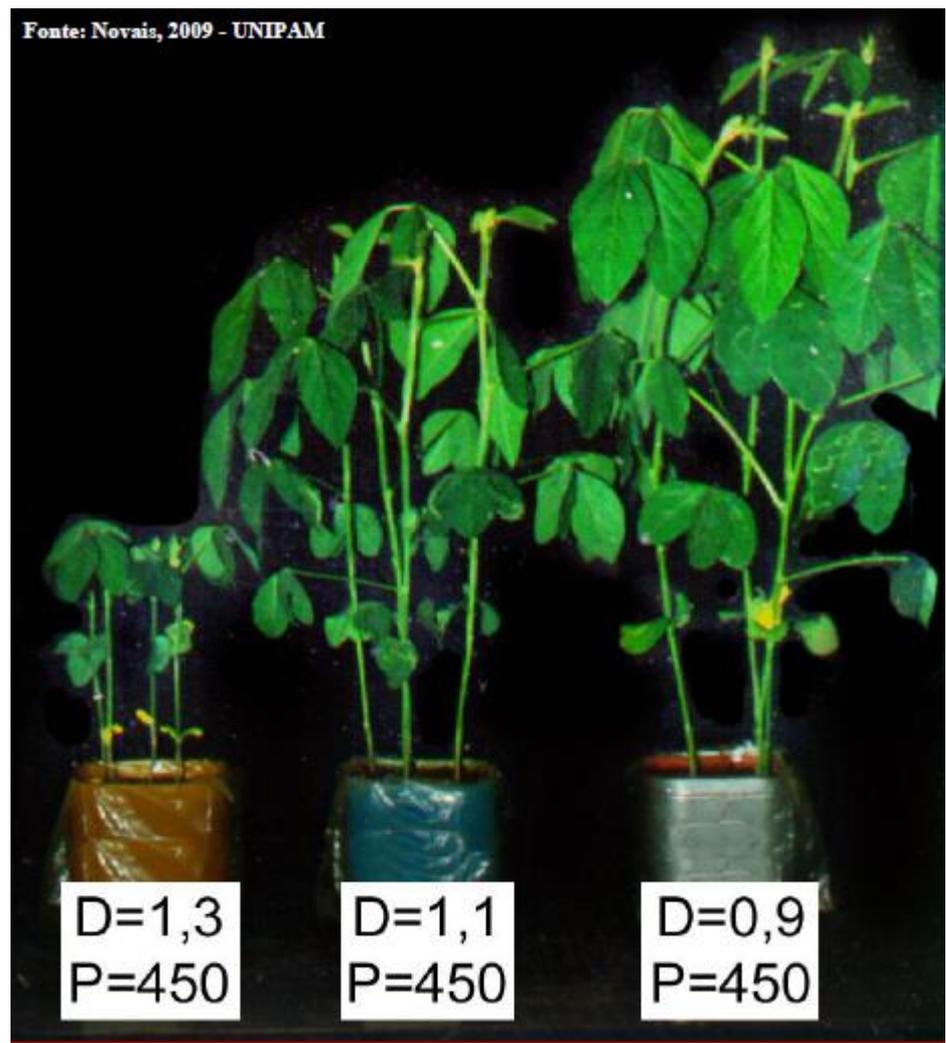
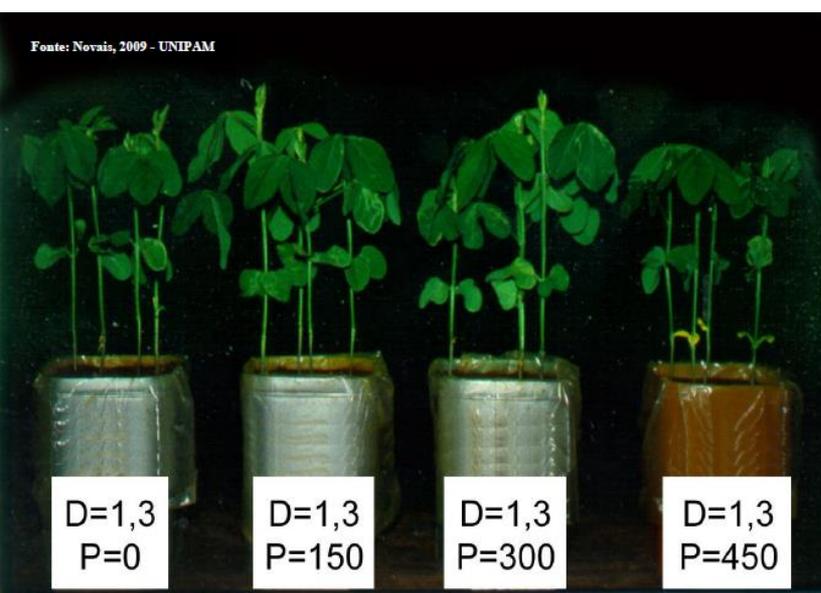
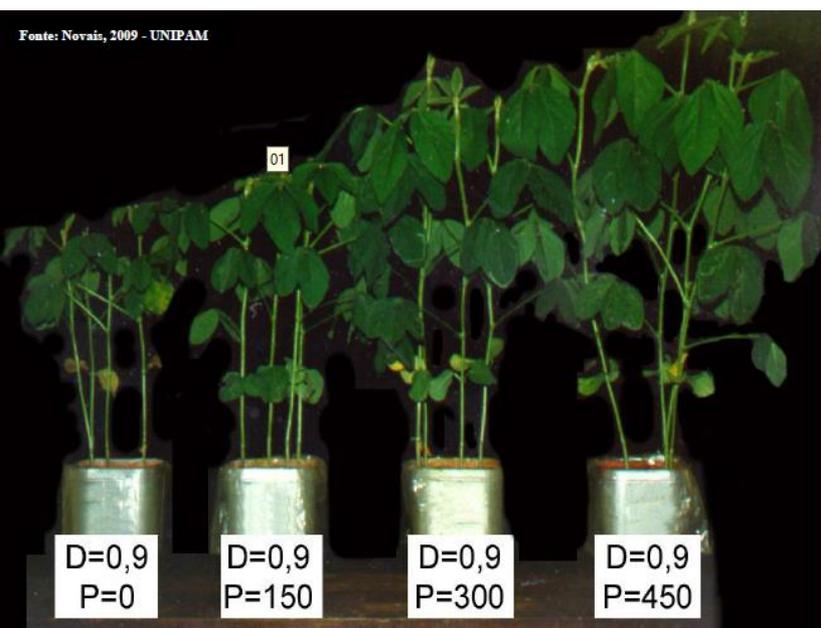


# Cana Soca

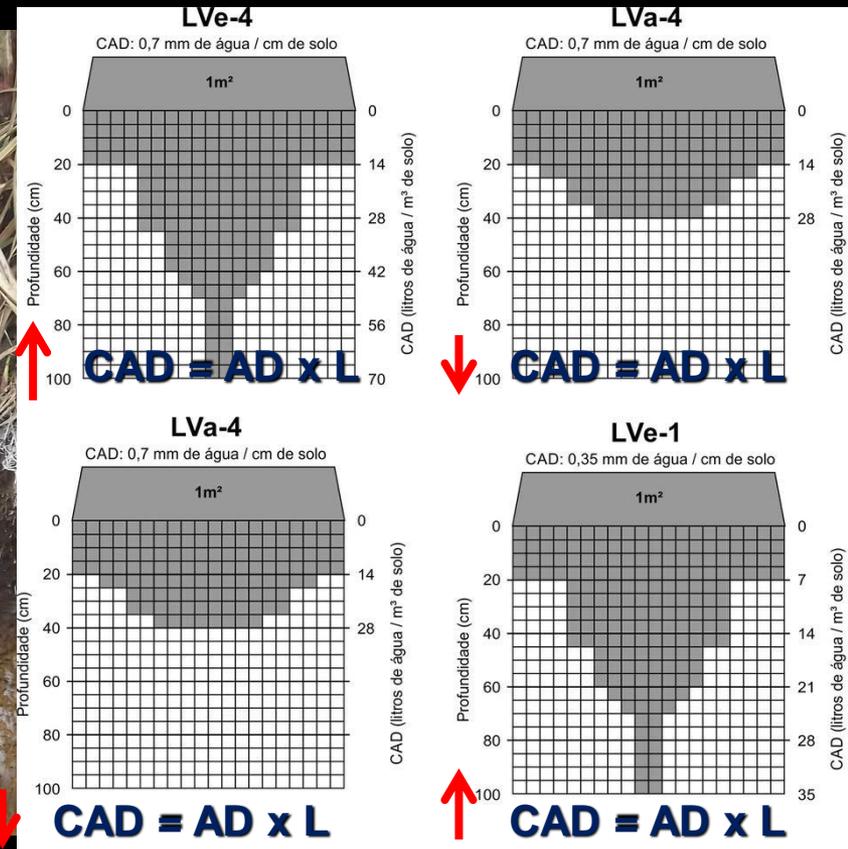
## Com impedimento



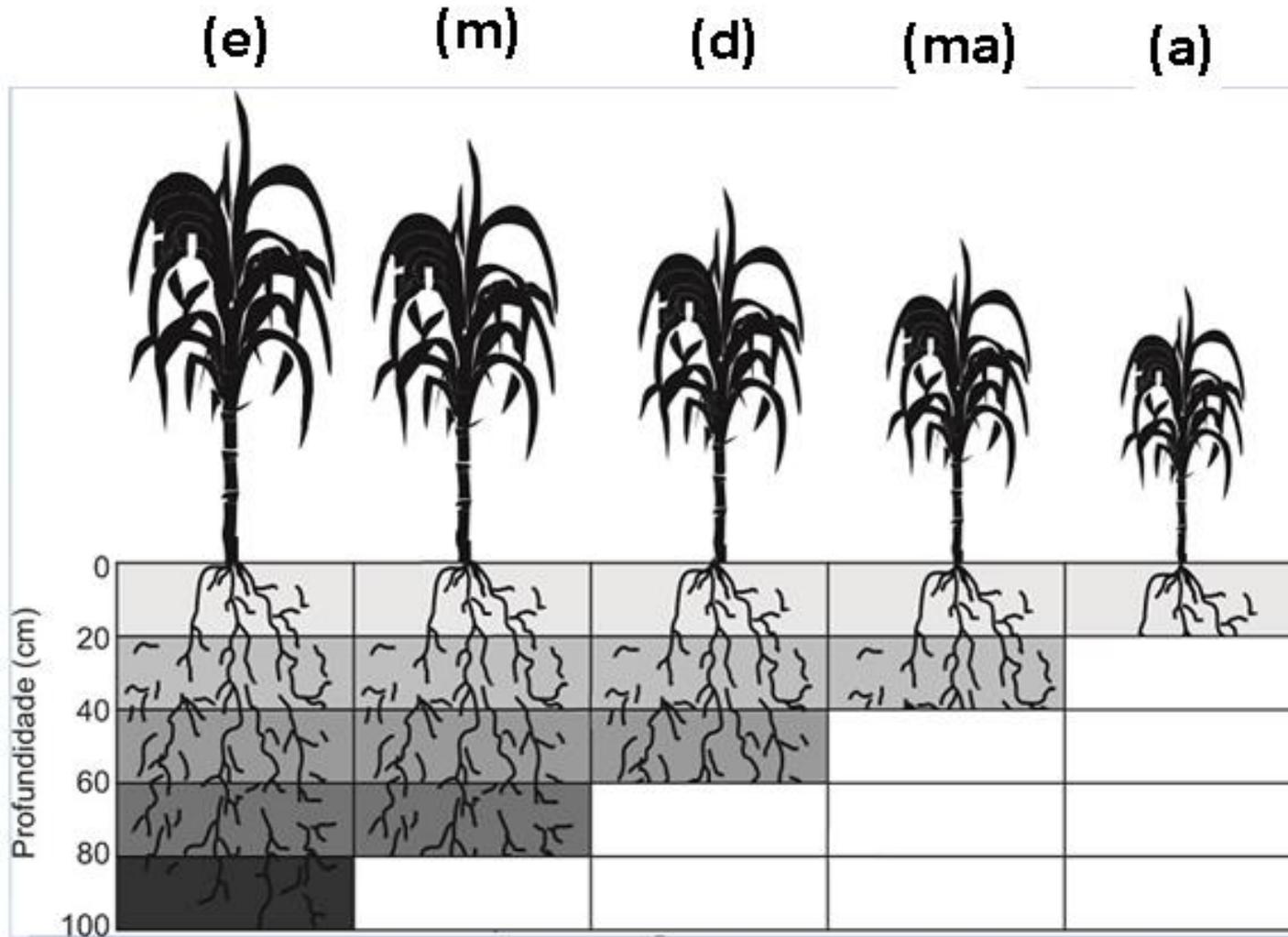
**Impedimento(s):**



# IMPEDIMENTO QUÍMICO/FÍSICO/BIOLÓGICO: DESENVOLVIMENTO RADICULAR MAIS SUPERFICIAL



*E*=eutrófico *m*=mesotrófico *d*=distrófico  
*ma*=mesoálico *a*=álico

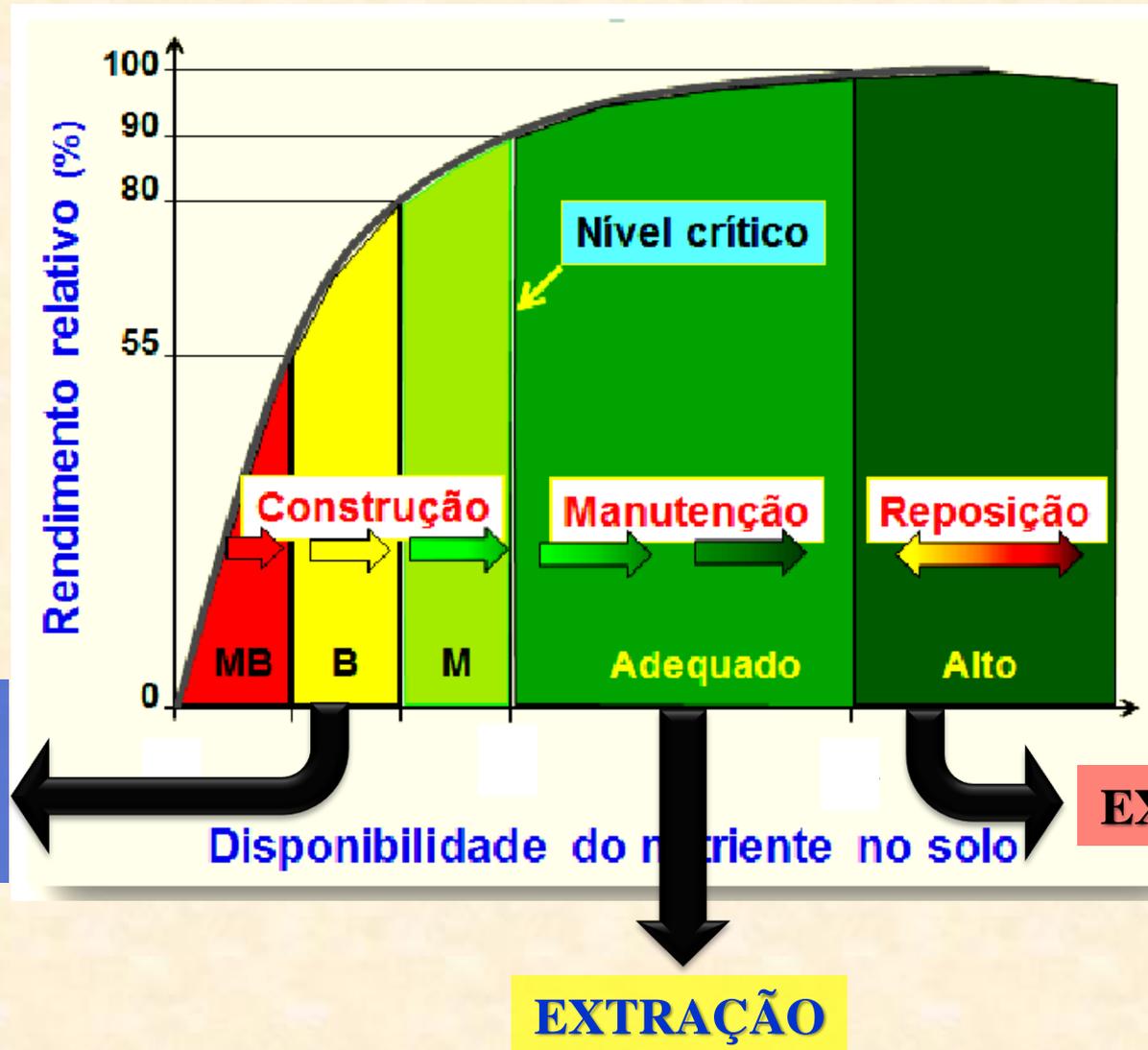


## Primeiro passo para a eficiência da Adubação



**Realização de AMOSTRAGEM DE SOLO antes do plantio e ao longo das soqueiras, a fim de dar sustentação a aplicação dos nutrientes.**

# PRODUTIVIDADE EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DISPONÍVEIS NO SOLO



# Classificação dos níveis de nutrientes

Teor	Ca <sup>2+</sup>	*Mg <sup>2+</sup> Trocável	**S <sup>2+</sup>
	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>
Baixo	0 - 20	0 - 4	0 - 10
Médio	20 - <b>40</b>	5 - <b>8</b>	10 - <b>15</b>
Alto	> 40	> 8	> 15

Teor	Produção Relativa (%)	K + trocável <sup>(*)</sup> (mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )	P resina <sup>(*)</sup> (mg.dm <sup>-3</sup> )
Muito Baixo	0-70	0-0,7	0-6
Baixo	71-90	0,8-1,5	7-15
Médio	91- <b>100</b>	1,6- <b>3,0</b>	<b>16-40</b>
Alto/Adequado	>100	3,1-6,0	>40
Alto/Muito alto	>100	> 6,0	-

Fonte: <sup>(\*)</sup> Raij et al., 1996; <sup>(\*\*)</sup> Vitti, 1989.

Atributos	Unidade	FAIXA 1	FAIXA 2	FAIXA 3	FAIXA 4
CTC	(mmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	< 30	30-50	51-70	> 70
(V%)	%	< 25	25-40	41-60	> 60
(m%)		< 15	15-30	31-50	> 50

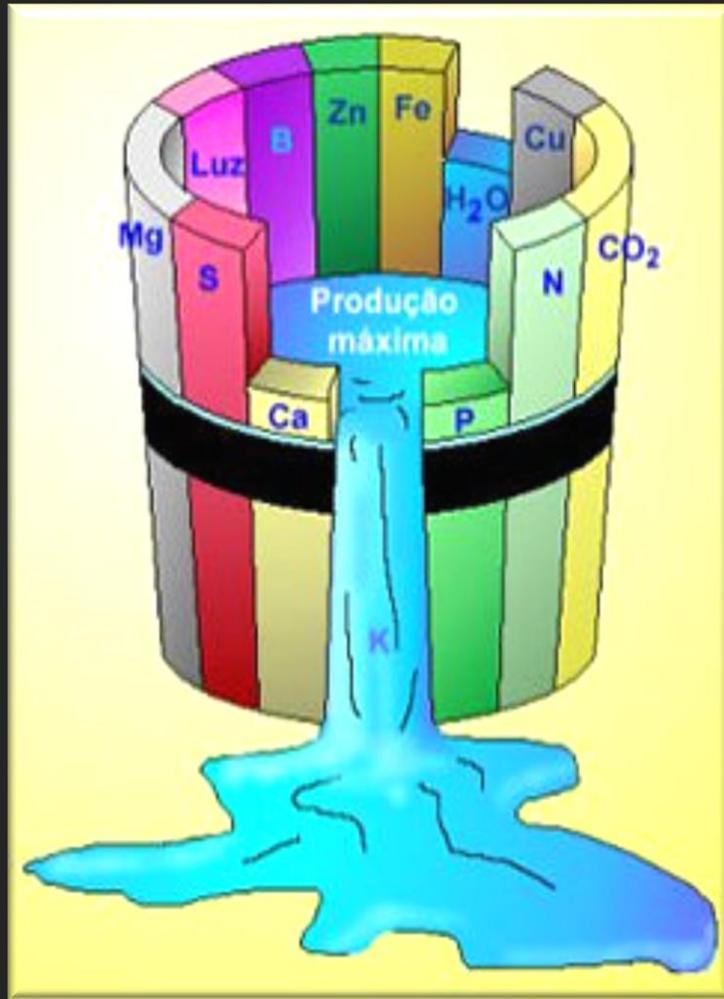
## Limites de classes de teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	água quente	DTPA			
	mg.dm <sup>-3</sup>				
Baixo	0 – 0,2	0 – 0,2	0 – 4	0 – 1,2	0 – 0,5
Médio	0,21 – 0,6	0,3 – 0,8	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2 (>1,6)*
Alto	> 0,6	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2 (>1,6)*
g/ 100 t	235	339	7318	2472	592
kg/5 cortes	1,2	1,7	37,0	12,0	3,0

\* Mehlich

**1 mg dm<sup>-3</sup> B, Zn, Cu, Fe, Mn → 2 kg/ha do micro**

# CONCEITO DE ADUBAÇÃO



**LEI DO MÍNIMO**

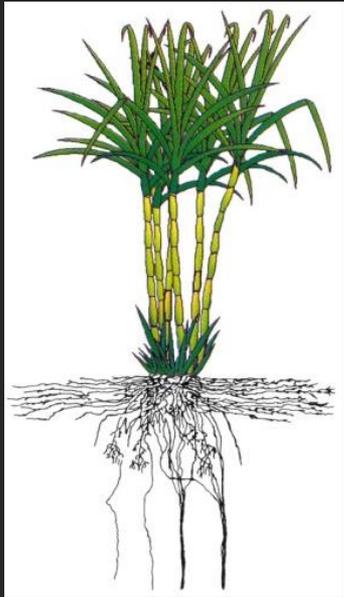
**Todos os nutrientes são importantes**



**Adubação equilibrada**

# CONCEITO DE ADUBAÇÃO

**ADUBAÇÃO = PLANTA - SOLO**



**PLANTA**



**ADUBAÇÃO**



**ANÁLISE DO SOLO**

**$ADUBAÇÃO = [PLANTA - (SOLO + CICLAGEM)] f$**

# ACUMULO DE P X VARIEDADES

	-----t ha <sup>-1</sup> -----		kg ton <sup>-1</sup>	Acúmulo de P (kg ha <sup>-1</sup> )		Índice (kg ton <sup>-1</sup> )	
	Colmo MU	Parte Aérea	ART	Colmo	PA	Colmo	Açúcar
SP80-1842	119 (±18) a	52 (±9) a	169 (±2) abc	10 (±1) c	14 (±1) d	0,1 (±0,0) b	0,7 (±0,1) cd
SP80-3280	139 (±21) a	58 (±9) a	164 (±1) bc	8 (±2) c	12 (±4) d	0,1 (±0,0) b	0,5 (±0,2) d
IAC873396	142 (±16) a	64 (±8) a	168 (±3) abc	19 (±5) b	26 (±5) ab	0,2 (±0,0) ab	1,1 (±0,1) ab
RB867515	126 (±11) a	53 (±5) a	164 (±7) c	9 (±1) c	15 (±3) cd	0,1 (±0,0) b	0,7 (±0,1) cd
RB855453	128 (±23) a	57 (±9) a	173 (±2) abc	16 (±1) bc	22 (±0) bc	0,2 (±0,0) ab	1,0 (±0,2) bc
SP81-3250	137 (±9) a	60 (±3) a	176 (±3) a	30 (±2) a	34 (±2) a	0,3 (±0,0) a	1,4 (±0,1) a
IAC921099	132 (±7) a	51 (±5) a	175 (±0) ab	18 (±5) b	24 (±4) bc	0,2 (±0,0) ab	1,0 (±0,1) bc
IAC933046	139 (±24) a	57 (±9) a	175 (±6) ab	15 (±1) bc	20 (±1) bcd	0,1 (±0,0) ab	0,8 bcd
DMS (5%)	49	21,0	11,3	8	10	0,10	0,35
CV (%)	13	13,1	2,3	19	17	22,9	13,9

# ANÁLISES QUÍMICAS É POSSÍVEL OBSERVAR:

## ELIMINOU IMPEDIMENTO QUÍMICO NA SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE?

Prof. cm	P (Resina) mg.dm-3 g/dm3	K+	Ca2+	Mg2+	Al3+	H + Al SMP	SB	CTC	V	m	Argila
			mmolc .dm-3 -----				mmolc .dm-3		%	%	%
0-25	5,0	0,3/5	11,5/40	5,8/10	0,3/0	9	18	27/100	66/70	2/0	14
25-50	3,0	0,2	1,4	0,7	5,8	11	2	13	18	71	16
0-25	5,0	0,4/5	13,2/40	6,3/10	0,2/0	9	20	29/100	69	1	12
25-50	3,0	0,2	1,1	1,2	5,6	11	2	13	18	69	15
0-25	4,0	0,6	9,2	4,2	1,1	10	14	24	58	7	16
25-50	2,0	0,2	0,4	0,3	6,2	14	1	15	6	88	17

R arg = 1

Camada	pH	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	Ca	Mg	K	Argila
		mmolc/dm3					%	%	%	%	%
0-20	6,5	30	9	3,7	43	55	78	55	16	7	17
20-40	6,5	31	10	2,6	44	58	76	53	17	4	25
80-100	6,4	38	8	1	47	63	75	60	13	2	33

R arg = 2

# Balanço de Cátions Trocáveis no Solo

Ca trocável	Mg trocável	K trocável	Ca+Mg/K
%	%	%	
40 – 60	10 – 15	3 – 5	20 – 30

**Solos com teores suficientes de cátions trocáveis**

# FATORES DE PERDAS



**ABSORÇÃO/PERDAS**

**CHUVA**

**ADUBAÇÃO**

**FIXAÇÃO**  
 $H_2PO_4^-$

**LIXIVIAÇÃO**  
 $NO_3^- ; K^*$

**SOLO**

**VOLATILIZAÇÃO**

Uréia ( $NH_3$ )

**EROSÃO**

$N=P_2O_5=K_2O \dots$

**FATOR DE EFICIÊNCIA**  
 $N=60\% P=30\% K=70\%$

# ✓ AMOSTRAGEM: CANA PLANTA E SOCA

## FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM

- Antes da Reforma ou Expansão.
- Após o 1° Corte ? (VER).
- Após o 2° ou 3° Corte ?.
- Após o 4° ou 5° Corte, e assim sucessivamente de 2 em dois anos ?.

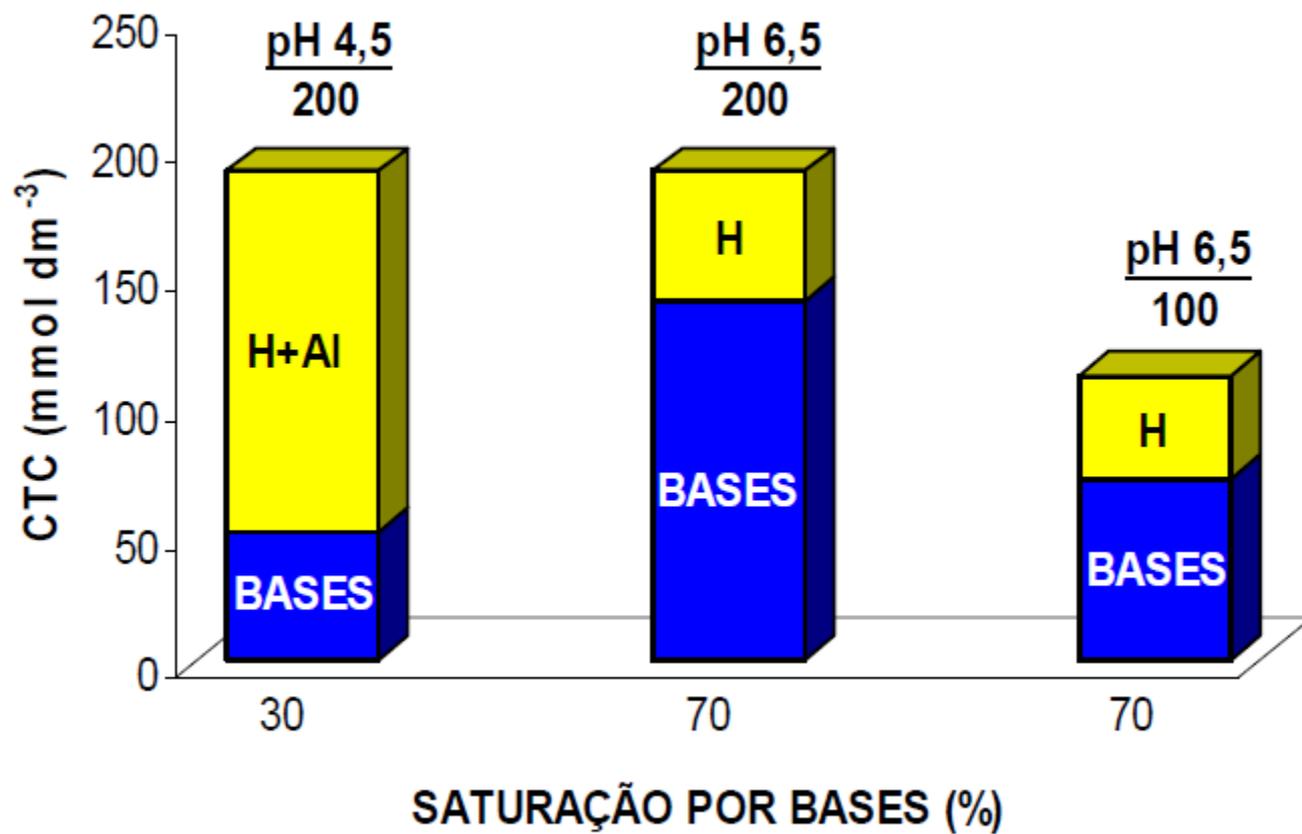
### Fatores que influem na frequencia da amostragem/correção:

Textura do solo; Doses de N-amoniaco; Remoção pela cultura;  
Doses de calcário; Lixiviação das bases;  
Efeito Tamponante do solo

## TIPO DE ANÁLISE

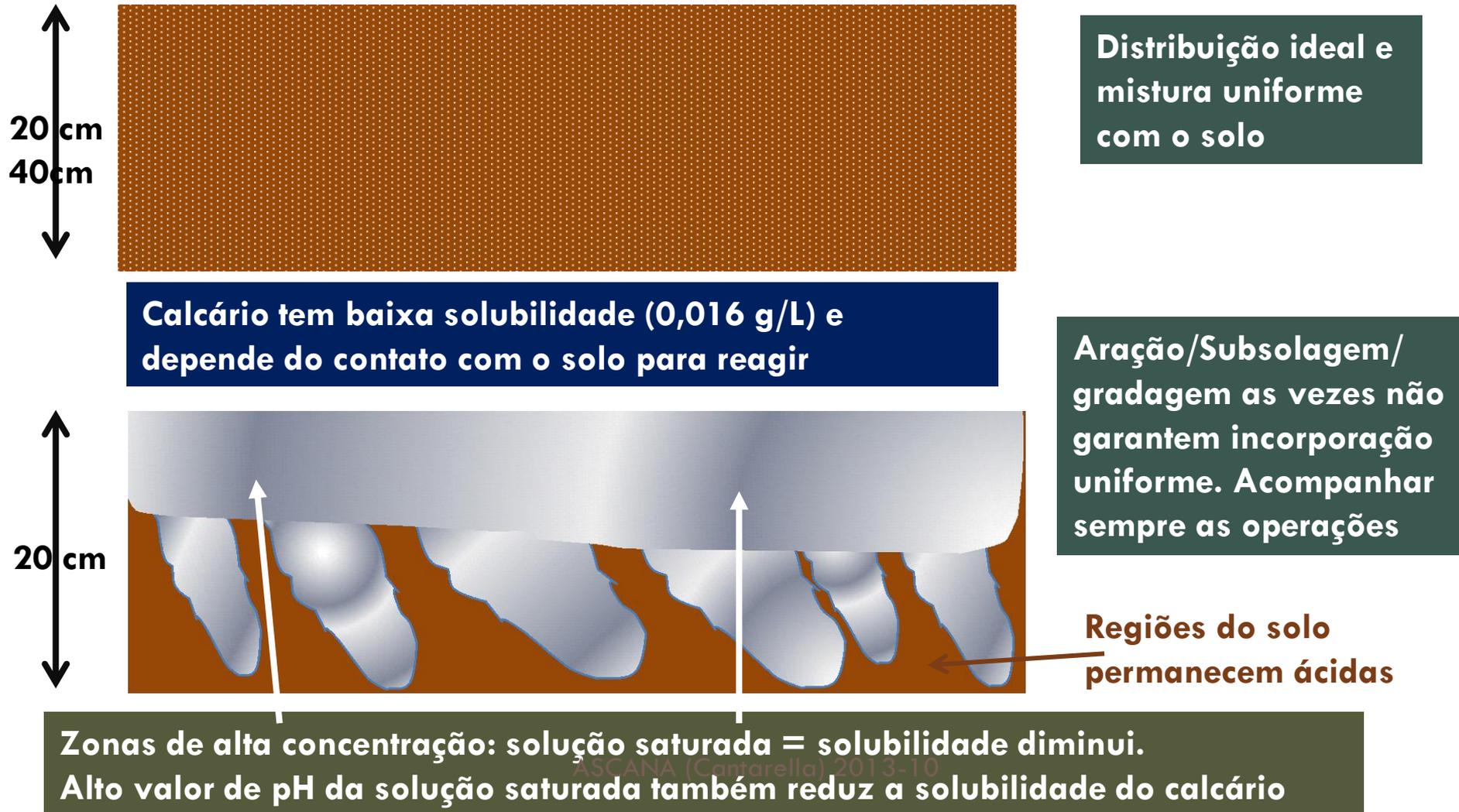
0 a 20 ou 0 a 25 cm: ROTINA + Al + *Micronutrientes*

20 a 40 ou 25 a 50 cm: ROTINA + Al + *Enxofre*



# Distribuição/Incorporação adequada dos corretivos:

## Eficiência de correção:

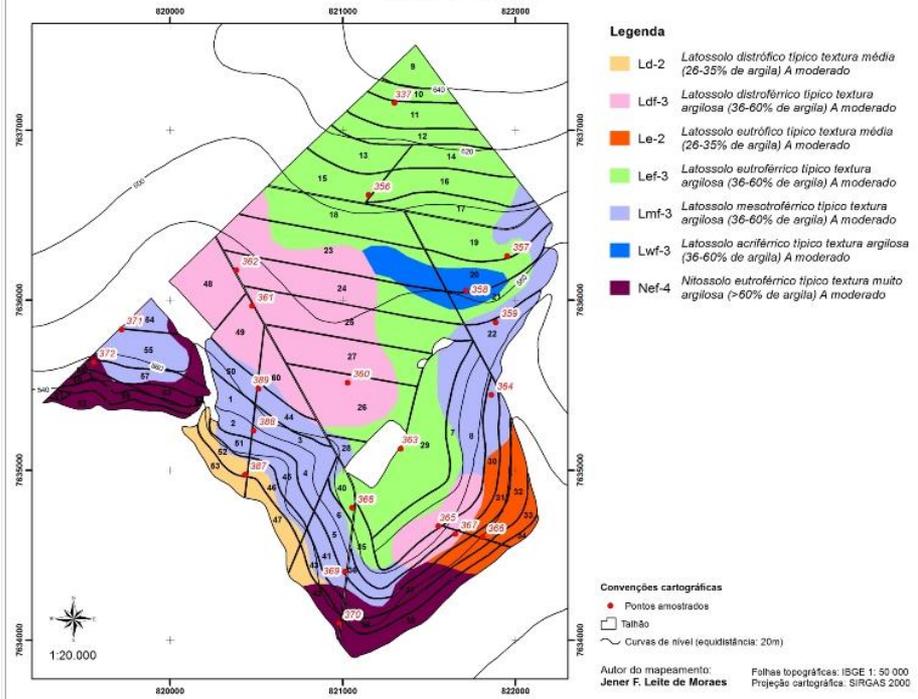


# Variação nos valores de Ca+Mg ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) - Doses de calcário X Aplicação na Superfície ou Incorporação do Corretivo

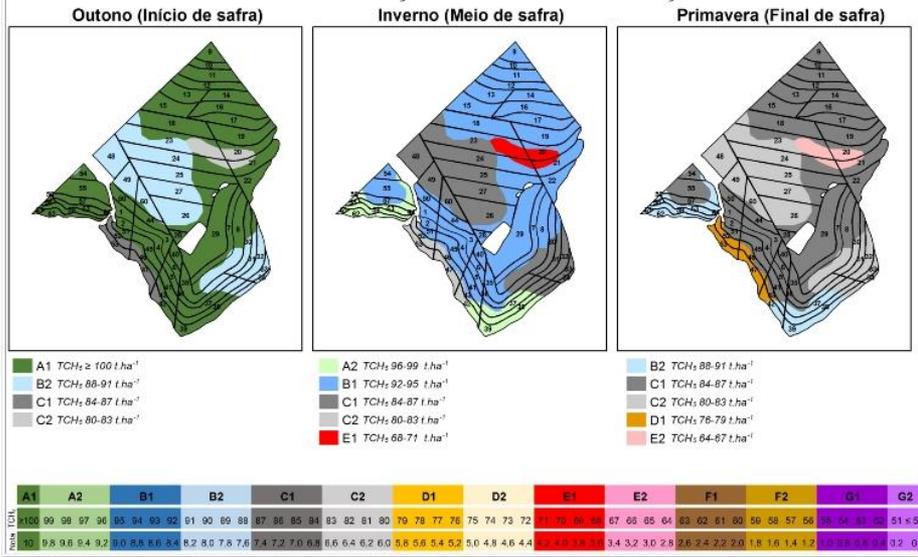
Doses de Calcário $\text{t ha}^{-1}$	Profundidade (cm)					
	0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 30	30 a 40
	Calcário aplicado na superfície					
2	51,6	2,3	2,2	3,3	3,0	2,1
4	96,6	3,3	2,0	2,4	2,4	1,7
	Calcário incorporado na profundidade de 0 a 5 cm					
2	46,8	6,0	3,4	4,0	4,8	4,9
4	78,1	7,4	3,8	4,2	4,6	4,1
	Calcário incorporado na profundidade de 0 a 10 cm					
2	25,7	26,4	6,1	4,6	5,1	4,7
4	33,7	44,8	6,4	4,4	5,4	4,5
	Calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm					
2	18,7	13,3	16,2	16,5	5,9	6,2
4	14,0	22,1	27,4	30,2	9,5	7,2

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

**Mapa Pedológico**



**Ambientes de Produção Dinâmicos de Cana-de-Açúcar**



# ÉPOCA DE COLHEITA

## EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA MATRIZ PARA DADOS DO CAIANA/ PROCANA IAC (TCH/HA NO 3º CORTE)

	Início de Safra <b>OUTONO (+1)</b> (01/abr – 21/jun)	Meio de Safra <b>INVERNO (0)</b> (22/jun – 21/set)	Final de Safra <b>PRIMAVERA (-1)</b> (22/set – 30/nov)
Eutrófico (+2)	109	 ~15%	90,4
Mesotrófico(+1)	100	102	91,3
Distrófico (0)	84,1	82,6	71,9
Ácrico (-2)	86,3	 ~30%	60,9

**Nº de dados observados: 6.948 (Fonte CAIANA IAC)**

QUANDO AS DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS SÃO MUITO ELEVADAS EXISTEM CASOS QUE PRATICAMENTE AS PERDAS SÃO TOTAIS – DESTACA CANA DE FINAL DE SAFRA

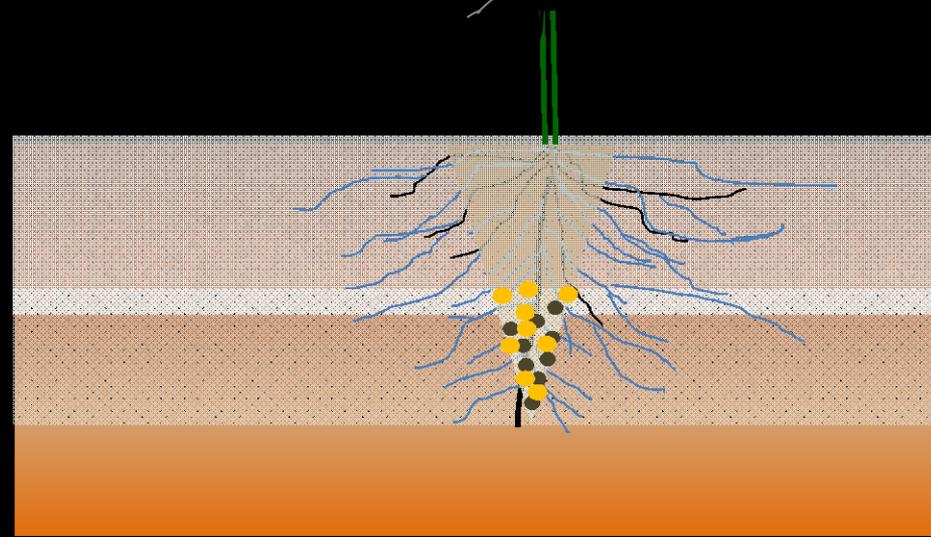
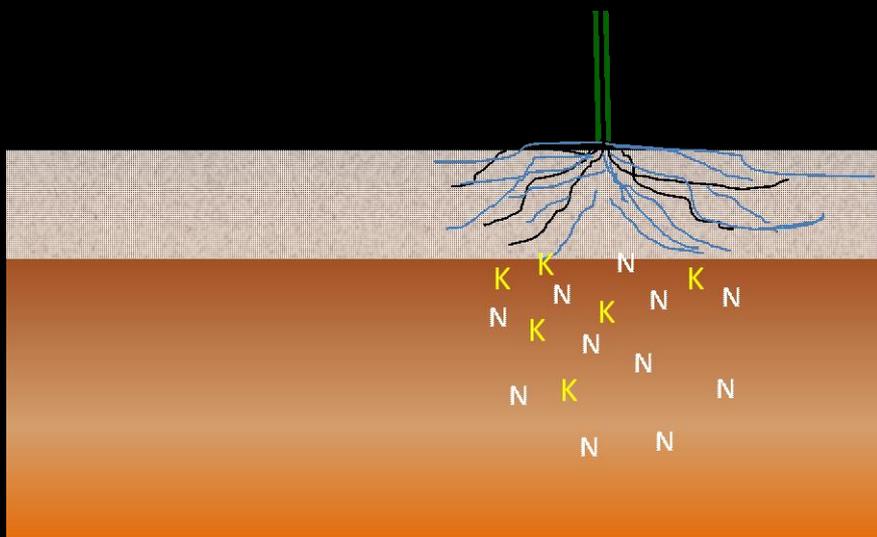
**ÍNDICE DA QUANTIDADE DE FERTILIZANTE POR TONELADA DE COLMO EM FUNÇÃO DA EPOCA DE CORTE E OS AMBIENTES DE PRODUÇÃO (TCH/HA NO 3º CORTE): Considerar aplicação de 500 kg/ha do formulado 20-05-25**

	CICLO OUTONO (+1) (01/abr – 21/jun)	CICLO INVERNO (0) (22/jun – 21/set)	CICLO PRIMAVERA (-1) (22/set – 30/nov)
<b>Eutróf./Mesot.</b>	105	98	91
<b>Índice - Kg fert./t</b>	4,8	5,1	5,5
<b>&lt; indic(4,8) x prod</b>	500	470	437
<b>% redução do total</b>	0	6	13
<b>Dist./Acrico</b>	85	70	65
<b>Índice - Kg fert./t</b>	5,9	7,1	7,7
<b>&lt; indic(4,8) x prod</b>	408	336	312
<b>% redução do total</b>	18	33	38

**Nº de dados observados: 6.948 (Fonte CAIANA IAC)** <sup>45</sup>

# FRACIONAMENTO X DISTRIBUIÇÃO DO FERTILIZANTE

Correção deve ser feita no maior volume de solo  
**PRINCIPALMENTE** na implantação da cultura



**Correção em subsuperfície:**

**Crescimento de raízes/ Renovação**

**Melhor aproveitamento da água e nutrientes**

# SOLOS x MANEJO ADEQUADO

**A**

**97 t/ha**  
(5anos)

**B**

**87 t/ha**  
(5anos)

**C**

**75 t/ha**  
(5anos)

**D**

**70 t/ha**  
(5anos)

**E**

**65 t/ha**  
(5anos)



# SOLOS x MANEJO NÃO ADEQUADO

**A**

**97 t/ha**  
(5anos)

**B**

**87 t/ha**  
(5anos)

**C**

**75 t/ha**  
(5anos)

**D**

**70 t/ha**  
(5anos)

**E**

**65 t/ha**  
(5anos)



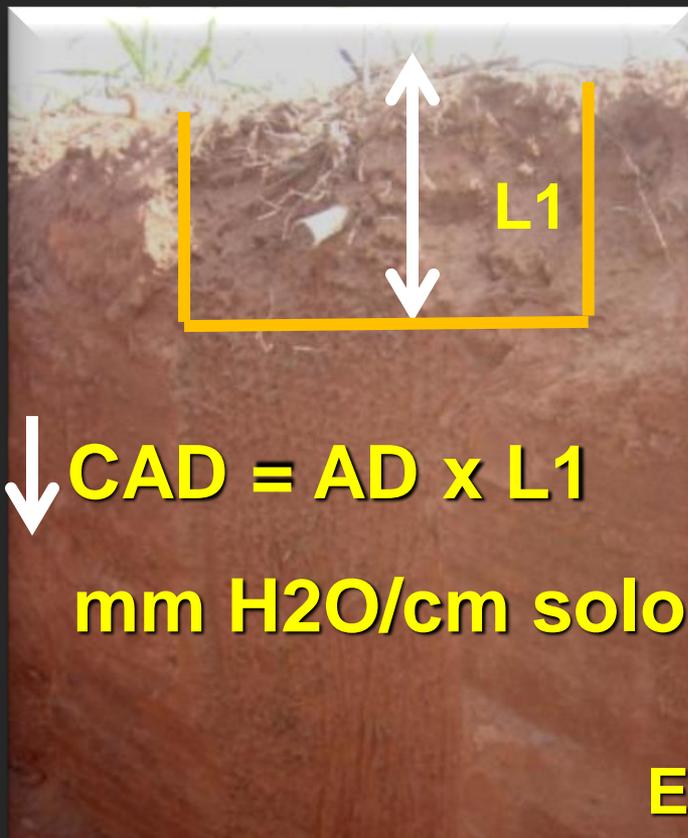
## Trincheira 1: Argissolo Vermelho Amarelo Álico: PVAa

Camada	pH	P res.	Ca	Mg	K	SB	CTC	Al	V	Ca	Mg	Al	K	ARG.
		mg/dm <sup>3</sup>	mmolc/dm <sup>3</sup>						%	%	%	%	%	
0-25	5,7	404	69	23	5,1	97,1	108	1	90	64	21	1	4,7	19,9
25-50	3,9	37	7	4	2,9	13,9	55,9	24	25	12	7	63	5,2	37,5
50-75	3,6	3	4	2	2,9	8,9	60,9	30	15	7	3	77	4,7	42,8
75-100	3,7	2	3	2	4,7	9,7	51,7	33	19	6	4	77	9	58,7

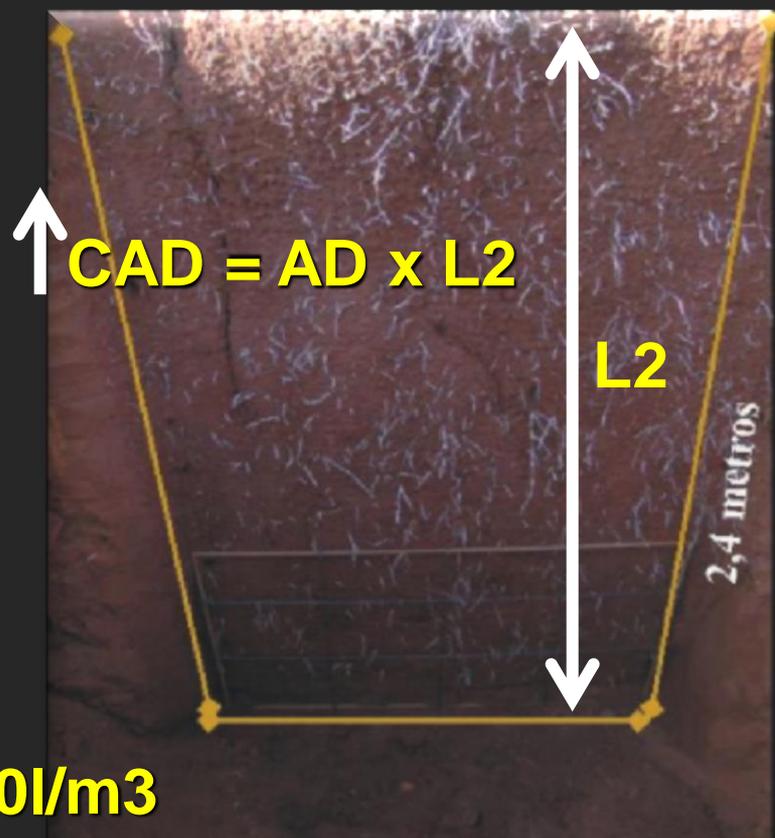
## Trincheira 2: Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico: PVAe

Camada	pH	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	Ca	Mg	K	ARG.
		mmolc/dm <sup>3</sup>						%	%	%	%
0-20	6,5	30	9	3,7	43	55	78	55	16	7	17
20-40	6,5	31	10	2,6	44	58	76	53	17	4	25
80-100	6,4	38	8	1	47	63	75	60	13	2	34

# IMPEDIMENTOS: AGUA DISPONÍVEL X SISTEMA RADICULAR - CAD



Com Impedimento  
> Dependência do meio



Sem Impedimento: Teor de  
Ca adequado no solo  
< Dependente do meio

VIGOR DO CANAVIAL

# COMO MANTER CANAVIAIS PRODUTIVOS ACIMA DE 100 t/ha?

FATORES DE PRODUTIVIDADE: saber os tipos de solos e ambientes de produção, alocação de variedades, épocas de plantio e de colheita em função e dos ambientes, qualidade no plantio, manejo da colheita (compactação, espaçamento, pragas, falhas, etc); Amostragem correta; correção do solo (corretivos e fosfatagem), uso de composto, rotação de cultura e adubação conforme as recomendações (Boletim), entre outros, será a base desse sucesso

t/ha

~350

> 100

~80

~70

clima, solo

Variedade, corte

adubação

pragas, mato

manejo

FATORES QUE INTERFEREM NA EFICIENCIA DA ADUBAÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR

# Expectativa do Manejo

Melhore as propriedades químicas/físicas/biológicas do solo, favorecendo a PRODUTIVIDADE

2015

pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al
5,6	13	15	3,8	39	9	17	0
	SB	CTC	V%	%Ca	%Mg	%K	
	52	69	76	57	13	6	

2016

Camada	pH	Ca	Mg	K	SB	CTC	V	Ca	Mg	K	ARG.
		mmolc/dm <sup>3</sup>					%	%	%	%	%
0-20	6,5	30	9	3,7	43	55	78	55	16	7	17
20-40	6,5	31	10	2,6	44	58	76	53	17	4	25
80-100	6,4	38	8	1	47	63	75	60	13	2	34

Ano	t/ha
2014	153
2015	128
2016	119
<b>2017</b>	<b>111</b>

Dr. André Cesar Vitti  
 (19) 99782-6540  
 acvitti@apta.sp.gov.br

**Média 4 cortes = 128 TCH4**

**Obrigado!**