

CALAGEM NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

IBANOR ANGHINONI

**DEPARTAMENTO DE SOLOS
FACULDADE DE AGRONOMIA/UFRGS**

RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM

DEFINIÇÃO DA DOSE

→ Índices de tomada de decisão

- pH
- Al trocável
- Saturação por bases

→ Índices de recomendação da dose:

- Índice SMP
- Al x fator
- Fórmula = saturação por bases a atingir

(SOLO-CULTURA)

RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM cont.

MANEJO DA CALAGEM

- **Fontes**
- **Modos**
- **Épocas**
- **Profundidade**

(CORRETIVO-SOLO-CULTURA)

CALAGEM x SISTEMAS DE MANEJO

Sistema	Fase	Recomendação	
		Dose	Manejo
Convencional	Instalação	Consolidada	Consolidada
	Reaplicação	Consolidada	Consolidada
Plantio Direto	Instalação		
	Lavoura	Consolidada	Consolidada
	C. natural	?	?
	Reaplicação		
	Lavoura	?	?
	C. natural	?	?

?? Recomendações - Alterações:

No solo

Na resposta das culturas

PERFORMANCE DAS CULTURAS LAVOURAS

Autor	Região	SPD	Cultura	Rendimento
		Anos		t.ha⁻¹
Sá (1996)	Campos Gerais-PR (40)¹	> 5	Soja	3,11
			Milho	7,28
Salet (1996)	Planalto-RS (15)¹	> 8	Soja	2,90
			Milho	6,20
			Trigo	2,80

¹Número de lavouras.

PERFORMANCE DAS CULTURAS EXPERIMENTOS

Solo	SPD	Acidez	Culturas ¹	Rend. t.ha ⁻¹
	Anos			
LVD argiloso	7	pH (H ₂ O) 4,7	Soja	2,42
		Al 2,31	Trigo	1,77
		NC 10,7	Milho	4,31
LVA argiloso	10	pH (H ₂ O) 4,6	Soja	2,81
		Al 1,88	Trigo	1,77
		NC 7,2	Milho	6,46

Pottker & Ben (1997)

Al = cmol_c.kg⁻¹; NC = t.ha⁻¹

¹Média de duas colheitas.

PERFORMANCE DAS CULTURAS EXPERIMENTOS

Solo	SPD	Acidez	Culturas ¹	Rend. t.ha ⁻¹
	Anos			
LVA argiloso	10	pH (CaCl ₂) 4,1	Soja	2,94
		Al 1,25	Trigo	1,86
		NC 7,1	Milho	8,20
LVA arenoso	-	pH (CaCl ₂) 4,1	Soja	2,81
		Al 0,63	Trigo	2,17
		NC 4,1	Milho	6,46

Sá (1996)

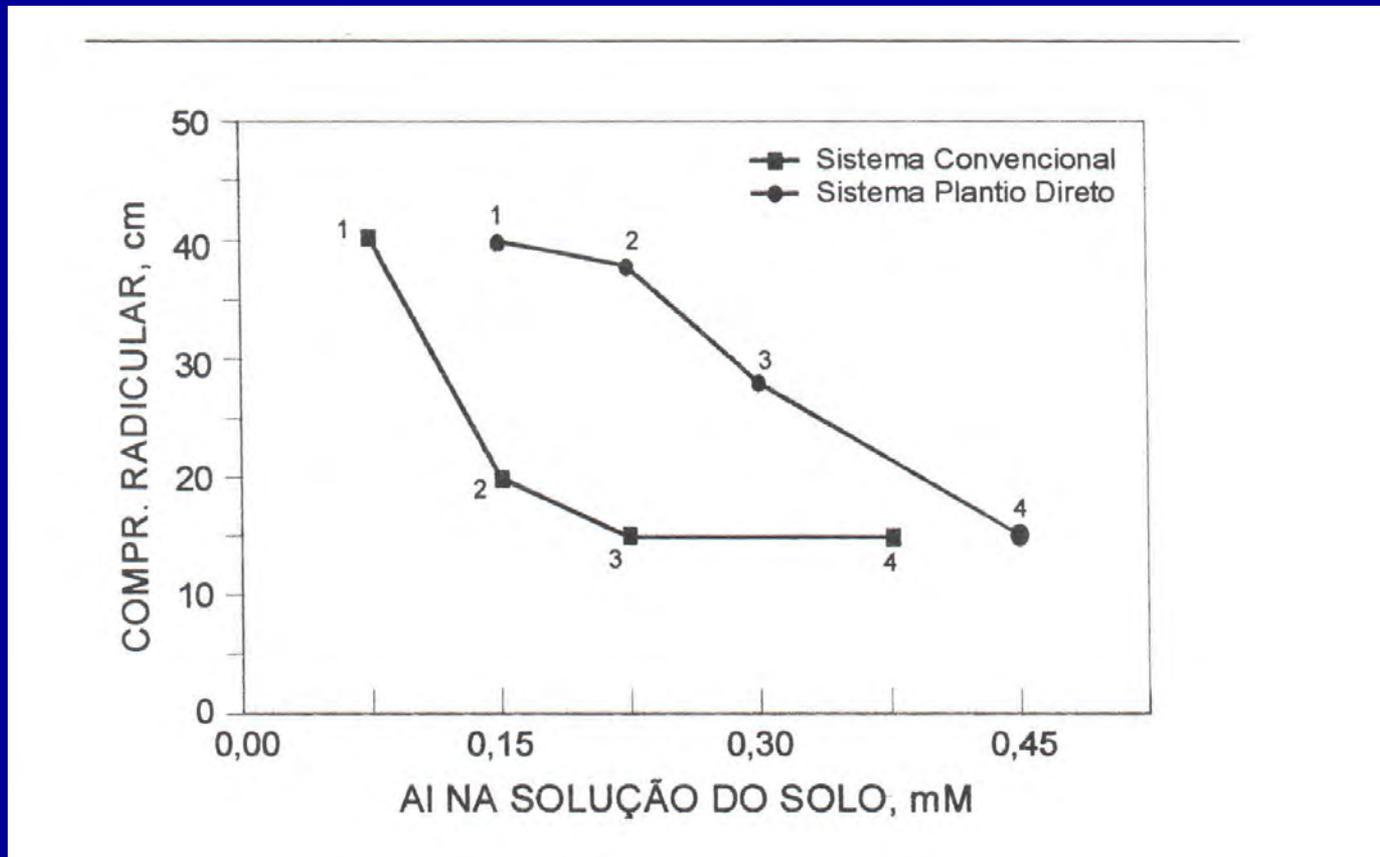
Al = cmol_c.kg⁻¹; NC = t.ha⁻¹

¹Média de duas colheitas e quatro cultivares.

TOXIDEZ DE ALUMÍNIO NO SPD

BIO-ENSAIO: SOJA – Solução do solo

COMPRIMENTO RADICULAR x MANEJO



ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO

ESPÉCIES E ATIVIDADE (Soil solution) x MANEJO DO SOLO

Espécie Atividade	Manejo do solo	
	Convencional	Plantio direto
	----- % -----	
Al^{3+}	4,0	2,5
$AlOH^{2+}$	1,6	1,6
$Al(OH)_2^+$	42	25
$Al(OH)_3$	1,3	0,7
$Al(OH)^{4+}$	< 0,1	< 0,1
$AlSO_4^-$	0,6	0,2
$AlH_2PO_4^{2+}$	< 0,1	< 0,1
Al-ligante org.	49	70
Atividade do Al	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-6}$

SALET et al. (1999)

ÍNDICES DE TOMADA DE DECISÃO

Questionáveis

SITUAÇÕES:

- pH BAIXO (< 5,5) E
AI TROCÁVEL ALTO (> 1 $\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$)
- pH BAIXO E AI TROCÁVEL BAIXO

TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

pH BAIXO E ALUMÍNIO TROCÁVEL ALTO

COMPLEXAÇÃO DE ALUMÍNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO

Ligantes orgânicos simples

Ácidos fúlvicos

COMPLEXAÇÃO DE Al-ÁCIDOS FÚLVICOS

Solo	Época	Manejo do solo			
		Convencional		Plantio direto	
		UF	MD	UF	MD
		----- % -----			
LVA	1	13	15	46	56
		25	74	68	92
LVd	1	34	28	61	63
Média		24	39	58	70

UF = Ultrafiltração; MD = Membrana de diálise

(SALET, 1998)

TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

pH BAIXO E ALUMÍNIO TROCÁVEL BAIXO

COMPLEXAÇÃO DE ALUMÍNIO NA SUPERFÍCIE

Adsorção específica / complexos de esfera interna

ALUMÍNIO DESLOCADO COM KCl 1 N

Manejo	Solo			
	LVA (8 anos)		LVd (11 anos)	
	pH	Al	pH	Al
	cmol _c .kg ⁻¹		cmol _c .kg ⁻¹	
Plantio direto	5,0	0,44	4,9	1,80
Convencional	5,0	0,92	5,0	2,10

EVIDÊNCIA: Diminuição do Al trocável (KCl 1 mol.dm⁻³) com o aumento da matéria orgânica em solo (PE) com mesmo pH, decorrente de diferentes sistemas de culturas após 15 anos no SPD (**R² = 0,86**). **(SALET, 1998)**

COMPROVAÇÃO: extração após queima da M.O. uso de extrator mais forte (CuCl₂)

MODO DE APLICAÇÃO

**CALAGEM SUPERFICIAL (sem incorporação)
PRÁTICA CORRENTE - RECOMENDAÇÃO:**

**REAPLICAÇÃO - em lavouras consolidadas no SPD
INSTALAÇÃO E REAPLICAÇÃO – em campo natural**

JUSTIFICATIVA

Manutenção de características físicas

- ➔ favoráveis para conservação do solo**
- ➔ “construídas” no tempo**

CALAGEM SUPERFICIAL

RESPOSTAS DAS CULTURAS LAVOURAS

Solo	SPD	Características de acidez (0-20 cm)		
		pH H ₂ O	Al/CTCe	NC (SMP, pH 6,0)
	Anos		%	t.ha ⁻¹
LVA	10	4,6	18	7,2
LVd	7	4,7	44	10,7

Pottker & Ben (2000)

RENDIMENTO ACUMULADO

Soja-trigo-milho-aveia-soja

Solo	Sem calc.	Calcário superficial - SMP					Calc. inc. 1/1 SMP
		1/16	1/8	1/4	1/2	1/1	
		----- t.ha ⁻¹ -----					
LVA	15,8	17,4	17,6	17,6	17,9	17,9	17,6
LVd	12,5	13,9	13,7	13,8	14,3	14,7	14,9
Média	14,1	15,6	15,7	15,7	16,1	16,3	16,3

Pottker & Ben (2000)

SEM CALCÁRIO = BONS RENDIMENTOS

CALAGEM SUPERFICIAL:

- Resposta pequena (até 1/2 smp)
- Doses baixas (\leq 1/4 smp) = perda do efeito residual – 4ª cultura

CALAGEM SUPERFICIAL

RESPOSTA DAS CULTURAS – RS

RUEDELL (1995)

Solo: LE (argiloso) – C. ALTA

pH = 5,2; Al/CTCe = 4,6%

SPD = 8 anos

Culturas: milho–trigo–soja

RESPOSTA: inexistente para doses de até 5 t.ha⁻¹

ANGHINONI et al. (2000)

Solo: PE (franco-argiloso) – ELDORADO DO SUL

pH = 4,8; Al/CTCe = 9-11%

SPD = 12 anos – com reaplicação de calcário a cada 4 anos

Cultura: milho

MESMO RENDIMENTO:

- Preparo convencional 12 anos
- Plantio direto: 12 anos sem revolvimento
 - 8 anos sem revolvimento
 - revolvimento a cada 4 anos

CALAGEM SUPERFICIAL

RESPOSTAS DAS CULTURAS - PR (CAIRES, 2000)

Cultura	Solo		Rend. médico	Dose	Aumento médico	Fonte
	pH	Al				
		cmol _c .kg ⁻¹	----- t.ha ⁻¹ -----		%	
Soja	4,1	0,85	1,8	5,5	42	Oliveira & Pavan (1996)
	4,1	1,22	2,8	2,0	20	Sá (1999)
	4,5	0,60	2,8	4,0	9	Caires et al. (2000)
Milho	4,1	1,22	8,2	2,0	9	Sá (1999)
	4,5	0,60	9,5	4,0	4	Caires et al. (2000)
Trigo	4,1	1,22	1,9	2,0	4	Sá (1999)
	4,5	0,60	1,4	4,0	34	Caires et al. (2000)

SEM CALCÁRIO – RENDIMENTO VARIÁVEL
RESPOSTA - VARIÁVEL

CALAGEM SUPERFICIAL

RESPOSTAS DAS CULTURAS CAMPO NATURAL

Solo	Características da acidez (0-20 cm)		
	pH H ₂ O	Al troc. cmol _c .dm ⁻³	NC (SMP pH 6,0) t.ha ⁻¹
LVA	4,6	2,45	8,8
LVd	4,2	2,50	8,0

Pottker & Ben (2000)

RENDIMENTO ACUMULADO

Soja - trigo - soja - trigo - soja

Solo	Sem calc.	Calcário superficial - SPD				Calc. incorp.
		1/8	1/4	1/2	1/1	
----- t.ha ⁻¹ -----						
LVd	8,2	9,8	10,5	11,3	11,2	11,8
LVd	10,6	13,2	13,8	14,1	14,3	14,7
Média	9,4	11,5	12,1	12,7	12,8	13,2

Pottker & Ben (2000)

SEM CALCÁRIO = Rendimento médio

CALAGEM SUPERFICIAL:

- Resposta até 1/2 SMP
- Rendimento pouco abaixo do que no calcário incorporado

CALAGEM SUPERFICIAL X ALTERAÇÕES NA SUBSUPERFÍCIE

OCORREM RAPIDAMENTE

DIVERSOS MECANISMOS

FRENTE DE ACIDIFICAÇÃO

X

FRENTE DE ALCALINIZAÇÃO

CALAGEM SUPERFICIAL x EFEITO EM PROFUNDIDADE

Autor	Solo	Dose de calcário	Tempo da aplicação	pH H ₂ O	Al troc.	Ca troc.	Mg troc.	Saturação Al/CTC por bases	
		t.ha ⁻¹	Anos		----- cm -----				
Cassol (1995)	PVD ¹ (franco-argiloso)	3,7	5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	2,5
Sá (1996)	LVD ² (argiloso)	7,0	4	10	-	10	-	5	-
	LVD (arenoso)	4,1	2	10	-	5	30	20	-
	Cambissolo	4,7	0,75	10	-	-	-	10	10
Pöttker & Ben (1998)	LVA ³ (argiloso)	1,8 - 7,2	3	-	5 - 10	10	10	-	-
	LVD (argiloso)	0,7 - 10,7	3	-	10	-	-	-	-
Santos (1977)	PVD (arenoso)	1,2 - 3,6	1,5	7,5	7,5	7,5	12,5	-	-
Petrere (1997)	LVD (média)	2-6	3,5	15	17,5	17,5	22,5	-	12,5
Média			2,8	7,5	9,0	8,7	15	12	8,3

¹ PVD: Argissolo Vermelho distrófico, ² LVD: Latossolo Vermelho distrófico, ³ LVA Latossolo Vermelho alumínico

INTERAÇÕES CALCÁRIO-FÓSFORO x TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

- RELAÇÃO DE SUBSTITUIÇÃO: observada no sistema convencional na década de 70 -Vidor & Freire; Voll et al.**
- RESPOSTA DAS CULTURAS: solos ácidos e def. em P**
- ELEVAÇÃO DOS TEORES DE P DISPONÍVEL NO SOLO**
- GRADIENTE DE CONCENTRAÇÃO DE P NO SPD**
- ELEVADA AFINIDADE ENTRE ALUMÍNIO E FÓSFORO**

CALAGEM - FÓSFORO

RESPOSTA DAS CULTURAS - RS/SC (SISTEMA CONVENCIONAL)

Cultura	Ensaio	Resposta		
		> a fósforo	similar	> a calagem
Soja	16	9	4	3
Trigo	14	8	4	2
Total	30	17	8	5

Adaptada por Anghinoni & Salet (2000)

EVOLUÇÃO DO FÓSFORO (Mehlich-1) NO RS

Classe	Levantamento			
	1969 ¹ (27.814) ⁵	1981 ² (41.226) ⁵	1988 ³ (58.528) ⁵	2000 ⁴ (168.200) ⁵
	----- % -----			
Muito baixa	80,1	36,4	31,7	29,4
Baixa	13,2	26,4	26,9	29,1
Média	2,8	13,6	14,4	20,8
Suficiente	3,9	7,5	8,1	14,5
Alta	0	16,1	18,9	6,2

¹ Porto (1970), ² Tedesco et al. (1984), ³ Drescher et al. (1995),

⁴ Reinheimer et al. (2000) ⁵ Número de amostras

AFINIDADE ALUMÍNIO-FÓSFORO

Formação de AlPO_4 no SPD

Fósforo na camada de 0-2,5 cm

Solo	Tempo SPD	Fósforo		
		Mehlich-1 ----- mg.L ⁻¹	Resina -----	Solução mmol.L ⁻¹
LVdf	18	68	66	0,06
LVd	14	173	88	0,15
PVd	12	163	68	0,27

FÓSFORO NA SOLUÇÃO

(MINTEQA2)

Al = 0,15 mmol.L⁻¹ pH = 5,0

Sistema	COS	P = 0,06 mmol.L ⁻¹		P = 0,27 mmol.L ⁻¹	
		Al-lig. org.	H ₂ PO ₄ ⁻¹	Al-lig. org.	H ₂ PO ₄ ⁻¹
	mmol.L ⁻¹	----- % -----		-----	
SPD	2,1	98,2	97,4	98,1	97,4
SC	1,2	96,2	97,1	96,2	97,1
Simul.	0	0	96,6	0	96,6

Al = 0 e COS = 0 mmol.L⁻¹; pH = 5,0; H₂PO₄⁻ = 96,5%

CALAGEM SUPERFICIAL

RECOMENDAÇÕES RS/SC

COMISSÃO (1995): Dose: 1-2 t.ha⁻¹
Intervalo: 2 anos

COMISSÃO (1997): Amostragem: 0-10 cm
Dose: ¼ a ½ SMP pH 6,0
Intervalo: 3 anos

COMISSÃO (2000): Amostragem: 0-10 cm

Condição	Índice	Dose	Intervalo
Lavoura	pH água < 5,5 Sat. bases < 60%	½ SMP pH 5,5	4-5
Campo natural	pH água < 6,0 Sat. bases < 60%	½ SMP pH 6,0	3-4

Recomendação: máxima: 5 t.ha⁻¹ ; mínima: 2 t.ha⁻¹

CALAGEM SUPERFICIAL

RECOMENDAÇÕES PARANÁ

SÁ (1993): em função da textura do solo

Textura	Dose	Intervalo
	t.ha ⁻¹	anos
Arenosa	1-1,5	2
Média	1,5-2	2
Argilosa	2-2,5	2

CAIRES (2000): Amostragem 0-20 cm
elevar a saturação por bases até 65%

Todavia, a calagem superficial somente deve ser recomendada para solo com pH (CaCl₂) inferior a 5,6 ou saturação por bases inferior a 65%, na camada de 0-5 cm.